



**APLICACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN LOS GRADOS Y  
MÁSTERS EN QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA**  
***USE OF PROBLEM-BASED LEARNING METHODOLOGY IN THE DEGREES AND  
MASTERS IN CHEMISTRY FROM THE UNIVERSITY OF BARCELONA***

Costa, Anna Maria

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[amcosta@ub.edu](mailto:amcosta@ub.edu)

Escaja, Núria

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[nescaja@ub.edu](mailto:nescaja@ub.edu)

Fité, Carles

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[fite@ub.edu](mailto:fite@ub.edu)



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

Fuguet, Elisabet

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[elifuguetj@ub.edu](mailto:elifuguetj@ub.edu)

González, Miguel

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[miguel.gonzalez@ub.edu](mailto:miguel.gonzalez@ub.edu)

Madurga, Sergio

Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Av. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona, España

[s.madurga@ub.edu](mailto:s.madurga@ub.edu)

### 1. RESUMEN:

El aprendizaje basado en problemas (ABP) consiste en utilizar problemas como elemento clave para la adquisición e integración de nuevos conocimientos. Esta metodología se centra en los estudiantes e implica trabajo colaborativo. En la presente comunicación se muestran los resultados de aplicar el ABP a asignaturas a nivel de grado y máster en los estudios de Química e Ingeniería Química de la UB, y se identifican y analizan los factores clave a considerar para su correcto funcionamiento.



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

### 2. ABSTRACT:

In problem-based learning (PBL) students learn by discussing relevant problems, enhancing acquisition and integration of knowledge. This methodology is focused on the students, and involves collaborative learning. The present work shows the results obtained on applying PBL to different subjects of the Graduate and Master degrees of Chemistry and Chemical Engineering at the UB. As a result, the key factors for a successful implementation of PBL are identified and analyzed.

### 3. PALABRAS CLAVE: 4-6

Aprendizaje basado en problemas (ABP); Autoaprendizaje; Trabajo colaborativo; Química

### 4. KEYWORDS: 4-6

Problem based learning (PBL); Self-learning; Collaborative learning; Chemistry



### 5. DESARROLLO:

#### Introducción

El presente trabajo surge a raíz del programa “Recerca, Millora i Innovació en la Docència i l’Aprentatge” (RIMDA) de la Universidad de Barcelona. Este programa, que fue diseñado como una estrategia institucional de formación, vincula la formación pedagógica y didáctica del profesorado con la innovación docente y la investigación que el profesorado puede realizar sobre su práctica docente, con el objetivo de proporcionar una docencia de calidad y tratar de mejorarla.

Hay evidencias que indican que es difícil que se realicen cambios y mejoras docentes, cuando las soluciones provienen de modelos de formación propuestos por expertos ajenos a la realidad particular de las facultades y departamentos. Por esta razón, este programa se basa en poner en práctica innovaciones docentes a través de la cooperación de los profesores de una misma facultad. En esta cooperación, un profesor “especialista”, con formación previa, utiliza el asesoramiento reflexivo o la supervisión clínica (Medina, 2018) para asesorar a un grupo de profesores que aplican distintas prácticas docentes en sus cursos.

El programa RIMDA se inició en la Facultad de Química de la Universidad de Barcelona en septiembre de 2018. En una primera etapa se identificaron las inquietudes y demandas del profesorado de la facultad en el ámbito docente. Como resultado se propusieron cinco líneas prioritarias de innovación docente: Aprendizaje basado en problemas (ABP), Estudio de casos, Aula inversa (tanto en modalidad de Enseñanza Just-in-Time como en modalidad Enseñanza basada en equipos) y Aprendizaje y servicio. A continuación, entre el propio profesorado de la facultad, se eligió un asesor con experiencia previa para cada una de las líneas y se animó al resto de profesorado a participar en alguna de las líneas planteadas. Esto dio origen a 5 equipos docentes (uno por línea), cada uno coordinado por un asesor, con el objetivo de aplicar a la práctica docente las respectivas metodologías.

Los resultados que se muestran en la presente comunicación son una síntesis de la experiencia adquirida en el ámbito del aprendizaje basado en problemas. El ABP es una metodología de aprendizaje basada en el principio de utilizar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos (Barrows, 1996). Los orígenes del ABP se encuentran en algunas facultades de medicina, en las que se proponía un caso clínico a los estudiantes para que, en el avance de la resolución del caso, adquirieran conocimientos concretos. Actualmente el ABP se aplica en prácticamente todas las áreas de conocimiento.



