



## INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

# Aprendizaje basado en problemas como complemento de la enseñanza tradicional en Físicoquímica



Carina Lorena Fernández\* y María Inés Aguado

Departamento de Ciencias Básicas y Complementarias, Universidad Nacional del Chaco Austral, Pcia. Roque Sáenz Peña, Chaco, Argentina

Recibido el 25 de octubre de 2016; aceptado el 6 de marzo de 2017

Disponible en Internet el 25 de abril de 2017

### PALABRAS CLAVE

Métodos de enseñanza-aprendizaje; Problemas no estructurados; Integración teórico-práctica; Aprendizaje superficial; Trabajo grupal

### KEYWORDS

Teaching-learning methods; Unstructured problems; Theoretical-practical integration; Superficial learning; Team work

**Resumen** Físicoquímica es una asignatura cuyos contenidos se perciben como de escasa aplicación en el futuro, por lo que gran parte de los alumnos dirigen sus esfuerzos hacia un aprendizaje superficial. El «aprendizaje basado en problemas» (ABP) constituye una estrategia metodológica que pretende estimular en los alumnos el deseo de saber y se plantea como medio para adquirir conocimientos y aplicarlos para solucionar un problema real o ficticio. El propósito de este artículo es describir los resultados de una experiencia en la que se empleó el ABP como complemento de la enseñanza tradicional en 3 cohortes de alumnos. Se contemplaron 2 instancias de evaluación cualitativa y 3 de evaluación cuantitativa. Los resultados mostraron una alta valoración cualitativa, destacando su agrado por la estrecha integración de contenidos teóricos y prácticos. A su vez, los logros cuantitativos grupales fueron muy alentadores, aun cuando el desempeño individual de los miembros de los grupos no reflejó lo mismo. Concluyendo, la adopción del ABP como complemento de la enseñanza tradicional es una inversión educativa que resulta fructífera al menos en el corto y mediano plazo, a pesar de la resistencia inicial de los estudiantes y del tiempo y esfuerzo que demanda a docentes y alumnos.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Problem-based learning as a complement to traditional teaching in Physicochemistry

**Abstract** Physicochemistry's contents are considered as of little application in the future, and so a lot of the students direct their efforts towards a superficial learning. Problem-based learning (PBL) is a methodological strategy that seeks to stimulate the need of knowing in students and it is used as a mean to acquire knowledge and apply them to solve a real or fictitious problem. The purpose of this article is to describe the results of an experience in which PBL was used as a complement of traditional teaching in three student cohorts. Two instances of qualitative evaluation and three of quantitative evaluation were done. Results showed a high qualitative evaluation, emphasizing the students' satisfaction with the close integration

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [carina@uncaus.edu.ar](mailto:carina@uncaus.edu.ar) (C.L. Fernández).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

of theoretical and practical contents. At the same time, the group quantitative achievements were very encouraging, even though the individual performance of the group members did not reflect the same. In conclusion, the adoption of PBL as a complement to traditional teaching is an educational investment that is fruitful at least in the short and medium term, despite the initial resistance of the students and the time and effort demanded to teachers and students. © 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La forma de impartir enseñanza en la universidad ha experimentado notables cambios en los últimos años, y uno de sus principales objetivos es el desarrollo de estrategias docentes centradas en el aprendizaje del estudiante. Las mismas implican que el alumno pase a ser el auténtico eje de la educación universitaria y el profesor, un mediador o guía de dicho proceso (Megías y Oñaderra Sánchez, 2013). Por su parte, los métodos de enseñanza-aprendizaje se destacan por su carácter práctico y operativo, a diferencia de las estrategias docentes, que se caracterizan por su carácter global y de coordinación de acciones a mediano y largo plazo. Tal como lo indican Montes de Oca Recio y Machado Ramírez (2011), las estrategias docentes tienen mayor alcance que los métodos de enseñanza-aprendizaje, y como parte de la estrategia docente es necesario seleccionar de forma armónica los métodos que implican acciones productivas en el aprendizaje para alcanzar los objetivos.

El «aprendizaje basado en problemas» (ABP) es uno de los métodos de enseñanza-aprendizaje que en los últimos tiempos han sido reconocidos por la Didáctica y que se considera debe estar en el repertorio de los docentes, pudiendo combinarse con técnicas participativas, analogías, demostraciones, mapas conceptuales, gráficos, etc., para favorecer el desarrollo de las actividades formativas (Montes de Oca Recio y Machado Ramírez, 2011). Dentro del proceso educativo, el docente recurre a la enseñanza tradicional, mediante la cual explica una parte de la materia y, seguidamente, propone a los alumnos una actividad de aplicación de dichos contenidos. El ABP, en cambio, se plantea como medio para que los estudiantes adquieran esos conocimientos y los apliquen para solucionar un problema real o ficticio, sin que el docente utilice la lección magistral u otro método tradicional para transmitir ese conocimiento (González Morales y Díaz Alfonso, 2006). Se trata, por lo tanto, de una metodología que pretende estimular en el alumno el deseo de saber, y, adicionalmente, favorece el trabajo en equipo (Egido Gálvez et al., 2006). Esto es de gran utilidad en situaciones en las que las dificultades de aprendizaje se atribuyen parcialmente a la falta de interés y motivación. Este es el caso de las denominadas ciencias básicas (matemáticas, física y química), que requieren del alumno un esfuerzo importante de abstracción y modelización, por lo que los problemas de aprendizaje de estas materias ocurren al momento en que el alumno tiene que asimilar conocimientos teóricos muy abstractos (Furió Más, 2006).

