

# CLASES INVERTIDAS INTEGRADAS CON APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PARA LA MEJORA DE LA PRAXIS DOCENTE EN ASIGNATURAS DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**Antonio Sánchez-Coronilla; Julia Alvarez-Malmagro; Elisa I. Martín**

*Profesor Titular de Universidad, Profesora Sustituta Interina y Profesora Titular de Universidad.  
Universidad de Sevilla.*

## 1. DESCRIPCIÓN Y CONTEXTO DE LA INNOVACIÓN

### 1.1. Presentación de la propuesta metodológica realizada

#### 1.1.1. Exposición de motivos

En la mejora de la calidad educativa el docente y su profesionalización constituyen un principio básico como pilar de la enseñanza. En este sentido, reflexionar sobre la calidad profesional conlleva reconceptualizar y buscar nuevos términos y situaciones en la profesión docente. Así, la enseñanza práctica en las ramas de ciencias e ingeniería ha sido objeto de reflexión por parte de los docentes implicados en este capítulo. De esta manera, resultado de esta reflexión surge el objetivo de implementar una mejora de la praxis docente. Para este fin se ha variado la enseñanza docente tradicional de tipo expositiva por una de autoaprendizaje, para lo que se han empleado metodologías basadas en el desarrollo de Clases Invertidas (CI) que integre como estrategia didáctica el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a asignaturas de dos áreas de Química: Química Física e Ingeniería Química. (Debbağ & Yıldız, 2021; Overton & Bradley, 2010; Senocak et al., 2007) Las asignaturas en cuestión han sido Fisicoquímica de primer curso del Grado en Farmacia, Química Física I y Experimentación Química para Ingenieros de segundo curso de los Grados de Química e Ingeniería Química Industrial, respectivamente. El hecho de elegir asignaturas de cursos y carreras diferentes ha permitido poner de manifiesto que la propuesta metodológica es extrapolable a varias ramas de conocimiento con fiabilidad.

El modelo de CI permite sacar de aula procesos típicos de la enseñanza magistral para facilitar el estudio de los alumnos. (Debbağ & Yıldız, 2021) De esta manera, se aumenta el tiempo disponible del profesor para poder atender a las necesidades específicas de cada alumno, y se favorece la autonomía y motivación de los estudiantes, lo que, sin lugar a dudas, redundará en el aprendizaje del grupo. Este modelo de CI integrando el ABP como estrategia didáctica complementaria, abre la puerta a una nueva manera de participar el alumno en su proceso de aprendizaje, trabajando de manera colaborativa en grupos reducidos, con el profesor como tutor-guía facilitador del aprendizaje. (de los Santos et al., 2014) Y, es que el

ABP desde sus inicios en escuelas de Canadá y Estados Unidos ha supuesto un cambio de paradigma en la manera de enseñar. (LaForce et al., 2017) Una vez se plantea el problema, comienza la revolución en el aprendizaje, puesto que el alumno, de forma constructiva, debe buscar no sólo información, sino todo lo necesario que le facilite y permita resolver el problema en cuestión. No obstante, conviene aclarar que el objetivo de esta técnica no es la resolución del problema en sí, sino que el problema se elige como objeto facilitador del aprendizaje del alumnado. En este sentido, es importante hacer entender a los estudiantes que el título de Grado universitario es el primer paso de un proceso educativo que se extenderá a lo largo de sus vidas. Y, es que, el problema actúa a modo de interruptor que activa la mente del alumno, desarrollando habilidades de pensamiento crítico, capacitándolo para afrontar nuevos retos en el futuro y, asimismo, es empleado para cubrir todos los objetivos de aprendizaje del curso.

Por todo ello, en este capítulo se pretende dar a conocer las ventajas de aplicar un modelo que con ligeras adaptaciones por parte de cada profesor puede ser aplicado con éxito en Grados de ciencias e ingenierías integrado la teoría y práctica preparando a los alumnos para su futuro profesional.

## **1.2. Descripción breve del Contexto didáctico de cada asignatura**

En lo que sigue se presentará el contexto en el que se desarrolla cada asignatura.

