

Aula Invertida y aprendizaje basado en proyectos para aprender Química: aplicación en prácticas de laboratorio del Grado en Ciencias del Mar

6

Sarah Montesdeoca-Esponda^a, Sergio Santana-Viera^a, Mónica Guerra-Santana^b,
Josefa Rodríguez-Pulido^b, Pilar García-Jiménez^a

^aInstituto Universitario de Estudios Ambientales y Recursos Naturales (i- UNAT),
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

^bDepartamento de Educación. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
sarah.montesdeoca@ulpgc.es; sergio.viera@ulpgc.es; monica.guerra@ulpgc.es;
josefa.rodriguez@ulpgc.es (coordinadora pedagógica);
pilar.garcia@ulpgc.es (coordinadora científica)

Resumen:

Las prácticas de laboratorio en las materias de Química, como las de toda ciencia experimental, son fundamentales para que el alumnado aprenda a poner en uso los conceptos abordados en las sesiones teóricas. Los docentes debemos ser capaces de explotar la curiosidad que despiertan las clases prácticas entre el alumnado y diseñar experimentos que capten su atención y mantengan su interés y motivación. En esta propuesta de innovación metodológica se ha hecho un ejercicio de autocrítica para detectar los posibles aspectos a mejorar en la asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas de cuarto curso del Grado en Ciencias del Mar. El objetivo es optimizar su temporalización y emplear técnicas novedosas de enseñanza que maximicen el aprendizaje del alumnado.

Dicha asignatura aborda multitud de procedimientos de análisis químico que en ocasiones resultan difíciles de comprender y diferenciar para el alumnado. Por otro lado, en cada una de las sesiones de laboratorio se trabaja una fase del procedimiento analítico, pero a menudo el alumnado elabora los informes de las distintas prácticas por separado sin ser capaz de adquirir una visión global del mismo.

Por ello, en esta propuesta, los tradicionales informes de prácticas se han sustituido por la elaboración de un recurso audiovisual, de acuerdo con las directrices del Aprendizaje Basado en Proyectos, y trabajando un caso de estudio concreto. Además, se introduce la herramienta del Aula Invertida, en la que el alumnado puede estudiar los contenidos escogiendo el momento que más le convenga y organizándose en función de sus necesidades. El estudiante dispondrá de contenidos multimedia elaborados tanto por el docente como por los compañeros, ya que los proyectos realizados por el alumnado estarán también disponibles en el Campus Virtual.

La evaluación del material audiovisual, elaborado por los alumnos, se realiza a través de una rúbrica dispuesta con antelación en el campus virtual. De esta manera conocen de antemano qué descriptores se usarán para la calificación. La implementación de estas herramientas durante el primer semestre del curso 2018/2019 ha proporcionado excelentes resultados, lográndose una gran implicación y una muy buena actitud del alumnado y elaborándose material audiovisual de muy alto nivel. Así, el 75% del alumnado obtuvo la máxima puntuación en la elaboración de su proyecto.

Palabras clave: prácticas de laboratorio; química; aula invertida, aprendizaje basado en proyectos.

1. Introducción

La Química es una ciencia experimental que como tal debe ser puesta en práctica y llevada al laboratorio. De este modo, el alumnado puede comprobar empíricamente lo que se ha explicado en el aula. De manera general, las prácticas de laboratorio son más atractivas que las clases magistrales, ya que durante estas actividades se indaga en la resolución de una propuesta, los estudiantes pueden interactuar entre sí, y, en definitiva, el trabajo resulta más motivador y estimulante. En este sentido los docentes debemos aprovechar esa curiosidad propia del ser humano para profundizar en las competencias que el estudiante debe adquirir, y despertar en él interés por la búsqueda de respuestas a través de la investigación científica.

La asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas del Grado en Ciencias del Mar se imparte en el último curso y se caracteriza por abordar multitud de procedimientos de análisis químico. Es por ello por lo que las prácticas de laboratorio en esta asignatura son especialmente importantes para conseguir afianzar los conocimientos y lograr un aprendizaje significativo. Sin embargo, los fundamentos teóricos y aplicaciones en las que se basan pueden resultar, en ocasiones, confusos y difíciles de diferenciar para el alumnado. A pesar de que las tareas en el laboratorio son en general sencillas en cuanto al procedimiento, sus razonamientos teóricos requieren de un completo entendimiento para que ser capaz de relacionar los conceptos a lo largo de toda la materia y alcanzar así una de las competencias más importante de las referenciadas en el Proyecto Docente: la competencia sistemática S7, *capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica*.

Conscientes de la importancia de la parte práctica de cualquier ciencia experimental en general, y en esta área de conocimiento en particular, los docentes de dicha asignatura han realizado una revisión crítica de la metodología empleada para su enseñanza, concluyendo que esta presenta ciertas limitaciones y aspectos que pueden ser mejorados.

Algunas de estas deficiencias se detectaron, por ejemplo, en la sesión que estaba destinada al muestreo. Esta sesión implicaba el traslado a la playa y la recolección de muestras que posteriormente se emplean para el resto de las prácticas. Los problemas detectados fueron cierta inoperatividad y empleo excesivo de tiempo en los desplazamientos, ya que era necesario acudir al laboratorio a limpiar, preparar y rotular el material y luego desplazarse para la toma de muestras, para posteriormente regresar al laboratorio y realizar los procedimientos de preservación de las muestras.