En nuestra universidad, Físicoquímica es una asignatura que no escapa a esta realidad, y, en general, sus contenidos se perciben como de escasa aplicación en el futuro, por lo que gran parte de los alumnos dirigen sus esfuerzos hacia un aprendizaje meramente superficial. Una de las consecuencias inmediatas de esta situación es que los conocimientos adquiridos, luego se transfieren de modo deficiente al ciclo superior. Por tanto, se considera que si, además de impartir contenidos de forma tradicional, se promueve la integración teórico-práctica mediante la resolución de situaciones problemáticas similares a las del futuro laboral, se modificará la percepción mencionada, lo que redundará en un contexto de aprendizaje más eficaz.

Es por ello que el propósito de este artículo es describir los resultados de una experiencia en la que se empleó la metodología ABP, con especial énfasis en la integración de contenidos teóricos y prácticos, como complemento de la enseñanza tradicional en 3 cohortes de alumnos.

## Descripción de la propuesta didáctica (metodología)

La experiencia se llevó a cabo en el segundo cuatrimestre de los años 2013, 2014 y 2015, durante el desarrollo de las asignaturas Físicoquímica y Química Física, ambas de tercer año de las carreras de Ingeniería en Alimentos, Ingeniería Química y Profesorado en Ciencias Químicas y del Ambiente, respectivamente. Los grupos de alumnos cursantes estuvieron conformados por 23 alumnos en 2013, 15 en 2014 y 9 en 2015, siendo el profesor adjunto de la cátedra el encargado de ejercer el rol de tutor.

Este estudio se realizó mediante una investigación de campo con diseño cuasi-experimental (no se incluyó un grupo control), habiéndose aplicado un muestreo no probabilístico, del tipo de grupos intactos, de acuerdo con lo indicado por McMillan y Schumacher (2010). La experiencia se desarrolló siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- 1) *Caracterización de la población estudiantil.* Al inicio del cursado los alumnos completaron anónimamente un formulario que indagaba, entre otros, sobre aspectos tales como edad, situación académica y técnicas de estudio empleadas en asignaturas anteriores para la preparación de exámenes parciales (necesarios para acceder al examen final) y finales (necesarios para considerar aprobada la asignatura).

- 2) *Evaluación diagnóstica*. En la clase inaugural, luego de explicar lo inherente a la aplicación de esta metodología, se suministró una evaluación diagnóstica con el propósito de valorar el nivel de conocimientos previos. Para el diseño de la misma se seleccionaron algunos ejes temáticos desarrollados en Química General (asignatura de primer año), los cuales deberían constituir el conocimiento previo con el que llegan los alumnos al tercer año de sus carreras. Los ejes temáticos abordados fueron: Termodinámica, Soluciones y mezclas, Cinética química, Equilibrio químico y Procesos de óxido-reducción. Dicha evaluación constó de 12 preguntas, todas de respuesta de opción múltiple, con una opción correcta y 3 distractores en cada caso. La validación de este instrumento se concretó a través de la revisión por parte de docentes de asignaturas afines.
- 3) *Introducción de problemas no estructurados*. En cada uno de los 3 años de la experiencia, la temática de aplicación del ABP se seleccionó con base en la información extraída de las evaluaciones diagnósticas. Es así que se incluyeron problemas no estructurados en las guías de resolución de ejercicios y problemas (TP) de los contenidos Termoquímica, Soluciones y mezclas y Redox (denominados en esta asignatura: Equilibrio químico, Propiedades coligativas, coloides y Electroquímica, respectivamente). Se pretendió así favorecer la interrelación de contenidos entre asignaturas, reforzar los saberes previos y, a la vez, incorporar nuevos conocimientos con un grado de profundidad acorde a Físicoquímica. En todos los años, los problemas fueron diseñados por las autoras.

En el año 2013, los problemas impartidos fueron los mismos para todas las carreras, mientras que en 2014 y en 2015, los problemas fueron diferenciados; es decir, estuvieron directamente relacionados con la orientación específica de cada carrera.

Los problemas a resolver por metodología ABP se incluyeron en 4 de las 10 guías de TP previstas en la planificación de actividades. En promedio, cada guía contó con 6 problemas, uno de resolución con ABP y el resto, de resolución tradicional.

A modo de ejemplo, se presenta uno de los problemas planteados en la guía de TP de Propiedades coligativas: «Una de las prácticas fraudulentas en la producción e industria de la leche es la adición de agua a la leche con el objeto de aumentar su volumen. Usted se encuentra realizando una pasantía en el Departamento de Estudios Físicoquímicos del Instituto de Tecnología de los Alimentos de la Universidad Nacional del Litoral. Hasta el mismo ha sido derivada una muestra de leche, de la cual se presume que ha sido ‘‘estirada con agua’’. Se le asignó la tarea de analizar la leche para demostrar dicha práctica fraudulenta».