### *1.2.1. Físicoquímica*

La asignatura Físicoquímica pertenece al primer curso del Grado en Farmacia. Los créditos docentes se corresponden con 4.5 créditos teóricos y 1.5 prácticos. Las clases teóricas son de una hora de duración, mientras que las prácticas de laboratorio se desarrollan durante 3 horas en cinco días. Generalmente, durante la hora teórica, el profesor realiza una clase magistral explicando los fundamentos teóricos y resuelve problemas apoyadas por sesiones de laboratorio donde el alumno podrá poner en práctica los conocimientos adquiridos. Esta asignatura se complementa con las asignaturas de Bioquímica, Técnicas Instrumentales de cursos superiores. En lo relativo a conocimientos y destrezas previas se recomienda haber cursado asignaturas de Física, Química y Matemáticas en el bachillerato, así como haber superado la asignatura de Física Aplicada a Ciencias de la Salud de primer cuatrimestre del Grado en Farmacia.

### *1.2.2. Química Física I*

La asignatura Química Física I, pertenece al segundo curso del Grado en Química. Consta de 7.5 créditos de los que dos pertenecen a prácticas de laboratorio de una semana de duración durante cuatro horas. Esta asignatura se complementa con asignaturas de Química Física de segundo cuatrimestre y de cursos superiores. En lo relativo a conocimientos y destrezas previas se recomienda haber cursado en el bachillerato Física, Química y Matemáticas, así como tener aprobado Química General de primer curso del Grado en Química.

### 1.2.3. Experimentación en Química I

Experimentación en Química I es una asignatura de 6 créditos de índole teórico-prácticos de cuatro horas de duración por sesión, perteneciente al primer curso del Plan de Estudios del Grado en Ingeniería Química Industrial ofertado por la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla (EPS). Las prácticas de esta asignaturas están dirigidas a la formación del alumno en el estudio de los procesos químicos y su aplicación en la industria. Se recomienda conocimientos previos de Matemáticas, Física y Química.

## 2. MODELO METODOLÓGICO

### 2.1. Diagrama metodológico

La metodología aplicada se pretende sea extensible a las sesiones de teoría y prácticas. No se pretende que sea un modelo cerrado limitado a las premisas que se presentan, sino abierto y perfectamente adaptable por parte de cada profesor que la emplee.



**Figura 1.** Diagrama del modelo metodológico empleado en sesiones de teoría y de laboratorio

En la Figura 1, cuya información se desglosará más adelante, se presenta el diagrama representativo del modelo metodológico que se emplea aplicado tanto a la parte teórica como a la parte práctica correspondiente a sesiones de laboratorio. El esquema se ha desarrollado en base a sesiones de teoría de una hora y sesiones de prácticas de 3 horas. Si bien, entre paréntesis se incluyen cómo se aplicaría en el caso de sesiones prácticas de 4 horas de duración. En ambos diagramas, el tamaño de los recuadros indica el tiempo que se dedica a cada parte. Por supuesto, como se ha mencionado anteriormente, el tiempo de dedicación es de libre elección por el profesorado, y dependerá del grupo en cuestión e

incluso de la parte del temario que se quiera abordar, dándole más importancia a una parte del esquema que a otra.

La CI se aplica durante los 20 últimos minutos de las sesiones teóricas y durante un grueso de dos-tres horas en las sesiones de prácticas (dependiendo de si las sesiones son de 3 o 4 horas). En ambas se integra el ABP, sobre todo en las sesiones de prácticas, de ahí que esos casos, el modelo de CI se aplique por un intervalo de tiempo mayor.

El ABP se desarrolla siguiendo las siguientes pautas:

1. En general, para cada tema se realiza un acercamiento al conocimiento previo del alumnado mediante una ronda de preguntas rápidas muy fáciles de responder. Esto ayuda a la formación de grupo y aumentar la relación e interacción tanto alumno-alumno como profesor-alumno.

