APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PARA UNA EVALUACIÓN FORMATIVA EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA.

Juan Manuel Bosque Sendra
Monsalud del Olmo Iruela
Isabel María Plaza del Pino

Curso: **Incorporación de metodologías activas al aula universitaria**.

Vicerrectorado para la Garantía de la Calidad. Universidad de Granada

DATOS DEL PROYECTO

Título: **Aprendizaje Basado en Problemas para una Evaluación Formativa en el Laboratorio de Química**.

Acción: Innovación en Metodologías Docentes para clases teóricas y prácticas.

Área: Química Analítica y Química Física.

Descriptores: Metodologías activas, ABP, evaluación formativa, evaluación compartida, autoevaluación, coevaluación, laboratorio de química

BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Número de estudiantes a los que va dirigido: 270 (180 de Ciencias Ambientales y 90 de Ingeniería Química)

Departamentos: Química Analítica y Química Física.

Titulaciones: Grado de Ciencias Ambientales y Grado de Ingeniería Química.

Asignaturas: Técnicas Instrumentales de Análisis Ambiental (Ciencias Ambientales) y Química Física (Ingeniería Química).

PARTICIPANTES: (Función [coordinador/a], nombre, apellidos, Departamento, Centro, e-mail, teléfono, …)

- Juan Manuel Bosque Sendra, Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, jbosque@ugr.es, 48435.
- Monsalud del Olmo Iruela, Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, mdolmo@ugr.es, 44077.
- Isabel María Plaza del Pino, Departamento de Química Física, Facultad de Ciencias, iplaza@ugr.es, 43329.

DESCRIPCIÓN Y PLAN DE TRABAJO

1.1.- Antecedentes (Descripción de la situación que se pretende mejorar con el proyecto de innovación):

Las "prácticas de laboratorio" constituyen una parte fundamental de la mayoría de las asignaturas de las áreas de ciencias experimentales. Se considera que el laboratorio es el mejor recurso para el aprendizaje de muchos de los procedimientos del área correspondiente y también de las actitudes[1]. Sin embargo, la forma habitual de llevar a cabo estas prácticas es proponer al alumnado la realización del experimento siguiendo un procedimiento descrito detalladamente en un guión: la "receta". En numerosas ocasiones esta metodología permite que haya estudiantes que realicen "bien" la práctica correspondiente sin adquirir por ello un aprendizaje significativo sobre lo que están

[1] Merino, J.M. y Herrero, F. (2007). *Resolución de problemas experimentales de química: una alternativa a las prácticas tradicionales*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 6 (3), p. 630-648.

haciendo. A este hecho constatado por nuestra experiencia, hay que añadir que la "receta" no contempla las etapas de planificación y diseño del experimento y suele enfocarse más hacia el procesamiento y análisis de los datos que hacia la interpretación de los mismos[2].

Con la propuesta que presentamos aquí pretendemos mejorar la calidad del aprendizaje del alumnado en las prácticas de laboratorio en las asignaturas "Técnicas Instrumentales de Análisis Ambiental" y "Química Física" de primer curso de los grados de Ciencias Ambientales e Ingeniería Química respectivamente.

1.2.- Descripción y Objetivos del Proyecto:

Nos proponemos diseñar las prácticas de laboratorio correspondientes a las asignaturas mencionadas utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como metodología de trabajo.

El ABP es una metodología activa en la que el estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje. A partir del planteamiento adecuado de un problema (tarea que corresponde al profesor), el alumnado identifica sus necesidades de aprendizaje, busca la información que necesita y vuelve al problema para dar soluciones. Numerosos estudios en las áreas de ciencias experimentales[3,4,5] avalan el ABP como metodología que permite obtener un aprendizaje significativo y mediante la cual el alumnado "aprende a aprender". Por otro lado, en el proceso del ABP se trabajan competencias genéricas tan importantes como el trabajo colaborativo, las habilidades para las relaciones interpersonales, la exposición oral y escrita, el razonamiento crítico y, de forma muy destacada, la responsabilidad del propio aprendizaje.

