Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato*

ABSTRACT (Evaluation of Problem-based learning (PBL) scenarios for chemistry)
PBL is a constructivist instructional strategy whose disciplinary vehicle, called scenario, includes an ill structured problem that mirrors real-world problems. PBL-scenario is the circumstance or context where a problem is situated and is tackled by the students. The proper scenario is the most critical aspect of effective problem-based learning. A modified rubric to be used to rate seven essential elements to PBL scenarios is shown. These elements include: problem structure, authenticity, curricular and learner relevance, ways and means, thinking requirement and potential solutions. Finally, an evaluation example of particular scenario applied to a High School Chemistry course is presented.

KEY WORDS PBL scenarios, evaluation rubric, chemistry scenario

Juan Guillermo Romero-Álvarez, Adriana Rodríguez-Castillo y Juan Gómez-Pérez[1]

Generalidades

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia constructivista que desarrolla en los estudiantes tanto las estrategias de solución de problemas como los conocimientos y habilidades que requiere la asignatura que cursa. Al enfrentar activamente un problema no estructurado que refleja una situación del entorno de los jóvenes, éstos practican los aprendizajes en lugar de memorizar gran cantidad de información, al considerar hechos relevantes y útiles para alcanzar la solución del problema presentado. Así, esta metodología pretende estudiantes activos, independientes y orientados a la solución de problemas para evitar que sean receptores pasivos de la información.

Para aplicar el ABP, debido al gran número de variables que se involucran en esta metodología, es importante tener en mente ciertas consideraciones de capital importancia (Romero *et al.*, 2005):

— Promover en los jóvenes el desarrollo del pensamiento crítico, habilidades para la solución de problemas y actitudes para la colaboración, mientras identifican problemáticas, formulan hipótesis, buscan información, realizan experimentos y buscan la mejor manera de resolver el problema. Con esto se busca facilitar la adquisición activa de los nuevos conocimientos.
— Promover que los estudiantes apliquen los aprendizajes obtenidos en otros cursos para la solución del problema.
— Procurar que los alumnos disfruten el aprendizaje estimulando su creatividad y responsabilidad en la solución de los problemas reales.
— Permitir que los equipos de alumnos (seis a ocho integrantes) trabajen de manera colaborativa para resolver problemas en forma analítica; los profesores participan como tutores en los procesos de discusión y aprendizaje.
— Estimular el trabajo cooperativo como una herramienta del ABP.
— Permitir que los estudiantes trabajen también individualmente para que obtengan la información que el equipo requiere; posteriormente discutirán la información con el pleno del equipo y con la asistencia del tutor–profesor o de un experto en el tema.

Generar el escenario adecuado es el aspecto primordial en el ABP. Un escenario es un ambiente o contexto donde se sitúa no explícitamente el problema, preferentemente desestructurado, en el que se pretende involucrar a los alumnos y lograr mayor compromiso de su parte en la medida en que el problema sea un reto y brinde la posibilidad de un aprendizaje significativo. El escenario debe integrar el tema o concepto a tratar con un ambiente o contexto que los estudiantes puedan relacionar (Duch, 2001).

Las características de un escenario para ABP son, de acuerdo con Romero *et al.*, (2005):

1. Toma en cuenta los contenidos del programa.
2. Está relacionado con el mundo real.
3. Puede contener preguntas abiertas.
4. Puede incluir distractores sin que sean demasiados.
5. Provoca discusión.

* Seminario de Química Azcapotzalco, Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Azcapotzalco, UNAM.
Aquiles Serdán 2060, El Rosario, Azcapotzalco, 02040, México, DF.
Correo electrónico: jgromero@mx.inter.net
Recibido: 4 de junio de 2007; **aceptado:** 6 de noviembre de 2007.

6. Permite la posibilidad de hacer juicios (formular hipótesis y tomar decisiones).
7. Considera y permite el trabajo cooperativo.

Específicamente el problema planteado en un escenario debe conducir a (Romero *et al.*, 2005):

a) Comprometer el interés de los estudiantes y motivarlos a examinar de manera profunda los propósitos y conceptos que deben aprender del curso.
b) La posibilidad de que los alumnos tomen decisiones y establezcan juicios basados en hechos o información lógica y fundamentada. Así, los alumnos deben justificar sus razonamientos y decisiones en conjunto con los propósitos de aprendizaje del curso. Los problemas que se presentan en los escenarios exigen a los estudiantes definir cuáles suposiciones son necesarias y por qué razón; qué información es relevante y qué procedimientos se necesitan para resolverlos.
c) Que los integrantes del equipo cooperen activamente para enfrentar el problema de manera eficiente. El profesor-tutor administrará el tamaño y la complejidad del problema para evitar que los alumnos dividan el trabajo y cada uno se ocupe de su parte.

