

## Investigación en el aula: evaluación de la metodología de aprendizaje basado en problemas en la asignatura de corrosión

Rita Sánchez-Tovar<sup>a</sup>, Ramón M. Fernández-Domene<sup>b</sup>, Patricia Batista-Grau<sup>b</sup>, Gemma Roselló-Márquez<sup>b</sup> y José García-Antón<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universitat de València, Av de les Universitats, s/n, 46100 Burjassot, Spain

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain

### Abstract

*The Problem-Based Learning (PBL) methodology was first introduced in a Corrosion course of the Master of Chemical Engineering of the Polytechnic University of Valencia, during the 2018-2019 academic year. Different problems related to all these concepts were designed and presented as a problem-based learning methodology. To evaluate the use of this type of active methodology, an individual and anonymous survey was proposed to the students and, on the other hand, students developed in groups a matrix of present and future scenarios for the subject. It is important to point out that although for many students (67%) this was the first time they worked with the PBL methodology in class, all of them consider that it is useful and most of the students (89%) consider that PBL methodology will help them to face real corrosion problems in the future.*

**Keywords:** *problem-based learning; active learning methodology; skill development; corrosion; Engineering*

---

### Resumen

*La metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se introdujo por primera vez en un curso de Corrosión del Master de Ingeniería Química de la Universitat Politècnica de València, durante el curso 2018-2019. Se diseñaron y presentaron diferentes problemas relacionados con todos estos conceptos como metodología de aprendizaje basado en problemas. Para evaluar el empleo de este tipo de metodología activa se plantea la elaboración de una encuesta a los estudiantes de manera anónima e individual y la realización de una matriz de escenarios presentes y futuros para la asignatura de forma grupal. Es importante señalar que a pesar de que para muchos de los estudiantes (67%) esta era la primera vez que se enfrentaban a la metodología ABP en una clase, todos ellos la consideran útil y la mayoría de los estudiantes (89%) considera que la metodología ABP les ha ayudado a poder enfrentarse en un futuro a problemas reales de corrosión.*

**Palabras clave:** *aprendizaje basado en problemas; metodología de aprendizaje activo; desarrollo de habilidades; corrosión; Ingeniería*

## **Introducción**

### **1.1. La metodología de Aprendizaje Basado en Problemas**

Los métodos de aprendizaje tradicionales, basados en clases expositivas y centrados en la figura del profesor, están enfocados hacia la memorización de conceptos por parte del alumnado, cuyo papel en el proceso de aprendizaje es el de permanecer sentados escuchando la lección, tomando notas que posteriormente habrán de memorizar y finalmente recitar. Estos métodos, que tienden a alienar al estudiante de su propio aprendizaje, son notoriamente insuficientes para lograr los retos planteados en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), un plan que pretende entre otras cosas implementar metodologías activas de enseñanza en las universidades europeas que desarrollen la autonomía del estudiante y promuevan su toma de conciencia y responsabilidad (Egido Gálvez et al., 2007; Solaz-Portolés et al., 2011; López-Zafra et al., 2015).