Al introducir una innovación en metodología no podemos olvidar que la evaluación condiciona poderosamente los procesos de aprendizaje del alumnado y, por tanto, ninguna innovación curricular será efectiva si no va acompañada de innovaciones en el modo de concebirla. Hay que diseñar actividades, medios y materiales, secuencias y tiempos, y también criterios y procedimientos de evaluación. Debe existir una coherencia interna entre todos los componentes y la evaluación es un componente fundamental. Por estas razones, en nuestra propuesta planteamos que la evaluación actúe como un instrumento de aprendizaje y como recurso didáctico y evaluativo emplearemos el portafolios[6].

---

[2] Hunter, C., Wardell, S., y Wilkins, H. (2000). *Introducing first-year students to some skills of investigatory laboratory work.* University Chemistry Education 4, p. 14-17.

[3] Ram, P. (1999). *Problem-based learning in undergraduate education.* Journal of Chemical Education 76(8), p. 1122-1126.

[4] Kelly, O.C. y Finlayson, O.E. (2007). *Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1st year chemistry laboratory*. Chemistry Education Research and Practice 8(3), p. 347-361.

[5] Sánchez Coronilla, A. (2010). *ABP y TICS adaptados a los laboratorios de prácticas de química física: su inserción e implementación.* Revista de Medios y Educación 37, p. 29-42.

[6] Pozo Llorente, Mª T. y García Lupión, B. (2006). *El portafolios del alumno: una investigación-acción en el aula*. Revista de Educación 341, p. 737-756.

Descripción de las asignaturas:

Asignatura	Técnicas Instrumentales de Análisis Ambiental	Química Física
Grado	Ciencias Ambientales	Ingeniería Química
Tipo	Obligatoria	Obligatoria
Curso(semestre)	1º(2º)	1º(2º)
Créditos	6 totales (2 de laboratorio)	6 totales (1 de laboratorio)
Breve descripción de contenidos	Introducción al análisis ambiental. Introducción a las técnicas y métodos ópticos. Introducción a las técnicas y métodos separativos.	Conocimientos básicos de química general y química física y sus aplicaciones en la ingeniería. Estados de agregación de la materia y sus propiedades. Bases de termodinámica química. Equilibrios físicos y químicos. Bases de cinética química.
Competencias generales	Comprender el método científico. Capacidad de análisis y síntesis y resolución de problemas. Razonamiento crítico y aprendizaje autónomo. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio. Capacidad de organización y planificación.	Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Comunicación oral y escrita en la lengua propia. Resolución de problemas. Trabajo en equipo. Razonamiento crítico. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
Competencias específicas	Adquirir, desarrollar y ejercitar destrezas necesarias para el trabajo de laboratorio y la instrumentación básica en física, química y biología. Diseño de muestreos, tratamiento de datos e interpretación de resultados estadísticos y de programas estadísticos y bases de datos. Clasificar las técnicas instrumentales básicas de análisis ambiental y conocer su fundamento y manejo.	Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química física y sus aplicaciones en la ingeniería.

OBJETIVOS:

1. Diseñar problemas adecuados a las competencias de las asignaturas implicadas.
2. Diseñar problemas que despierten el interés del alumnado.
3. Diseñar instrumentos de evaluación formativa y compartida coherentes con la metodología empleada.
4. Pretendemos que los estudiantes:
   - Adquieran un aprendizaje significativo.
   - Reflexionen sobre los aprendizajes conseguidos.
   - Desarrollen la capacidad de aprendizaje autónomo.
   - Sean responsables de su propio aprendizaje.
   - Mejoren su capacidad de búsqueda y gestión de la información.
   - Desarrollen estrategias para la resolución de problemas y la toma de decisiones.
   - Desarrollen la capacidad de trabajo colaborativo.
   - Mejoren su motivación.
   - Desarrollen la capacidad de autoevaluación y la reflexión crítica sobre su trabajo.
   - Desarrollen la capacidad de aceptar críticas por parte de los iguales (compañeros).
   - Desarrollen la capacidad de criticar el trabajo de los compañeros siguiendo unos criterios de calidad.

