

# Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de la química en la universidad.

## *Problem based learning for teaching chemistry at university.*

Celia Maya Díaz<sup>1</sup>, Javier Iglesias Sigüenza<sup>2</sup>  
maya@us.es, jiglesias@us.es

<sup>1</sup>Departamento de Química Inorgánica  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, España

<sup>2</sup>Departamento de Química Orgánica  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, España

**Resumen.** El objetivo del trabajo es analizar la eficacia de la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP) en una titulación del grupo de las STEM, en concreto en tres asignaturas de 1º, 2º y 3º del Grado en Química de la Universidad de Sevilla. Las clases se convierten para los estudiantes en un lugar de trabajo en grupo en el que deben resolver una serie de cuestiones concatenadas entre sí y que van progresando de menor a mayor complejidad a lo largo de los temas. Para resolver dichas cuestiones deben antes comprender los nuevos conceptos teóricos empleando para ello la bibliografía recomendada por el profesor y las opciones disponibles en internet. Al final de cada tema los alumnos comparan sus resultados con los del profesor y tienen que realizar, de manera individual, una reflexión acerca de sus errores, aciertos, incomprensiones, etc. Los resultados obtenidos al finalizar el curso correspondiente ponen de manifiesto una mejora de los resultados académicos en todas esas asignaturas, una reducción del tiempo de trabajo y un incremento significativo en el grado de satisfacción del alumnado.

**Palabras clave:** *Aprendizaje Basado en Problemas, Enseñanza Universitaria, Enseñanza de Química.*

**Abstract.** The aim of this study is to analyze the efficacy of problem-based learning in a STEM degree. Specifically in three subjects of 1st, 2nd and 3rd of the Degree in Chemistry of the University of Sevilla. Classes are converted for students into a group work place in which they must solve a series of issues linked together and progressing from minor to greater complexity throughout each topic. To solve these questions, they must first understand the new theoretical concepts, using the bibliography recommended by the teacher and the options available on Internet. At the end of each topic, students compare their results with those of the teacher and have to individually reflect on their mistakes, successes, misunderstandings, etc. At the end of the corresponding courses, the results obtained show an improvement of the academic results in all these subjects, a reduction in the time available to this subjects as well as an significant increase in the degree of student satisfaction.

**Keywords:** *Problem-Based Learning, University Education, Chemistry Teaching.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Los docentes universitarios se están enfrentando en la actualidad a la necesidad de un cambio en su forma de enseñar. Los nuevos alumnos llegan a las aulas inmersos en un

mundo digital y tecnológico que choca con la imagen del tradicional profesor subido a la vieja tarima impartiendo clases magistrales (Hills, 2018). Toda la información que un profesor pueda proporcionar en una clase la pueden obtener los alumnos con tan sólo un “click” en su teléfono móvil o tablet. Al mismo tiempo muchos de estos alumnos ingresan en la universidad con unas brechas importantes de conocimiento y de autonomía que exigen un mayor acompañamiento académico por parte del profesor. En ese contexto el profesor universitario debe convertirse en algo más que un mero transmisor de conocimientos, y tiene como principal misión acompañar y guiar al alumno a través de su propio proceso de aprendizaje empleando para ello todos los recursos que la revolución digital pone a su alcance. Los estudiantes por su parte deben ir adquiriendo habilidades más complejas, que les vaya permitiendo emplear los conocimientos adecuados con el fin de resolver situaciones concretas, lo que requiere una docencia más experiencial y activa.

En este clima de innovación docente, son muchas las nuevas metodologías de enseñanza que se están proponiendo y ensayando ya en las aulas de las universidades de todo el mundo, impulsando mejorar los resultados académicos de los alumnos. Modelos innovadores como las “Flipped classrooms” (o aulas invertidas), el aprendizaje basado en proyectos, en problemas, en competencias o en el pensamiento, el aprendizaje cooperativo, la gamificación o el “Design Thinking” (Pensamiento de diseño) forman ya parte del día a día de muchos centros universitarios en áreas muy variadas.

