

Aplicación de técnicas de Aula Invertida y Aprendizaje Cooperativo en la práctica de laboratorio “Coloración de Lentes Oftálmicas Orgánicas y clasificación en filtros de protección solar”

Aurora Lasagabáster-Latorre, Florencio Moreno Jiménez, Ana Andrea Escobar Peña, Mar Martín-Fontecha, Marina Molina Santos, Antonia R. Agarrabeitia, M^a Ulagares de la Orden Hernández

Sección Departamental de Química Orgánica.
Facultad de Óptica y Optometría. Universidad Complutense de Madrid. C/ Arcos de Jalón, 118.
28037 Madrid

Correo electrónico del autor de correspondencia
mariula@ucm.es

Resumen

En este trabajo se describe la implementación de estrategias de innovación educativa en las prácticas de laboratorio de la asignatura de “Materiales en Óptica Oftálmica y Lentes de Contacto” que se imparte en el Grado de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid. En concreto, durante el presente curso académico se han aplicado 3 técnicas de aprendizaje activo, *Aprendizaje Basado en la Experimentación (ABE)*, *Aula Invertida (AI)* y *Aprendizaje Cooperativo (AC)*, a la “Coloración de lentes oftálmicas orgánicas y clasificación en filtros de protección solar”, para evaluar su eficacia con respecto a la enseñanza tradicional. Tanto el análisis de las encuestas de satisfacción como el rendimiento alcanzado por los alumnos en los cuestionarios de evaluación, indican que el *ABE* promueve el interés por las materias objeto de estudio y que el trabajo en equipo (*AC*) mejora la comprensión de los problemas planteados, además de aumentar la productividad. El principal escollo es la reticencia de los alumnos a la realización del esfuerzo adicional que supone el *AI* y el debate planteado en torno al momento idóneo para la resolución de las pruebas de evaluación objetivas.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Experimentación, Aula Invertida, Aprendizaje Cooperativo, Coloración lentes, Protección solar

Introducción

El *Aprendizaje Basado en la Experimentación (ABE)* y las técnicas de *Aula Invertida (AI)* constituyen estrategias didácticas que fomentan la participación activa de los estudiantes, permitiéndoles convertirse en protagonistas de su proceso de aprendizaje. La combinación de estas metodologías con actividades de *Aprendizaje Cooperativo (AC)*, para promover el trabajo en equipo, ha demostrado ser muy eficaz no sólo para mejorar los resultados académicos de los alumnos universitarios en comparación con las técnicas de enseñanza tradicionales, sino también para dotarles de las competencias necesarias para su actividad profesional futura [1–3]. La puesta en práctica del *AI* exige el uso de *recursos tecnológicos* que permitan sustituir la transmisión de información por parte del profesor, pero esta herramienta por sí sola no es insuficiente [4]. Llevar a la práctica estas estrategias docentes requiere revolucionar el paradigma de las metodologías tradicionales, ya que exige un cambio de la mentalidad y la actitud tanto de los alumnos como de los profesores [5]. Un modo factible de abordar esta ingente tarea es su aplicación a la experimentación en el laboratorio, como paso previo a su aplicación en las clases teóricas.

Los autores de esta comunicación están realizando un Proyecto de Innovación Educativa (PIE), concedido por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) para rediseñar y adaptar a las metodologías de aprendizaje activo las prácticas de la asignatura “Materiales en Óptica Oftálmica y Lentes de Contacto”. La necesidad de desarrollar este PIE ha surgido del hecho de que en los últimos años se ha observado que, a pesar de los esfuerzos realizados por el profesorado, los alumnos llegan al laboratorio con la idea de seguir “la receta” descrita en el guion de prácticas, contestar a los cuestionarios, a menudo copiando los realizados por alumnos de años anteriores, y aprobar esta parte de la asignatura sin demasiado esfuerzo y, lo que es más importante desde el punto de vista docente, sin reforzar los contenidos teóricos de la asignatura. En este marco, se presenta el desarrollo de una de las prácticas realizadas durante el presente curso académico aunando las 3 técnicas de aprendizaje activo: *ABE*, *AI* y *AC*. Al finalizar las prácticas se ha realizado una encuesta de satisfacción a los alumnos.

Objetivos

El objetivo principal de esta comunicación es evaluar la eficacia de la implementación sinérgica de las tres técnicas de aprendizaje activo (*ABE, AI, AC*) en la “Coloración de lentes oftálmicas orgánicas y clasificación en filtros de protección solar” para promover la motivación del alumnado por la experimentación, relacionando los resultados obtenidos con los contenidos teóricos de la asignatura y con la práctica profesional.

