

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COMO ESTRATEGIA METODOLÓGICA EN LABORATORIOS DE QUÍMICA ANALÍTICA

Juan Francisco Ayala-Cabrera¹, Clara Pérez-Ràfols¹, Oscar Núñez^{1,2}, Núria Serrano¹

¹ Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona.

² Profesor Agregado Serra Húnter, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

Resumen

Se ha implementado la estrategia metodológica de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en la asignatura de Laboratorio Básico de Química Analítica del Grado de Química de la Universidad de Barcelona, con el fin de contextualizar las prácticas, mejorar la evaluación crítica de los resultados obtenidos y fomentar el trabajo colaborativo de los estudiantes. Las evidencias de evaluación utilizadas, las encuestas anónimas de los estudiantes y la comparación de los resultados obtenidos en el grupo bajo estudio con otros cuatro grupos de la misma asignatura impartidos durante el mismo curso académico han permitido demostrar la consecución de los objetivos propuestos.

Introducción

La plena implementación del Espacio Europeo de Educación Superior implica un cambio importante en el paradigma de la educación ya que sitúa al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje-enseñanza y desplaza al profesor a una posición de apoyo, *coach* o experto. Esto ha implicado la introducción de cambios muy significativos en las metodologías docentes con la finalidad de que los estudiantes adquieran tanto las competencias específicas de su titulación como competencias transversales, cada vez más demandadas por la sociedad [1].

En el caso específico del Grado de Química, muchas universidades nacionales han optado por un aprendizaje experiencial, donde se pretende que el estudiante aprenda a través de su propia experiencia, siempre dentro de un marco conceptual y operativo concreto y bien desarrollado. Esto es lo que pretenden las asignaturas experimentales de laboratorio, donde se establece como marco conceptual los conocimientos adquiridos previamente en una asignatura teórica. La participación activa de los estudiantes en estas asignaturas experimentales fomenta que adquieran competencias transversales como la capacidad de trabajo autónomo, la resolución de problemas y toma de decisiones, la capacidad de organización y planificación, o la capacidad comunicativa y de trabajo en equipo.

Sin embargo, estas asignaturas experimentales con frecuencia se reducen a la realización de un cúmulo de experimentos (en muchos casos de forma individual) donde, aunque los estudiantes adquieren ciertas habilidades y se enfrentan a problemáticas analíticas, éstas muchas veces no se terminan de relacionar con un problema socio-económico real. Así, esta metodología

carece de un nexo entre las diferentes prácticas experimentales que abordan una misma problemática analítica dando lugar a una pérdida del sentido global de la asignatura. En consecuencia, los estudiantes no acaban de realizar una evaluación más amplia de los resultados obtenidos (más allá del valor cuantitativo), perdiendo así una oportunidad para favorecer su razonamiento crítico.

La estrategia metodológica de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) puede aportar un valor añadido a estas asignaturas experimentales ya que dota a las prácticas de un contexto más amplio a la vez que permite a los estudiantes buscar soluciones a problemas no triviales, hecho que implica que se obliguen a formular preguntas, debatir ideas, extraer conclusiones y comunicar sus resultados [2]. Además, el ABP fomenta el trabajo colaborativo (que no cooperativo) entre estudiantes, lo cual puede influir muy positivamente en su éxito académico [3,4].

En este trabajo se propone la implementación del ABP como estrategia metodológica en la asignatura de Laboratorio Básico de Química Analítica (LBQA).

LBQA es una asignatura obligatoria de carácter experimental de 6 ECTS correspondiente al segundo curso del Grado de Química de la Universidad de Barcelona, presencial, y en la que los estudiantes realizan prácticas de laboratorio durante 3 semanas (15 sesiones), a razón de 4 h al día, formándose en el análisis volumétrico, gravimétrico y potenciométrico.

Tradicionalmente, los estudiantes realizan de manera individual determinaciones volumétricas (a ser posible una representativa de cada equilibrio: ácido-base, complejación, oxidación-reducción y precipitación), así como una determinación gravimétrica y otra potenciométrica.