En otras ocasiones, se detectaron también algunos desfases en el cronograma planteado. Esto repercutía en la descompensación de horas invertidas en cada sesión, resultando sesiones que requerían menos tiempo del programado, y existiendo otras demasiado largas (cinco horas) y densas. Asimismo, estas últimas se asociaban con la realización de más tareas y mucho más complejas, lo que propiciaba cansancio en el alumnado y dificultad en la asimilación de los conocimientos.

Con respecto al agrupamiento del alumnado, se detectó que en ocasiones los grupos de estudiantes son demasiado numerosos no solo con respecto al espacio sino también a la instrumentación utilizada. En estas tareas se usan grandes equipos en los que hay que trabajar inexcusablemente por turnos y en grupo, nunca de manera individual. Esto provoca que, en ciertos momentos de la sesión, solo una o dos personas del grupo están realizando trabajo de manipulación y consecuentemente el resto se aburre y va perdiendo interés. Esta situación contribuye a que, en ocasiones, se observe la formación de distintos grupos entre el alumnado. Por un lado, se identifica un pequeño grupo de estudiantes que se encargan de realizar el trabajo manual y que se encuentran acompañados de otros alumnos que realizan los cálculos, anotan las experiencias, etc. Estos se mantienen involucrados durante toda la sesión. Por otro lado, sin embargo, se produce la aparición de otro grupo que comienza colaborando, pero que con el transcurso del tiempo y al pasar largos periodos sin manipular el material de laboratorio, va perdiendo interés y termina desconectado de la experiencia.

Esta polarización es más clara en los grupos más grandes, creando insatisfacción tanto en el docente como en el estudiante. El docente no puede desatender a las cuestiones de los estudiantes que están más involucrados, máxime además en un laboratorio de química con materiales peligrosos, y poco a poco siente que va perdiendo al resto. Por parte de los estudiantes, en ejercicios donde deben entregarse los resultados en grupo, suele aparecer el perfil de alumno que espera que los demás lleven la responsabilidad para al final solamente tomar los datos.

Por lo expuesto, y teniendo en cuenta la dificultad del temario y la importancia de que el alumnado adquiera correctamente los conocimientos que le permitan relacionar los contenidos teóricos con los prácticos, se considera esencial introducir una variación en la metodología que permita la inclusión de todo el alumnado en la práctica y aumentar por tanto la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, se propone sustituir los tradicionales informes de prácticas de laboratorio por un Aprendizaje Basado en Proyectos que integre todas las prácticas realizadas y que posteriormente sirva para el estudio de sus propios compañeros a través del Aula Invertida. La intención es que el alumnado trabaje las aplicaciones reales de los métodos de análisis estudiados, y lograr una participación activa de todos los miembros del grupo.

2. Marco teórico

Si bien en la enseñanza primaria y secundaria se ha producido en los últimos años un cambio radical de paradigma en cuanto a metodologías de enseñanza, con la introducción de técnicas de aprendizaje por descubrimiento, cooperativo o basado en proyectos, el modelo tradicional de clases magistrales sigue predominando en la enseñanza superior. De manera clara, el alumno está habituado a una metodología en la que se le exponen los contenidos y posteriormente se prepara para una prueba y/o trabajo. Además, no existe una cultura de trabajo en grupo, por lo que a menudo se reparten las tareas entre los integrantes, pero no se consigue una cooperación real de los miembros a lo largo de las distintas fases del trabajo. Asimismo, el alumnado no suele preocuparse de corregir los errores cometidos en los ejercicios realizados hasta llegado el periodo de evaluación, por lo que, en ocasiones, la interacción con el profesor/a o con los propios compañeros/as no se produce, y el aprendizaje no se alcanza adecuadamente.

Con el objetivo de hacer al alumnado partícipe de su aprendizaje, se han desarrollado diferentes técnicas de aprendizaje colaborativo y cooperativo. Estos tipos de aprendizaje se basan en las teorías cognoscitivas, donde el alumnado es guiado por el profesor durante la adquisición de conocimientos, pero debe ser él quien debe abordar el problema, apoyándose en sus compañeros y utilizando todas las herramientas disponibles. De esta forma, se busca que el alumnado deje de actuar como un observador pasivo del que se evalúa principalmente su capacidad de repetición (Calzadilla, 2002). Por lo tanto, el trabajo grupal, con la intervención de todos los miembros del equipo, se caracteriza por su flexibilidad y por no estar totalmente estructurado por parte del docente (Fortanet van Assendelft de Coningh, 2013).

En muchas de estas metodologías se hace uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que modifican y dinamizan el proceso de aprendizaje. El empleo de las TIC en educación comenzó con la introducción de los ordenadores en el aula. Esto dio lugar a innumerables estudios en los que se evaluaba el grado de disponibilidad de la tecnología, el impacto de los ordenadores en el alumnado y las perspectivas y prácticas pedagógicas asociadas. Actualmente, se asume que el acceso a las TIC es universal, pero sigue siendo decisiva la formación del profesorado para aplicarlas satisfactoriamente, por lo que se puede decir que se sigue trabajando para incluir las TIC en el aprendizaje a pesar de los 15 años transcurridos (Area, 2005).