Sin embargo, en el área de la Química y otras áreas relacionadas, como Física, Matemáticas, Farmacia o Ingeniería de Materiales no son frecuentes por ahora la aplicación de estos nuevos sistemas metodológicos. Se han aplicado algunas metodologías como el método POGIL (Straumanis, 2012) o el de las clases invertidas (Giménez i Font, 2018). La aplicación del ABP ha crecido en el campo de la química analítica, en contextos como la química industrial, farmacéutica, del medio ambiente o forense (Belt, 2002; Summerfield, 2003; Belt, 2005; Belt and Overton, 2007; McDonnell, 2007; Williams and Parker, 2012; Clarke, 2012; Dicks and Batey, 2013). Sin embargo, en las ramas tradicionales de la química como la inorgánica o la orgánica es

más difícil desarrollar el aprendizaje basado en problemas debido a que sus aplicaciones en la vida real son menos obvias. La complejidad de los conceptos, en ocasiones demasiado abstractos o con fundamentos matemáticos complicados suponen, desde el punto de vista del profesor, un obstáculo importante para dejar gran parte del aprendizaje bajo el control del alumno. Pero al mismo tiempo, el profesorado percibe una desconexión del alumnado en sus explicaciones, una enorme falta de motivación y unos resultados académicos muy mediocres.

En este trabajo se plantea la introducción de una metodología de aprendizaje basado en problemas, aunque con algunas variantes, en varias asignaturas del grado de Química de la Universidad de Sevilla, así como los resultados académicos alcanzados por los alumnos y su grado de satisfacción con la experiencia vivida.

## 2. CONTEXTO

La aplicación de la metodología planteada en este estudio (en adelante, metodología ABP, acrónimo de ‘Aprendizaje Basado en Problemas’) se ha llevado a cabo en las asignaturas del Grado en Química: *Química General* de 1º, *Inorgánica I* de 2º e *Inorgánica II* de 3º. Todas ellas son asignaturas anuales, de 18, 13.5 y 10.5 créditos, respectivamente, y se imparten en 4 clases de teoría semanales en el caso de *Química General* y en 2 clases en el caso de las Químicas Inorgánicas, con una duración de 50 minutos. Además del tiempo asignado a las clases de teoría (ver Tabla 1), en las que participa el grupo completo de estudiantes, se imparten seminarios en grupos reducidos, con una duración de 2 horas cada uno de ellos y distribuidos racionalmente a lo largo del curso. El resto de horas hasta completar la totalidad de los créditos ECTS de la asignatura se dedican a prácticas de laboratorio, que se han realizado de manera independiente a la metodología aplicada. En la Tabla 1 puede contemplarse la distribución de actividades por asignatura, así como el número de alumnos matriculados en los diferentes cursos en los que se ha aplicado la metodología.

Tabla 1

Asignatura Curso	Horas clases teóricas	Horas seminarios	Nº alumnos matriculados (Curso)
<b>Qca. General 1º</b>	112 h.	24 h	<b>68</b> (2018/2019)
<b>Inorgánica I 2º</b>	60 h.	16 h	<b>53</b> (2016/17) <b>52</b> (2017/18)
<b>Inorgánica II 3º</b>	43 h.	14 h	<b>38</b> (2018/2019) (22 repetidores)

En el curso 2018/19 la asistencia a clase en *Química General* y *Química Inorgánica II* se impuso como obligatoria para poder participar en el sistema de evaluación continua y han asistido a clase con regularidad 60 y 32 alumnos, respectivamente.

## 3. DESCRIPCIÓN

El modelo metodológico, que se plantea dentro de la estrategia docente propuesta en este trabajo, se resume en el esquema mostrado en la Figura 1. Durante el desarrollo de las

clases se alternan actividades en las que se presentan conceptos nuevos de teoría con actividades de carácter práctico. Las primeras consisten principalmente en lecturas de textos seleccionados o elaborados por el profesor y la visualización de vídeos. Las actividades prácticas se basan en responder cuestiones relacionadas con los conceptos teóricos y su aplicación en casos prácticos. En los dos casos se pueden combinar también con explicaciones del profesor en la pizarra.

Este modelo implica también la realización de actividades en casa consistentes en estudiar para afianzar los nuevos conceptos aprendidos, y en la elaboración individual de ejercicios, los cuales serán enviados al profesor para su corrección.