2. Se procura generar un ambiente adecuado para que los alumnos distribuidos en grupos reducidos trabajen de manera colaborativa. (Stockwell et al., 2017) La formación de grupos de trabajo es clave en el ABP, y en el caso de laboratorios donde se pasan muchas horas juntos, se busca un ambiente de trabajo agradable. Por ello, es fundamental promover el buen ambiente mediante actitud positiva del profesor hacia los alumnos y respeto mutuo entre todos.

3. Es prioritario estimular a los estudiantes mediante la búsqueda de asuntos de interés para ellos, relacionando los proyectos/problemas con la teoría a explicar. Una manera es relacionarles los conceptos con su vida diaria, pero también, relacionarlos con empresas del sector en el que van a trabajar como egresados. Durante todo el proceso de trabajo del grupo, se lleva a cabo una retroalimentación, como se verá posteriormente en las imágenes de la presentación y discusión crítica de los casos.

4. Constantes exposiciones y presentaciones en público. Los resultados de los problemas casos se los preparan individualmente y lo presentan de manera pública en grupo, así se involucra a todos los alumnos en el proceso de tratamiento de datos y resultados. Se les indica la importancia de este tipo de presentaciones para aprender a expresarse en público e irlos preparando para su presentación futura de Trabajo de Fin de Grado y en búsqueda de empleo. En la Figura 1, es lo que se ha denominado Desarrollo Práctico/a dialogado/a.

5. Apoyo con material multimedia. Se han realizado vídeos de las prácticas de las asignaturas, derivados de proyectos de innovación docente que puede ser intercalados durante la sesión expositiva dialogada. Los alumnos pueden emplear sus teléfonos móviles 'smartphones' y se les comenta que hoy día es una herramienta más de búsqueda de información y literatura científica a través de la red EDUROAM, donde pueden tener acceso libre a la base de revistas científicas Web of Science o Scopus y bajarse artículos científicos de fuentes fiables.

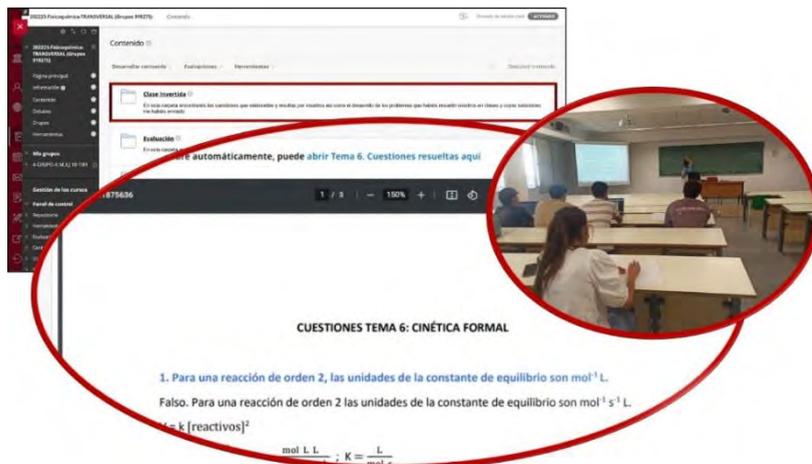
### 3. APLICACIÓN DEL MODELO

#### 3.1. Ejemplos de aplicación a clases teóricas y prácticas

##### 3.1.1. Clases teóricas

En el caso de sesiones teóricas de una hora, al inicio de cada tema, en la primera clase se exponen los principales aspectos que se van a tratar, intentando relacionarlo con aspectos generales de la vida cotidiana, para así captar la atención del alumnado. En las siguientes sesiones se comienza con un repaso de lo que se dio en la sesión anterior, como indica la flecha de la Figura 1. En la Figura 1, la duración de 40 minutos de sesión de teoría expositiva dialogada ha sido elegida debido a es que se sabe que la curva de atención tiene un máximo a 35-40 minutos y después desciende. Al término de la sesión expositiva dialogada, que tiene el mayor peso (mayor tamaño de recuadro en la Figura 1), se le plantean cuestiones prácticas y de la vida diaria relacionada con su Grado en cuestión y que, se espera sean capaces de resolver. No obstante, estas cuestiones son resueltas al día siguiente, como se indica más adelante. En los últimos 20 minutos comienza la CI donde el alumno adquiere el protagonismo. Asimismo se les plantea material multimedia, que también puede ser intercalado durante la sesión expositiva dialogada.