El aprendizaje basado en problemas (ABP), o problem-based learning (PBL), es una estrategia de aprendizaje centrada en los estudiantes en la que éstos aprenden sobre una materia determinada por medio de la resolución en grupo de problemas reales (o que se aproximen a problemas reales) planteados por el profesor, que deja de ser el único responsable de la transferencia de conocimientos y adopta un papel de guía u orientador (Bridges & Hallinger, 1996; Morales-Bueno & Landa-Fitzgerald, 2004; Egido Gálvez et al., 2007; Solaz-Portolés et al., 2011; López-Zafra et al., 2015; Méndez O., 2015; Sáenz del Burgo & Puras Ochoa, 2017). Esta metodología coloca a los estudiantes en el centro del proceso y los hace responsables de su propio aprendizaje, orientando la falta de conocimiento inicial hacia la exploración continua en busca de una mayor comprensión conceptual y de más información sobre la materia en cuestión (favorece que el alumno aprenda a aprender), promoviendo además competencias tales como el pensamiento crítico, la capacidad de resolver problemas, de trabajar en grupo de forma colaborativa o de comunicarse adecuadamente (Bridges & Hallinger, 1996; Morales-Bueno & Landa-Fitzgerald, 2004; Egido Gálvez et al., 2007; Solaz-Portolés et al., 2011; Méndez O., 2015). Una vez planteado el problema que ha de resolverse, los estudiantes deben explorarlo y analizar la información de que disponen, localizar fuentes de información nuevas, identificar qué necesitan aprender para enfrentarse al problema, plantear hipótesis y soluciones al mismo, a través del pensamiento crítico y creativo, y comunicar al final las conclusiones alcanzadas (Peterson, 2004; Morales-Bueno & Landa-Fitzgerald, 2004; Llorens-Molina, 2010; Solaz-Portolés et al., 2011; Méndez O., 2015). De esta forma, en el ABP, el aprendizaje se organiza desde el principio en torno a los problemas planteados, en lugar de organizarse en torno a conceptos, principios y teorías explicadas previamente a la resolución de problemas en el aula. La forma clásica de enfocar el proceso de resolución de problemas, al final de las clases magistrales, tiene poco o nada que ver con la vida real, puesto que los problemas no aparecen de esa manera en el mundo profesional (Bridges & Hallinger, 1996; Peterson, 2004).

De acuerdo con numerosos autores, el problema es el factor fundamental para que el método de ABP sea exitoso (Duch, 1996; Perrenet et al., 2000; Morales-Bueno & Landa-Fitzgerald, 2004; Llorens-Molina, 2010; Jonassen & Khanna, 2011; López-Zafra et al., 2015), con lo que su elaboración por parte del profesorado es una etapa crítica para garantizar buenos resultados en la actividad. Los problemas que suelen plantearse al final de las clases magistrales para que los alumnos los resuelvan son sustancialmente diferentes de los problemas reales a los que debe enfrentarse un ingeniero en su día a día laboral, que suelen ser más complejos y pueden no estar completamente definidos. A esto hay que añadir que, de acuerdo con las teorías del aprendizaje de adultos (Peterson, 2004), los estudiantes adultos suelen interesarse en la aplicación inmediata del conocimiento que adquieren a la resolución de problemas que se encuentran en sus lugares de trabajo o en sus vidas personales. Por ello, los problemas planteados en la estrategia del ABP deben de ser problemas que reflejen la realidad del ámbito profesional en el que

previsiblemente tenga que desenvolverse el estudiante. También deben ser problemas efectivos a la hora de atraer la atención y el interés de los estudiantes, motivándolos para que sean útiles en el proceso de aprendizaje, y a la hora de fomentar la cooperación de todos los miembros del grupo de estudiantes formado para su resolución (Duch, 1996; Morales-Bueno & Landa-Fitzgerald, 2004).

El ABP se ha implementado con éxito en numerosas universidades de todo el mundo, en muchas disciplinas (Perrenet et al., 2000; Nasr & Ramadan, 2008; Jonassen & Khanna, 2011; Solaz-Portolés et al., 2011; López-Zafra et al., 2015; Méndez O., 2015; Sáenz del Burgo & Puras Ochoa, 2017; Agirre et al., 2017), entre ellas en los campos de la ingeniería mecánica y de materiales (Perrenet et al., 2000; Jonassen & Khanna, 2011). Para el estudio de la corrosión de metales, esta metodología se ha implementado, por ejemplo, en la Universidad de Manchester, en el Reino Unido.