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

Esta metodología se caracteriza principalmente por ser un aprendizaje centrado en los estudiantes, puesto que son ellos los que toman la principal responsabilidad de su propio aprendizaje, identificando los elementos que necesitan conocer para resolver cada problema. El profesor adopta un rol de guía, planteando preguntas, a medida que aparece su conveniencia, que ayuden a los estudiantes a cuestionar sus razonamientos para que encuentren por ellos mismos la mejor estrategia para llegar a la solución de los problemas. Por consiguiente, este no es un método que promueva el conocimiento receptivo, sino que promueve la autorregulación de un aprendizaje integrado, en el que se engloba tanto el qué, como el cómo y para qué se aprende. Otras características del ABP son:

- Los estudiantes deben lograr los objetivos planteados en el tiempo establecido trabajando en equipo y a través del trabajo autónomo.
- Al trabajar en pequeños grupos, se favorece la gestión de los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos, y que todos se responsabilicen del logro de los objetivos previstos.
- Se favorece la posibilidad de interrelacionar distintas materias o disciplinas. Para resolver el problema propuesto puede que los estudiantes deban recurrir a conocimientos de distintas asignaturas ya adquiridos. Esto ayuda a que los estudiantes integren sus aprendizajes.
- La extensión del ABP puede ser muy diversa, desde un pequeño problema dentro de una asignatura hasta un tema completo o una asignatura entera.

Como se puede observar, el ABP es un método de aprendizaje interactivo. Una vez conocido el problema, se procede a la identificación de las necesidades de aprendizaje y a continuación, se buscan los recursos necesarios para encontrar la respuesta. A partir de las aportaciones individuales, se contrastan los diferentes argumentos entre los componentes del grupo y se consensua una solución. Así se trabajan diferentes habilidades y competencias, de entre las cuales De Miguel (De Miguel, 2006) destaca la resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo en equipo, las habilidades de comunicación (argumentación y presentación de la información), y el desarrollo de actitudes y valores: precisión, revisión, tolerancia... (De Miguel, 2006; Escribano y Del Valle, 2015; Morales-Bueno y Landa-Fitzgerald, 2004).

### **Objetivos**

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar los factores a considerar en la ejecución de un ABP, mostrando los puntos fuertes y los puntos débiles, a través de un proceso reflexivo, tras la implementación del ABP en asignaturas de diferente tipología en el campo de la química.



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

### **Metodología**

El equipo docente de ABP de la Facultad de Química consta de cinco profesores y una asesora. Después de varias sesiones formativas sobre la metodología, cada profesor escogió una de sus asignaturas y, junto con la asesora, diseñó una estrategia para implementar un ABP de tres sesiones de duración en la asignatura seleccionada.

Las sesiones de ABP se desarrollaron en el transcurso del segundo semestre del curso 2018-2019 y el primer semestre del 2019-2020. Tanto la asesora como los participantes asistieron como observadores a las sesiones de cada uno de sus compañeros. Además, las sesiones fueron grabadas en video para que todos los profesores, incluyendo quien desarrolla la actividad docente, tuvieran la oportunidad de observar y reflexionar sobre el desarrollo de las sesiones. Los resultados presentados en este trabajo son fruto de esta reflexión y debate entre los componentes del equipo docente.

### **Resultados**

Para realizar el estudio se escogieron cinco asignaturas de muy diferente tipología, lo que dio lugar a cinco casos ABP muy diferentes entre sí. La Figura 1 muestra un resumen de las particularidades de cada uno de los casos. Se puede observar que éstos abarcan desde asignaturas de primer curso de Grado, a asignaturas optativas, e incluso asignaturas de Máster, lo que comporta tener estudiantes con distintos grados de madurez. También se puede observar que el número de estudiantes es relativamente bajo en la mayoría de casos, pero uno de ellos (Caso 2) se aplica en un grupo numeroso. En lo que se refiere a cómo los profesores organizaron el ABP, algunos decidieron utilizar un único problema para todos los grupos de ABP, mientras que otros plantearon un problema distinto para cada grupo, aunque todos ellos con los mismos objetivos de aprendizaje. La temporalidad con la que se aplicó la estrategia y la duración de las sesiones también difiere entre grupos, y vino muy marcada por la programación académica de las asignaturas. Finalmente, la evaluación del ABP se llevó a cabo de distintas formas, ya que cada profesor la adaptó según conveniencia dentro de la evaluación global de su asignatura.