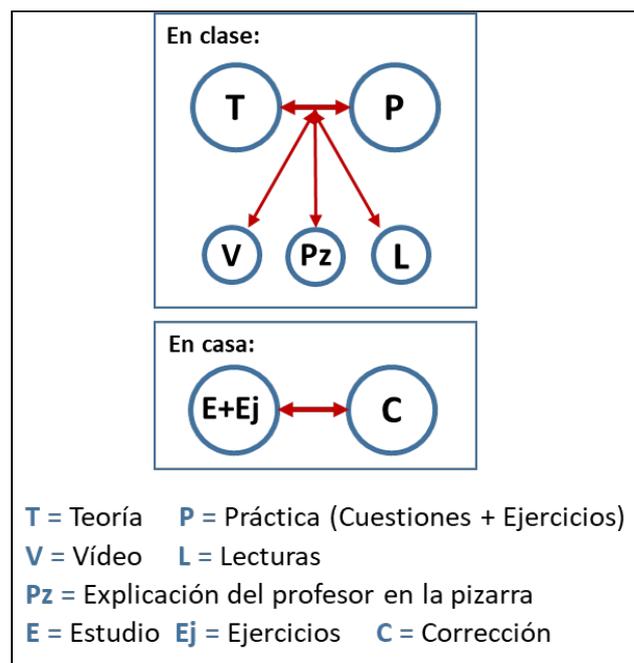


Figura 1. Modelo metodológico seguido.

Debe destacarse que en esta metodología no hay distinción en el tipo de actividades que se realizan en las clases de teoría o de seminarios, salvo que en el caso de estos últimos se trabaja con grupos reducidos de alumnos.

Los alumnos (ver cronograma en Figura 2) disponen desde el primer día de toda la secuencia de actividades programadas y se les va proporcionando, para cada tema, las denominadas ‘fichas de actividad’, en las que se alternan la aparición de conceptos teóricos con cuestiones y ejercicios. Para poder avanzar, los estudiantes deben ir realizando todas las actividades que aparecen en las fichas, siguiendo la secuencia establecida y trabajando siempre en grupos de cuatro. Cada grupo sigue su propio ritmo, estableciéndose discusiones entre sus componentes y resolviendo las dudas que les vaya surgiendo, empleando la bibliografía recomendada. Cada alumno es responsable de completar sus propias fichas, aunque no pueden avanzar de manera individual sino en grupo y el grupo es responsable de que todos sus integrantes hayan comprendido los conceptos trabajados. Durante la clase, el profesor se mantiene fuera de las discusiones y del trabajo de los alumnos, aunque cuando es necesario, va orientando sus reflexiones y sus dudas, sin darles la respuesta en ningún momento. Cuando alguna duda es común a todos los grupos, y se trata de conceptos importantes para que puedan continuar,

se hace una puesta en común en la pizarra. A los alumnos que no plantean dudas en ningún momento se les va preguntando para tener la certeza de que han entendido adecuadamente los conceptos.

Algunas actividades concretas sí se realizan de manera individual fuera de la clase y deben ser entregadas en la clase siguiente al profesor que, de ese modo, evalúa el trabajo realizado por cada alumno y comprueba si los conceptos han sido entendidos correctamente.

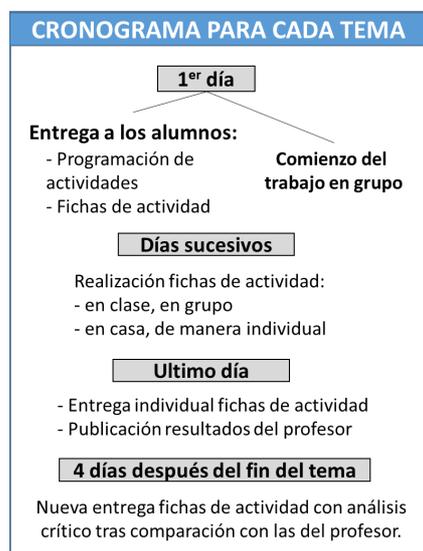


Figura 2. Cronograma.

Al finalizar un tema los alumnos envían al profesor todas las actividades realizadas a lo largo de las clases. A continuación, el profesor publica los resultados de esas actividades y entonces los alumnos deben devolver el tema al profesor comentando aquellos aspectos que tras la lectura de las respuestas del profesor les hayan hecho reflexionar, darse cuenta de lo que no han entendido o corregir sus errores.