Durante la CI, los alumnos, siempre con el profesor tutorizando la sesión, resuelven entre todos los problemas y preguntas razonadas correspondientes a las explicaciones teóricas del día anterior que además han debido trabajar en casa. El objetivo es conseguir una clase colaborativa y dialogada en la que los alumnos resuelvan y se expliquen entre ellos sus propias dudas. A modo de ejemplo se expone lo realizado en las sesiones teóricas de la asignatura de Físicoquímica dentro del bloque de cinética química donde la CI se aplica de la siguiente forma: tras la explicación teórica, un grupo reducido de 2-3 alumnos elaboran un boletín previo de cuestiones y preguntas razonadas de un tema, en este caso de cinética química. Se les pide que relacionen los conceptos cinéticos con los termodinámicos vistos previamente en temas anteriores y que lo apliquen a la vida diaria en una farmacia, en deportes como el alpinismo, baloncesto, fútbol; con las placas solares y energía fotovoltaica. El grupo se pone a trabajar en la materia y a realizar búsqueda bibliográfica. Una vez que el profesor da el visto bueno lo pone a disposición del resto de la clase a través de la plataforma de enseñanza virtual habilitada para la asignatura junto con las cuestiones redactadas (Figura 2). Finalmente, los alumnos son los que salen a resolver las cuestiones y dudas frente a sus compañeros, como se muestra en la fotografía de clase incluida en la Figura 2. También se aplica la misma estrategia para la resolución de problemas de tema, con la salvedad que es el profesor en este caso quien proporciona los enunciados. Esta actividad tiene la gratificación de ser valorada para evaluación continua, por lo que la mayoría de los alumnos suele participar, con una consecuente mejoría en los resultados finales de aprobados por curso.



**Figura 2.** Ejemplo de CI puesto a disposición de los alumnos en la enseñanza virtual y exposición pública por los alumnos. Fotografía tomada con permiso de los alumnos.

Otro caso que se ha aplicado es un concurso de casos prácticos de exámenes. Los alumnos buscan información, los realizan, se los mandan al profesor para corregirlo y se les devuelve corregidos, garantizando la retroalimentación. Ellos lo presentan en público con su power point correspondiente, se van resolviendo en una puesta en común entre todos, haciendo clases dialogadas, de tipo colaborativo (Figura 3), con el objetivo de irlos preparando para su presentación de Trabajo de Fin de Grado. En la Figura 3 también se muestra a los alumnos participantes en su entrega de diplomas, realizándoles así un reconocimiento público en clase.



**Figura 3.** Puesta en común de casos prácticos de exámenes y entrega de diplomas participativos en el concurso. Fotografías tomadas con permiso de los alumnos.

### 3.1.2. Clases de laboratorio

Las sesiones de prácticas, en general, el primer día suele comenzar con una presentación del profesor y breve exposición de cómo se va a desarrollar las sesiones. Se le invita a que exploren su puesto de trabajo y vean los materiales con los que van a trabajar, así como se les insta a que lean de manera comprensiva el guion de la práctica que van a desarrollar conforme se indica en la Figura 1. Por tanto, durante unos 5-10 minutos los alumnos leen el guion de prácticas y pueden identificar el material disponible para realizarla. Este intervalo ha sido elegido de corta duración para que los alumnos no desvíen su atención y comiencen a hablar y molestar a los compañeros. Durante aproximadamente 10/35 minutos (dependiendo del tiempo de la sesión de laboratorio), el profesor realiza una explicación dialogada con los alumnos. En ella se repasan tanto los conceptos de la práctica a realizar como el protocolo a seguir, para concluir con los resultados que deben entregar. A partir de ese momento comienza la CI y se les introduce el ABP. Asimismo, se les proporciona material multimedia de las prácticas realizadas alojadas en el canal de Youtube del Servicio de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla. Estos vídeos didácticos de corta duración (10 minutos máximo) les sirven de apoyo en la forma de operar. También se les permite usar sus teléfonos móviles para la inspección de los vídeos y búsqueda bibliográfica (Figura 4). Al término de la sesión, una vez que todos han realizado la parte experimental, los alumnos toman protagonismo y realizan una discusión crítica de los resultados obtenidos. Se realiza un turno de debate en el que expondrán en público sus resultados tanto al profesor como al resto de compañeros. Por último, generalmente los alumnos deben entregar un informe o memoria descriptiva de los resultados obtenidos, en donde se le pide que lo relacionen todo con los conceptos químicos y aplicación en campos tecnológicos, del deporte y medioambiente.