Una de las técnicas de aprendizaje cooperativo más reputadas es la del Puzzle de Aronson, que pretende que el estudiante sea responsable no solo de su propio aprendizaje, sino también del de sus compañeros (Aronson, 1978). También ha sido utilizado con éxito en las prácticas de laboratorio de química desde hace treinta años (Smith et al., 1991) y específicamente ha sido implementado en el área de Química Analítica para la cual se propone esta metodología. Con este aprendizaje no solo se potencia el fortalecimiento de valores como la responsabilidad, el esfuerzo y el compañerismo, sino que, existe un cierto grado de consenso acerca de la importancia, aplicabilidad y beneficios de esta técnica a nivel educativo (García y Millán, 2013). Esta técnica se sustenta con la formación de equipos de trabajo y en la responsabilidad de cada miembro del equipo para ejecutar una parte de la tarea global que se exige. Básicamente, cada miembro del grupo de trabajo lleva a cabo una tarea

en particular. Asimismo, cada uno de los miembros de cada equipo debe reunirse con los compañeros de los otros equipos que tengan la misma tarea, lo que los convierte en expertos del tema. Una vez analizada y discutida la tarea particular entre los expertos, se integran nuevamente en el equipo inicial, dónde comparten su información y conocimientos al resto del equipo (Martí, 2006).

Otra técnica de innovación extensamente empleada en el aula es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Se caracteriza por trasladar el aprendizaje a situaciones reales de trabajo (Galeana, 2016) y se empezó a aplicar, de manera similar a la conocemos hoy en día, desde el año 1965 (Knoll, 1997). Se basa en el constructivismo, según el cual el aprendizaje es el resultado de construcciones mentales a partir de conocimientos previos (Karlin y Vianni, 2001). De esta manera, se favorece el aprendizaje, ya que, se trabaja de manera colaborativa dando solución a un problema real transformando conceptos previos en nuevas ideas. El estudiante aprende de sus compañeros a la vez que aprende a enseñarles; a trabajar en grupo; a autoevaluarse y evaluar a los demás; a organizarse; a aprender de sus errores; a experimentar, etc. De acuerdo con Galeana (2016), esta técnica presenta tres principales beneficios como son 1) promueve el respeto hacia los compañeros, a diferentes ideologías, culturas, idiomas, etc.; 2) promueve el trabajo de investigación, colaboración, planificación, toma de decisiones, etc.; 3) aumenta la motivación y autoestima. En este aprendizaje el alumno adquiere nuevamente un rol activo, mientras que el profesor actúa como orientador.

La aplicación del ABP en la enseñanza superior ha logrado una mayor motivación en el alumnado, debido a una mejor conexión entre el aula y la vida real, lográndose, por lo tanto, un aprendizaje útil y una mayor confianza en si mismo (Pérez, 2008). Los estudiantes valoran positivamente esta técnica ya que les permite integrar los conocimientos prácticos y los teóricos, superando un trabajo que se presenta más como un reto complejo e interdisciplinar que como un trabajo memorístico (Martí, 2010; EDUforics, 2020). Por ejemplo, los alumnos de Ingeniería de Alimentos, que trabajaron con esta técnica, planificaron las tareas correctamente antes de trabajar en el laboratorio; consultaron bibliografía y aplicaron los conocimientos teóricos; analizaron, interpretaron y comunicaron los resultados obtenidos de manera eficiente (Rodríguez-Sandoval, 2010). Su aplicación en Ingeniería de Telecomunicación,

durante dos años, también ha sido valorada como muy positiva, logrando los objetivos del profesorado y del alumnado, y concluyendo que se debe continuar con estos trabajos (Alcober, 2003).

El Aula Invertida, otra técnica que ha tenido mucho éxito en todos los niveles educativos, fue ideada precisamente por dos profesores de Química de educación secundaria (Bergmann y Sams, 2008). A medida que los centros de secundaria y universidades han ido implementando esta metodología, ha ganado popularidad rápidamente entre el colectivo académico (Smith, 2018). Se basa en sustituir la clase magistral por una tarea autónoma en casa y empleo del tiempo en el aula para un aprendizaje interactivo interpersonal (Missildine, 2013). Radica en proporcionar al alumnado el material de estudio con antelación a la clase presencial. Habitualmente este material se presenta de manera digital, ya sea un simple documento en formato texto, una presentación o incluso un vídeo o podcast. Los estudiantes pueden así familiarizarse con los conceptos antes de acudir a clase y, aprovechar esta última para incidir y aclarar con el profesorado las cuestiones en las que se les ha presentado dudas. Esta manera de proporcionar los conocimientos ayuda a que cada estudiante adapte el estudio a su disponibilidad horaria y a su formación previa. Esta metodología también contribuye al diálogo entre el alumnado y el profesorado, y evita las situaciones en las que el estudiante es meramente un asistente pasivo en el aula y el profesorado realmente no llega a conocer sus fortalezas y debilidades. También, se favorece el intercambio de impresiones entre los compañeros y ayuda a crear un clima más confortable a la hora de plantear dudas. Desde el punto de vista de la operatividad, este tipo de metodología de aprendizaje activo no consume demasiado tiempo, por lo que es fácilmente aplicable en el aula, y ayuda al profesorado a detectar qué conceptos son más complicados para el grupo (Peña, 2017). Por tanto, las TIC suponen una herramienta esencial de apoyo para el docente y el estudiante en esta metodología (Jong, 2017).

