

EL LABORATORIO INVERTIDO Y SU APLICACIÓN A LAS PRÁCTICAS DE QUÍMICA EN EL GRADO DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Adriana González Gago, Lara Lobo, María Teresa Fernández Fernández-Argüelles

Departamento de Química Física y Analítica, Facultad de Química, Universidad de Oviedo,

C/ Julián Clavería, 8, 33006, Oviedo

Resumen

El aula invertida o “*flipped classroom*” es una metodología pedagógica cuyo principal objetivo consiste en que el alumno/a asuma un rol más activo en su proceso de aprendizaje que el que venía ocupando tradicionalmente. En particular, mediante la metodología del aula invertida, la presentación de los contenidos se realiza antes de la clase presencial por medio de videos breves, audios o lecturas, que los estudiantes revisan como parte del trabajo autónomo, de modo que el tiempo en el aula se dedica a poner en práctica los conceptos previamente introducidos en las sesiones teóricas. Si bien esta metodología suele aplicarse en asignaturas de carácter teórico, el pasado curso 2021-2022, se empleó en las prácticas de laboratorio de la asignatura de Química del primer curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales de la Universidad de Oviedo. Se trata de una asignatura de 6 créditos, empleándose un total de 14 horas para las prácticas de laboratorio distribuidas en 7 sesiones de 2 horas de duración. En la última sesión de laboratorio el alumnado realiza un examen escrito sobre las prácticas realizadas. La nota de las prácticas de laboratorio supone un 20 % de la calificación final de la asignatura de Química.

Para aplicar la metodología del aula invertida se elaboraron videos cortos (máximo 20 minutos de duración) con las explicaciones teóricas que fundamentan el trabajo práctico; por un lado, y por otro, videos que recogen todos los experimentos que van a realizar en el laboratorio. Todo este contenido se preparó y utilizó por necesidades docentes durante el curso 2020-2021 cuando gran parte de la docencia en la Universidad de Oviedo se realizó de manera telemática. El contenido audiovisual está disponible para el alumnado a través de la plataforma *Microsoft Stream*, donde los videos pueden ser visualizados desde una semana antes de comenzar las sesiones de prácticas y hasta la fecha de realización de la prueba escrita del laboratorio. Además, para asegurar la correcta preparación previa de la práctica, el estudiante debe responder un cuestionario tipo test en la plataforma de enseñanza virtual de la asignatura antes de comenzar cada sesión en el laboratorio.

Tras la aplicación de esta propuesta de innovación docente, se ha evaluado el grado de satisfacción del alumnado con la metodología de enseñanza-aprendizaje utilizada, así como los resultados alcanzados mediante la comparación de las calificaciones obtenidas tanto en la parte práctica como

en el examen escrito de este curso académico con los resultados obtenidos para la misma asignatura en cursos anteriores en los que no se aplicaba dicha metodología.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década y especialmente desde marzo de 2020 se han ido introduciendo dentro del ámbito universitario nuevas metodologías de enseñanza/aprendizaje, fomentándose actividades alternativas a la docencia tradicional que lleven al alumnado a alcanzar con mayor éxito los objetivos de aprendizaje. Dentro de estas metodologías, el aula invertida o “*flipped classroom*” se caracteriza por una inversión del orden de una clase tradicional. Así, la exposición de la materia se lleva a cabo antes de la clase presencial a través de videos breves, audios o lecturas, que los estudiantes revisan de forma autónoma. La clase presencial está centrada por tanto en la realización de actividades basadas en el contenido abordado previamente por el alumnado, actuando el docente a modo de mediador [1,2]. Como ventajas de la docencia empleando “*flipped classroom*” cabe destacar la flexibilidad de los horarios, el aprendizaje más personalizado por parte del estudiantado y que se promueve el aprendizaje activo y basado en la práctica. En contrapartida, esta metodología es difícil de aplicar en grupos grandes de alumnos, requiere un nivel alto de auto-disciplina por parte del estudiantado, depende de la tecnología disponible, y hay que vencer la resistencia al cambio (hay que cambiar la mentalidad de las clases a las que tanto estudiantes como profesores están muy acostumbrados). En el caso de las prácticas de Química, el alumnado trabaja por parejas y el número máximo de alumnos por grupo es de 12, lo que facilita la aplicación de la metodología propuesta.