(a)

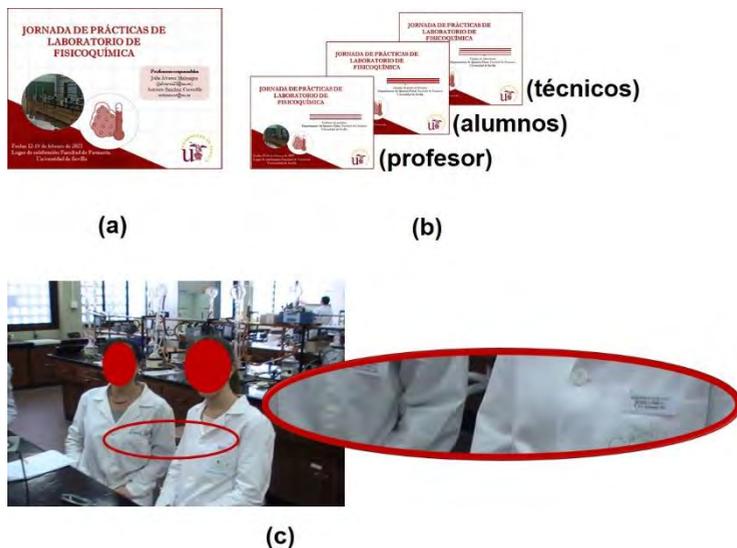


(b)

**Figura 4.** Empleo de material multimedia durante el desarrollo de los proyectos, móvil (a) y ordenador (b). Fotografías tomadas con permiso de los alumnos.

Una de las innovaciones que se han introducido es que durante la presentación del primer día se les plantea las sesiones de prácticas como unas jornadas de prácticas de laboratorio en las cuales todos van a ser conferenciantes en algún momento. Para ello se les prepara previamente acreditaciones personalizadas, se imprimen y plastifican, y se reparten a todos los asistentes (alumnos, profesores y técnicos de laboratorio). En la Figura 5 a y 5 b se muestra el cartel elaborado para las jornadas junto con las acreditaciones nominativas. Se

les explica que cuando se asiste a un congreso científico es común tener tarjeta identificadora. La relevancia de esta idea es que los alumnos conectan con la asignatura y se vinculan con el profesorado pues se dan cuenta de que no son meros números en una lista. Tanto es así que suelen llevar con orgullo sus tarjetas identificativas, como se puede ver en la Figura 5 c.



**Figura 5.** Cartel de las jornadas de laboratorio de FisiQUÍMICA (a). Acreditaciones nominativas del profesor, alumnos y técnicos de laboratorio (b). Alumnas de Química Física I con sus acreditaciones (c). Fotografía tomada con permiso de los alumnos.

La importancia de asignar un proyecto radica en captar la atención de los alumnos para que se involucren en su trabajo. Así, en la asignatura de Experimentación en Química, hay una experiencia en la que se pide determinar el contenido de azúcar en un zumo de naranja. Este problema está enfocado dentro del concepto de unidades de concentración. Para su resolución hay que realizar una calibración mediante la preparación de disoluciones con contenidos de azúcar conocidos, lo que permite comprobar el porcentaje de azúcar que tienen los zumos comerciales. Con este problema los alumnos trabajan los conceptos de concentración, dilución y densidad ya que preparan disoluciones con diferentes porcentaje de peso y volumen. La mayoría de los alumnos se sorprende cuando conoce la elevada cantidad de azúcar que tienen los zumos comerciales. Merece la pena destacar, que, en algunos casos se les pide que propongan un método para determinar la vitamina C de los zumos de naranjas. Ahí entra en juego su labor de búsqueda bibliográfica no sólo en metodología científica sino también en boletines oficiales que aporten información de tipo nutricional y cantidades legales de vitamina que tiene que haber en los zumos. Un hecho que demuestra que el problema captó la atención de los alumnos fue que algunos grupos propusieron un método redox empleando yodo como agente oxidante y presentaron el

guion de una práctica con todos sus apartados descritos (objetivos, materiales y métodos y elaboración práctica).