Metodología

Se han elaborado nuevos soportes y herramientas didácticas que se ponen a disposición de los alumnos en Moodle para que trabajen individualmente antes de cada sesión de prácticas. En concreto, se han creado videos con la herramienta Camtasia Studio que muestran los distintos pasos del procedimiento experimental, se ha preparado un guion con el fundamento teórico y un cuestionario de preguntas y problemas con objeto de orientar la discusión de resultados durante la puesta en común. Además, se ha aportado la bibliografía básica relacionada [6–9].

Cuando los alumnos llegan al laboratorio contestan a un examen de test en Moodle, con cuestiones relacionadas con el fundamento teórico y desarrollo de la práctica, que tiene como objetivo fomentar el estudio previo, de acuerdo con la metodología de *AI*. A continuación, deben realizar la parte experimental de forma autónoma. Los profesores actúan como guías, observando el trabajo de los alumnos y haciendo preguntas para suscitar curiosidad y evitar que los alumnos trabajen de forma automática.

La práctica, que realizan por parejas, consta de dos partes. La primera consiste en la coloración superficial de una lente oftálmica orgánica de poli(carbonato de dialildietilenglicol) (CR-39) mediante la inmersión de la lente en una disolución concentrada de una mezcla de colorantes en agua (**Figura 1**). Cada pareja colorea una lente con colorantes diferentes. En un espectrofotómetro UV-visible (Shimadzu UV-mini 1240) se mide la transmisión de la lente en el visible (550 nm, longitud de onda a la que es más sensible el ojo humano) para tiempos de inmersión crecientes, con objeto de construir una curva de calibrado del proceso de coloración. Con los datos obtenidos, se representa gráficamente el % de transmisión en el visible frente al tiempo de inmersión y se realiza un ajuste exponencial. Utilizando la ecuación empírica, los alumnos deben resolver un problema numérico en el que calculan el tiempo que se debe sumergir la lente en la disolución

colorante para obtener un determinado % de Transmisión en el visible ($\%T_{\text{Visible}}$).



Figura 1. Equipo de coloración de lentes oftálmicas de CR-39 y lente coloreada en la pinza de sujeción.

Una vez acabada la primera parte de la actividad, cada pareja de alumnos realiza el espectro UV-visible de la lente incolora y de la lente coloreada. Comparando los espectros anteriores con el espectro del aire y midiendo las áreas bajo la curva en las diferentes zonas del espectro, se determinan los valores de transmisión en el visible (380-780 nm), UV-A (380-315 nm) y UV-B (315-280 nm). No se calcula el porcentaje de transmisión en el UV-C porque es nulo para todas las lentes. Con los resultados obtenidos, se clasifica el filtro solar en la categoría correspondiente según la norma ISO UNE-EN 1836 [6]. Finalmente, se calcula el factor de protección UV (FP_{UV}), tanto de la lente incolora como de las lentes coloreadas[10].

Esta segunda parte de la actividad se realiza de forma cooperativa. Cada pareja de alumnos anota sus resultados en una pizarra digital y todas las parejas clasifican todos los filtros obtenidos en la práctica. Los informes de la práctica se redactan individualmente y se entregan a través de Moodle. A continuación, los alumnos, dirigidos por el profesor, realizan una puesta en común de los resultados de la práctica y, finalmente, contestan a la encuesta de satisfacción.

Resultados

A modo de ejemplo, la **Figura 2** muestra la curva de calibrado correspondiente a la coloración de una lente de CR-39 obtenida por una pareja de

alumnos. Se ha realizado un ajuste exponencial con un buen coeficiente de correlación ($R^2=0,978$). Aplicando la ecuación exponencial se ha calculado el tiempo de inmersión necesario para obtener una lente con una $T_{\text{visible}}=60\%$.

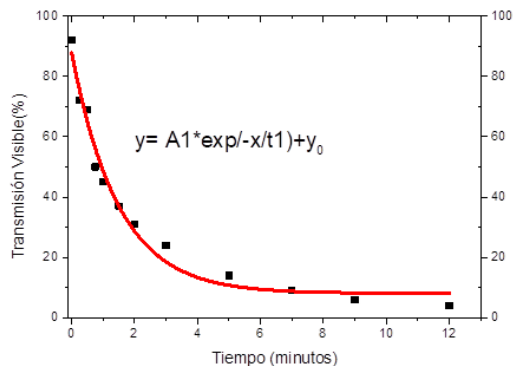


Figura 2. Curva de calibrado de coloración de una lente de CR-39.