Para que el modelo de aula invertida pueda ser implantada con éxito, es fundamental la participación de los dos protagonistas del proceso enseñanza/aprendizaje, docente y alumno. Por un lado, el profesorado, ha de encargarse de buscar o diseñar material adecuado a los objetivos de aprendizaje; y por otro lado, el alumnado ha de comprometerse a revisar el material presentado. Si estas dos condiciones no se cumplen, la metodología fracasa.

La asignatura de Química en el Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales de la Universidad de Oviedo es una asignatura de 6 créditos ECTS integrada en el módulo de formación básica y que se divide en tres partes: clases expositivas (CE), prácticas de aula (PA) y tutorías grupales (TG) y prácticas de laboratorio (PL).

Para superar esta asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 4 en cada una de estas partes y una nota media superior a 5 según se indica en la guía docente de la asignatura. Los estudiantes de este Grado no suelen llegar a la Universidad con una buena formación en Química ya que en muchas ocasiones no han podido cursar esta materia optativa en sus estudios de bachillerato por incompatibilidad de horarios. Como consecuencia, una buena parte del alumnado solamente se ha aproximado a la Química desde un punto de vista teórico, presentando ciertas dificultades para aplicar de forma práctica los conocimientos previamente adquiridos.

2. OBJETIVOS

En el contexto que se plantea, el objetivo principal que se busca con este proyecto es el de mejorar los resultados de aprendizaje alcanzado por el alumnado de esta asignatura.

Este objetivo se ha tratado de alcanzar a través de dos vías. Por un lado, la disponibilidad previa de materiales audiovisuales en los que se abordan los contenidos que se desarrollarán durante las prácticas van a proporcionar al alumnado los conocimientos teóricos básicos necesarios para comprender los procedimientos que va a realizar en el laboratorio, proporcionándole además información audiovisual de cómo ejecutar los experimentos de forma adecuada antes de realizarlos ellos mismos. Este hecho, le permitirá a su vez, aplicar esos conocimientos con mayor soltura durante la realización del trabajo práctico, profundizar en ellos a través de la experimentación y analizar los resultados obtenidos de forma más autónoma.

Otro de los objetivos que se persigue es fomentar la participación activa del alumnado en las prácticas de laboratorio. La metodología propuesta en este trabajo proporciona los materiales por adelantado, acercando al alumnado a las situaciones que se van a plantear en el laboratorio. De esta forma, tiene la posibilidad de llevar más asimilados los conceptos y reflexionar sobre ellos, por lo que los alumnos y alumnas no solo van a ser capaces de realizar los experimentos de forma más autónoma, sino que además tendrán los recursos necesarios para poder responder razonadamente a las cuestiones que se vayan planteando durante la sesión práctica.

3. METODOLOGÍA

Hasta el curso 2019-2020 el desarrollo de las prácticas en la asignatura de Química del primer curso del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales se organizaba en torno a la lectura previa del guion antes de la sesión en el laboratorio y posterior realización de los experimentos. En ese momento se explicaban los fundamentos teóricos (también incluidos en el guion) que sustentaban el trabajo experimental y una vez realizadas las experiencias de laboratorio se procedía a resolver las cuestiones planteadas en el guion, así como

a la realización de los cálculos correspondientes. Puesto que todo se llevaba a cabo en una única sesión de laboratorio muchas veces el alumnado tenía dificultades para asimilar los conocimientos teóricos (en algunas ocasiones aun no introducidos en las clases expositivas por cuestiones organizativas) y relacionarlos con los experimentos que estaba realizando por lo que su participación en las prácticas se solía limitar a ir siguiendo los pasos necesarios según las indicaciones del profesorado.