## 1.2. Contexto y escenario

La asignatura de “Corrosión” se imparte actualmente en el segundo curso del Máster de Ingeniería Química de la Universitat Politècnica de València. La asignatura consta de 4.5 créditos, divididos en 2.25 créditos de teoría de aula, 0.9 créditos de práctica de aula y 1.35 créditos de prácticas de laboratorio. El objetivo de esta asignatura es el de capacitar al alumno para identificar los diferentes procesos de corrosión, conocer las técnicas experimentales para su estudio y saber aplicar diversas técnicas de protección a los problemas industriales y científicos específicos. El número de alumnos suele ser de 5-10. En el presente trabajo, el número de alumnos ha sido de 10. El planteamiento que seguía la asignatura era el de una metodología tradicional, en donde predominaban de forma muy importante las clases magistrales. Se detectó que los alumnos tenían serias dificultades a la hora de resolver problemas que no hubieran sido resueltos previamente en clase (con algunas modificaciones) y, por tanto, no desarrollaban de forma adecuada una de las competencias transversales asignada a esta asignatura, como es el análisis y resolución de problemas (CT3). La dificultad radica en que la corrosión es una disciplina muy práctica, y los problemas “tradicionales” planteados en las sesiones de aula tras la explicación de la teoría tienen poco o nada que ver con los problemas reales de corrosión con que los estudiantes se pueden enfrentar en su futuro profesional. Los problemas reales son más complejos y para su resolución se requiere una destreza que sólo se consigue trabajándola. Por ello, se solicitó en el curso 2018-2019 el PIME “Aprendizaje Basado en Problemas para su aplicación en las áreas de Ingeniería Química y de Materiales (B75/18)” con el que gracias al mismo, se implementó una metodología activa como es el Aprendizaje Basado en Problemas en la asignatura de corrosión, con la finalidad de corregir las deficiencias descritas más arriba.

El planteamiento que se siguió para implementar la metodología en la asignatura de corrosión es el siguiente: las horas de teoría y práctica de aula se reparten a lo largo de 12 semanas (1 día por semana, 12 sesiones en total), mientras que las prácticas de laboratorio tienen lugar en 2 sesiones. La primera sesión de aula se centró en su mayor parte en explicar la metodología de ABP que se iba a usar a lo largo de la asignatura. En la segunda sesión de aula se introdujeron los conceptos básicos a partir de los cuales los alumnos tenían que construir el resto de su aprendizaje en la materia, así como las fuentes de información. El resto de sesiones en el aula (10 en total) se emplearon para trabajar en los diferentes problemas que se plantean. Los problemas planteados en las primeras sesiones eran más sencillos, y a medida que fue avanzando el curso y que los alumnos fueron aumentando su nivel de conocimientos sobre la materia y su confianza en sí mismos, la complejidad de los problemas fue aumentando. Al final del tiempo asignado para cada problema, los alumnos entregaban el problema al profesor. La semana siguiente el profesor mostraba paso a paso la resolución del problema haciendo una puesta en común con los alumnos e indicando los errores más comunes.

Se destaca que para cada problema propuesto, a los alumnos se les proporcionó: (1) una situación concreta para ponerlos en contexto, en la que se explicaron los detalles del problema; (2) una lista en donde se especificaron los objetivos de aprendizaje (relacionados con una o varias Unidades Didácticas); (3) material adicional del que extraer la información, si fuese necesario; (4) algunas sugerencias, en función de la dificultad del problema y del desarrollo de la asignatura.

## **Objeto y finalidad de la investigación**

El objetivo principal de la investigación es, una vez implementada la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la asignatura de Corrosión, evaluar la satisfacción y utilidad de la misma por parte de los estudiantes mediante una encuesta de respuesta abierta (entrevista escrita) y una matriz de escenarios presente y futuro de la asignatura. La encuesta se hará de manera anónima e individual y la matriz de escenarios presente y futuro de manera grupal. Con todo ello se pretende conocer la eficacia de la metodología de aprendizaje basado en problemas y si los alumnos piensan que ha sido efectiva.