Los comentarios presentados por los alumnos en esta segunda entrega de las fichas de actividad sirven como primera evaluación de cada tema. Cada 7 u 8 semanas los alumnos realizan, de manera individual, una prueba escrita en la que se examinan de los contenidos de varios temas. Estos exámenes son eliminatorios, es decir, si el alumno demuestra que ha alcanzado los objetivos de cada uno de los temas, ya no tendrá que volver a examinarse de ellos. Los alumnos que no aprueban este primer examen tendrán una segunda oportunidad en el examen oficial de la asignatura, en el que sólo se examinarán de los temas no superados.

Para poder realizar esos exámenes previos el alumno debe haber asistido al menos al 90% de las clases teóricas y seminarios, así como haber realizado el 90% de las actividades de las fichas.

La nota final de la asignatura se determina como la media ponderada de todos los exámenes realizados a la que se puede añadir hasta dos puntos conseguidos a partir de las actividades y del trabajo personal, evaluados por el profesor a lo largo del curso.

La metodología expuesta se ha aplicado íntegramente este curso en la asignatura *Química Inorgánica II*. En *Química General* se ha llevado a cabo sólo durante el primer

cuatrimestre, mientras que en el segundo cuatrimestre se ha empleado la metodología tradicional de clases magistrales.

En los dos cursos anteriores, en *Química Inorgánica I* los alumnos realizaron fichas de actividad, pero no tenían que enviarlas al profesor al final del tema, ni debían realizar el trabajo posterior de comparar sus respuestas con las del profesor. Tampoco las clases tenían carácter obligatorio, ni tenían que llevar a cabo actividades diarias en casa, ni disponían de una programación previa de las actividades programadas, ni se les ofreció la posibilidad de realizar una evaluación distinta a los exámenes oficiales establecidos por la facultad.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Participantes

En este estudio han participado, para cada asignatura, los estudiantes que se muestran en la Tabla 1.

### 4.2. Variables.

Se han examinado dos tipos de variables:

i) Indicadores objetivos de la asignatura (en todas ellas), que incluye:

- el porcentaje de aprobados entre los alumnos presentados,
- el porcentaje de aprobados entre los alumnos matriculados,
- la tasa de alumnos presentados frente a los matriculados.

ii) Valoración subjetiva de los estudiantes (sólo en el caso de *Química Inorgánica II*) que considera:

(a) la satisfacción con diferentes aspectos de la asignatura, la cual se ha medido a través de diferentes criterios (satisfacción con el material proporcionado, con la metodología aplicada, con el trabajo realizado por el profesor, con el sistema de evaluación y la propia autoevaluación sobre lo que han aprendido). Se ha empleado en todos los casos una escala de 1 a 5, en la que 1 corresponde a 'muy poco satisfecho' y 5 a 'muy satisfecho'.

(b) el tiempo dedicado a la preparación de la asignatura,

(c) la justicia percibida sobre el resultado académico en función del esfuerzo que han realizado.

### 4.3. Diseño y análisis de datos.

Se utilizó un diseño de corte cuasi-experimental con grupos naturales, donde el grupo experimental es el grupo donde se ha implementado la metodología ABP, y el grupo control es el resto de grupos docentes que siguen una metodología basada únicamente en clases magistrales. Para comprobar las diferencias entre grupos se realizó una "t de Student".

## 5. RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en los indicadores tipo i, para los grupos en los que se ha aplicado la metodología ABP en los cursos 2016/17, 2017/18 y 2018/19. Los valores en color rojo son los resultados al aplicar la metodología docente ABP y en color azul se muestran los resultados obtenidos en los cursos en los que se comenzó a trabajar con las fichas de actividad sin desarrollar la metodología ABP en toda su extensión. Los valores que

aparecen en color negro se refieren a los porcentajes obtenidos de manera global considerando conjuntamente los resultados de todos los grupos docentes de la misma asignatura, incluidos, si se da el caso, los grupos de la metodología ABP.

Debe desatacarse que en el caso de la asignatura *Química Inorgánica II* del curso actual la convocatoria de septiembre aún no está incluida y en la asignatura *Química General* sólo se presentan los datos de los dos exámenes parciales realizados y en estos momentos quedan aún pendientes los exámenes finales de julio y de septiembre que harán aumentar esos porcentajes.