- 4) *El trabajo grupal y las tutorías*. En cada caso, para la actividad grupal de resolución de problemas los alumnos formaron grupos de no más de 3 integrantes, según criterios de afinidad personal y por recomendación del docente. A dicha actividad se le asignó un plazo de finalización de 2 semanas, al cabo de las cuales se debía presentar un informe escrito. Una semana después debían realizar la defensa oral del resultado de lo trabajado colectivamente y la discusión intergrupal de

**Tabla 1** Principales aspectos acerca de la evaluación cuantitativa de los problemas ABP

| Instrumentos de evaluación                         | Criterios de evaluación   | Porcentaje de la calificación final |
|--|---|-------------------------------------|
| Informe escrito grupal                             | Presentación en tiempo y forma, capacidad de resolución del problema, interpretación de resultados y sustentación teórica | 35                                  |
| Defensa oral y discusión de resultados intergrupal | Capacidad de comunicación, fundamentación y síntesis de propuestas de resolución  | 15                                  |
| Evaluación parcial escrita individual (EPEI)       | Capacidad de planteamiento, resolución y sustentación teórica   | 50                                  |

resultados. En ese lapso, el docente ejerció el rol de facilitador/orientador, dedicándose 5 h semanales para tutorías de apoyo. Durante las tutorías se brindaban orientaciones generales, se revisaba lo realizado hasta ese momento, tanto cálculos como fundamentos teóricos que los sustentasen, y se sugerían las correcciones en caso de ser necesario. Además, se atendieron las inquietudes acerca de la exposición oral del trabajo.

- 5) *Evaluación cualitativa y cuantitativa de la experiencia*. Se contemplaron 2 instancias de evaluación cualitativa. La primera de ellas se basó en las observaciones que el docente registró durante las tutorías (Branda, 2009). Además, al finalizar el cursado se administró una encuesta de opinión anónima, para conocer el grado de aceptación de la metodología empleada y recolectar datos que permitiesen optimizarla. El formato de la encuesta fue semiestructurado y se plantearon 9 afirmaciones para indicar el grado de acuerdo con respecto a estas, por medio de una escala tipo Likert de 3 categorías. También se incluyó un espacio para relevar las sugerencias de los estudiantes.

La evaluación cuantitativa se realizó por medio de 3 instrumentos: el informe escrito grupal, la defensa oral y discusión de resultados intergrupal y una evaluación parcial escrita individual (EPEI), siguiendo los lineamientos que se muestran en la [tabla 1](#).

Las EPEI consistían en 5 ítems, de los cuales uno correspondía a problemas similares a los resueltos en forma grupal, mientras que el resto eran problemas de resolución tradicional y preguntas referidas a las actividades de laboratorio. Al ítem ABP se asignaba un puntaje mayor que al resto (30-40% del total), ya que el mismo podía emplearse para reflejar la tarea personal dentro del grupo de trabajo. El siguiente

$$\text{Agua adicionada (\% m/m)} = \frac{T_{c \text{ leche}} - T_{c \text{ muestra}}}{T_{c \text{ leche}}} \times 100$$

En donde  $T_{c \text{ leche}}$  es el punto de congelación de la leche (referencia) y  $T_{c \text{ muestra}}$  es el punto de congelación de la muestra de leche que se está analizando.

En conclusión:

Se podrá determinar si hubo adición de agua, midiendo el punto de congelación de la muestra de leche, según lo estipulado en la norma ISO 5764 – IDF 108: 2002 E. La normativa establece que el descenso crioscópico máximo en la leche (de referencia) debería ser de  $-0,512 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Si al realizar las correspondientes mediciones y hallar el descenso crioscópico se obtuviesen valores menores al mencionado, esto indicaría adición de agua (tanta mayor cantidad de agua cuanto más se acercase al punto de congelación del agua). por otra parte, podría llegar a determinarse el porcentaje en masa de agua adicionada, haciendo uso de la fórmula matemática in cluida en la resolución.

#### Bibliografía utilizada

-Composición de la leche y Valor Nutritivo. Disponible en:  
[http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA000002pr.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000002pr.htm)

-Composición físico-química y calidad higiénica de la leche. Open courseware. Universidad de Murcia. Higiene, inspección y control alimentario. Práctica 2: Composición físicoquímica de la leche

**Figura 1** Ejemplo de conclusión en la presentación de informe grupal.

es un ejemplo de problema relacionado con Propiedades coligativas, incluido en uno de los ítems de las EPEI: «Un productor industrial de fórmulas alimenticias infantiles se acercó al director del Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Nacional del Chaco Austral, trayendo consigo una mezcla líquida en la cual, por error, se omitió el nombre de una de las sustancias componentes. La solicitud es la identificación de dicha sustancia. El rótulo en el recipiente que contiene la muestra indica lo siguiente: sacarosa 8.82% P/V, fécula de maíz 3.52% P/V, sustancia desconocida 2.35% P/V.  $T_{\text{ebullición}}: 100.45^\circ \text{C}$ . Suponga que usted trabaja como técnico ayudante en dicho laboratorio y se le encomendó la tarea».