El escenario puede acompañarse de una serie de preguntas, para que los alumnos se interesen y participen en la discusión del tema y deben tener las siguientes características:

1) Preguntas abiertas.
2) Relacionadas con los aprendizajes previos.
3) Temas de controversia que den lugar a diferentes puntos de vista.

Es importante que los contenidos del curso deban adaptarse para la elaboración del problema, conectándolos con los conocimientos anteriores y ligándolos con los nuevos (Duch, 2001)

Con base en todo lo anterior podemos resumir los pasos para diseñar un buen escenario:

— Plantear los objetivos de aprendizaje.
— Identificar las fuentes de información relacionadas con el tema a cubrir (noticias, situaciones actuales, investigaciones, casos, artículos, etcétera).
— Generar/definir el tipo de escenario: narración, ficción de la realidad, objeto, imagen, experimento, audio, video, visita, etcétera.
— Elaborar la guía.

La guía elaborada por el profesor-tutor de acuerdo con las características propias; aquí presentamos un ejemplo de la misma:

— Materia.
— Tema.
— Objetivos de aprendizaje.
— Preescenario (escenario antes de ser depurado y aplicado).
— Unificación de criterios y posibles concepciones erróneas.
— Definición del problema.
— Preguntas esperadas en el análisis del problema.
— Metas de aprendizaje.

Evaluación de escenarios ABP

Es importante evaluar los escenarios ya que son el punto medular para la aplicación efectiva de la metodología del ABP. Para esto proponemos la adaptación que hicimos a la rúbrica que presentan Botti y Astengo (2004) que considera siete puntos de evaluación (ver rúbrica anexa):

1) Estructura del problema.
2) Autenticidad.
3) Relevancia de los aprendizajes.
4) Importancia para el estudiante.
5) Métodos y formas.
6) Requerimientos de pensamiento.
7) Soluciones posibles.

1. Estructura del problema

En la vida real, muy pocas veces los problemas que se nos presentan están bien estructurados. Debido a esto la escuela, con los problemas tradicionales que presenta a los jóvenes, en nada los favorece para que desarrollen habilidades de pensamiento crítico y relevante, herramientas necesarias para enfrentarse a la vida real.

Los problemas, perfectamente bien estructurados, en cuya elaboración perdemos tanto tiempo, con una sola respuesta correcta, impiden a los estudiantes resolver problemas reales. Estas recetas para resolver problemas de las que nos sentimos tan orgullosos nunca son aprendidas, o lo son en forma mecánica y sin ninguna trascendencia.

Los problemas de la vida real, por el contrario, presentan una variedad siempre cambiante de metas, contextos, contenidos, obstáculos e incógnitas. Todo esto tiene influencia sobre la manera de abordar cada problema (Botti y Astengo, 2004).

Para promover en los alumnos la habilidad de confrontar situaciones ambiguas y no definidas, tan comunes en la vida diaria, es requisito que practiquen la solución de problemas no estructurados que muestren situaciones más allá del salón de clases. El problema que presenta el escenario debe ser complicado para los alumnos, aparentemente desordenado y abierto a varias soluciones, para establecer la necesidad en los alumnos de entender los conceptos esenciales del curso en el tema que aborda el problema.

2. Autenticidad

Un buen escenario involucra a los alumnos de la misma manera como lo hacen en situaciones de la vida real, considera los contenidos y promueve las habilidades les permitan recrear experiencias que les sean útiles para su vida futura. Así, un escenario motiva al joven a ir más allá de los libros y de las fuentes tradicionales de información.

Fuera del ámbito de la escuela nos encontramos con una cantidad impresionante de temas auténticos, sin una sola respuesta, ligados a las asignaturas de ciencias y de humanidades que forman parte de los planes y programas de estudio de las instituciones educativas, en los aspectos individual, económico, político y social, y por tanto, interesantes a nuestros alumnos (Botti y Astengo, 2004), como son el estudio de la conta-

minación, de la minería, de los fertilizantes en la agricultura de México, entre otros que establece el programa del CCH.