A pesar de que los estudiantes se familiarizan con el diferente material del laboratorio y trabajan con diferentes muestras y sus correspondientes tratamientos de muestra, hay ciertos aspectos de mejora, como:

- (i) la falta de nexos de unión entre las diferentes prácticas puede conllevar la pérdida del sentido global de la asignatura, lo que con frecuencia provoca que los estudiantes la entiendan como una suma de prácticas y no como un todo.
- (ii) si bien se trabaja cómo realizar correctamente los procedimientos y el fundamento químico que hay detrás de cada uno de ellos, a menudo se pierde la importancia que los experimentos llevados a cabo

pueden tener a nivel cotidiano (el para qué sirven), así como una evaluación más crítica de los resultados.

- (iii) la comunicación docente-alumno está garantizada en este tipo de asignaturas, pero no se explotan las ventajas que puede conllevar para el aprendizaje de los estudiantes la comunicación entre iguales.

En consecuencia, la implementación del ABP en esta asignatura experimental tiene un triple objetivo:

- (i) potenciar que los alumnos dispongan de más resultados interrelacionados, hecho que favorecerá la creación de situaciones que fomenten la evaluación crítica de los resultados obtenidos.
- (ii) contextualizar las diferentes prácticas de laboratorio y, a la vez, proporcionar un nexo de unión entre ellas que contribuya a otorgar un sentido más global a la asignatura y, a su vez, más cercano a la sociedad.
- (iii) fomentar el trabajo colaborativo entre los estudiantes.

Metodología

La implementación del ABP en LBQA se ha llevado a cabo siguiendo el esquema mostrado en la Fig. 1.



Fig. 1. Esquemización de la implementación del ABP.

Inicio: (sesión 1) explicación del funcionamiento general de los proyectos, asignación de las temáticas y creación de grupos (5 miembros) para desarrollar el proyecto. La asignación de las temáticas y la creación de los grupos se llevan a cabo de manera completamente aleatoria.

Las temáticas trabajadas fueron aceites, aguas de consumo, metales, fármacos y haluros.

Diseño: (sesiones 1-4) búsqueda bibliográfica para obtener información de los parámetros y de las muestras a analizar. A partir de dicha información, cada grupo acuerda qué parámetros y muestras trabajarán. Los grupos deciden también, a partir de la información encontrada, la pregunta (*driving question*) que pretenden resolver a través del proyecto.

Tutoría: (sesiones 3-4) a lo largo de las sesiones 3-4, de manera simultánea a la etapa de diseño, se realizan tutorías previas con cada grupo para aprobar el diseño

final del proyecto. El principal criterio para su aprobación es la viabilidad de éste (número de muestras y parámetros a analizar, disponibilidad de material y reactivos en el laboratorio, etc.).

Desarrollo: (sesiones 5-14) los estudiantes del grupo de prácticas llevan a cabo las determinaciones (los parámetros y las muestras seleccionadas por cada grupo) relacionadas con cada uno de los proyectos propuestos. Los resultados obtenidos se comparten mediante una plataforma *on-line*, donde se registran los resultados obtenidos tanto por miembros del grupo como por miembros de otros grupos si éstos han analizado dichos parámetros en las muestras propuestas. El equipo docente planifica la distribución de las determinaciones con el fin de garantizar que se finalicen todos los proyectos.

Presentación: (sesión 15) la última sesión de la asignatura se dedica a la exposición y defensa de los proyectos. Los alumnos han de contextualizar su proyecto, justificar la elección de los parámetros y las muestras analizadas, explicar brevemente el fundamento de cada determinación y analizar los resultados haciendo énfasis en las repercusiones que tienen para la sociedad.

Resultados y discusión

Cada uno de los cinco proyectos que se llevaron a cabo constaba de entre 10 y 16 experimentos (en función del número de parámetros a determinar y del número de muestras disponibles).

Con el fin de determinar si la introducción del ABP supuso una mejora en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, se establecieron indicadores para la evaluación de la consecución de los tres objetivos planteados: mejora del análisis crítico de los resultados, contextualización de las prácticas y fomento del trabajo colaborativo.

