

Análisis de una propuesta sustentada por el aula invertida y el aprendizaje basado en proyectos

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

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

^b Departamento de Educación. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

ABSTRACT

El alumnado de ciencias experimentales cuenta con una herramienta fundamental para su aprendizaje, las prácticas de laboratorio. En las materias de Química, el profesorado debe conseguir que los estudiantes sean capaces de poner en práctica los conceptos abordados en las sesiones teóricas, además de despertar su curiosidad y mantener su interés y motivación. En este trabajo se analiza una propuesta de mejora de las prácticas de la asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas de cuarto curso del Grado en Ciencias del Mar, empleando herramientas de innovación educativa y llevada a cabo durante el curso 2018/19. Con el objetivo de maximizar el aprendizaje del alumnado, se implementó el Aprendizaje Basado en Proyectos apoyado en una metodología de Aula Invertida para abordar multitud de procedimientos de análisis químico que en ocasiones resultan difíciles de comprender. Así, se sustituyen los tradicionales informes de prácticas por un proyecto basado en un caso de estudio que permite adquirir una visión global e integradora de la asignatura. Una vez trabajado el caso práctico, el alumnado elabora material audiovisual que es puesto a disposición de sus compañeros como material de estudio a través del Campus Virtual. Dicho material es evaluado mediante una rúbrica de la que disponen con antelación. La introducción de estas herramientas 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

Para que el alumnado de ciencias pueda comprobar experimentalmente lo que ha aprendido en el aula, es esencial una buena programación de prácticas. En el caso de la Química, las sesiones de laboratorio se convierten en una herramienta indispensable para lograr un aprendizaje completo. Dado que en general las prácticas de laboratorio suelen ser más atractivas que las clases magistrales, el profesorado debe estar formado para aprovechar esta fortaleza y emplearlas como elemento estimulador y de interacción entre el alumnado en la búsqueda de respuestas a través de la investigación científica.

Las prácticas de laboratorio de la asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas del Grado en Ciencias del Mar, impartida en el último curso, abordan multitud de procedimientos de análisis químico cuyos fundamentos teóricos pueden resultar, en ocasiones, engorrosos. Por tanto, un buen diseño de las mismas es imprescindible para lograr afianzar los conocimientos y alcanzar un aprendizaje significativo.

Tras varios cursos observando dificultades por parte del alumnado para obtener una visión integradora de las distintas sesiones de laboratorio y para relacionar los contenidos teóricos con los prácticos, se introdujo una variación en la metodología que permita sustituir la elaboración de informes de prácticas individuales por una actividad que aborde los contenidos de manera global. Se propuso la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que integrara todas las prácticas realizadas y que posteriormente sirviera de material de estudio para sus compañeros a través del Aula Invertida (AI).

A pesar de que en la enseñanza primaria y secundaria se han ido introduciendo en los últimos años herramientas de aprendizaje por descubrimiento, colaborativo o cooperativo, el modelo tradicional de clases magistrales sigue predominando en la enseñanza superior, por lo cual el alumnado no está acostumbrado a participar de forma activa en su aprendizaje. La finalidad es que el alumnado deje de actuar como un observador pasivo del que se evalúa principalmente su capacidad de repetición [1]. Ejemplos de estas herramientas son el ABP y el AI antes mencionadas, haciendo uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que modifican y dinamizan el proceso de aprendizaje. Por tanto, la introducción de esas herramientas implica introducir en el aula metodologías en las que alumnado sea guiado por el docente para que encuentre y utilice los recursos para abordar los problemas y encontrar soluciones apoyándose en sus compañeros.

Una herramienta de innovación con mucha aceptación por parte de alumnado y profesorado es el ABP. 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 [2]. Se caracteriza por trasladar el aprendizaje a situaciones reales de trabajo [3] y se basa en el constructivismo, según el cual el aprendizaje es el resultado de construcciones mentales a partir de conocimientos previos [4]. Se empezó a aplicar, de manera similar a la que conocemos hoy en día, desde el año 1965 [5]. Consiste en dar solución a un problema real transformando conceptos previos en nuevas ideas. Puede usarse además para trabajar competencias relacionadas con el trabajo en grupo, la autoevaluación y la coevaluación y el aprendizaje a partir de la experimentación y de la constatación de errores. De acuerdo a Galeana (2016) [3], esta herramienta 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. 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 sí mismo [6].