## **Desarrollo de la innovación**

Se plantean dos métodos para evaluar la satisfacción del alumnado con respecto a la metodología de ABP empleada en el aula: una encuesta o entrevista escrita que realizarán los alumnos de manera anónima e individual, con ella se pretende extraer una gran cantidad de información sin condicionar a los alumnos (ya que es anónima). La otra técnica que se pretende llevar a cabo para recoger información acerca de la satisfacción de los alumnos con respecto a la metodología ABP se realizará de manera grupal, ya que con esta técnica se quiere favorecer la reflexión de los alumnos al tiempo que se aplica la técnica y se recoge información, en concreto se empleará la matriz de escenarios presentes y futuros. A continuación se describe más detalladamente cada una de las técnicas utilizadas.

A continuación se muestra la encuesta o entrevista escrita que los alumnos contestaron en clase de manera anónima. Es importante señalar que las dos primeras preguntas, son preguntas generales relacionadas con la asignatura, no solo con la metodología de ABP. Por otro lado, de la tercera a la octava pregunta, está completamente relacionada con la metodología de ABP.

- 1) ¿Qué te ha gustado de la asignatura?
- 2) ¿Qué cambiarías de la asignatura?
- 3) ¿Alguna vez habías recibido alguna clase que se impartiera empleando la metodología de ABP?
- 4) ¿Te ha gustado la metodología ABP?
- 5) ¿Ves útil la metodología ABP?
- 6) ¿Te ha ayudado a comprender mejor la asignatura la metodología ABP?
- 7) ¿Considero que he aprendido corrosión?
- 8) ¿Considero que en un futuro seré capaz de enfrentarme a problemas reales de corrosión?

Por otra parte, también se empleó la matriz de escenarios presentes y futuros, con la que se pretende que los alumnos reflexionen sobre el momento presente y futuro de la asignatura. De tal forma que el profesor escribió en la pizarra la siguiente matriz (Tabla 1) que fue rellenando con las propuestas de los alumnos:

Tabla 1. Matriz de escenarios presentes y futuros

Lo que <b>no hay</b> en la asignatura pero <b>que no me gustaría que hubiera</b>	Lo que <b>hay</b> en la asignatura pero <b>que no me gusta</b>
Lo que <b>no hay</b> en la asignatura pero <b>me gustaría que hubiera</b>	Lo que <b>hay</b> en la asignatura y <b>que me gusta</b>

Con esta última técnica de investigación en el aula se pretende conocer la repercusión que ha tenido sobre los alumnos la nueva metodología de enseñanza aprendizaje empleada.

## Resultados

Los resultados de la encuesta se presentan a continuación en relación con cada una de las preguntas propuestas:

De acuerdo con la primera pregunta: ¿Qué te ha gustado más de la asignatura de corrosión?, esta fue una pregunta general sobre la asignatura, pero el propósito de esa pregunta fue saber si los estudiantes destacaban la metodología de ABP como una herramienta positiva para el aprendizaje de la corrosión. La Figura 1 muestra un resumen de las respuestas a la primera pregunta:

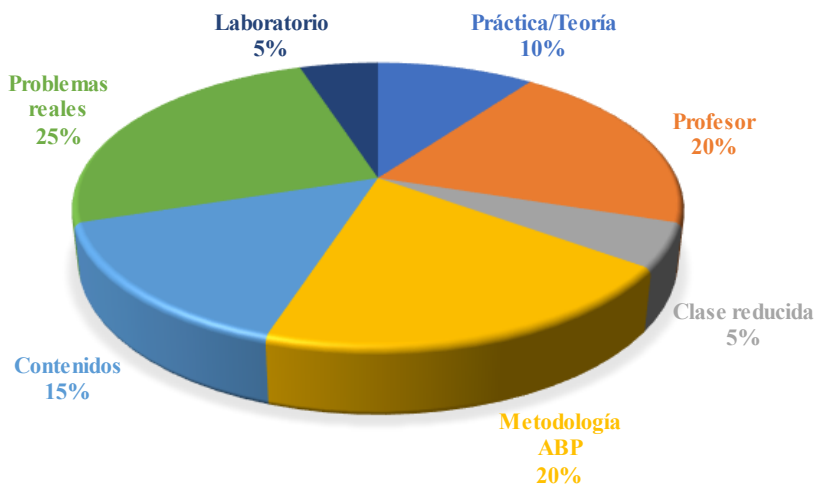


Fig. 1 Respuestas a la pregunta 1: ¿Qué te ha gustado más de la asignatura corrosión?