La aplicación de la metodología propuesta ha incluido la realización de ciertas tareas tanto por el profesorado como por el alumnado antes, durante y después de la sesión práctica presencial en el laboratorio.

3.1 Antes de la sesión práctica en el laboratorio

El profesorado elaboró íntegramente todo el material audiovisual (videos de corta duración con explicaciones teóricas y el desarrollo de los experimentos) que posteriormente fue depositado en la plataforma *Microsoft Stream*, creándose un grupo al que se dio acceso a todo el alumnado de la asignatura. Además, para cada una de las prácticas del laboratorio se preparó un cuestionario de 20 preguntas de tipo verdadero/falso que los alumnos debían contestar con anterioridad a la sesión presencial en el laboratorio, intentando favorecer la lectura del guion de prácticas. Para cada cuestionario, los alumnos disponían de tres intentos y para la evaluación se consideró la calificación más elevada.

El alumnado fue informado del modo en que iba a desarrollarse el trabajo práctico de la asignatura con antelación al inicio de las mismas. Tanto el material audiovisual como el cuestionario para cada una de las prácticas estuvieron disponibles para el alumnado con una semana de antelación respecto a la fecha de realización en el laboratorio y en la plataforma virtual de la asignatura se colgó un documento con las instrucciones para acceder a la visualización del contenido disponible en *Microsoft Stream* para informar a aquellos alumnos que no asistieran con regularidad a las clases teóricas de la asignatura.

Por su parte el alumnado debía visualizar los videos de cada práctica, realizar la lectura del guion y responder al cuestionario antes de asistir a la sesión de prácticas de laboratorio. Dentro de la calificación asignada al seguimiento y rendimiento del alumno/a en las prácticas de laboratorio se tuvieron en cuenta los resultados de los cuestionarios a los que se dio un peso del 30% sobre la nota global de las PLs.

3.2 Durante la sesión práctica en el laboratorio

Al comenzar cada sesión de prácticas el docente hacía un repaso del fundamento de la práctica que se iba a realizar, haciendo hincapié en los conceptos nuevos que aún no habían sido presentados en las clases expositivas de la asignatura. Así mismo, se perseguía que fueran los propios alumnos quienes fuesen explicando qué y cómo se iban a desarrollar los

experimentos, en este caso el docente les iba guiando en el proceso, indicando además la localización de todo el material necesario para llevarlo a cabo. Tras la realización del experimento correspondiente, se resolvían las dudas o cuestiones planteadas en el guion de prácticas.

Tras el trabajo previo realizado, el alumnado debía ser capaz de transmitir el objetivo del trabajo a realizar en el laboratorio, indicando de manera general, el procedimiento a seguir. Posteriormente con ayuda del guion realizaba el trabajo experimental y había de ser capaz de explicar las observaciones experimentadas en base al fundamento teórico. Finalmente, debían resolver las cuestiones planteadas en el guion de prácticas y realizar los cálculos numéricos correspondientes, si los hubiera.

En la última sesión de las prácticas el alumnado rellenó un cuestionario anónimo previamente preparado por el profesorado para valorar su satisfacción con la actividad planteada

3.3 Después de la sesión práctica en el laboratorio

Una vez terminada la sesión de prácticas, al alumnado se le asignó la tarea de revisar el trabajo realizado durante la práctica de laboratorio, incluyendo los fundamentos teóricos que sustentaban el trabajo realizado, de modo que el profesorado pudiera resolver, de manera individualizada, aquellas dudas que no hubieran sido resueltas durante la sesión presencial.

El trabajo antes y después de la sesión presencial se computó dentro de las horas de trabajo no presencial del alumnado, tal y como recoge la guía docente de la asignatura.

4. RESULTADOS

Para la valoración de los resultados derivados de la metodología aplicada se han utilizado distintos instrumentos en función de la información que se pretende obtener.