El Aula Invertida ha sido aplicada para contenidos a priori muy complejos tales como la Ley de Planck (Zurita, 2017), y donde los alumnos se beneficiaron de esta forma de estudiar adaptable a sus propios ritmos y necesidades. Como muestra de estos beneficios, en un artículo de revisión bibliográfica publicado recientemente por Uzunboyly y Karagözlü (2017), donde analizaron 65 trabajos para establecer las tendencias de

los estudios en el aula entre 2010 y 2015, se concluyó que el uso del Aula Invertida ha aumentado año a año, habiéndose aplicado hasta en 48 áreas temáticas diferentes.

3. Propuesta metodológica

3.1. Datos generales de la materia y distribución de los grupos

La asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas es una optativa de seis créditos de cuarto curso del Grado en Ciencias del Mar, enmarcada concretamente en el área de conocimiento de Química Analítica. Se imparte durante el primer semestre, y se desarrolla en base a clases teóricas y clases prácticas de aula con un grupo único de estudiantes, y prácticas de laboratorio con los alumnos distribuidos en 4 subgrupos. Cada uno de estos subgrupos recibe veinte horas de prácticas de laboratorio, a lo largo de cinco sesiones e impartidas quincenalmente. Dichas sesiones se desarrollan entre la segunda y la duodécima semana del calendario.

El número de estudiantes es variable como corresponde a su carácter optativo, lo que afecta al agrupamiento de los subgrupos de prácticas. Igualmente, esta disparidad en el número de alumnos por grupos condiciona totalmente la metodología seguida por el docente, así como, la organización en las tareas a llevar a cabo por cada alumno. Se entiende que para que cualquier propuesta innovadora tenga éxito debe conseguirse grupos de prácticas más homogéneos en cuanto a número de alumnos. Esta situación se ejemplifica en el curso académico 2017/2018, donde había matriculados diecisiete alumnos repartidos en un grupo de siete alumnos, otro de cinco, otro de tres y otro de dos, mientras que, en el curso 2018/2019 se matricularon solo 4 estudiantes.

3.2. Objetivos de la propuesta

Dadas las condiciones particulares que se dan durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio, los objetivos de la presente propuesta son los siguientes:

- Establecer una dinámica de participación equitativa de todo el alumnado que permita generar un ambiente inclusivo que atienda las diferencias individuales.

- Evitar la polarización y la generación de subgrupos de alumnos con distintos niveles de esfuerzo y aprendizaje.
- Lograr que el alumnado relacione los contenidos abordados en las clases teóricas con los trabajados en las prácticas de laboratorio.
- Conseguir una visión conjunta del procedimiento analítico en lugar de una percepción individual de los contenidos de cada sesión de prácticas.

3.3. Temporalización y desarrollo de las sesiones prácticas

En la tabla 1 se presenta la programación de las prácticas del curso 2017/2018, atendiendo al número de sesiones, duración, contenidos y las limitaciones detectadas.

En la tabla 2, y de acuerdo con todo lo anteriormente expuesto, se presenta una nueva distribución de tareas y las ventajas que se presentan con la nueva asignación de horas. Se asume que esta nueva temporalización propicia una situación en el laboratorio más adecuada, permitiendo el logro de los objetivos planteados y la participación del alumnado.

Tabla 1. Temporalización inicial de las prácticas y sus limitaciones

Práctica	Duración	Contenido	Desventajas
Sesión 1	4 horas	Espectrofotometría de absorción UV-visible	-
Sesión 2	3 horas	Muestreo	Se pierde mucho tiempo en los desplazamientos entre la zona de muestreo y el laboratorio
Sesión 3	3 horas	Preparación de las muestras	El tiempo establecido es excesivo para llevar a cabo la actividad
Sesión 4	5 horas	Espectrometría de absorción atómica y espectrometría de emisión atómica.	El tiempo disponible es insuficiente para llevar a cabo la actividad y la complejidad de las dos técnicas es elevada para tratarlas en una misma sesión
Sesión 5	5 horas	Cromatografía líquida con detección por diodo Array	-

Esta nueva temporalización se implementa para llevar a cabo, en la sesión 2, la herramienta de Aula Invertida, en vez de únicamente la sesión de muestreo. El recurso empleado es un vídeo preparado por el docente y donde se especifican todos los pasos a seguir durante el ejercicio práctico y se incide en los puntos importantes a tener en cuenta. El vídeo se dispone en el campus virtual de la asignatura durante dos semanas, donde además se habilita un foro para el planteamiento de dudas. Esta actividad es esencial para alcanzar la competencia específica E2, *conocer las técnicas básicas de muestreo en la columna de agua y sedimentos*.

Por tanto, gracias a la implementación del Aula Invertida, las sesiones 2 y 3 (Tabla 1) se unifican en una única sesión de cuatro horas (sesión 2, Tabla 2). En esta nueva sesión se emplea un periodo de treinta minutos para realizar una prueba de comprobación de conocimientos, y el resto para la preparación de las muestras.