1.3.- Metodología:

Para el desarrollo de las sesiones prácticas de laboratorio, de las dos asignaturas antes mencionadas, se propone aplicar como metodología activa el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). El punto de partida es el planteamiento de un problema o supuesto, que evidentemente ha de ser lo suficientemente atractivo como para motivar y desafiar al estudiante. Para ello se plantea una primera reunión global con los alumnos de cada grupo de teoría donde se presenta el supuesto, se establecen los equipos de trabajo, se define de forma muy clara la distribución de tareas, se fijan las pautas para la evaluación y el calendario para cada una de las actividades. En esta primera reunión se proporciona además la bibliografía necesaria para la elaboración de los procedimientos de trabajo que se desarrollarán en el laboratorio y se realiza un test de ideas previas.

A partir de este momento las sesiones siguientes se desarrollarán de forma independiente para cada uno de los subgrupos establecidos siguiendo el criterio que a continuación se recoge:

Cada grupo de teoría se divide en tres subgrupos que son los reconocidos por el Vicerrectorado de Ordenación Docente de la Universidad. A su vez, en cada subgrupo se establecen equipos de trabajo constituidos por cuatro estudiantes, permitiendo que sean

ellos los que se agrupen según sus preferencias. Se prevé por tanto entre 4 y 5 equipos de trabajo por subgrupo. Finalmente, en cada equipo se distinguirán dos parejas que se responsabilizarán de tareas distintas pero complementarias y habrán de compartir con los demás miembros del equipo toda la información necesaria acerca de su labor pues el portafolios que se elabore contendrá toda la información y cualquiera de ellos ha de ser capaz de presentarla y defenderla.

Transcurrida una semana se convoca un seminario para discutir los documentos que cada equipo está elaborando para su desarrollo en las sesiones prácticas de laboratorio, haciendo uso básicamente de la bibliografía proporcionada y, evidentemente de la información recopilada tanto en las clases de teoría como en seminarios, pues se pretende con este proyecto que el estudiante sea capaz de llevar a la práctica aquello que se le está presentando en clases de teoría y seminarios.

Considerando el cronograma establecido para las clases de teoría se distribuye el trabajo de laboratorio en cuatro sesiones que son las previstas para abordar el supuesto. En todos los casos y antes de entrar al laboratorio, cada pareja elaborará un documento, siguiendo un esquema preestablecido, donde se especifica toda la labor a desarrollar y que habrá de ser comentado con el profesor antes de su ejecución. Cada documento podrá tener distintas versiones firmadas por el profesor donde se van corrigiendo deficiencias observadas o incluyendo nueva información que vaya surgiendo durante el desarrollo de las sesiones de laboratorio.

Finalizada la parte práctica, los estudiantes habrán de trabajar la información obtenida en las sesiones de laboratorio, aplicar pruebas estadísticas de significación, interpretar resultados, comparar y finalmente sacar conclusiones que respondan al supuesto planteado.

Como se ha indicado anteriormente, toda esta información se recogerá en un portafolio en el que se incluirá además de un informe final donde se realiza una recapitulación del trabajo desarrollado a lo largo de todo el proceso, una valoración de la labor realizada, tanto personal (autoevaluación) como de cada uno de los integrantes del equipo de trabajo (coevaluación).

Por último, se plantea la presentación y defensa del proyecto desarrollado por cada equipo a los demás componentes del subgrupo. Ésta será también valorada por los demás equipos participantes en el mismo subgrupo. Para concluir se realizará un post-test que permita valorar el grado de aprendizaje alcanzado y una encuesta anónima para evaluar el grado de satisfacción y la opinión del alumnado con el desarrollo del ABP.