Esta parte de la actividad pone en valor la importancia de la experimentación en el proceso de aprendizaje ya que los alumnos, dirigidos por los profesores, comprenden como se obtienen muchas de las ecuaciones empíricas obtenidas por otros investigadores que se explican en clase a lo largo de toda la asignatura, lo que les hace más receptivos al aprendizaje de estas cuestiones. Por otro lado, deducen algunos factores que afectan a la coloración, como por ejemplo el tipo de material que se puede colorear mediante este método, ya que en la disolución, además de la lente orgánica, se introduce un termómetro de vidrio para controlar la temperatura, que no se colorea en absoluto. También razonan otros factores que afectan a la coloración como tipo de colorante, concentración de la solución, tiempo de inmersión y temperatura.

Los resultados de la segunda parte de la práctica se ilustran en la **Figura 3** y en la **Tabla 1**. La **Figura 3** compara los espectros UV-visible del aire, de la lente de CR-39 incolora y el de una de las lentes coloreadas por una pareja de alumnos, en tanto que en la **Tabla 1** se recogen los resultados de %Transmisión de luz en las distintas zonas del espectro, así como los valores del FP_{UV} [6] de un grupo de alumnos. La puesta en común de estos resultados conduce a una discusión entre todos los alumnos acerca de la necesidad de protección frente a la radiación solar e indicaciones y contraindicaciones de los diferentes tipos de filtros de protección, con objeto de facilitar la comprensión y la redacción final de los informes. La discusión y conclusiones extraídas de estos resultados son de gran utilidad para la parte teórica de la asignatura en la que se estudian, entre otras, las propiedades ópticas del CR-39. En clase se pide a los alumnos que consulten los

valores de % de Transmisión en el visible y el FP_{UV} obtenidos en la práctica, lo cual les motiva porque se sienten protagonistas de sus resultados y valoran su utilidad. Aquí, de nuevo se pone en valor la importancia del ABE en el proceso de aprendizaje.

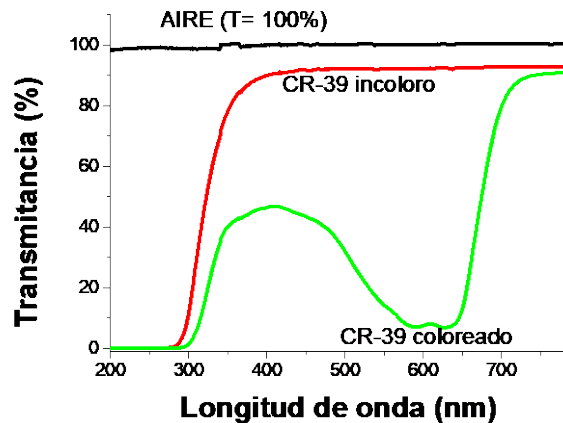


Figura 3. Espectros de Transmisión UV-visible (200-800 nm) del aire y de la lente de CR-39 antes y después de la coloración.

Tabla 1. %Transmisión de luz en el UV-visible, factor de protección UV y clasificación de los filtros de protección solar obtenidos por un grupo de alumnos.

Lente	% T_{UV-B}	% T_{UV-A}	% T_{vis}	FP_{UV}	Categoría
0	13	71	91	1,2	0
1	0,3	29	59	3,4	1
2	4,6	46	54	2,0	1
3	0,4	0,7	36	+50	2
4	0,8	18	40	5,2	2
5	0,7	1,4	37	48	2
6	1,7	5,2	44	15	1
7	1,0	21	42	4,6	2
8	1,9	6,3	45	12	2

En cuanto a los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción de la práctica, cabe destacar que la muestra participante la formaron 111 estudiantes de una población total de 127 estudiantes que realizaron las prácticas (87,4 %). La valoración de la práctica de Coloración de lentes de CR-39 ha sido bastante satisfactoria, ya que un 42,7% de los alumnos la han calificado con un 10, un 14,5% con un 9, un 27,3% con un 8, un 10,9% con un 7 y tan solo el 2,7% y 1,8% han puntuado la práctica con un 6 y un 5, respectivamente. Por otra parte, la mayoría de los alumnos (62%) piensa que la metodología del AI mejora la autonomía en el laboratorio, aunque el 46% opina que presenta mayor dificultad que la metodología tradicional.