Tabla 2. Temporalización propuesta y ventajas aportadas

Práctica	Duración	Contenido	Ventajas
Sesión 1	4 horas	Espectrofotometría de absorción UV-visible	-
Sesión 2	4 horas	Realización de actividad acerca del muestreo y preparación de las muestras	Se evita el desplazamiento hasta la zona de muestreo y se realizan dos actividades conjuntas en una misma sesión para optimizar el tiempo
Sesión 3	3 horas	Espectrometría de absorción atómica	Se divide la antigua sesión 4 en dos para facilitar la comprensión de las técnicas y ajustar el horario
Sesión 4	4 horas	Espectrometría de emisión atómica	Se divide la antigua sesión 4 en dos para facilitar la comprensión de las técnicas y ajustar el horario
Sesión 5	5 horas	Cromatografía líquida con detección por diodo Array	-

En segundo lugar, la sesión 4 (Tabla 1) se desdobra en dos sesiones (sesiones 3 y 4, Tabla 2) en la nueva propuesta. Esto permite abordar cada una de las dos técnicas por separado y contar con el tiempo suficiente para llevar a cabo la experiencia sin prisas.

El desarrollo de las sesiones se apoya con la implementación del trabajo cooperativo en pequeños grupos, a través de ABP. Esta propuesta sustituye el informe tradicional de las prácticas de laboratorio, generalmente basadas en informes individuales, pero con mismos datos y centrados en sesiones concretas que no aportan una visión global al alumnado.

Para el ABP, cada uno de los grupos recibe una situación de estudio real y debe debatir y elaborar un plan de actuación para llevar a cabo un procedimiento analítico completo, desde el estudio de la zona afectada, pasando por las labores de muestreo y conservación de las muestras, hasta la aplicación de las técnicas de tratamiento y determinación más adecuadas. Este aprendizaje colaborativo incide directamente en la consecución de las competencias específicas E6, *manejar técnicas instrumentales aplicadas al mar* y E11, *saber trabajar en campaña y en laboratorio de manera responsable y segura, fomentando las tareas en equipo*.

A continuación, se detallan las líneas generales del procedimiento para la aplicación del ABP:

1. Se propone un caso real en el que, por un accidente o un descuido, se haya producido un vertido químico en el mar. El alumnado tendrá que adquirir el rol de experto, tomar una muestra, analizarla y enviar los resultados.
2. Se da algunas indicaciones o pistas sobre de qué se puede tratar el vertido. Por ejemplo, si se trata de una fábrica, indicar qué produce y cuáles son sus principales materias primas y residuos. Si fuese un barco, dar una orientación sobre qué transporta o si puede existir fuga de combustible.
3. El estudiante debe buscar las características de estos compuestos químicos y determinar sus peligros y su posible comportamiento en el medio, así como caracterizar el lugar de muestreo y la matriz a analizar.
4. A continuación, se debe seleccionar la técnica de muestreo más adecuada, además de su posterior conservación y transporte.

5. Dependiendo de la matriz seleccionada, se lleva a cabo un tratamiento de muestra u otro. Así, debe darse respuesta a cuestiones como ¿cuál se realiza en cada caso? ¿cómo se extraen los contaminantes de la matriz para poder ser analizados?
6. El análisis debe tener en cuenta varias cosas, dependiendo del compuesto. En este sentido, el estudiante debe responder a ¿qué técnica instrumental será la más adecuada? ¿por qué? Una vez seleccionada la técnica debe tener en cuenta si el método es apropiado: ¿cómo lo hacemos? ¿qué parámetros se estudian para demostrar que un método es fiable y la validamos?
7. El último paso será el análisis en sí, ¿cómo trabaja la técnica instrumental seleccionada? Y además será necesario expresar los resultados de la manera adecuada, ¿Cómo se hará dicho informe?

El planteamiento del ABP se lleva a cabo con el grupo único en dos sesiones de dos horas de duración (dos antes de las prácticas de laboratorio y otras tantas después) correspondientes a las prácticas de aula. Estas se suelen emplear para trabajar problemas, tratamientos de datos y análisis de casos reales. Así pues, dado que se trabajan los mismos conceptos, una de las sesiones de las prácticas de aula se dedica a la organización de los grupos de trabajo y a la presentación del proyecto de aprendizaje cooperativo, así como del trabajo a realizar. La segunda se enfoca a la puesta en común y discusión de resultados al final del semestre.

Los grupos formados son diferentes a los grupos de prácticas de laboratorio para favorecer el trabajo cooperativo entre todo el alumnado. Se dispondrá de las bases de datos suscritas por la ULPGC (incidiendo así en la competencia instrumental I4, *conocimiento de una segunda lengua*), así como, de la bibliografía perteneciente a la asignatura. Cada grupo de trabajo es experto del tema a trabajar y actuará como transmisor de conocimientos a sus compañeros. El profesor asiste al alumnado como acompañante en este proceso de aprendizaje, sirviendo como guía en la obtención y manejo de herramientas que permitan abordar el tema y supervisando en todo momento el proceso de transmisión de información entre los compañeros.

La segunda sesión correspondiente a las prácticas de aula con grupo completo (al final del semestre) se desarrolla con la exposición del ABP,

el cual debe dar respuesta completa al problema asignado y mostrarse en un formato audiovisual a elegir entre documental, diapositivas con voz, teatralización, etc. El estudiante tendrá a disposición el laboratorio y el material por si desean su inclusión en la demostración del recurso audiovisual. Esta será una oportunidad para trabajar la competencia instrumental I8, *toma de decisiones*.