4.1 Preparación previa de las prácticas

En primer lugar, para valorar la preparación previa de las prácticas (lectura del guion de cada práctica y visualizado los videos correspondientes) se utilizaron cuestionarios con 20 preguntas de verdadero o falso que debían ser contestados a través de la plataforma Moodle de la asignatura. Para favorecer la participación del alumnado se propuso como parte de la evaluación, con un peso del 30% de la calificación asignada a la parte de seguimiento y valoración del rendimiento. Para la realización de cada uno de estos cuestionarios el alumnado disponía de un tiempo total de 10 minutos. El feedback recibido se limitó a la calificación numérica de la prueba y se les permitía repetir el test hasta un máximo de 3 veces para poder mejorar sus resultados. De este modo se pretendía que, si su calificación no era demasiado buena, pudieran revisar de nuevo tanto el guion como los videos para mejorar sus resultados y

mejorar así su preparación para el laboratorio. Como se puede observar en la Figura 1, los resultados obtenidos en los cuestionarios fueron muy buenos con una nota mínima por encima de 6 y una mediana por encima de 9. Por otra parte, también se tuvo en cuenta la valoración del profesorado respecto a la aplicación de los conocimientos adquiridos previamente a la realización de la parte experimental y mediante discusión de algunos aspectos durante la sesión presencial. En este caso los resultados no fueron tan buenos, pero, aun así, más del 75% del alumnado obtuvo calificaciones por encima de 5 en la valoración del trabajo realizado en el laboratorio. En todos los casos los resultados promedio en la parte de seguimiento y valoración del rendimiento en el laboratorio estuvieron por encima de 5 puntos.

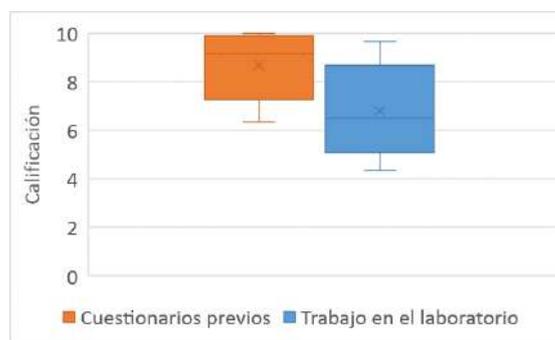


Figura 1. Calificaciones promedio de todos los cuestionarios y la calificación promedio del trabajo realizado en el laboratorio.

4.2 Mejora en los resultados de aprendizaje

Para valorar la mejora en los resultados de aprendizaje con la metodología propuesta se consideró que el mejor instrumento era la prueba escrita que se realiza tras la finalización del periodo de prácticas por considerarse una prueba objetiva. Esta prueba consta de 6 preguntas (1 por práctica) de cálculo numérico y/o de razonamiento, directamente relacionadas con el contenido de las prácticas, que se deben responder por escrito y sin consultar ningún tipo de material. Con el fin de evaluar si la metodología realmente había supuesto una mejora en el aprendizaje del alumnado, se compararon los resultados obtenidos por el grupo clase con los obtenidos en el curso anterior, en el que ya se había utilizado el material audiovisual, pero no para desarrollar una metodología de clase invertida, sino para sustituir las explicaciones del profesorado en el laboratorio, ya que debido a las restricciones derivadas de la pandemia, el tiempo dedicado a la realización presencial de las prácticas se vio reducido a la mitad (para así reducir la ratio de alumnos en el laboratorio). Además, en la comparativa se incluyen también los resultados del grupo bilingüe de la misma asignatura e impartida por el mismo equipo docente, que al ser un grupo más pequeño pudo mantener la presencialidad total incluso en el curso 2020-2021. El grupo bilingüe no hizo uso del material audiovisual ni en el curso 2020-2021 ni 2021-2022.

Como se puede ver en la gráfica de la Figura 2, al comparar los valores mínimos, el primer cuartil y las medianas obtenidas por los grupos de español, no hay una mejoría en los resultados obtenidos este año con respecto al curso anterior para un 50% de alumnado. Sin embargo, al comparar los valores del tercer cuartil y el valor máximo se puede ver cómo los resultados del grupo de este curso han mejorado notablemente con respecto a los del curso pasado, por lo que un 25% del alumnado estaría obteniendo mejores resultados que los del curso anterior y además para ese 25% los resultados se aproximan bastante a los resultados obtenidos por el grupo bilingüe.