## Resultados y discusión

La caracterización de la población mostró que la edad promedio de los grupos de trabajo fue de 21 años, en los 3 ciclos lectivos. Se consideró que los alumnos tenían rendimiento académico aceptable, ya que, según las edades reportadas, la cantidad de materias aprobadas y regularizadas era acorde a los planes de estudio correspondientes. En cuanto a las técnicas de estudio adoptadas en asignaturas previas, la mayoría de los alumnos manifestaron que estudiaban solo al preparar exámenes (parciales y finales). Su principal material de estudio fueron apuntes tomados en clase. En un principio, ambas cuestiones se interpretaron como posibles obstáculos para la implementación del ABP, ya que esta metodología busca fomentar el trabajo en grupo, resultando imprescindible emplear recursos como libros, revistas científicas, Internet, etc.

En los 3 ciclos lectivos los resultados de la evaluación diagnóstica mostraron la misma tendencia; los mayores porcentajes de respuestas incorrectas correspondieron a las preguntas referidas a Termodinámica, Soluciones y mezclas y Procesos de óxido-reducción.

De la evaluación cualitativa del proceso de resolución grupal de problemas surgió que hubo una alta afluencia a las tutorías, a las que los alumnos llegaban con preguntas concretas y coherentes. Todos los años, al inicio de la experiencia, los alumnos parecían un tanto desorientados al momento de comenzar con la resolución en sí, ya que, si bien identificaban el problema rápidamente, les costaba mucho romper el esquema de la simple aplicación de una fórmula. Por el contrario, se vieron obligados a buscar y seleccionar información, y pudieron tomar conciencia de que, aun teniendo las fórmulas matemáticas, muchas veces esto no era suficiente para resolver un determinado problema. Debían, además, aplicar cierto criterio, precisamente lo que se buscaba incentivar con este tipo de estrategia. Esta situación se vio satisfactoriamente superada con el transcurso del cursado. Cabe mencionar que en los 3 años se detectó que en la mayoría de los casos no todos los estudiantes aportaban de la misma manera a la resolución de problemas, y, en general, solo uno o 2 de los miembros de cada grupo eran los que llevaban adelante la mayor parte de la tarea.

A modo de ejemplo, en la [figura 1](#) se muestra la conclusión de uno de los informes presentados, correspondiente a la resolución del problema incluido previamente en el apartado de «metodología».

UNCAUS

Fisicoquímica 2015

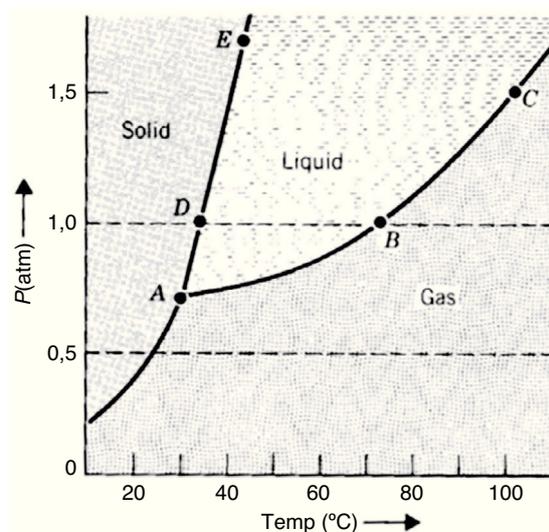
Alumno:

DNI:

FISICOQUÍMICA: PARCIAL N° 1

Recuerde: 5 (cinco) puntos del total corresponden a prolijidad, redacción y ortografía. No presente nada en lápiz negro. LEA ATENTAMENTE LAS CONSIGNAS.

- 1) Dado el siguiente diagrama de fases, responder:
  - a- ¿Cuál es el punto de fusión normal? ¿Y el punto triple? ¿Y el punto de ebullición? (5 puntos)
  - b- Si la temperatura aumenta de 0 a 50 °C a una presión constante de 0,5 atm, ¿qué transición de fase está ocurriendo? ¿Y si la presión es de 1 atm? (10 puntos)
- 2) ¿Para qué se utiliza la ecuación de Clausius-Clapeyron integrada? (5 puntos)
- 3) Con los siguientes datos experimentales, correspondientes a soluciones de cloroformo y dietiléter:



|                         |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x_{(C_2H_5)_2O}$       | 0,0   | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,8   | 1,0   |
| $P_{(C_2H_5)_2O}$ (kPa) | 0,00  | 4,60  | 12,87 | 26,66 | 40,93 | 53,33 |
| $P_{CHCl_3}$ (kPa)      | 19,33 | 14,80 | 9,20  | 4,60  | 1,65  | 0,00  |