Por su parte, el Aula Invertida fue ideada precisamente por dos profesores de Química de educación secundaria, Jonathan Bergmann y Aaron Sams, en 2008 [7]. A medida que los centros de secundaria y universidades han ido implementado esta metodología, ha ganado popularidad rápidamente entre el colectivo académico [8]. Se basa en proporcionar al alumnado el material de estudio con antelación a la sesión presencial. Esto permite sustituir la clase magistral por una tarea autónoma en casa y emplear del tiempo en el aula para un aprendizaje interactivo interpersonal [9]. Habitualmente este material se presenta de manera digital, ya sea un simple documento en formato texto, una presentación o incluso un video o *podcast*, por lo que las TIC suponen una herramienta esencial de apoyo para el docente y el estudiante en esta metodología. Un artículo de revisión bibliográfica publicado recientemente por Uzunboylu y Karagözlü (2017), en el que se analizaron 65 trabajos para establecer las tendencias de los estudios en el aula entre 2010 y 2015, concluyó que el uso del Aula Invertida ha aumentado año a año, habiéndose aplicado hasta en 48 áreas temáticas diferentes [10].

2. OBJETIVOS

Con lo anteriormente expuesto, los objetivos de esta propuesta son:

- a. Lograr en el alumnado una visión global de la materia en lugar de una percepción individual de los contenidos de cada sesión de prácticas.
- b. Conseguir que el alumnado comprenda la importancia del procedimiento analítico a través de un caso práctico que proporcione un enfoque real y aplicado a los conocimientos adquiridos.
- c. Implicar a los y las estudiantes en su propio proceso de aprendizaje y también en el de sus compañeros, con la introducción del AI incidiendo en el trabajo autónomo guiado por el docente y en la cooperación entre iguales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Características de la materia

La propuesta de intervención educativa fue implementada en la asignatura de Métodos Químicos y Técnicas Instrumentales Aplicadas de cuarto curso del Grado en Ciencias del Mar, una optativa de seis créditos del área de conocimiento de Química Analítica. Las veinte horas de prácticas de laboratorio se llevan a cabo con los alumnos distribuidos en subgrupos de 4-5 estudiantes.

El proyecto docente de dicha materia recoge seis competencias, todas abordadas en la presente propuesta. La aplicación del ABP para resolver el caso práctico, incidiendo en una de las competencias más importantes de la asignatura, la competencia sistemática S7, *capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica*. Además, se trabajan las competencias específicas E2, *conocer las técnicas básicas de muestreo en la columna de agua, organismos, sedimentos y fondos*, E6, *manejar técnicas instrumentales aplicadas al mar* y E11, *saber trabajar en campaña y en laboratorio de manera responsable y segura, fomentado las tareas en equipo*.

El alumnado 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. Tendrán también a disposición el laboratorio y el material si desean incluir alguna demostración en el video. Esta será una oportunidad para trabajar la competencia instrumental I8, *toma de decisiones*.

3.2 Implementación de la propuesta

La metodología propuesta se llevó al aula durante el primer semestre del curso 2018/19. Los casos de estudio (reales o ficticios) asignados al alumnado fueron los siguientes:

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

3.3 Temporalización

En la tabla 1 se muestra la secuenciación y descripción de las prácticas de laboratorio a realizar. El desarrollo de estas sesiones combina con el trabajo cooperativo en pequeños grupos, a través de ABP, sustituyendo así los tradicionales informes de prácticas, que no aportan una visión global al alumnado.

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.

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. Cada grupo de trabajo es experto del tema a trabajar y actuará como transmisor de conocimientos a sus compañeros.

El proyecto realizado debe dar respuesta completa al problema asignado y elaborarse en un formato audiovisual a elegir entre video, diapositivas con voz, teatralización, etc. El alumnado tendrá a disposición el laboratorio y el material por si desean su inclusión en la demostración del recurso audiovisual. El documento 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.

En la sesión 3 se introduce la herramienta del Aula Invertida para evitar trabajar conceptos acerca del muestreo. De esta forma el alumnado se familiariza con el uso del Campus Virtual y con la autogestión del tiempo para acceder a los recursos y realizar la tarea correspondiente.