Tabla 2

Porcentajes de aprobados				
Curso Asignatura	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19 <sup>a</sup>
<b>Química General</b>				
(Presentados) GRUPO ABP				<b>48<sup>b</sup></b> <b>21<sup>c</sup></b>
(Matriculados) GRUPO ABP				<b>44<sup>b</sup></b> <b>13<sup>c</sup></b>
(Presentados) GLOBALES	<b>72.3</b>	<b>60.8</b>	<b>59.8</b>	
(Matriculados) GLOBALES	<b>56.4</b>	<b>53.7</b>	<b>48.2</b>	
Presentados / matriculados	<b>78</b>	<b>88</b>	<b>81</b>	<b>92<sup>d</sup></b> <b>62<sup>d</sup></b>
<b>Química Inorgánica I</b>				
(Presentados) GRUPO ABP		<b>80</b>	<b>100</b>	
(Matriculados) GRUPO ABP		<b>53</b>	<b>77</b>	
Presentados / matriculados		<b>66</b>	<b>77</b>	
(Presentados) GLOBALES	<b>81.0</b>	<b>83.0</b>	<b>91.0</b>	
(Matriculados) GLOBALES	<b>65.7</b>	<b>61.6</b>	<b>71.2</b>	
Presentados / matriculados	<b>81</b>	<b>74</b>	<b>78</b>	
<b>Química Inorgánica II</b>				
(Presentados) GRUPO ABP				<b>100</b>
(Matriculados) GRUPO ABP				<b>92</b>
Presentados / matriculados				<b>92</b>
(Presentados) GLOBALES	<b>60.5</b>	<b>69.6</b>	<b>68.6</b>	
(Matriculados) GLOBALES	<b>41.1</b>	<b>50.3</b>	<b>49.8</b>	
Presentados / matriculados	<b>68</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	

<sup>a</sup> A falta de añadir datos de la convocatoria de septiembre.  
<sup>b</sup>Valores con sólo los datos del examen del primer cuatrimestre (metodología ABP),  
<sup>c</sup> Valores con sólo los datos del examen del segundo cuatrimestre (clases magistrales),  
<sup>d</sup>Valores con sólo los datos de los 2 exámenes cuatrimestrales.

Los resultados recopilados en la Tabla 2 ponen de manifiesto tendencias significativas. En primer lugar, se observa que la aplicación de la metodología ABP conlleva un incremento significativo del porcentaje de aprobados en comparación con los valores globales, siendo esta situación especialmente notable en el caso de la asignatura *Química Inorgánica II*, en la que incluso quedan por incluir los resultados de la convocatoria de septiembre. Por otro lado, se constata también un incremento significativo en el porcentaje de alumnos presentados a los exámenes de las asignaturas. En el caso de la asignatura *Química General*, los valores obtenidos con la metodología ABP no son comparables con los globales, puesto que aún no se han incluido los resultados correspondientes a las convocatorias de julio y septiembre. Sin embargo, la comparación de los datos del primer cuatrimestre y del segundo cuatrimestre muestra diferencias muy notables en el porcentaje de aprobados y en la tasa de alumnos presentados.

En la asignatura *Química Inorgánica I* la aplicación parcial de la metodología ABP dio lugar en el curso 2017/18 a un aprobado generalizado de todos los alumnos presentados. No obstante, la tasa de alumnos presentados frente a los matriculados continuó aún dentro de los rangos globales de la asignatura.

Con respecto a la valoración subjetiva de los estudiantes, en el estudio llevado a cabo con los de *Química Inorgánica II*, la comparación de las medias entre el grupo formado con ABP y el grupo control demuestran diferencias significativas en la satisfacción con los diferentes aspectos de la asignatura ( $t_{31}=12.51, p<0.001$ ), mostrando el grupo de ABP mayores niveles de satisfacción ( $M=4,84$ ) que el grupo control ( $M=2,69$ ).

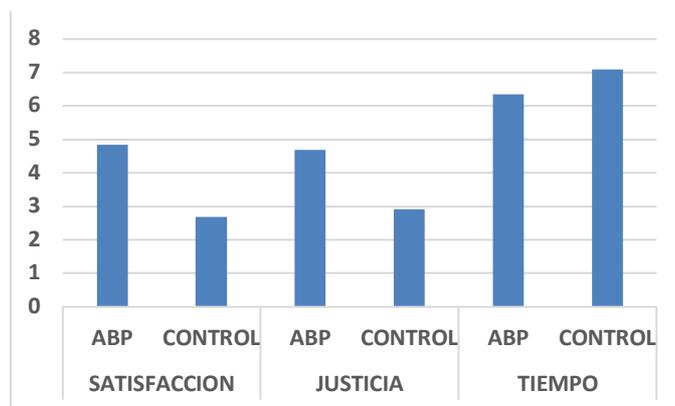


Figura 3. Análisis de las principales variables del estudio.