A modo de ejemplo, se muestra cómo se desarrollaron dos de los casos mostrados:

#### **Caso 2**

**Asignatura:** Química Física III. Asignatura obligatoria de 6º semestre del Grado de Química. 67 estudiantes matriculados.

**Organización espacio-temporal:** para las sesiones se distribuyeron los estudiantes en dos aulas contiguas y el profesor alternaba explicaciones y asistencia a los grupos entre las dos aulas.



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

Estas aulas son las típicas en las que se desarrollan las clases teóricas, con bancos fijos que ocupan todo el ancho de la clase, por lo que organización por grupos dentro de las clases fue relativamente dificultosa. Cada sesión tuvo 1 hora de duración y éstas se realizaron en 3 días consecutivos.

**Organización del ABP:** se crearon 13 grupos, con unos 5 estudiantes por grupo. El profesor preparó un único problema (la Figura 2 muestra un extracto del problema propuesto, junto con los objetivos de aprendizaje del problema), con el que trabajaron todos los grupos de forma autónoma. El desarrollo de las sesiones se organizó de la siguiente forma:

- Previo al inicio del ABP: se explicó a los estudiantes en qué consistía y el desarrollo de la actividad.
- Día 1: presentación y contextualización del problema. Establecimiento del plan de trabajo. Inicio del trabajo en grupo.
- Día 2: trabajo en grupo. Puesta en común de resultados parciales y discusión con el profesor.
- Día 3: trabajo en grupo. Puesta en común del resto de resultados y discusión con el profesor.

**Evaluación:** se realizó con una pregunta específica en el examen final de la asignatura.

### Caso 5

**Asignatura:** Química Heterocíclica. Asignatura optativa del Máster de Química Orgánica. 24 estudiantes matriculados.

**Organización espacio-temporal:** para las sesiones se distribuyeron los estudiantes en el aula de clase. Esta aula está estructurada con hileras de sillas con respaldo para la escritura, por lo que se puede cambiar la distribución dentro del aula, aunque no dispone de mesas. Cada sesión tubo 1 hora de duración y se realizaron con un espaciado de media semana entre ellas.

**Organización del ABP:** se crearon 6 grupos, con 4 estudiantes por grupo. El profesor preparó un problema para cada grupo (la Figura 3 muestra un extracto del problema propuesto, junto con los objetivos de aprendizaje del problema). El desarrollo de las sesiones se organizó de la siguiente forma:



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

- Previo al inicio del ABP: se explicó a los estudiantes en qué consistía y el desarrollo de la actividad.
- Día 1: presentación y contextualización del problema. Establecimiento del plan de trabajo. Inicio del trabajo en grupo.
- Día 2: trabajo en grupo.
- Días 3 y 4: Presentaciones de los resultados: presentación oral de unos 10-15 minutos por grupo con preguntas y discusión final.

**Evaluación:** presentación oral y preguntas relacionadas con la actividad en el examen final.

Tras poner en práctica la metodología, el equipo docente se reunió para debatir cómo había transcurrido la actividad en cada caso particular. El hecho de que se grabaran las sesiones fue de especial importancia porque de esta forma cada profesor pudo ver a posteriori el desarrollo de la actividad en su asignatura, hecho que ayudó mucho a la autorreflexión.

De cara a facilitar el análisis de cada sesión de ABP, durante las clases, cada profesor observador anotó en una plantilla los momentos que consideraba clave en el desarrollo del ABP de los compañeros. En esta plantilla se indicaban las acciones del profesor, las acciones y reacciones de los estudiantes, comentarios al respecto, etc. indicando el momento temporal de cada acción, para favorecer la puesta en común y su identificación rápida en la sesión grabada en vídeo. Además, previo a las sesiones de discusión del equipo docente, los profesores observadores rellenaron un informe en el que se analizaba las sesiones del profesor que había ejecutado el ABP, considerando distintos aspectos como: identificar aspectos positivos, aspectos a modificar, o aspectos a implementar en la propia asignatura. Así mismo, el profesor que había llevado a cabo el ABP en su asignatura también rellenó una plantilla para hacer una reflexión en base a su propia experiencia.

Estas sesiones de debate permitieron identificar los puntos fuertes y los puntos débiles, susceptibles de mejora en futuras ediciones, en cada uno de los cinco casos. Asimismo, gracias a las diferentes características de las asignaturas, estas sesiones también permitieron llegar a una serie de conclusiones en relación a factores clave a tener en cuenta cuando se aplica la metodología ABP.