- a- Represente en un diagrama presión-composición las presiones parciales y la presión total. (102 puntos)
  - b- Para una mezcla equimolar de ambos componentes, determine el coeficiente de actividad del  $CHCl_3$ . (15 puntos)
- 4) Un productor industrial de fórmulas alimenticias infantiles se acercó al Director del Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Nacional del Chaco Austral, trayendo consigo una mezcla líquida en la cual, por error, se omitió el nombre de una de las sustancias componentes. La solicitud es la identificación de dicha sustancia. El rótulo en el recipiente que contiene la muestra indica lo siguiente: sacarosa 8,82% P/V, fécula de maíz 3,52% P/V, sustancia desconocida 2,35% P/V. T. ebullición: 100,45 °C. Suponga que usted trabaja como técnico ayudante en dicho laboratorio y se le encomendó la tarea. (35 puntos)
  - 5) Indique Verdadero o Falso, justificando lo que considere Falso (15 puntos).
    - a – El diagrama de Dühring se construye con soluciones de concentración diluida.
    - b – El diagrama de Dühring se utiliza para el diseño de evaporadores.
    - c – En el diagrama de Dühring las líneas siempre son rectas paralelas.

Figura 2 Ejemplo de evaluación parcial escrita individual (EPEI).

## 4) Datos

Sacarosa = 8,82% P/V (PM sacarosa = 342 g/mol)

Fécula de maíz = 3,52% P/V

Sustancia desconocida = 2,35%

 $T_{eb} = 100,45 \text{ } ^\circ\text{C}$  $PM_{sust. desc.} = ?$ 

## Resolución

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T_{eb} = k_e \cdot m \\ K_e = 0,512 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol} \\ \Delta T_{eb} = 0,45 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array} \right\} m = 0,87 \text{ mol/kg}$$

$$m = \frac{n_{sto}}{kg \text{ ste}} = \frac{n_{sacarosa} + n_{fécula} + n_{sust. desc.}}{kg \text{ ste}} = \frac{88,2 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} + \frac{35,2 \text{ g}}{PM_{fécula}} + \frac{23,5 \text{ g}}{PM_{sust. desc.}}$$

**Figura 3** Resolución incompleta del ítem 4 de la evaluación parcial escrita individual (EPEI).

El hecho de contar con grupos reducidos de alumnos en cada cohorte favoreció la implementación de la metodología propuesta. Fue posible un buen seguimiento de cada grupo (en cada cohorte), y la totalidad de los grupos aprobaron cada uno de los informes escritos presentados. Además, se generaron ambientes de debate altamente productivos, no solo en las discusiones intergrupales, sino también entre integrantes de un mismo grupo. Esto permitió a los alumnos apreciar los diferentes puntos de vista y las diferentes maneras de abordar la resolución de un mismo problema. A su vez, el total de los grupos aprobó las defensas orales. Es de destacar que lo descrito se observó tanto cuando todos los alumnos debieron resolver los mismos problemas (año 2013) como cuando los problemas estuvieron diferenciados por carreras (años 2014 y 2015).

Además de la resolución grupal de problemas no estructurados, se incluyeron problemas de este tipo en las EPEI para así disponer de un mecanismo de evaluación específico para cada uno de los alumnos, que permitiera evaluar su capacidad de trabajo de forma independiente al resto de compañeros. La evaluación individual resulta necesaria no solo para poner en práctica otras competencias, generalmente muy bien entrenadas empleando metodologías clásicas de aprendizaje, sino para asegurar que no toda la evaluación del alumno se realiza con base en el trabajo conjunto, tal y como señala López Pérez (2011). Por otra parte, si solo se evalúa el trabajo final del equipo se corre el riesgo de que algún alumno no se implique en la realización de la tarea y se beneficie de una calificación que no refleja su trabajo. Por ello conviene combinar la evaluación del equipo con la evaluación individual de sus miembros (Cuadrado Salinas et al., 2012).

En el año 2013, la última evaluación parcial consistió en la resolución de un único problema tipo ABP. La totalidad de los alumnos aprobaron esta evaluación, pero debe

destacarse que el docente había anticipado el tipo de evaluación al que iban a ser sometidos, lo que probablemente condicionó la forma de estudiar, debido al enfoque superficial que frecuentemente dan los alumnos al estudio de sus asignaturas, en el cual piden a los profesores saber exactamente qué temas se evaluarán y cómo, ya que así estudian solo eso (Pérez, Valenzuela Castellanos, Díaz, González-Pienda y Núñez, 2013).

En cambio, en 2014 y 2015, los alumnos asumieron que no se les presentaría este tipo de problemas en las evaluaciones parciales y, en términos generales, de los 3 integrantes de cada grupo, solo uno respondía lo relacionado con los problemas resueltos en forma grupal. El resto intentaba hacerlo infructuosamente o directamente no respondía a ese ítem. Esto resultó en concordancia con lo observado en las clases de tutoría; los estudiantes más involucrados con la tarea en cada grupo fueron los únicos que pudieron resolver la nueva situación problemática que se les estaba planteando.