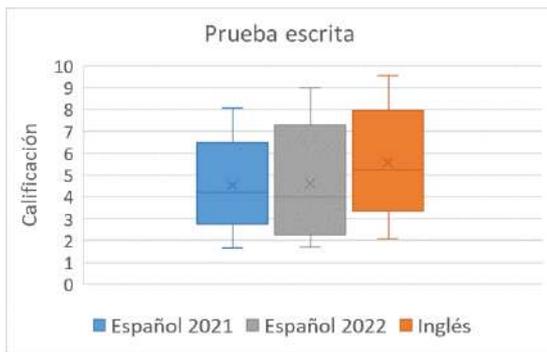


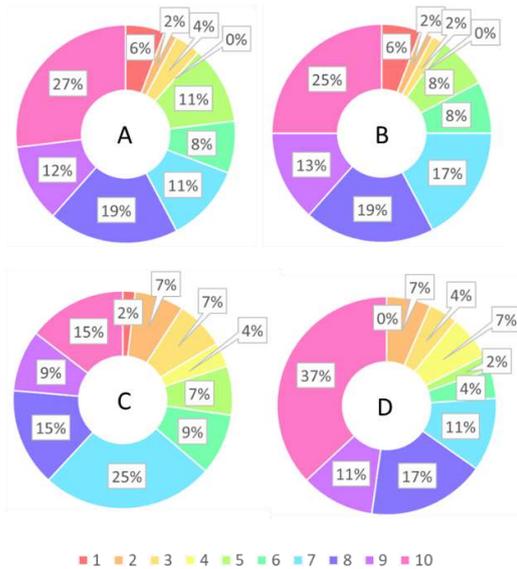
Figura 2. Calificaciones obtenidas en la prueba escrita en el curso académico 2020-2021, 2021-2022 y en el grupo bilingüe.

4.3 Éxito obtenido en la aplicación de la metodología

A la hora de valorar el éxito obtenido en la aplicación de la metodología resulta clave el grado de implicación de los dos protagonistas del proceso enseñanza/aprendizaje, docente y alumno/a. Para valorar este parámetro se han utilizado tres indicadores. El primero de ellos son los cuestionarios previos planteados para su resolución antes de la realización de las prácticas (Figura 1), que deberían servir para evaluar el grado de comprensión de los contenidos a trabajar posteriormente en el laboratorio. Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente este instrumento no resulta del todo fiable ya que los resultados de los cuestionarios fueron bastante superiores a los resultados de aprendizaje adquirido según la evaluación del profesorado. Por otro lado, se ha realizado una encuesta anónima sobre la actividad planteada en la que se han incluido algunas cuestiones destinadas a conocer su implicación en este proyecto (Figura 3). En concreto se les plantearon una serie de afirmaciones a las que se les pidió que respondieran según una escala Likert de 0 a 10 (siendo el 10 la calificación máxima).

Como se puede ver en la Figura 3A en torno a un 60 % del alumnado afirma haber leído el guion de prácticas antes de asistir al laboratorio (≥ 8) mientras que solo un solo un 12% dice haberlo leído en pocas ocasiones (≤ 4). En cuanto a la lectura del guion antes de responder al cuestionario (3B) se repite la tendencia con cerca de un 60% del alumnado que lo ha hecho con

mucha frecuencia (≥ 8) mientras que en torno a un 10% lo hicieron en pocas ocasiones (≤ 4). Para la visualización de los videos, solo un 40% del alumnado dice haber visto los videos de las explicaciones teóricas (3C) de forma habitual (≥ 8) mientras que cerca de un 20% los vio en pocas ocasiones (≤ 4). Contrariamente, para los videos con los experimentos a realizar en el laboratorio (4D) hasta un 65% del alumnado afirma haberlos visto con bastante frecuencia (≥ 8), aunque casi un 20% lo ha hecho en pocas ocasiones (≤ 4).