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

A continuación se describen dichos factores clave:

- **Madurez de los estudiantes:** la tipología y distribución de las asignaturas elegidas (tres asignaturas de grado de 2º, 6º y 7º semestre y dos asignaturas de máster), permitió poder evaluar la respuesta del alumno frente al ABP en función de la madurez y experiencia de aprendizaje previa del alumno. En general, se observó una mayor motivación e implicación de los alumnos de las asignaturas de máster, probablemente debido a que se trata de estudios no obligatorios más de acuerdo a sus preferencias. En las asignaturas de grado la respuesta resultó más variable en cuanto a la dedicación e implicación del alumnado.
- **Número de estudiantes vs. número de profesores:** se detectó que el ABP es fácilmente controlable con un único profesor en el aula cuando el número de participantes no excede de 20-25, lo que en general equivale a 4-5 grupos de trabajo. De esta forma es posible interactuar con todos los grupos sin dificultad. Sin embargo, grupos clase más numerosos requieren la presencia de 2 o incluso 3 profesores en el aula para un correcto seguimiento del ABP.
- **Un único problema para todos los grupos vs. un problema diferente para cada grupo:** la opción de que todos los grupos trabajen con el mismo problema parece conveniente cuando el número de estudiantes es elevado, puesto que facilita la discusión entre el profesor y los estudiantes. Sin embargo, es una práctica arriesgada, ya que en estos casos es fácil que el profesor, sin voluntad de ello, adquiera protagonismo excesivo y participe de forma demasiado activa en la resolución del problema.
- **Duración de las sesiones y tiempo entre sesiones:** sesiones de 2h de duración son preferibles a sesiones de 1h. Aunque puede funcionar con sesiones de 1h de duración, el ABP requiere seguimiento de la evolución de los grupos por parte del profesor, y este seguimiento puede ser limitado cuando el tiempo disponible es corto. Respecto al tiempo entre sesiones, hemos observado que, cuando los problemas son relativamente sencillos, media semana es suficiente para que haya un avance real del problema entre sesiones. Con problemas complejos que requieren trabajo adicional sería deseable que las sesiones fueran semanales. En los casos en que las sesiones son en días consecutivos es prácticamente imposible la dedicación de los estudiantes fuera del aula, aparte que el abordaje del problema en un período corto de tiempo dificulta la consolidación de los conocimientos a adquirir.
- **Evaluación:** existen muchas posibilidades de evaluación. Sin embargo, hemos detectado que el esfuerzo de los estudiantes es mayor cuando deben entregar un



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

---

trabajo o realizar una presentación oral al final de la actividad.

En aquellos casos en que la evaluación se realiza mediante alguna pregunta en el examen final de la asignatura, o simplemente el profesor evalúa la evolución del grupo en la resolución del problema, el nivel de consecución del ABP no es tan elevado.

- Mejora de los aprendizajes: en todos los casos se ha notado un cierto grado de mejora en las calificaciones de preguntas relacionadas con el ABP, comparado con ediciones anteriores de la asignatura en las que los mismos contenidos se habían trabajado de forma tradicional. De todas formas, el grado de implicación de los estudiantes es un factor decisivo para lograr una mejora significativa en el aprendizaje.
- Grado de satisfacción de los estudiantes: los estudiantes valoran positivamente el ABP, aunque reconocen que implica una carga de trabajo extra. Un porcentaje elevado afirma que repetiría la experiencia o trabajaría más contenidos de esta forma.

### 5.1. FIGURA 1

**Tabla 1:** Descripción de los distintos casos de ABP

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Nivel	Grado de Química	Grado de Química	Grado de Ingeniería Química	Máster de Química Orgánica	Máster de Química Orgánica
Tipología de asignatura	Obligatoria 2º semestre	Obligatoria 6º semestre	Optativa 7º semestre	Obligatoria	Optativa
Número estudiantes	26	67	20	29	24
Número de grupos de trabajo	6	13	4	6	6
Problema ABP	Uno por grupo	Único para toda la clase	Único para toda la clase	Uno por grupo	Uno por grupo
Duración sesiones ABP	2h	1h	2h	2h	1h
Tiempo entre sesiones ABP	½ semana	Días consecutivos	½ semana	1 semana	½ semana
Evaluación	Presentación oral y trabajo escrito	Preguntas en examen	Informe resultados	Presentación oral y trabajo escrito	Presentación oral y preguntas en examen



## MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

### 5.2. FIGURA 2

#### QUÍMICA FÍSICA III. ACTIVIDAD ABP DE ESPECTROSCOPIA

##### Problema

La molécula de H<sub>2</sub> es la más abundante en el medio interestelar (ISM), pero también es la más elusiva por lo que se refiere a su detección, dado que es homonuclear. En este ámbito, la molécula de CO es particularmente relevante. Examinando con un radiotelescopio la emisión de microondas (**espectro rotacional puro**) del <sup>12</sup>C<sup>16</sup>O procedente de una cierta región del ISM, se observó que la línea más intensa correspondía a una frecuencia de 230538.000 MHz. Determinad la **temperatura** de esta región del espacio, considerando el modelo del rotor rígido.