También existen diferencias en la valoración positiva acerca de la justicia con la evaluación recibida ( $t_{31}=5.49, p<0.001$ ), de forma que el grupo ABP considera la evaluación como más justa ( $M=4,68$ ) que el grupo control ( $M=2,9$ ). Sin embargo, no existen diferencias entre el tiempo dedicado a la asignatura en ambos grupos ( $t_{31}=-0,50, p=0,61$ ) Para descartar la influencia de cursar la asignatura por primera vez o ser repetidores de la misma, realizamos el mismo análisis segmentando entre el grupo de repetidores y no repetidores de la asignatura. Las relaciones son las mismas a las encontradas en la población general, es decir, los datos sugieren en ambos casos (repetidores y no repetidores) una mayor satisfacción y justicia percibida en quienes han recibido

la metodología ABP. No obstante, existe una diferencia significativa en el caso de los alumnos no repetidores los cuales requieren un poco menos de tiempo en el grupo ABP que en el grupo control ( $t_{31}, -2,02, p=0.05$ ). Es decir, los datos parecen indicar que los estudiantes que cursan la asignatura por primera vez requieren menos tiempo de preparación utilizando la metodología ABP (6,34 horas) que los del grupo control (7,31 horas).

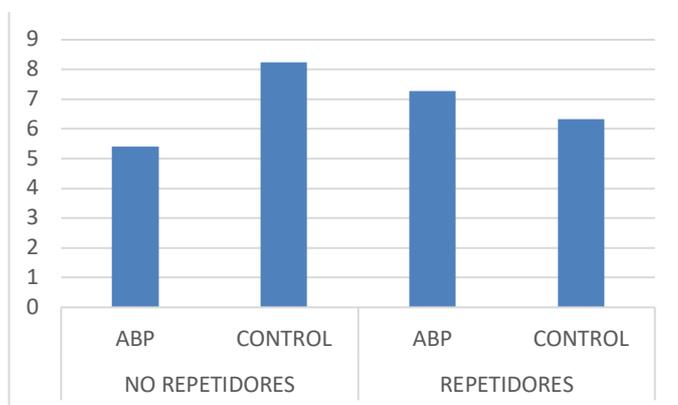


Figura 4. Comparación en el tiempo dedicado a la asignatura entre repetidores y no repetidores.

Además, en una de las preguntas del cuestionario, se les pedía directamente a los alumnos que indicaran los aspectos que más valoraban de la metodología aplicada. En la tabla 3 se recogen algunas de las respuestas más repetidas:

Tabla 3

<b>Metodología ABP</b>
‘la facilidad de comprensión y aprendizaje’, ‘la posibilidad de los alumnos de participar en las clases’, ‘el sentirse obligados a trabajar diariamente’, ‘sentir que estás aprendiendo’ o ‘implicación del profesor’
<b>Metodología Clases Magistrales</b>
‘clases “demasiado” magistrales’, ‘clases muy monótonas’, ‘falta de compromiso del profesor’, ‘te obliga a estudiar sólo para aprobar el examen’

## 6. CONCLUSIONES

Por primera vez en la facultad de Química de la Universidad de Sevilla se ha introducido en las clases una metodología de aprendizaje basada en problemas. Los resultados obtenidos en este estudio revelan que la aplicación de esta metodología ABP en la impartición de la docencia de las asignaturas *Química General*, *Química Inorgánica I* y *Química Inorgánica II* del Grado en Química da lugar a una mejora significativa de los resultados académicos. En todos los casos puede observarse un incremento en el porcentaje de aprobados al aplicar la nueva metodología docente, hasta alcanzar incluso el 100% en el curso actual en la asignatura *Química Inorgánica II* en la que se ha aplicado la metodología ABP a lo largo de todo el curso académico. Además, un 92% de los alumnos, tanto en el caso de *Química Inorgánica II* como en el primer cuatrimestre de *Química General*, han seguido la asignatura de manera regular, asistiendo a clase y realizando las tareas encomendadas por el profesor.