La figura 2 muestra una de las EPEI en la que el ítem 4 corresponde al problema a resolver por la metodología propuesta. La figura 3 corresponde a la resolución incompleta del problema, donde el alumno solo pudo avanzar hasta el planteo de las fórmulas matemáticas a utilizar. La figura 4 muestra una resolución más cercana a la correcta, donde se plantean las fórmulas matemáticas a utilizar, pero también incluye el pensamiento del alumno acerca del camino a seguir en la resolución del problema.

La tabla 2 resume parte de los resultados cuantitativos.

En cuanto a la condición de alumno regular (alumno en condiciones de rendir examen final), no hubo alumnos que no alcanzaran dicha condición por no haber aprobado las evaluaciones parciales, en ninguno de los 3 ciclos, aunque sí necesitaron varias instancias de recuperatorio para cada evaluación parcial, observándose dificultades en la resolución de problemas con cualquiera de las 2 metodologías.

## 4) Datos

$$\begin{aligned} \text{Rótulo} \Rightarrow \quad & \text{Sacarosa} = 8,82\% \text{ P/V} \\ & \text{Fécula} = 3,52\% \text{ P/V} \\ & X = 2,35\% \text{ P/V} \\ & T_{\text{eb}} = 100,45 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## Resolución

Suponiendo que el solvente es agua, podemos calcular el peso molecular de la sustancia desconocida, pero no podemos identificarla con este único dato, por lo que serán necesarias pruebas complementarias.

El peso molecular de X puede calcularse a partir de la fórmula de  $\Delta T_{\text{eb}}$ :

$$\Delta T_{\text{eb}} = k_e \cdot m \quad \Rightarrow \quad m = \frac{\Delta T_{\text{eb}}}{k_e} = \frac{(100,45 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C})}{0,512 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}} = 0,88 \text{ mol/kg}$$

$$m = \frac{n_{\text{sto}}}{\text{kg ste}} = \frac{n_{\text{sacarosa}} + n_{\text{fécula}} + n_X}{\text{kg ste}}$$

Los datos referidos a la fécula no se incluyen en el cálculo porque esta no se disuelve en agua, por lo tanto:

$$0,88 \frac{\text{mol}}{\text{kg ste}} = \frac{n_{\text{sacarosa}} + n_X}{\text{kg ste}} = \frac{\frac{8,82 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} + \frac{2,35 \text{ g}}{PM_X}}{\text{kg ste}}$$

$$0,88 \text{ mol} = 0,025 \text{ mol} + \frac{2,35 \text{ g}}{PM_X} \quad \Rightarrow \quad \boxed{PM_X = \frac{2,35 \text{ g}}{0,88 \text{ mol}} = 2,74 \text{ g/mol}}$$

Nota: la resolución está bien planteada, pero el peso de cada sustancia ingresado en la fórmula debería estar referido a 1.000 g de solvente.

Figura 4 Resolución completa del ítem 4 de la evaluación parcial escrita individual (EPEI).

Tabla 2 Resultados cuantitativos

|   | 2013 | 2014           | 2015           |
|---|------|----------------|----------------|
| Número de problemas a resolver con ABP en el cursado          | 4    | 4              | 4              |
| Número de evaluaciones parciales en el cursado                | 3    | 3              | 3              |
| Número de problemas a resolver con ABP por evaluación parcial | 1    | 3              | 3              |
| Porcentaje de aprobación de ABP en parciales                  | 100  | 33 por parcial | 33 por parcial |