De acuerdo con la Figura 1, lo que más le ha gustado a los alumnos de la asignatura corrosión es la realización de problemas reales (25% de respuestas), seguido del profesor y la metodología ABP (20% de respuestas para cada una de ellas). Además, algunos estudiantes (15-10%) destacaron de forma positiva los contenidos (temario) llevados a cabo en la asignatura, así como la combinación de la práctica con la teoría en las clases.

En relación con la segunda pregunta: ¿Qué cambiarías de la asignatura?, la Figura 2 muestra las propuestas de los alumnos.

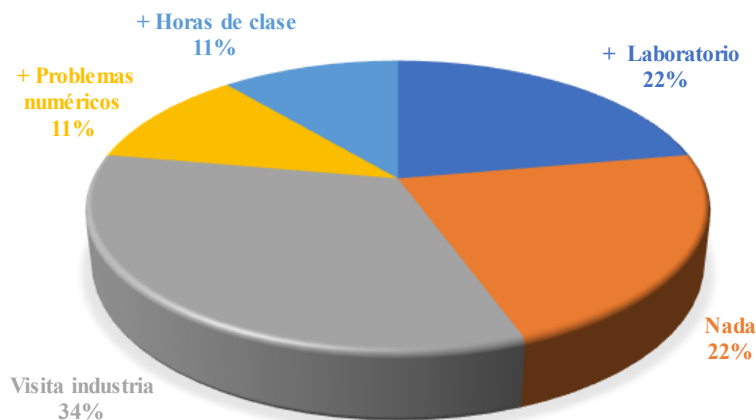


Fig. 2 Respuestas a la pregunta 2: ¿Qué cambiarías de la asignatura corrosión?

La mayoría de respuestas (34 %) proponían la incorporación de una práctica de campo en forma de visita a una instalación industrial del sector de la corrosión. Por otra parte, el 22% no cambiaría nada de la asignatura o añadiría alguna práctica más de laboratorio. Se destaca que el 11% de los alumnos indicó que le gustaría realizar más problemas numéricos (tradicionales), lo cual no está reñido con el empleo de la metodología ABP. Finalmente, otro 11% de los estudiantes propuso aumentar las horas de clase de la asignatura, llegando a indicar que sería interesante que se tratara de una asignatura obligatoria, hecho que indica que se consiguió dar una visión interesante y útil de la corrosión.

La tercera pregunta estaba directamente relacionada con la metodología de ABP y, tal y como se muestra en la Figura 3, el 67 % de los estudiantes de la asignatura empleaban por primera vez este tipo de metodología activa. Cabe indicar, que uno de los alumnos encuestados que respondió de manera afirmativa, anotó que se trataba de una metodología similar a la ABP, basada en casos prácticos pero que nunca había dedicado tanto tiempo a la misma en una asignatura.

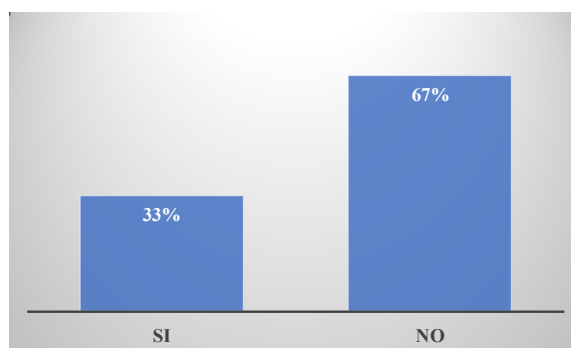


Fig. 3 Respuestas a la pregunta 3: ¿Alguna vez habías recibido alguna clase que se impartiera empleando la metodología de ABP?