En la asignatura *Química Inorgánica I* se alcanzó también el 100% de aprobados entre los alumnos presentados el segundo año que se aplicó la metodología ABP, pero el seguimiento de la asignatura la realizó tan sólo el 77% de los estudiantes. Comparando este resultado con el seguimiento medido en *Química Inorgánica II* y el primer cuatrimestre de *Química General* parece que ofrecer la posibilidad de una evaluación continua, bajo el requisito de asistir obligatoriamente a clase, da lugar a que los alumnos puedan experimentar esta nueva metodología y sentirse entonces atraídos y motivados por la asignatura, de tal manera que continúan seducidos hasta el final de curso.

Pero tan destacable como los resultados académicos conseguidos y el incremento de la asistencia a las clases es el grado de satisfacción alcanzado por los estudiantes en *Química Inorgánica II* con prácticamente la totalidad de los alumnos del grupo ABP en un nivel 5 de satisfacción. Ellos se sienten enormemente satisfechos del trabajo que se ha llevado a cabo en clase y con el trabajo que ellos mismos han realizado. Consideran que, a diferencia de lo que perciben con otras asignaturas, en ésta han aprendido de verdad, y todo ello dedicándole, tal como se ha podido comprobar, el mismo tiempo que sus compañeros del grupo control. Además, se sienten más satisfechos con sus calificaciones.

Así, los extraordinarios resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción del alumnado, representan el mejor argumento para reconocer el valor y la utilidad de este tipo de metodología docente en los estudios de química. Los alumnos aprecian y se sienten motivados al pasar de ser sujetos pasivos que reciben información del profesor a ser los responsables directos de su propio aprendizaje.

El diseño propuesto en esta comunicación supone una nueva manera de enseñar en química donde tradicionalmente conceptos muy complejos, de difícil comprensión para los alumnos, son explicados en clases magistrales sin que los alumnos tengan la oportunidad de reflexionar sobre ellos con el tiempo necesario y en presencia del profesor. La introducción en las aulas del grado en química de la metodología ABP, con los alumnos trabajando en grupo y el profesor como guía que les estimula y les motiva a buscar las soluciones requeridas obligándoles a mantener un razonamiento crítico, se ha revelado como una herramienta muy poderosa y efectiva que potencia el aprendizaje, eleva la motivación de los estudiantes y da lugar a resultados académicos exitosos.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos dedicar este trabajo a todos nuestros estudiantes como agradecimiento a su esfuerzo e implicación en nuestras clases y a todas las sonrisas que nos han dedicado dentro y fuera de ellas y que nos han servido de estímulo.

## REFERENCIAS

- 1.- Andrei Straumanis, 2012, “Organic Chemistry. A guided inquiry for recitation.” Belmont (USA), BROOKS/COLE, CENGAGE Learning.
- 2.- Belt S. T., Evans E. H., McCreedy T., Overton T. L. and Summerfield S., 2002, “A problem based learning approach to analytical and applied Chemistry”, *Univ. Chem. Educ.*, 6(2), 65–72.

- 3.- Belt S. T., Leisvik M. J., Hyde A. J. and Overton T. L., 2005, "Using a context-based approach to undergraduate chemistry teaching – a case study for introductory physical chemistry", *Chem. Educ. Res. Pract.*, 6, 166–179.
- 4.- Belt S. and Overton T. (2007), *Context-based Case Studies in Analytical Chemistry*, in Marbrouk P. A. (ed.), *Active Learning: Models from the Analytical Sciences*, Washington: ACS.
- 5.- McDonnell C., O'Connor C. and Seery M. K., 2007, "Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem-based learning mini-projects", *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 130–139.
- 6.- P. J. Hills, 2018, "The Self-Teaching Process in Higher Education" London. Routledge Revivals.
- 7.- Summerfield S., Overton T. and Belt S., 2003, "Problem-solving case studies." *Anal. Chem.*, 75(7), 181–182.
- 8.- Xavier Giménez i Font, 24 de abril de 2016, S.A.B.E.R.: Enseñar (casi) sin clases magistrales (I) ¡Atrevámonos! SciLogs - Blogs de Ciencia, Investigación y Ciencia.