Tabla 1. Temporalización propuesta

Sesión	Tipo	Duración	Contenido
1	Aula	2 horas	Explicación ABP y reparto de temas
2	Laboratorio	4 horas	Espectrofotometría de absorción UV-visible
3	Laboratorio	4 horas	Realización de actividad después de AI acerca del muestreo. Preparación de las muestras
4	Laboratorio	3 horas	Espectrometría de absorción atómica
5	Laboratorio	4 horas	Espectrometría de emisión atómica
6	Laboratorio	5 horas	Cromatografía líquida con detección por diodo Array
7	Aula	2 horas	Puesta en común

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 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. Por tanto, hay que buscar 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 para validarlo?
- 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?

3.4 Evaluación

La evaluación de las prácticas de laboratorio se realiza en base a un máximo de 2 puntos, repartidos 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 2)

Tabla 2. Rúbrica para la valoración del ABP.

	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 video	La información está bastante bien organizada a lo largo del video	La información está mal organizada en algunas fases del video	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 video	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 video	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)

Por último, se evalúa la propia propuesta didáctica, pidiendo al alumnado que cumplimente un breve cuestionario de satisfacción de forma anónima, acerca de la metodología empleada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temporalización propuesta propició un ambiente relajado durante las sesiones, no observándose estrés entre el alumnado al proporcionarles 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 inclusión de AI basada en el procedimiento de muestreo ha permitido que el alumno se implique en la práctica al ser responsable de la recolección de muestras. Por su parte, el docente ahonda en conceptos que pueden ser de difícil comprensión y/o resolución autónoma por parte del estudiante.

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



Figura 1. Ejemplos de fotogramas de los videos 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 ó 1.5).



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

Por último, el cuestionario de satisfacción se valoró en base a siete preguntas que medían el uso de nuevas metodologías de innovación educativa, siendo las opciones de respuesta sí; no; no sabe/no contesta. Además, en la cuestión 7 se permite al estudiante realizar observaciones. Los resultados se muestran en la Figura 3. Como se puede observar, las opiniones son unánimes en la percepción positiva por parte del alumnado hacia Aprendizaje Basado en Proyectos.

En la cuestión número 2, que hace referencia a la capacidad de síntesis de los contenidos, se observan discrepancias, por lo que, de cara al futuro, cabe replantear esta pregunta o dividirla para profundizar más en esta cuestión y para incidir en la valoración del grado de alcance de los objetivos.



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

Respecto a los comentarios y sugerencias, aportados por el estudiante, destaca el entusiasmo con el que abordaron el proyecto, a continuación, se reproducen algunos ejemplos:

- *“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

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. Así, la sustitución de los informes de prácticas individuales por un proyecto integral ha facilitado que el alumnado adquiera una visión global de la materia. 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 sean vitales y donde se requiera de una participación activa e 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). Este trabajo es el resultado del desarrollo de ese Plan de Formación. Queremos agradecer 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Calzadilla, M. E., “Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación”, *Revista Iberoamericana de educación*, 29(1), 1-10 (2002).
- [2] Martí, J. A., “Aprendizaje basado en proyectos”, *Revista Universidad EAFIT*, 46(158) (2010).
- [3] Galeana de la O., L., *Aprendizaje basado en proyectos*. Universidad de Colima.
- [4] Karlin, M., & Viani, N., “Project-based learning”, Medford, OR: Jackson Education Service District. (2001).
- [5] Knoll, M., “The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development”, *Journal of Industrial Teacher Education*, 34 (3) (1997).
- [6] Pérez, M. M., “Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior”, *Laurus*, 14(28), 158-180. (2008).
- [7] Bergmann, J., & Sams, A., “Remixing Chemistry Class”, *Learning & Leading With Technology*, 36(4), 22. (2008).
- [8] Smith, C. E., “El aula invertida: beneficios del aprendizaje dirigido por el estudiante”, *Nursing (Ed. española)*, 35(1), 57-59 (2018).
- [9] Missildine, K., Fountain, R., Summers, L., Gosselin, K., “Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction”, *Journal of Nursing Education*, 52(10): 597-599 (2013).
- [10] Uzunboylu, H., & Karagözlü, D., “The emerging trend of the flipped classroom: A content analysis of published articles between 2010 and 2015”, *RED. Revista de Educación a Distancia*, (54) (2017).