Con respecto a la cuarta y quinta pregunta, a todos los estudiantes les gustó y les pareció útil el empleo de la metodología ABP en la asignatura corrosión. En concreto, destacaron que este tipo de metodología consigue dinamizar la clase y les permite estar más receptivos y afianzar mejor los conceptos al relacionarlos con problemas reales. Sobretodo, remarcaron que la metodología ABP es útil porque mejora el aprendizaje permanente y las clases resultan muy amenas.

En relación con la sexta pregunta (¿Te ha ayudado a comprender mejor la asignatura la metodología ABP?), todos los estudiantes, a excepción de uno, respondieron que esta metodología les ayudó mucho, en particular, mencionaron que ayuda a aplicar conceptos teóricos de corrosión a problemas reales. El

alumno que respondió que no, indicó que consideraba que la metodología ABP le ayudó a fijar la información (aprendizaje permanente), más que a comprender la asignatura.

De acuerdo con la séptima pregunta: ¿Considera que ha aprendido corrosión con la metodología de ABP?, todos los estudiantes respondieron que sí. Además, un 30% de los estudiantes indicó que dicha metodología les ha motivado a querer aprender más corrosión y les ha hecho ver la amplitud e importancia de la asignatura.

En relación con la última pregunta: Gracias a la metodología de ABP, ¿considera que en el futuro podrá enfrentarse a problemas reales de corrosión? El 89 % de los alumnos de la asignatura respondieron que sí. Por su parte, un 11% de los estudiantes indicó que no sabía si estarían preparados para enfrentarse a problemas reales, aunque incidieron en que la metodología ABP les ha ayudado a tener, como mínimo, unas nociones básicas para posteriormente profundizar en problemas reales y más complejos relacionados con la materia.

Por otra parte, a continuación, en la Tabla 2, se resume la matriz de escenarios presentes y futuros elaborada por los alumnos de manera grupal.

Tabla 2. Matriz de escenarios presentes y futuros completada por los alumnos

<b>No hay - no me gustaría que hubiera</b> Gran carga de trabajo para casa	<b>Hay - no me gusta</b>
<b>No hay - me gustaría que hubiera</b> Más problemas numéricos Visita a una industria	<b>Hay - me gusta</b> Problemas realizados con la metodología ABP

De la Tabla 2, se destaca que el empleo de la metodología ABP ha gustado a los alumnos, si bien, tal y como indicaron también en la encuesta, la incorporación de la resolución de problemas numéricos a los problemas ABP es un aspecto a tener en cuenta para el próximo curso.

El hecho de realizar la matriz de escenarios presentes y futuros de manera grupal, tiene la ventaja de ir retroalimentándose de las distintas propuestas, ya que ayuda a la reflexión, sin embargo, tiene el inconveniente de que al no ser anónima puede limitar las respuestas u opinión de los estudiantes delante del profesor.



## Conclusiones

La metodología de ABP es una metodología que ha dado muy buenos resultados en una asignatura con una elevada carga teórica y de inminente aplicación práctica, como es la corrosión de metales. Además, los estudiantes pueden desarrollar una serie de habilidades y competencias muy útiles a la hora de enfrentarse en el futuro a problemas en su entorno profesional, y también personal. Al mismo tiempo, el desarrollo de material para aplicar la metodología de ABP es un proceso formativo y continuo para el profesorado.

Tras incorporar la metodología de ABP en la asignatura, se ha evaluado la misma mediante una encuesta anónima a los estudiantes y una matriz de escenarios presentes y futuros realizada de manera grupal. En general, a todos los estudiantes les gusta este tipo de metodología de enseñanza activa y la consideran muy útil. En particular, la mayoría de los estudiantes (89%) indicaron que con esta metodología están más preparados para enfrentarse y resolver problemas reales de corrosión, que son los que aparecerán en sus trabajos futuros. Se considera oportuno para el próximo curso, realizar la evaluación de la matriz de escenarios presentes y futuros, en primer lugar, de forma anónima e individual, para dar más libertad en la respuesta de los estudiantes y, posteriormente, llevar a cabo una puesta en común que ayude a la reflexión. Por otra parte, de acuerdo con las respuestas de los alumnos tras la evaluación de la metodología ABP, se propone para el próximo curso incorporar nuevos problemas reales que incluyan más cálculos numéricos en su resolución.