Por último, un ejemplo de ABP enmarcado en una práctica de la asignatura de Química Física I en la que se pide determinar el calor de vaporización de un fluido, consiste en que los grupos simulan que están trabajando para una empresa multinacional de coches, y están buscando nuevos refrigerantes en los laboratorios de I+D+i. Se les pide que analicen la pureza de una partida de refrigerantes porque hay sospechas de una baja calidad del fluido. Hay una forma rápida de abordar este problema y es estudiando el diagrama líquido-vapor del fluido que tengan, así hallarán su entalpía de vaporización y sabrán la mezcla que tienen. Con esto en mente, proceden a estudiar la curva de equilibrio entre dos fases. Realizan el vacío en el sistema y comienzan a aumentar la presión del sistema (Figura 6). De esta forma elaboran la dependencia de presión con respecto a la temperatura aplicando la ecuación de Clausius-Clapeyron  $\left(\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \cdot \Delta V}\right)$ , suponiendo que la fase gaseosa se comporta como gas ideal. Representan gráficamente y obtienen el valor de la entalpía de vaporización que la comparan con el valor de la literatura con lo que saben el componente que se trata y pueden discernir si el anticongelante es más o menos puro.



**Figura 6.** Desarrollo práctico durante la determinación del calor de vaporización de un líquido con explicaciones al profesor. Fotografía tomada con permiso de los alumnos.

#### 4. CONCLUSIONES

El método de CI integrando el ABP demuestra su aplicabilidad a la enseñanza de disciplinas científicas y de ciencias de la salud, tanto en sesiones de teoría como de laboratorio. Su combinación con el empleo de materiales multimedia facilita seguir las

sesiones, creando vínculo y participación en el aula. El plantear casos típicos de examen y la posterior resolución en público por parte de los alumnos es positivo en el seguimiento de las asignaturas, así como son facilitadores de llegar a obtener buenos resultados por parte de los alumnos participantes. En las sesiones de prácticas, donde tantas horas se pasa, es fundamental buscar problemas que capten la atención de los alumnos. Así los estudiantes comienzan a buscar alternativas para la resolución del problema, comenzando su verdadero aprendizaje, se sienten motivados y disfrutan durante las prácticas. De esta forma, el esfuerzo realizado por el profesorado en su mejora docente se ve recompensado.

## REFERENCIAS

- Debbağ, M., & Yıldız, S. (2021). Effect of the flipped classroom model on academic achievement and motivation in teacher education. *Education and Information Technologies*, 26, 3057–3076. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10395-x>
- De los Santos, D. M., Montes, A., Sanchez-Coronilla, A., & Navas, J. (2014). Sol-Gel Application for Consolidating Stone: An Example of Project-Based Learning in a Physical Chemistry Lab. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1481-1485. <https://doi.org/10.1021/ed4008414>
- LaForce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-Based Learning (PBL) and Student Interest in STEM Careers: The Roles of Motivation and Ability Beliefs. *Education Sciences*, 7(4), Article 92. <https://doi.org/10.3390/educsci7040092>
- Overton, T. L., & Bradley, J. S. (2010). Internationalisation of the chemistry curriculum: two problem-based learning activities for undergraduate chemists. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 124-128. <https://doi.org/10.1039/c005356m>
- Senocak, E., Taskesenligil, Y., & Sozbilir, M. (2007). A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning. *Research in Science Education*, 37(3), 279-290. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9026-5>
- Stockwell, B. R., Stockwell, M. S., & Jiang, E. (2017). Group Problem Solving in Class Improves Undergraduate Learning. *ACS Central Science*, 3(6), 614-620. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.7b00133>