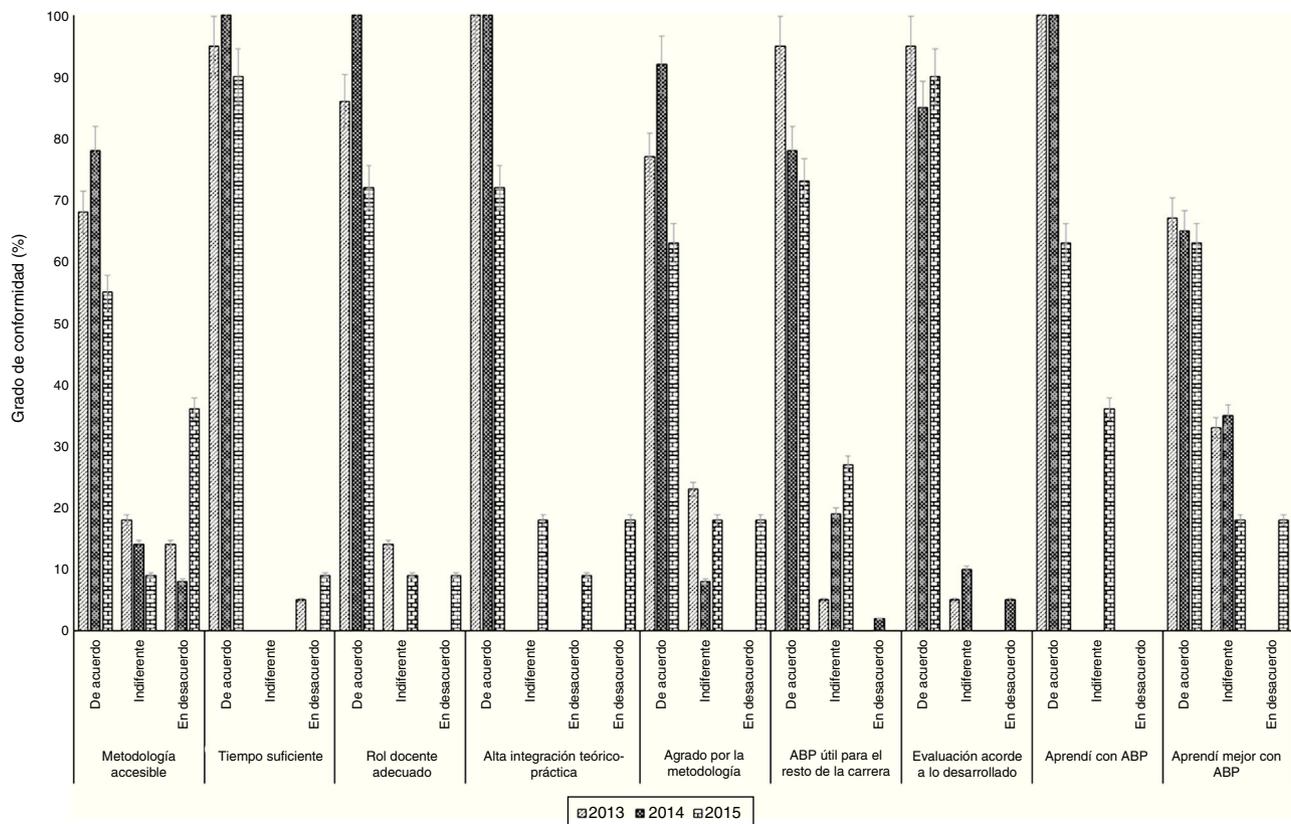


Figura 5 Resultados de la encuesta de opinión (promedio de los años 2013, 2014 y 2015).

La figura 5 muestra los resultados de la encuesta de opinión, donde se observa que se obtuvieron porcentajes de conformidad mayores del 70% con respecto al rol docente, al tiempo asignado para cada actividad y a la complejidad de los problemas ABP incluidos en las evaluaciones parciales. A pesar del bajo porcentaje de aprobación de las EPEI, en los 3 ciclos lectivos el grado de conformidad con la metodología aplicada fue mayor del 65%, excepto en 2015 respecto de la dificultad de la metodología propuesta. En promedio, un 80% manifestaron estar de acuerdo con que se verificó una alta integración entre teoría y práctica, que pudieron aprender con la metodología propuesta, que les agradó y les pareció útil para el resto de sus carreras. Sin embargo, solo el 60% estuvieron de acuerdo en haber aprendido mejor con ABP que con la metodología tradicional. Esto podría deberse a la resistencia al cambio de metodología de enseñanza, advertida por el tutor al inicio de la experiencia, en concordancia con otros autores (Sarkady et al., 2014; Comelli, Ortiz y López, 2002), quienes previamente comentaron sobre el nivel de resistencia observado al iniciar un trabajo diferente, donde los alumnos intentaban regresar a situaciones más familiares, sobre todo por las implicancias de mayor responsabilidad, esfuerzo y trabajo en el aprendizaje colectivo y, particularmente, en el individual. Resulta interesante destacar que, entre las sugerencias realizadas, la mayoría indicaban que les gustaría tener mayor cantidad de actividades de este estilo, y que sería muy favorable para sus carreras que este tipo de estrategias estuvieran incluidas en otras asignaturas, desconociendo todavía que en el

ciclo superior de la carrera deberán trabajar con problemas no estructurados.

Considerando que tercero es el primer año en el que los alumnos emplean esta metodología, los resultados cualitativos han sido muy satisfactorios y coinciden con los de otras experiencias en las que se ha aplicado la metodología ABP para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Vadillo, Usandizaga, Goñi y Blanco, 2015; Megías y Oñaderra Sánchez, 2013; Llorens-Molina, Llorens de Jaime y Sanz Berzosa, 2012).

Aun cuando los resultados cuantitativos de las actividades individuales parecieran no reflejar adecuadamente el impacto positivo del ABP en el aprendizaje individual, debe resaltarse que desde la implementación de esta estrategia se percibió una diferencia favorable en la actitud de los alumnos, tanto durante el cursado como en los exámenes finales (generalmente 4 meses después de regularizar la materia). Es sabido que este es un proceso sistemático, lento, pero posible, y tiene como resultado el cambio, no solo de la concepción del aprendizaje sino también de la actitud frente al mismo.

También debemos señalar que, si bien no todos los temas pueden desarrollarse con esta metodología, esta debería aplicarse siempre que fuera posible. Así se involucrará a los estudiantes en un verdadero esfuerzo cognitivo que dotará de mayor sentido a la enseñanza. A la vez, los enfrentará a situaciones problemáticas similares a las que podrían encontrar en su futura vida profesional, constituyéndose en un buen punto de partida para identificar las necesidades para

el aprendizaje. En este sentido, el impacto del ABP fue claramente positivo en los aspectos cualitativos y en los cuantitativos grupales, tanto en lo inmediato como en el mediano plazo, aun cuando esto no pudo respaldarse acabadamente con los resultados cuantitativos a nivel individual. En concordancia con Jones, McArdle y O'Neill (2002), no es posible valorar la influencia posterior del aprendizaje si se consideran únicamente los resultados obtenidos inmediatamente después de finalizada la experiencia educativa, por lo que creemos que el efecto positivo se podría llegar a visualizar en su real dimensión en las restantes asignaturas de sus carreras (efecto a largo plazo), por tratarse de un proceso más lento y gradual que el de la enseñanza tradicional.