Análisis crítico de los resultados

Los indicadores utilizados para evaluar la mejora del análisis crítico de los resultados fueron:

- (i) comparación de la evaluación realizada por los estudiantes sobre los resultados obtenidos en la propia libreta de laboratorio al comenzar y finalizar la asignatura, así como con evaluaciones realizadas por estudiantes de otros grupos donde no se utilizó el ABP.
- (ii) evaluación de la capacidad de análisis crítico durante la presentación oral del proyecto y su comparación con otros grupos de la misma asignatura que trabajaron con una metodología tradicional u otra metodología de aprendizaje activa alternativa. El equipo docente llevó a cabo esta evaluación mediante la utilización de una rúbrica donde se consideraban los siguientes ítems: explicación de la importancia de la determinación a realizar, explicación del procedimiento, identificación de las fuentes de error, evaluación analítica de los resultados, evaluación socio-económica de los resultados y, en los casos en los que se comparaban

(iii) métodos, evaluación conjunta de los resultados obtenidos. La rúbrica está disponible en el Depósito Digital de la Universidad de Barcelona, OMADO (<http://hdl.handle.net/2445/134939>).

La comparación de la evaluación crítica que los propios estudiantes hacen en su libreta de laboratorio de los resultados obtenidos en una determinación específica, al principio y al final de la asignatura, así como la comparativa con la evaluación crítica realizada por estudiantes de años anteriores donde no se utilizó el ABP demostró una gran mejora en el análisis crítico de los resultados. Así, tanto en cursos anteriores como al inicio de la asignatura, los estudiantes tienden a basar su discusión crítica de resultados en aspectos meramente estadísticos (precisión, veracidad, etc.). Sin embargo, este análisis de los resultados al final de la asignatura tras la implementación del ABP incluye, además de aspectos meramente estadísticos, una evaluación socio-económica del problema trabajado. Los estudiantes no sólo fueron capaces de evaluar la calidad de los resultados numéricos obtenidos, sino que también los extrapolaron y los interpretaron para poder relacionarlos con la problemática planteada en el proyecto y extraer conclusiones más amplias sobre la muestra analizada (apta para consumo, tóxica o no-tóxica, etc.).

A través de la rúbrica utilizada para evaluar la capacidad de análisis crítico de los grupos en la presentación final, se consideró que éstos pueden presentar diferentes niveles de capacidad de análisis crítico de los resultados en función del porcentaje de puntos obtenidos: baja (33.3-52.4%), moderada (52.4-76.2%) y alta (>76.2%). Los resultados obtenidos fueron comparados con los de otros grupos de la asignatura donde no se aplicó el ABP, y se muestran en la Fig. 2.

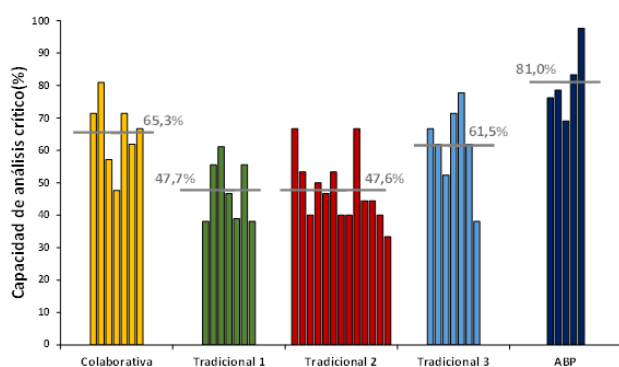


Fig. 2. Capacidad de análisis crítico evaluada durante las presentaciones realizadas por diferentes grupos de estudiantes pertenecientes a distintos grupos de prácticas de la asignatura LBQA.

Claramente se pudo observar la mejora de la capacidad de análisis crítico de los estudiantes pertenecientes a grupos de prácticas donde se han implementado estrategias de aprendizaje activo como el trabajo colaborativo o el ABP, con respecto a las estrategias tradicionales.