A) He leído el guion de cada práctica antes de asistir al laboratorio
B) He leído el guion de prácticas antes de realizar el cuestionario disponible en el campus virtual
C) Grado de visualización de los videos habilitados en la plataforma (explicaciones teóricas)
D) Grado de visualización de los videos habilitados en la plataforma (experimentos)

Figura 3. Respuestas del alumnado respecto al trabajo dedicado a la preparación previa de las prácticas en una encuesta anónima.

Por último, se consideró el número de reproducciones realizadas para cada video en la plataforma *Microsoft Stream* (Figura 4).

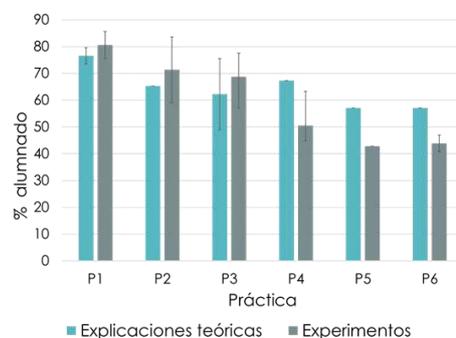
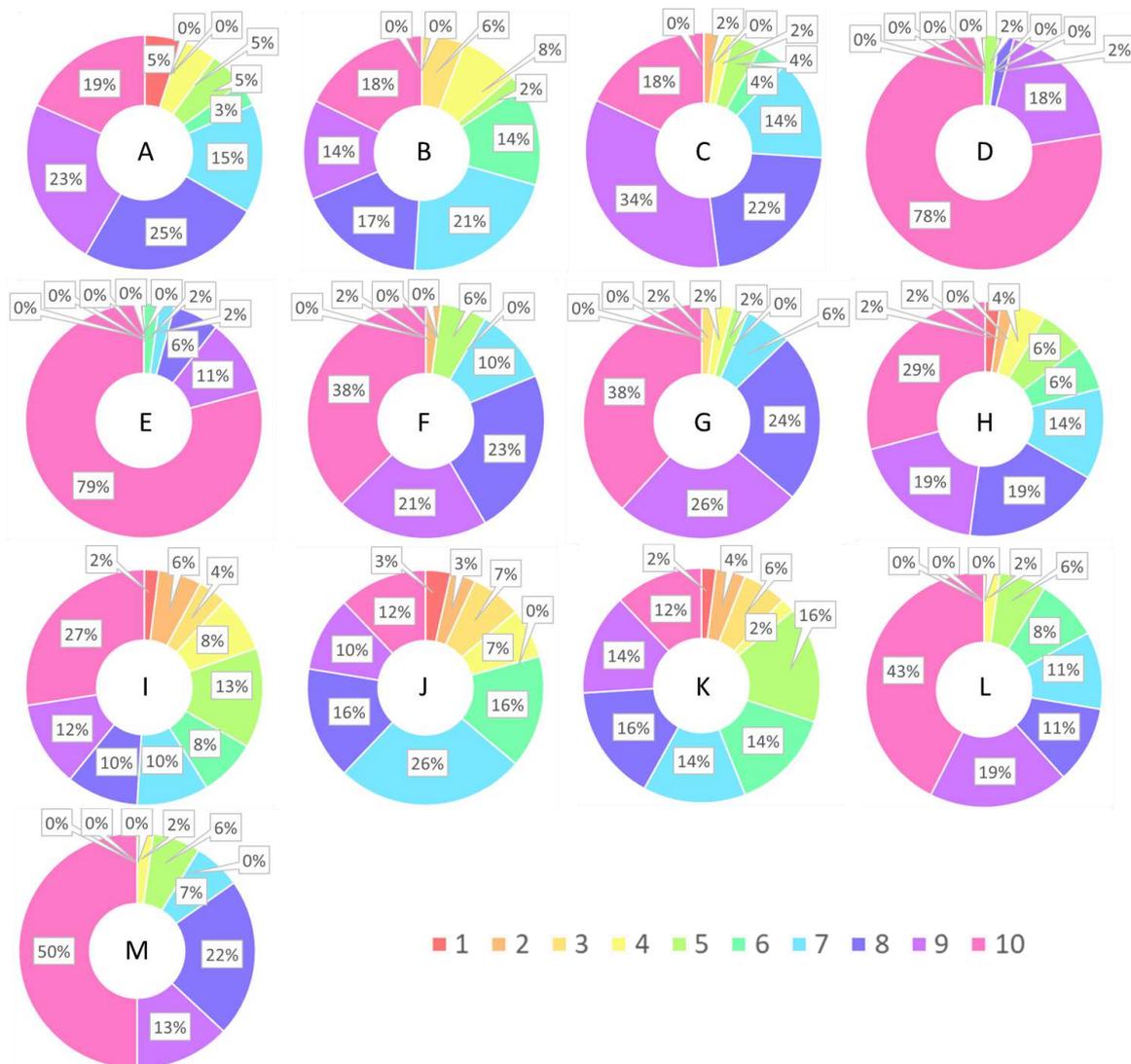