La evaluación del material audiovisual elaborado se realiza mediante rúbrica. Esta está disponible para su consulta, lo que permite ajustar la elaboración del proyecto a los requisitos exigidos. Asimismo, la exposición debe contener un planteamiento claro y concreto del problema ambiental a tratar y sus posibles implicaciones negativas, así como una detallada caracterización de la zona geográfica afectada. Igualmente, se debe razonar el procedimiento analítico seleccionado, explicar sus aplicaciones y características, y describir de manera completa las técnicas que deben ser empleadas. La exposición debe tener una duración entre 5 y 10 minutos.

Tras la exposición, los grupos de prácticas ponen en común sus resultados, discutiendo tanto las concentraciones obtenidas en las muestras reales, como los cálculos de los parámetros analíticos. Las posibles discrepancias entre los datos obtenidos por los diferentes grupos se deben también valorar para consensuar el origen de esas diferencias.

Por último, en los quince minutos finales de la sesión, se solicita la cumplimentación de un breve cuestionario de satisfacción, de forma anónima, acerca de la Metodología Innovadora. También se permite que expongan su visión de la experiencia e indiquen fortalezas, debilidades y sugerencias de mejora.

3.4. Procedimiento de evaluación

La evaluación de las prácticas de laboratorio se realiza en base a un máximo de 2 puntos, que se repartirán de la siguiente manera:

- Aula Invertida (0.5 puntos): cuestionario previo acerca del procedimiento de muestreo, basado en las herramientas aportadas por el docente y que debe ser estudiado por los estudiantes
- Proyecto Cooperativo (ABP) (1.5 puntos): presentación del material audiovisual y evaluación por rúbrica según la Tabla 3.

Tabla 3. Rúbrica para la valoración del Proyecto elaborado por cada Grupo de Expertos

	Excelente (1.5)	Bien (1)	Aceptable (0.5)	Insuficiente (0)
Respuesta al enunciado del ejercicio	El recurso audiovisual responde al problema planteado y añade información extra	El recurso audiovisual responde al problema planteado	El recurso audiovisual responde parcialmente al problema planteado	El recurso audiovisual no responde al problema planteado
Organización de la información	La información está perfectamente organizada a lo largo del vídeo	La información está bastante bien organizada a lo largo del vídeo	La información está mal organizada en algunas fases del vídeo	La información no está organizada
Claridad del mensaje	El mensaje es totalmente claro y conciso	El mensaje es bastante claro y conciso	El mensaje es algo confuso o impreciso	El mensaje no es claro
Diseño del vídeo	El diseño del recurso audiovisual favorece mantener la atención del espectador durante todo el visionado	El diseño del recurso audiovisual favorece mantener la atención del espectador durante casi todo el visionado	El diseño del recurso audiovisual favorece mantener la atención del espectador durante gran parte del visionado	El diseño del recurso audiovisual no favorece mantener la atención del espectador durante el visionado
Duración del vídeo	Se ajusta perfectamente al tiempo establecido (5-10 min)	Se ajusta bien al tiempo establecido (<4/>12 min)	Se ajusta bastante al tiempo establecido (<3/>14 min)	No se ajusta al tiempo establecido (<2/>15 min)

Los casos de estudio (reales o ficticios) asignados al alumnado fueron los siguientes:

1. Determinación de plomo en los sedimentos del río Guadiamar tras la rotura de la balsa Minera de Aznalcóllar.
2. Determinación de plomo en el agua del río Guadiamar tras la rotura de la balsa Minera de Aznalcóllar.

3. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos de la playa de Las Alcaravaneras tras un vertido de fuel.
4. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en el agua de la playa de Las Alcaravaneras tras un vertido de fuel.

4. Resultados y discusión

La temporalización propuesta propició un ambiente más relajado durante las sesiones, no observándose estrés entre el alumnado y con tiempo suficiente para completar todas las tareas señaladas. La actitud del alumnado durante todas las sesiones de prácticas en el laboratorio de química fue muy positiva.

La sustitución de los informes de prácticas individuales por un proyecto integral ha facilitado que el alumnado adquiera una visión global. En este proyecto se analizan las distintas fases de un procedimiento analítico aplicado a un caso real, en contraposición a la elaboración de un informe para cada sesión descontextualizado de la actividad en su conjunto.

Los materiales audiovisuales elaborados por el alumnado tuvieron un gran nivel, y abarcaron formatos diferentes: desde la presentación de diapositivas con narración hasta vídeos de campo con realización de muestreo y tareas en laboratorio (Figura 1).



Figura 1. Ejemplos de fotogramas de los vídeos elaborados por el alumnado

Las calificaciones obtenidas por el alumnado, atendiendo a la rúbrica planteada, fueron muy satisfactorias. El 75% de los estudiantes lograron la máxima nota. En la Figura 2 se muestra los porcentajes para cada uno de los descriptores de la rúbrica en el rango de las 4 puntuaciones posibles (0, 0.5, 1 o 1.5).



Figura 2. Distribución de puntuaciones obtenidas por el alumnado en cada epígrafe de la rúbrica empleada para evaluar el vídeo elaborado

El cuestionario de satisfacción se valoró en base a siete preguntas que medían las modificaciones introducidas y el uso de nuevas metodologías de innovación educativa. Las preguntas del cuestionario se relacionan a continuación, siendo las opciones de respuesta sí; no; no sabe/no contesta. En la cuestión 7 se permite al estudiante realizar observaciones.