En las cuestiones relacionadas con el AC, se ha puesto de manifiesto que la opinión generalizada de los alumnos (95%) es que la puesta en común

de los datos experimentales y la discusión en grupo de los resultados es de gran utilidad para comprender las cuestiones y preguntas planteadas. Finalmente, el 79,3% de los alumnos contesta que la resolución de cuestiones sería más formativa después de realizar la práctica, aunque el 47,7% de los encuestados reconoce que la realización del cuestionario antes de empezar el laboratorio estimula la previa preparación de la práctica. En relación con este último aspecto, los profesores pensamos que la realización de un examen antes de iniciar el trabajo en el laboratorio fuerza a los alumnos al estudio previo de la documentación, lo que hace que sean más activos y se conviertan en protagonistas de su trabajo experimental. También estamos de acuerdo en que la realización de las cuestiones después de terminar las prácticas puede ser muy formativa y puede ayudar a completar el proceso de aprendizaje. Ante esta disyuntiva, nos planteamos de cara al próximo curso académico la posibilidad de hacer el cuestionario antes y después de la práctica, ya que los resultados nos darían información valiosa sobre el aprendizaje alcanzado por el alumno en la sesión experimental.

Conclusiones

La implantación de las metodologías de aprendizaje activo en el laboratorio de Materiales durante el presente curso académico se ha revelado enormemente satisfactoria tanto para los alumnos como para los profesores. Aunque casi la mitad de los alumnos encuestados confiesan que el *AI* supone un mayor nivel de exigencia, reconocen que son más autónomos en el laboratorio y se encuentran mejor preparados para la resolución de futuros problemas. Así mismo, han manifestado su creciente interés por los temas de la parte teórica de la asignatura o de su futuro profesional relacionados con el contenido de la práctica (*ABE*). El análisis de las encuestas de los alumnos demuestra que la puesta en común de resultados y la discusión final (*AC*) constituyen los aspectos más valorados, ya que afianzan la comprensión de todos los problemas planteados y ayudan a la realización de informes escritos, además de fomentar el trabajo en equipo. Finalmente, uno de los retos planteados, objeto de debate de cara a una retroalimentación para el próximo curso académico, ha sido el momento idóneo para la realización de los cuestionarios que evalúan de forma objetiva el rendimiento de los alumnos en el laboratorio.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la UCM la concesión de un proyecto de Innova Docencia 2022-23 titulado "Adaptación de las prácticas de laboratorio de Materiales en Óptica Oftálmica y Lentes de contacto a metodologías de aprendizaje activo basado en la experimentación" (Proyecto nº 77, Junio 2002).

Referencias

- [1] M.A. Rau, K. Kennedy, L. Oxtoby, M. Bollom, J.W. Moore, Unpacking "active Learning": A combination of flipped classroom and collaboration support is more effective but collaboration support alone is not, *J. Chem. Educ.* 94 (2017) 1406–1414. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00240>.
- [2] S. Athavan Alias Anand, Flipped pedagogy: Strategies and technologies in chemistry education, *Mater. Today Proc.* 47 (2021) 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.133>.
- [3] Z.M. Walker, Adopting Team-Based Learning for In-Service Teachers: A Case Study Adopting Team-Based Learning for In-Service Teachers: A Case Study, 11 (2017) 6–11.
- [4] F.M. Fung, Using First-Person Perspective Filming Techniques for a Chemistry Laboratory Demonstration to Facilitate a Flipped Pre-Lab, *J. Chem. Educ.* 92 (2015) 1518–1521. <https://doi.org/10.1021/ed5009624>.
- [5] T.W. Teo, K.C.D. Tan, Y.K. Yan, Y.C. Teo, L.W. Yeo, How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning, *Chem. Educ. Res. Pract.* 15 (2014) 50–567. <https://doi.org/10.1039/c4rp00003j>.
- [6] UNE-EN 1836. Protección individual del ojo. Gafas y filtros de protección contra la radiación solar para uso general y filtros para la observación directa del sol, 2006.
- [7] D. Meslin, Compendio de Óptica Oftálmica. Materiales y Tratamientos. [Accessed 2 February 2020], 2010. <http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Materials-and-Treatments-Spanish/files/basic-html/page5.html>.
- [8] Mariano Gomes, L. Ventura, M. Masili, F. Marques da Silva, G. Andriotti Momesso, Solar exposure of sunglasses: aging test display, in: *SPIE-Intl Soc Optical Eng*, 2018: p. 59. <https://doi.org/10.1117/12.2288839>.
- [9] S.A. Giannos, E.R. Kraft, L.J. Lyons, P.K. Gupta, Spectral Evaluation of Eyeglass Blocking Efficiency of Ultraviolet/High-energy Visible Blue Light for Ocular Protection, *Optom. Vis. Sci.* 96 (2019) 513–522. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001393>.
- [10] H. Suárez, C. Cadena, Determinación de la fotoprotección de lentes de sol fotocromáticos, polarizados y de policarbonato, *Av. En Energías Renov. y Medio Ambient.* 15 (2011) 147–155. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/102123>.