Para analizar con mayor detalle en qué aspectos la metodología ABP ha permitido mejorar la capacidad de análisis crítico de los estudiantes, se evaluó su influencia en las diferentes etapas del procedimiento analítico por separado (ítems utilizados en la rúbrica). A modo de ejemplo, la Fig. 3. muestra los resultados obtenidos con respecto a la importancia de la determinación, la identificación de fuentes de error, la evaluación analítica (estadística) de los resultados, y la evaluación conjunta de los resultados.

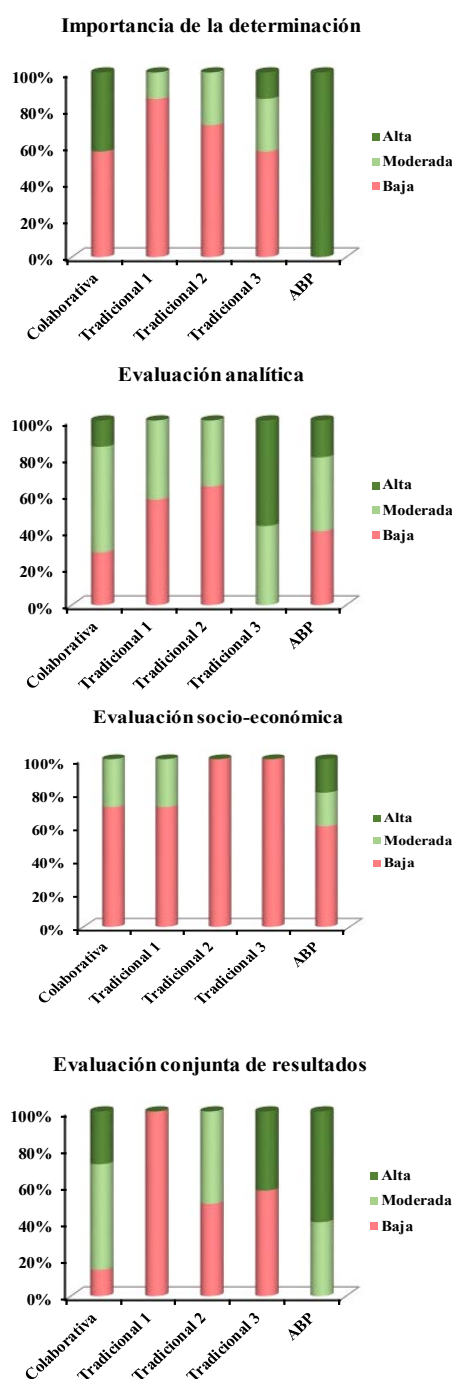


Fig. 3. Comparativa de la capacidad de análisis crítico relacionada con diferentes etapas del proceso analítico.

Cabe destacar que las principales mejoras de las metodologías de aprendizaje activo (trabajo colaborativo y ABP) se centraron en una explicación más profunda de la importancia que conlleva la determinación o el proyecto que se estaba realizando, un mayor razonamiento de los procedimientos empleados, una mayor capacidad para identificar fuentes de error y posibles medidas correctivas y, sobre todo, una evaluación conjunta de los resultados extrayendo conclusiones mucho más ambiciosas. El ABP permitió mejorar la evaluación socio-económica de los estudiantes con respecto a las metodologías clásicas, aunque aún hay margen de mejora.

Contextualización de las prácticas

Para evaluar si el ABP permitió una mayor contextualización de las prácticas por parte de los estudiantes se utilizó como indicador una encuesta específica realizada a los estudiantes que realizaron las prácticas con la metodología de ABP (n=25). El 96% de los estudiantes consideró que el ABP les había ayudado a contextualizar las prácticas en temas relacionados con el control de la calidad ambiental, alimentario o de productos farmacéuticos. Además, el 100% de los estudiantes consideró que los proyectos les ayudaron a aprender a analizar y relacionar los resultados obtenidos en las diferentes prácticas realizadas a lo largo de la asignatura.