##### Objetivos de aprendizaje

Entender los fundamentos de la espectroscopía molecular (desde las reglas de selección de dipolo eléctrico hasta la espectroscopía electrónica de moléculas diatómicas).

### 5.3. FIGURA 3

#### QUÍMICA HETEROCÍCLICA.

##### Problema

Discutid cuál de las síntesis de pirroles (Paal-Knorr, Knorr i Van Leusen) es la más adecuada para preparar el pirrol del que se habla en el artículo. En valorar una síntesis tened en cuenta aspectos como la disponibilidad y precio de los materiales de partida y reactivos, el número de pasos, etc. Escribid un mecanismo detallado para la mejor síntesis.

#### DRUG DISCOVERY

### Hunting for new anesthetics

*N*-aryl pyrrole has anesthetic effects in frogs and rats without the side effects found with currently available drugs

Existing anesthetics in clinical use have side effects that can make the drugs dangerous for vulnerable populations, such as the very young and the very old. These side effects include drops in blood pressure and inhibition of steroid biosynthesis. Anesthesiologists know how to mitigate those side effects, but drugs without them would be safer and easier to use.

A team led by Edward J. Bertaccini of Stanford University School of Medicine and the VA Palo Alto Health Care System has identified a class of compounds that could lead to a new family of anesthetics without the side effects (*Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2019, DOI: 10.1073/pnas.182076116).

Through a series of modeling studies, one of which involved finding compounds that could bind strongly to the  $\gamma$ -amino-

butyric acid (GABA) type A receptor, the researchers identified *N*-aryl pyrroles as a class of molecules to pursue. They

searched compound databases for molecules with that core and turned up 11 commercially available diphenyl *N*-aryl pyrroles, none of which had been considered as anesthetics. The compounds exhibited anesthetic effects in frogs and rats. The tests in rats showed that the most potent compound doesn't cause drops in blood pressure, even at doses of about five times the amount needed to knock out the rats.

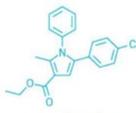
Bertaccini is collaborating with Stanford's SPARK drug-development program to do preliminary toxicology and formu-

lation studies on the lead compound. His goal is to develop a drug that requires less expertise to administer safely than is required for currently available anesthetics.

Stuart A. Forman, an anesthesiologist at Massachusetts General Hospital, points out that there's a history of potential anesthetics failing

to reach the market and being unable to compete with propofol—the most popular anesthetic—if they do.

"Anesthesia providers have managed to adapt their use of propofol and other available induction agents to ameliorate dangers to vulnerable patients. Until an alternative anesthetic drug with superior overall clinical performance is developed, this state of affairs will persist," Forman says. "Only time and more scientific work will tell if the diphenyl-pyrroles can meet this challenge."—CELIA ARNAUD



Potential anesthetic

*Chem & Eng. News* July 22, 2019, 97(29), 7

##### Objetivos de aprendizaje

Adquirir e integrar nuevos conocimientos sobre los métodos de síntesis de algunos de los heterociclos más habituales.



**6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (según normativa APA)**

Barrows, H.S. (1996). Problem-Based Learning in medicine and beyond: A brief overview. En Wilkerson, L., & Gilselaers W. H. (Eds.), *New directions for teaching and learning* (Vol 68, pg. 3-12). Jossey-Bass.

De Miguel, M. (2006). *Metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Alianza.

Escribano, A., & Del Valle, A. (Eds.). (2015). *El Aprendizaje Basado en Problemas*. Nárcea S.A. Ediciones.

Medina, J.L. (2018). L'assessorament reflexiu en la formació del professorat universitari. Barcelona: Universitat de Barcelona. Documento policopiado.

Morales-Bueno, P., & Landa-Fitzgerald, P. (2004). Aprendizaje Basado en Problemas – Problem-Based Learning. *Theoria*, 13, 145-157.