1. ¿Consideras que con la realización de esta actividad has profundizado en el tema desarrollado?
2. ¿Te ha resultado complicado sintetizar los contenidos del tema en este formato?
3. En relación al esfuerzo dedicado, ¿crees que el porcentaje de nota asignado a esta tarea es adecuado?
4. ¿Te parece más útil realizar esta actividad en lugar de los informes de prácticas individuales?

5. ¿Te parece más ameno realizar esta actividad en lugar de los informes de prácticas individuales?
6. Añade cualquier comentario o sugerencia que consideres oportuno.

Los resultados se muestran en la Figura 3. Como se puede observar, las opiniones son unánimes (100% afirmativas) en la aceptación el Aprendizaje Basado en Proyectos. La cuestión 2, que hace referencia a la dificultad para sintetizar los contenidos, es la que presentó algunas diferencias (Figura 3). En definitiva, la propuesta es aceptada, pero debemos incidir en fortalecer esta competencia en los estudiantes. Para ello, en próximos cursos se dedicará más tiempo a analizar la información disponible en el aula y se trabajará la capacidad de síntesis, ayudándoles a decidir cuáles son los datos más relevantes y practicando la extracción y resumen de la información clave para poder transmitir su mensaje.

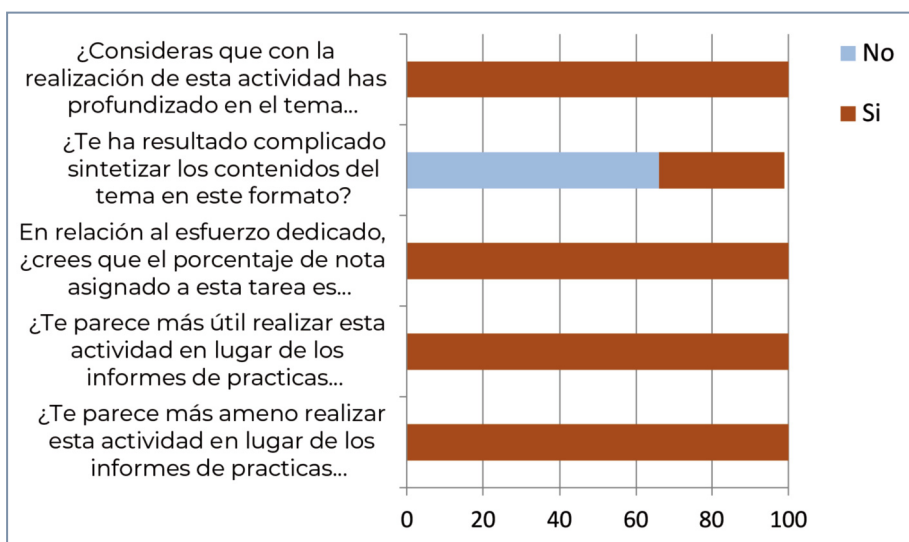


Figura 3. Porcentaje de respuestas del alumnado a las preguntas para la valoración de la metodología aplicada

Para Respecto a los comentarios y sugerencias, aportados por el estudiante, destaca el entusiasmo y las ganas con las que se enfrentaron a las diferentes actividades.

- *“La actividad me ha parecido ideal para hacer una especie de repaso de todo lo que hemos visto en la asignatura y además me ha ayudado un montón de cara al examen de enero.”*
- *“Esta actividad es creativa, mucho más de lo que un informe de prácticas puede llegar a serlo. Y lo que es creativo es enriquecedor.”*

5. Conclusiones y líneas futuras

Consideramos que la implementación de la presente propuesta ha resultado muy satisfactoria tanto para el docente como para los estudiantes. Las prácticas de laboratorio tienen que ser capaces de alcanzar su fin último, que es que el alumnado pueda desarrollar de manera autónoma y aplicada a supuestos reales todos los conocimientos proporcionados durante la materia. Por ello es vital que la temporalización se plantee de manera adecuada para que el estudiante tenga tiempo de interiorizar y madurar los conceptos antes de enfrentarse a ellos en un caso práctico. Debemos evolucionar desde las contraproducentes prácticas basadas en un libro de recetas que el alumnado debe seguir al pie de la letra para conseguir un producto final, hacia un entorno donde se sienta autorizado y capacitado para poner en práctica aquellas habilidades que ha adquirido sólo de manera teórica. Los docentes debemos ser capaces de construir el escenario adecuado que permita al alumnado encontrar el hilo conductor entre todas las experiencias planteadas y que no sean meros procedimientos para obtener un dato que no sepa ubicar. Debemos conseguir que el estudiantado entienda para qué se realiza el experimento, su planteamiento inicial y su objetivo; el cómo y cuándo llevar a cabo los procedimientos; el porqué de los resultados, la correcta interpretación de estos dentro del ámbito de actuación que nos hayamos planteado; y sobre todo el significado de las metodologías dentro de la materia y como nexo entre todos los contenidos.