**Agradecimientos:** los autores quieren agradecer al Proyecto de Innovación y Mejora Educativa (PIME): Aprendizaje Basado en Problemas para su aplicación en las áreas de Ingeniería Química y de Materiales (B75/18), al ICE y al VECA de la Universitat Politècnica de València.

## Referencias

- AGIRRE, I., REQUIES, J., BARRIO, V.L. (2017). *Design, implementation and evolution of PBL approach based on scientific congress model*. Trabajo presentado en: Innovative and Creative Education and Technology International Conference (ICETIC 2017).
- BRIDGES, E.M., HALLINGER, P. (1996). *Problem-Based Learning in Leadership Education*. New Directions for Teaching and Learning, 68, 53-61.
- DUCH, B. (1996). *Problems: A Key Factor in PBL*. Recuperado de: <https://www1.udel.edu/pbl/cte/spr96-phys.html>.
- EGIDO GÁLVEZ, I., ARANDA REDRUELLO, R., CERRILLO MARTÍN, R., DE LA HERRÁN GASCÓN, A., DE MIGUEL BADESA, S., GÓMEZ GARCÍA, M., HERNÁNDEZ CASTILLA, R., IZUZQUIZA GASSET, D., MURILLO TORRECILLA, F.J., PÉREZ SERRANO, M., RODRÍGUEZ IZQUIERDO, R.M. (2007). *El Aprendizaje Basado en Problemas como Innovación Docente en la Universidad: Posibilidades y Limitaciones*. Educación y Futuro, 16, 85-100.
- JONASSEN, D.H., KHANNA, S.K. (2011). *Implementing problem based learning in materials science*. Trabajo presentado en: 2011 American Society for Engineering Education (ASEE) Annual Conference & Exposition (paper AC 2011-177). Recuperado de: <https://www.asee.org/public/conferences/1/papers/177/download>.
- LLORENS-MOLINA, J.A. (2010). *El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio*. Química Nova, 33 (4) 994-999.





- LÓPEZ-ZAFRA, E., RODRÍGUEZ-ESPARTAL, N., CONTRERAS, L., AUGUSTO LANDA, J.M. (2015). *Evaluación de una experiencia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en estudiantes universitarios*. Revista d'Innovació Docent Universitària, 7, 71-80.
- MÉNDEZ O., (2015). *Diseño de una guía didáctica para la enseñanza de la química a ingenieros civiles en formación desde el enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP)*. Revista Educación en Ingeniería, 10 (19) 39-48.
- MORALES BUENO, P., LANDA FITZGERALD, V. (2004). *Aprendizaje Basado en Problemas*. Theoria 13, 145-157.
- NASR, K.J., RAMADAN, B.H. (2008). *Impact Assessment of Problem-Based Learning in an Engineering Science Course*. Journal of STEM Education, 9 (3-4) 16-24.
- PERRENET, J.C., BOUHUIJS, P.A.J., SMITS, J.G.M.M. (2000). *The Suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: theory and practice*. Teaching in Higher Education, 5 (3) 345-358.
- PETERSON, T.O. (2004). *So you're thinking of trying problem based learning? Three critical success factors for implementation*. Journal of Management Education, 28 (5) 630-647.
- SAENZ DEL BURGO, L., PURAS OCHOA, G. (2017). *Aprendizaje inductivo basado en problemas: la vida profesional del graduad@ en Farmacia*. Publicado en: López-Meneses, E., Cobos Sanchiz, D., Martín Padilla, A. H., Molina-García, L., Jaén Martínez, A. (Eds.). INNOVAGOGÍA 2016. III Congreso Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa. Libro de Actas, pp. 527-536.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J.J., SANJOSÉ LÓPEZ, V., GÓMEZ LÓPEZ, A. (2011). *Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado*. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 25, 177-186.