Tanto más el estudiante se confronte y maneje situaciones reales, el proceso de aprendizaje se convierte en una red indivisible.

3. Relevancia de los aprendizajes

Para el ABP un objetivo importante es el aprendizaje de los contenidos. Los estudiantes incrementan las habilidades cognitivas cuando aplican sus conocimientos de una manera útil, en vez de almacenar una gran cantidad de conceptos en la memoria (White y Frederiksen, 1998).

Un escenario adecuado presenta a los alumnos situaciones problemáticas de aprendizajes relevantes de los programas de estudio, pero relacionadas con el contexto del estudiante y, por lo tanto, importantes para él (Gómez y Romero, 2003); de esta manera los alumnos obtienen conocimientos de varias disciplinas. Al enfrentar los problemas los estudiantes desarrollan las habilidades que requieren y logran el conocimiento de los contenidos.

El problema presentado por el escenario debe promover un contexto para que los estudiantes se enfrenten al contenido deseado del curso, por lo que es conveniente que el profesor elabore varios escenarios que aborden la totalidad de los objetivos del curso. Al elaborar el escenario es necesario revisar las conexiones entre los conocimientos previos y los que deben aprender los alumnos, y es deseable relacionarlos con los de las otras asignaturas que cursan. Para determinar la relevancia del escenario se establecen las conexiones entre los aprendizajes y el currículo. Estas experiencias permiten un aprendizaje activo y apoyan la construcción de conocimientos que integren naturalmente el aprendizaje de la escuela con la vida real del estudiante (Botti y Astengo, 2004).

4. Importancia para el estudiante

Para lograr que los alumnos se involucren en obtener la solución del problema presentado, es necesario tomar en cuenta las características y el entorno en el que se desempeñan. *Un problema efectivo debe captar el interés de los estudiantes para motivarlos en la profundización del entendimiento* (Duch, 2001).

Los alumnos deben estar convencidos de la relevancia de su trabajo en el salón de clases para no perder la motivación a lo largo del trabajo con ABP, ya que esta metodología requiere más tiempo para lograr el cierre del tema que en la enseñanza tradicional (Romero et al, 2005).

Cuando se elabora un escenario a partir de problemas reales no solamente ayudamos a los alumnos a conocer la importancia de su actividad, sino que les permitimos reproducir la manera en que los profesionales analizan, diseñan y desarrollan soluciones (Botti y Astengo, 2004).

5. Medios y formas de abordar el problema

Los escenarios deben presentarse con una introducción que provea a los estudiantes una idea de su papel en la actividad y la información suficiente para disparar su interés y el deseo de investigar. Demasiada información podría terminar con el deseo de conocer más y al contrario información limitada generalmente obstaculiza el deseo de iniciar el proceso de aprendizaje (Torp y Sage, 1998).

Los alumnos deben ser corresponsables en la planeación, discusión y síntesis, pero siempre con el apoyo del profesor.

El Aprendizaje Basado en Problemas se diferencia de otras propuestas educativas en que los estudiantes aprenden contenidos y habilidades durante la búsqueda de la solución del problema, ¡NO ANTES!

Una situación importante en la solución de los problemas se encuentra en el hecho de que los alumnos aprenden a manejar la información de una manera lógica y útil (Botti y Astengo, 2004).

El mejor ABP evita enseñar a los estudiantes el contenido antes de que ellos se enfrenten al escenario. Los estudiantes deben orientarse para investigar la situación, generar las preguntas adecuadas, y producir su plan propio para resolver el problema. La información disponible para el que toma la decisión en el escenario debe ser incompleta o ambigua (Wood, 1993). No deben estar perfectamente claros los conceptos, reglas y principios para resolver la situación. Tal y como sucede en la realidad, no siempre la información está disponible para quien resuelve los problemas (Duch, 2001).

Dependiendo del escenario y de la forma de aprendizaje, los estudiantes podrían tener dificultades para localizar la información apropiada. Los datos que se proporcionan a los alumnos dependen de la complejidad del problema, de su habilidad y del tiempo disponible para resolver el problema. Con la explosión de información a la que actualmente se enfrentan los jóvenes, podrían tener al principio problemas con la relevancia y veracidad de la información que localicen.

6. Requerimientos de pensamiento

En los buenos escenarios, el desarrollo de la solución de un problema, junto con las habilidades de pensamiento crítico, se logran cuando se trabaja con problemas auténticos.