Por tanto, la presente propuesta metodológica no es válida solo para esta materia y para este contexto, sino que puede servir de herramienta en otras asignaturas en las que el desarrollo práctico de los contenidos sea vital y donde se requiera de la implicación por parte del alumnado.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Titulaciones y Formación Permanente, el plan de formación para los docentes universitarios por áreas (área de ciencias). Por supuesto también a los alumnos de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas del curso 2018/2019 por su enorme disposición hacia la asignatura y por autorizarnos a divulgar parte de sus Proyectos con fines didácticos.

6. Referencias

- ALCOBER, Jesús, RUIZ, Silvia & VALERO, MIGUEL. 2003. «Evaluación de la implantación del aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2001-2003)». *XI Congreso universitario de innovación educativa en enseñanzas técnicas*.
- AREA, MANUEL. 2005. «Las tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación». *RELIEVE*, 11(1), 3-25.
- ARONSON, ELLIOT. 1978. «The Jigsaw Classroom». *Sage Publications*. Beverly Hills, California,.
- BERGMANN, JON & SAMS, AARON. 2008. «Remixing Chemistry Class». *Learning & Leading With Technology*, 36(4), 22.
- CALZADILLA, MARÍA EUGENIA. 2002. «Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación». *Revista Iberoamericana de educación*, 29(1), 1-10.
- EDUFORICS. 2020. Aprendizaje basado en proyectos. Cómo hacer que un proyecto sea auténtico y real - EDUforics. [online] Recuperado de: <http://www.eduforics.com/es/aprendizaje-basado-proyectos/> [Acceso 11 Feb. 2020].
- FORTANET VAN ASSENDELFT DE CONINGH, CHRISTIAN, GONZÁLEZ-DÍAZ, CRISTINA, MIRA PASTOR, ENRIC & LÓPEZ RAMÓN, JESÚS. 2013. «Aprendizaje cooperativo y flipped classroom. Ensayos y resultados de la metodología docente». Universidad de Alicante
- GALEANA DE LA O., LOURDES 2006. *Aprendizaje basado en proyectos*. Universidad de Colima.

- GALLEGOS ZURITA, DIANA ERCILIA, GALLEGOS ZURITA, MARITZA & FLORES NICOLALDE, HÉCTOR. 2017. «Implementación de la clase invertida como propuesta metodológica en el aprendizaje de la Ley de Distribución de Planck». *INNOVA Research*.
- LLORENT-GARCÍA, VICENTE JAVIER & VARO-MILLÁN, JUAN CARLOS. 2013. «Innovaciones didácticas para fomentar el aprendizaje y la cohesión social en el aula. La técnica puzzle con equipo de sabios». *Innovación educativa*, (23).
- MORRIS SIU-YUNG, JONG. 2017. «Empowering Students in the Process of Social Inquiry Learning through Flipping the Classroom». *Educational Technology & Society*, 20(1), 306-322.
- KARLIN, MATY & VIANI, NICK. 2001. «Project-based learning». *Medford, OR: Jackson Education Service District*.
- KNOLL, MICHAEL. 1997. «The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development». *Journal Of Industrial Teacher Education*, 34 (3).
- MARTÍ, JOSÉ A., HEYDRICH, MAYRA, ROJAS, MARCIA & HERNÁNDEZ, ANNIA. 2010. «Aprendizaje basado en proyectos». *Revista Universidad EAFIT*, 46(158).
- MARTÍ, Joan ANDRÉS Traver & LÓPEZ, RAFAELA GARCÍA. 2006. «La técnica puzzle de Aronson como herramienta para desarrollar la competencia "compromiso ético" y la solidaridad en la enseñanza universitaria». *Revista iberoamericana de Educación*, 40(4), 1-9.
- MISSILDINE, Kathy, FOUNTAIN, REBECCA, SUMMERS, Lynn & GOSSELIN, KEVIN. 2013. «Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction». *Journal of Nursing Education*, 52(10): 597-599.
- PEÑA, Begoña, ZABALZA, IGNACIO, USÓN, SERGIO, LLERA, EVA MARÍA, MARTÍNEZ, AMAYA, & ROMEO, LUIS MIGUEL. 2017. «Experiencia piloto de aula invertida para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Termodinámica Técnica». In *In-Red 2017. III Congreso Nacional de innovación educativa y de docencia en red*. (pp. 583-206). Editorial Universitat Politècnica de València.
- MALDONADO PÉREZ, MARISABEL. 2008. «Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior». *Laurus*, 14(28), 158-180.

- RODRÍGUEZ-SANDOVAL, EDUARDO, VARGAS-SOLANO, ÉDGAR MAURICIO & LUNA-CORTÉS, JANETH. 2010. «Evaluación de la estrategia" aprendizaje basado en proyectos"». *Educación y educadores*, 13(1), 13-25.
- SMITH, Carolyn. E. 2018. «El aula invertida: beneficios del aprendizaje dirigido por el estudiante». *Nursing (Ed. española)*, 35(1), 57-59.
- SMITH, MARK. E., HINCKLEY, C. C., & VOLK, G. L. 1991. «Cooperative learning in the undergraduate laboratory». *Journal of Chemical Education*, 68(5), 413.
- UZUNBOYLU, HÜSEYİN & KARAGÖZLÜ, DAMALA. 2017. «The emerging trend of the flipped classroom: A content analysis of published articles between 2010 and 2015». *RED. Revista de Educación a Distancia*, (54).