Fomento de la colaboración entre estudiantes

Con respecto a la mejora en el trabajo colaborativo entre los estudiantes, la consecución de este objetivo está implícita en la aplicación de la metodología propuesta ya que el trabajo en grupo permite el trabajo colaborativo por parte de los estudiantes frente a la metodología tradicional (donde se trabaja de manera individual). Sin embargo, se preparó una plantilla de co-evaluación para evaluar el grado de participación de cada uno de los estudiantes en las diferentes etapas llevadas a cabo en el proyecto. Se constató que la colaboración entre estudiantes de un mismo proyecto había sido adecuada y, la mayoría (>95%) consideraron que ésta había sido equitativa entre los diferentes miembros del grupo. Sin embargo, sí que se observó que la colaboración entre grupos (en lo que respecta a facilitar los resultados a través de la plataforma *on-line* creada para dicho propósito) no fue muy efectiva debido a que algunos grupos tardaban demasiado en proporcionar los resultados, lo que podía afectar al trabajo de otros grupos.

Conclusiones

La aplicación del ABP en la asignatura de LBQA del Grado de Química de la Universidad de Barcelona ha supuesto una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Esta metodología de aprendizaje activo ha permitido que los estudiantes mejoren la capacidad de análisis crítico de los resultados con respecto a la

metodología tradicionalmente utilizada en este tipo de asignatura. Una mejora muy importante de este estudio ha sido favorecer una mayor contextualización de las prácticas, dotando a la asignatura de un carácter más global e incentivando enormemente el trabajo colaborativo, lo que conlleva que los estudiantes dejen de ver la asignatura como una mera suma de experimentos no relacionados entre sí, pudiendo interrelacionarlos y valorar los aspectos socio-económicos que implican.

No obstante, el equipo docente ha de estar atento a la tipología de estudiantes de cada curso para que ésta no afecte al correcto desarrollo de los proyectos y actuar, si es necesario, en aquellos aspectos que pueden influenciar el ritmo de trabajo de los grupos. Por ejemplo, concentrar más prácticas en las primeras sesiones de la asignatura para minimizar posibles dificultades relacionadas con el ritmo de trabajo, incorporar una tutoría de control para constatar que el proyecto va avanzando correctamente a lo largo de la asignatura, sistemas de control en la entrega de resultados para que las acciones de un grupo no afecten a otro, etc.

Finalmente, se evaluó el grado de satisfacción global de la estrategia metodológica utilizada tanto por el equipo docente (n=3) como por los estudiantes (n=25). El equipo docente consideró que se habían alcanzado los objetivos de mejora propuestos, aunque ciertos aspectos, como los comentados en el párrafo anterior, han de mejorarse.

La satisfacción de los estudiantes con la metodología ABP se evaluó mediante una encuesta de opinión anónima. El 74% de los estudiantes valoraron de forma muy positiva el empleo del ABP, destacando que además de permitir contextualizar las prácticas y ayudar en el análisis y relación de los resultados obtenidos, les había hecho la asignatura más interesante. Además, el 65% de los estudiantes consideró que el hecho de trabajar estos proyectos en equipo les permitió extraer conclusiones mucho más ambiciosas.

Referencias

- [1] P. Salabarú, H. Guy, J.G. Mora. (2010). España y el proceso de Bolonia. Un encuentro imprescindible. Madrid, España: Academia europea de ciencias y artes.
- [2] P.C. Blumenfeld, E. Soloway, R.W. Marx, J.S. Krajcik, M. Guzdial, A.M. Palincsar. (1991). Motivating project-based learning: sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26, 369-398.
- [3] E.F. Barkley, K.P. Cross, C.J. Major (2012). Técnicas de aprendizaje colaborativo. Madrid, España: Ediciones Morata, S.L.
- [4] F.L. Noguero, (2012). Metodología participativa en la enseñanza universitaria. Madrid, España: Narcea S.A. de Ediciones.

Este trabajo se ha realizado dentro del Grupo de Innovación Docente Consolidado NEAQA (NUEVAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA ANALÍTICA, GINDOC-UB/166) de la Universitat de Barcelona.