Figura 4. Grado de visualización de los videos según el número de reproducciones realizadas en la plataforma *Microsoft Stream* calculado en porcentaje sobre el total de alumnos presentados a la prueba escrita (49).



A) Tengo claro el objetivo de cada una de las prácticas antes de asistir al laboratorio
B) Los cuestionarios previos disponibles en el campus virtual para cada una de las prácticas me han ayudado con la preparación previa del trabajo experimental
C) Las preguntas incluidas en los cuestionarios son claras y se adecuan a los contenidos de cada práctica
D) El número de intentos disponibles para la realización del cuestionario me ha parecido suficiente
E) Los videos estaban disponibles con antelación suficiente a la práctica de laboratorio
F) Los contenidos incluidos en los videos de las explicaciones teóricas son suficientemente claros y proporcionan una buena base para el desarrollo de cada práctica
G) Los contenidos incluidos en los videos de los experimentos proporcionan una idea clara de los procedimientos experimentales a realizar en el laboratorio y me han permitido llevar a cabo las prácticas de una forma más autónoma
H) Sería conveniente que los videos recogiesen también las soluciones a las cuestiones planteadas durante el desarrollo del trabajo práctico en el laboratorio
I) La visualización de los videos no es necesaria puesto que con las explicaciones que el profesor da en el laboratorio es suficiente para poder realizar la práctica
J) La visualización de los videos lleva excesivo tiempo
K) La visualización de los videos resulta demasiado pesada
L) El acceso a los videos durante todo el periodo de duración de las prácticas me va ser de ayuda para preparar mejor la prueba escrita
M) Recomiendo que el contenido audiovisual de las prácticas esté disponible para los alumnos que vayan a cursar esta asignatura

Figura 5. Encuesta de satisfacción.

Como se puede observar, el grado de visualización de los videos de las tres primeras prácticas (P1, P2 y P3) supera el 60% del total del alumnado que se ha presentado a la prueba escrita (49), tanto para las explicaciones teóricas como para los experimentos, pero a partir de la práctica 4 va cayendo, especialmente en el caso de los experimentos, que no llegan al 50% de visualización.

4.4 Satisfacción del alumnado con la actividad propuesta

Para terminar, para analizar el grado de satisfacción del alumnado con la actividad propuesta se realizó una encuesta anónima (Figura 5).

A modo de resumen, las respuestas a las preguntas relacionadas con su percepción respecto a la utilidad de la actividad para conseguir los objetivos planteados en este proyecto (A, B, F, G, I, L y M) tuvieron respuestas positivas con resultados en el rango 8-10 para al menos el 67% del alumnado, con excepción de la pregunta B, relativa a la utilidad de los cuestionarios previos para la preparación de la práctica (49% del alumnado). En cuanto a las preguntas relacionadas con su satisfacción con la actividad (C, D, E, H, J, K y M) también se obtuvieron resultados con valores de 8 a 10 para más del 67% del alumnado con la única excepción de las preguntas J y K, relativas al tiempo requerido y lo tedioso que resulta ver los videos para las que la respuesta estuvo entre 8 y 10 para en torno al 40% del alumnado.