1.4.- Cronograma:

Las dos asignaturas seleccionadas se imparten en segundo semestre, por tanto el primer semestre se dedicará a planificar el desarrollo del ABP y elaborar los distintos instrumentos, necesarios tanto para su ejecución como para la evaluación formativa y compartida que proponemos.
En la siguiente tabla se recoge a grandes rasgos el cronograma que se pretende seguir para su desarrollo

Septiembre 2011	Reunión inicial de profesores implicados en los proyectos de prácticas. Propuesta de problemas y distribución de tareas
Noviembre 2011	Reunión de seguimiento de los profesores implicados para discutir los instrumentos de evaluación elaborados y el calendario para el desarrollo del ABP
Enero 2012	Reunión final de profesores, previa al desarrollo del proyecto de prácticas.
1ª Quincena Marzo 2012	Reunión inicial con el gran grupo para la presentación del proyecto
2ª Quincena Marzo 2012	Seminario de seguimiento de cada subgrupo con su profesor responsable
Abril 2012	Desarrollo de tres sesiones de laboratorio*
Abril 2012	Seminario de cada subgrupo para seguimiento del ABP (autoevaluación y coevaluación)
1ª Quincena Mayo 2012	Desarrollo de la última sesión de laboratorio
2ª Quincena Mayo 2012	Discusión de resultados. Elaboración del informe final. Autoevaluación y coevaluación dentro de cada equipo.
2ª Quincena Mayo 2012	Presentación del proyecto y entrega del portafolios. Coevaluación entre los distintos equipos. Encuesta de satisfacción y opinión.
Junio 2012	Reunión de profesores implicados en los proyectos de prácticas para una valoración global y su difusión en posibles foros.

* Siempre que sea necesario los distintos subgrupos podrán utilizar las sesiones de tutoría para aclarar aspectos concretos

PRODUCTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO (RESULTADOS):

3.1.- Beneficios para una titulación, indicando cómo se garantizará su implantación real y continuidad temporal:

La práctica docente propuesta en el proyecto es innovadora en dos direcciones: por un lado, se busca que los estudiantes desarrollen los ABP en parejas y/o grupos en busca de un trabajo cooperativo; por otra parte, además se pretende que el aprendizaje se realice de manera más autónoma, haciendo al estudiante responsable de su propia formación.

Además de los beneficios derivados de un aprendizaje cooperativo, donde el estudiante desempeña un papel activo que le permite controlar su propia formación, se podrían indicar como beneficios, para cualquiera de los grados implicados en el proyecto, la elaboración de un material didáctico que podrá ser utilizado tanto como actividades académicamente dirigidas o bien como complemento educativo de las prácticas realizadas en el laboratorio.

Asimismo, como el profesorado implicado en el proyecto deberá reunirse periódicamente para coordinar su labor de cara al planteamiento de los ABP, la elaboración del material didáctico y de los cuestionarios de diagnóstico se busca tanto la promoción del trabajo en equipo del profesorado como su formación en un aprendizaje basado en el trabajo colaborativo y en una evaluación formativa. Igualmente puede resulta enriquecedor la colaboración entre profesores que imparten estas enseñanzas en distintas asignaturas de los grados implicados.

3.2.- Productos o recursos generados por el proyecto:

La metodología propuesta en el proyecto se centra en la resolución de problemas abiertos (ABP) bajo la orientación del profesor y en la organización del trabajo en el aula en parejas o grupos. Este tipo de contexto favorece el aprendizaje cooperativo y el trabajo en equipo.