## Conclusiones

En esta experiencia educativa, los alumnos otorgaron una alta valoración cualitativa, destacando su agrado por la estrecha integración de contenidos teóricos y prácticos. A su vez, los logros cuantitativos grupales son muy alentadores, aun cuando el desempeño individual de los miembros de los grupos no lo refleje de igual modo. Concluyendo, la adopción del ABP como complemento de la enseñanza tradicional es una inversión educativa que resulta fructífera al menos en el corto y mediano plazo, a pesar de la resistencia inicial de los estudiantes y del tiempo y esfuerzo que demanda a docentes y alumnos.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Branda, L. (2009). El aprendizaje basado en problemas. De herejía artificial a res popularis. *Educación Médica*, (12), 11–23.
- Comelli, N.C., Ortiz, E.V., y López, M.B. (2002). El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta didáctica para el área de Físicoquímica [consultado 20 Ago 2015]. Disponible en: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CD%20INTERACTIVOS/NOA2002/Aprendizaje%20Basados%20Problemas.pdf>
- Cuadrado Salinas, C., Fernández López, F., Fernández López, M.; Fernández-Pacheco Estrada, C., González Lagier, D. y Lifante Vidal, I. (2012). Técnicas de trabajo en equipo para estudiantes universitarios. *X Jornadas Redes de Investigación en Docencia Universitaria*. Universidad de Alicante [consultado 16 Jul 2015]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2012/documentos/posters/246217.pdf>
- Egido Gálvez, I., Aranda Redruello, R., Cerrillo Martín, R., de la Herrán Gascón, A., de Miguel Badesa, S., Gómez García, M., et al. (2006). Aprendizaje basado en problemas (ABP). Estrategia metodológica y organizativa del currículum para la calidad de la enseñanza en los estudios de Magisterio. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3), 137–149.
- Furió Más, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación Química*, 17(Esp.), 222–227.
- González Morales, D. y Díaz Alfonso, Y. M. (2006). La importancia de promover en el aula estrategias de aprendizaje para elevar el nivel académico en los estudiantes de Psicología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40(1), 8.
- Jones, A., McArdle, P. J. y O'Neill, P. A. (2002). Perceptions of how well graduates are prepared for the role of registration house officer: A comparison of outcomes from a traditional and an integrated PBL curriculum. *Medical Education*, 36(1), 16–25.
- Llorens-Molina, J. A., Llorens de Jaime, M. y Sanz Berzosa, I. (2012). Analysis of students' generated questions in laboratory learning environments. *Journal of Technology and Science Education*, 2(1), 46–55.
- López Pérez, G. (2011). Empleo de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de la química. *Revista de Enseñanza Universitaria*, (37), 13–22.
- McMillan, J. y Schumacher, S. (2010). *Investigación educativa* (7.ª ed.). Madrid, España: Pearson Educación, SA.
- Megías, A. y Oñaderra Sánchez, M. (2013). Aplicación del «aprendizaje basado en problemas» (ABP) a la docencia de la asignatura Bioquímica en el Grado en Biología. *Reduca (Biología)*, 6(3), 1–11.
- Montes de Oca Recio, N. y Machado Ramírez, E. (2011). Estrategias docentes y métodos de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior. *Humanidades Médicas*, 11(3), 475–488.
- Pérez, M., Valenzuela Castellanos, M., Díaz, A., González-Pienda, J. y Núñez, J. (2013). Dificultades de aprendizaje en estudiantes universitarios de primer año. *Atenea (Concepción)*, (508), 135–150.
- Sarkady, L., Alveiro, L., Carrasco, M.C., Molina, M., Llanes, M. y Aguado, M.I. (2014). Investigaciones educativas sobre enseñanza y aprendizaje de la Química. *30.º Congreso Argentino de Química* [consultado 30 Jun 2016]. Disponible en: <https://www.aqa.org.ar/joomla/images/anales/pdf102/cd/08-InvEd/08-025.PDF>
- Vadillo, J.A., Usandizaga, I., Goñi, A. y Blanco, M. (2015). Análisis de los resultados de la implantación ABP en un Grado de Ingeniería Informática. *Actas del simposio-taller sobre estrategias y herramientas para el aprendizaje y la evaluación* [consultado 29 Mar 2016]. Disponible en: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77460/P%C3%A1ginas\\_2-9\\_JENU12015\\_Actas\\_Simposio-Taller.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77460/P%C3%A1ginas_2-9_JENU12015_Actas_Simposio-Taller.pdf?sequence=1&isAllowed=y)