5. CONCLUSIONES

Tras implantar la metodología del aula invertida en las prácticas del laboratorio de la asignatura de Química del primer curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales de la Universidad de Oviedo, los indicadores utilizados para evaluar la mejora del aprendizaje respecto de la metodología tradicional indican:

i) Según los resultados obtenidos a partir de los cuestionarios previos a la práctica, parece que el alumnado ha preparado convenientemente las prácticas. Sin embargo, las observaciones del profesor indican que los cuestionarios no son un buen reflejo de la adquisición efectiva de los conocimientos básicos necesarios, por lo que este aspecto debería mejorarse de cara al futuro. En cualquier caso, los resultados pueden considerarse positivos ya que todo el alumnado consiguió una calificación de 5 o superior en la parte relativa al seguimiento y valoración del rendimiento (30% cuestionarios + 70% evaluación del profesor).

ii) El objetivo fundamental de este proyecto era la mejora en el nivel de aprendizaje del alumnado en la parte práctica de la asignatura. Para evaluar si dicho objetivo se alcanzó con éxito se compararon los resultados obtenidos en la prueba escrita, con los del curso anterior y el grupo bilingüe. Los valores mínimos, del primer cuartil y de la mediana no mejoraron con respecto a los del curso pasado. Sin embargo, al comparar los valores del tercer cuartil y el valor máximo se puede ver cómo los resultados del grupo de este curso

han mejorado notablemente con respecto a los del curso pasado. Además, para ese 25%, los resultados se aproximan bastante a los resultados obtenidos por el grupo bilingüe que, por lo general, suele obtener mejores resultados académicos. Por lo tanto, se puede concluir que para un 25 % del alumnado se ha logrado el objetivo principal del proyecto.

Para el 75 % restante, es necesario analizar con más detalle los motivos por los cuales no se han logrado los mismos resultados. Una primera idea puede ser que la preparación previa y autónoma de los contenidos supone un esfuerzo importante por parte del alumnado y es posible que una parte no sea capaz de asumir el compromiso que esto supone. Según las respuestas de la encuesta una buena parte del alumnado ha leído los guiones y visto los videos de las prácticas. Sin embargo, los datos de reproducciones en *Microsoft Stream* indican que entre un 20-60% del alumnado, dependiendo de la práctica, no ha visto los videos, lo que explicaría el porcentaje de alumnado no ha logrado mejorar sus resultados.

iii) Por último, los resultados de la encuesta de satisfacción indican que al alumnado considera que los recursos preparados para esta actividad son muy útiles, sobre todo el material audiovisual, para proporcionarles una idea clara sobre el objetivo de cada practica y especialmente de cara a la preparación de la prueba escrita. Respecto a la satisfacción con respecto a la forma de plantear la actividad, el alumnado considera que tanto el material preparado como su disponibilidad es adecuado, aunque una buena parte considera que la visualización de los videos resulta algo tediosa (de acuerdo a lo ya expuesto anteriormente).

Puesto que el alumnado ha mostrado una percepción muy positiva de la actividad esta metodología se continuará aplicando y mejorando en futuros cursos, de modo que además permita extraer conclusiones más fiables.

REFERENCIAS

- [1] J. Peña Martínez, B. Gómez Gómez, N. Rosales Conrado "Clase invertida de espectroscopía: una experiencia en el marco de un Programa de Excelencia para Bachillerato" *Educación Química* 31-3 (2020) 27-44.
- [2] E. M. Heiss, S.P. Oxley "Implementing a flipped classroom approach in remote instruction" *Anal. Bioanal. Chem.* 413 (2021) 1245-1250.