En el marco de este proyecto y para su desarrollo se pretende elaborar el siguiente el material curricular:

- Supuestos/problemas adecuados a las asignaturas implicadas.
- Cuatro clases prácticas de laboratorio con guía de actividades de investigación dirigidas, destinadas al alumnado del primer curso de Ingeniería Química y Ciencias Ambientales.
- Cuestionarios para diagnosticar el nivel de conocimientos y competencias de los estudiantes pre y post utilización del material didáctico elaborado.
- Cuestionarios para la autoevaluación de los estudiantes.
- Cuestionarios para la coevaluación (evaluación entre compañeros).
- Instrumentos para ofrecer retroalimentación a los estudiantes.
- Encuestas de satisfacción y opinión del alumnado.

3.3.- Técnicas e instrumentos para la evaluación de la adquisición de competencias (en su caso):

La utilización de los cuestionarios pre y post-test, de los cuestionarios para la autoevaluación y coevaluación de los estudiantes junto con los instrumentos para la retroalimentación del estudiante, permitirán obtener información y datos concretos para evaluar la adquisición de las competencias que son objeto de este proyecto y los cambios de percepción de los estudiantes respecto a las distintas prácticas de laboratorio planteadas.

3.4.- Descripción de la mejora que supone el proyecto para la mejora del aprendizaje de los estudiantes:

Creemos que el proyecto supondrá una mejora en las siguientes competencias transversales:

- Investigación y estudio autónomo de problemas químicos
- Resolución de problemas químicos
- Aplicación de conocimientos en la práctica
- Trabajo en equipo
- Creatividad
- Crítica y autocrítica

Asimismo, pensamos que se puede promover la responsabilidad del estudiante en su propio aprendizaje, incentivar la iniciativa y el espíritu emprendedor y finalmente, favorecer las actitudes de organización y planificación del trabajo del estudiante.

3.5.- Medidas para la evaluación (interna y externa) del proyecto y, muy especialmente, de los resultados del proyecto:

La evaluación interna del proyecto, con el objetivo de obtener indicadores de evolución de los resultados académicos de los estudiantes, se efectuará a través de los datos obtenidos de los cuestionarios que se realizarán previamente y posteriormente a la utilización del material didáctico utilizado, así como con las encuestas de satisfacción y opinión de los estudiantes. El adecuado tratamiento estadístico nos proporcionará información objetiva de los resultados del proyecto, tanto de tipo didáctico como de la utilidad del mismo. De esta forma, a partir de los resultados obtenidos en el pre y el post-test realizados, se podrá diagnosticar si se ha producido un cambio estadísticamente significativo, tanto desde el punto de vista de una mayor comprensión de los conceptos teóricos y procedimientos implicados, como de una mejor predisposición de los estudiantes a enfrentarse a problemas químico básicos. Asimismo, se pretende estudiar la correlación estadística entre la puntuación del post-test y la calificación final de los cursos. Con ello, se busca comprobar si, en términos relativos, se podría decir que se ha

conseguido una mejora en el aprendizaje de los problemas químicos planteados, aunque, lógicamente, creemos que para obtener resultados significativos sería necesario una continuación del proyecto, en años sucesivos, para que con un mayor número de estudiantes implicados se pueda establecer una mejor estimación de los parámetros estadísticos y por tanto una mejor significación en las conclusiones obtenidas. Finalmente, los datos resultantes de las encuestas de satisfacción y opinión de los estudiantes nos permitirán conocer su grado de satisfacción así como obtener una retroalimentación que nos permitan realizar los oportunos cambios en aquellos apartados, que puedan ser más problemáticos, para su posible mejora, con vistas a la continuación del proyecto en años sucesivos.

No se han establecido criterios específicos para la evaluación externa del proyecto. Sin embargo, si se pretende presentar el proyecto y sus resultados a los distintos foros docentes nacionales e internacionales (congresos, seminarios, jornadas y revistas) para conseguir la máxima difusión del mismo. Con ello, se buscan dos objetivos, que tanto el proyecto como sus resultados sea objeto de crítica constructiva por los distintos docentes que están presentes en estos ámbitos y, al mismo tiempo, permitir que el material docente elaborado pueda ser ampliamente utilizado por la comunidad educativa, si lo considerasen apropiado.