Los problemas no estructurados ni ordenados embebidos dentro de un escenario bien escrito, deberían generar preguntas que reten a los estudiantes para desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior. Este acercamiento conduce a los alumnos desde los más bajos niveles cognitivos de conocimiento y comprensión, hasta los niveles más altos, donde ellos analizan, aplican, sintetizan y evalúan (Botti y Astengo, 2004).

El ABP promueve la metacognición y el aprendizaje autorregulado conforme los estudiantes generan estrategias para la definición del problema, la recolección de información, el análisis de datos, la construcción de hipótesis y las pruebas, y también mientras comparten y comparan tales estrategias con las de otros estudiantes y mentores (Torp y Sage, 1998).

Cuando los alumnos se encuentran resolviendo problemas no estructurados, utilizan sus habilidades metacognitivas, en especial el cambio de estrategias cuando modifican planes y revalúan sus metas para alcanzar la mejor solución (White y Frederiksen, 1998).

En repetidas ocasiones, los estudiantes tienen dificultades para profundizar sobre temas difíciles. Generalmente esta situación requiere decisiones tomadas con base en criterios lógicos, considerando intereses en conflicto y la información incompleta. A medida que los alumnos se acercan a la solución, relacionan contenidos e incrementan las habilidades básicas. Esta combinación de habilidades cognitivas y metacognitivas favorece el pensamiento crítico y creativo del estudiante, eliminando el juego de adivinanza de ¿cuál es la respuesta correcta que el profesor quiere que yo encuentre? El alumno reúne y evalúa la información significativa para su problema, con las evidencias que apoyen las decisiones. En este momento los estudiantes están listos para los niveles altos de pensamiento (Torp y Sage, 1998).

7. Soluciones posibles

Para finalizar, debemos considerar la complejidad del problema que presenta el escenario. Debido a que el mundo fuera del salón de clases está lleno de complejidades, es lógico pensar que los problemas deben presentar esa situación. Los problemas complejos presentan muchas ventajas: la complejidad asegura que no exista una única solución *correcta*. El hecho de tener múltiples soluciones correctas que abordan el problema desde diferentes puntos de vista genera discusiones en clase que estimulan a los estudiantes en la práctica de altos niveles de pensamiento. Por otro lado, los problemas complejos frecuentemente requieren la integración de soluciones interdisciplinarias, una situación común al resolver problemas de la vida real (Albanese y Mitchell, 1993).

Más que el logro de respuestas correctas, el ABP es la búsqueda de resoluciones apropiadas a preguntas, asuntos y situaciones. La resolución de problemas enseñada en la escuela de manera tradicional, es con frecuencia una situación específica: hay parámetros bien definidos para el problema que conducen a resultados predeterminados con una respuesta correcta; en estas situaciones, los procedimientos requeridos para resolver el problema son usualmente el foco de la instrucción. Desafortunadamente, los estudiantes instruidos con este método por lo general no están preparados adecuadamente cuando se encuentran con problemas en los que necesitan transferir su conocimiento a nuevos dominios; una habilidad requerida para desempeñarse adecuadamente en la sociedad.

Pocas veces los problemas de la vida real tienen una única solución correcta; debido a que los problemas generados por buenos escenarios ABP son no estructurados ni ordenados, cualquier solución generada por los estudiantes *será controversial de una persona a otra, que es justo parte del proceso de solución del problema* (Torp y Sage, 1998). Una situación problemática debe estimular al estudiante a intentar diferentes formas. Cuando un problema es cambiante, y sin una solución única, los jóvenes generan varias posibles situaciones e identifican la que más les conviene. Una vez que los estudiantes eligen la opción que más convenga, se preparan para presentar sus hallazgos (Torp y Sage, 1998).

Anexo. Rúbrica de evaluación de escenarios ABP

Ejemplo de aplicación de rúbrica. Evaluación de un escenario para Química

Como ejemplo de aplicación en un escenario concreto de la "Rúbrica de evaluación de escenarios ABP" mostrada más delante, se describe a continuación una situación práctica planteada a alumnos de primer año de bachillerato.

Descripción del escenario

El profesor hace uso de vinagre de cocina, bicarbonato de sodio doméstico, velas comunes de diferentes tamaños y un recipiente de boca ancha. Las velas se disponen en el fondo del recipiente donde previamente se colocó una capa delgada de bicarbonato de sodio, dejando espacio para ubicar las velas (ver figura 1). Se encienden las velas y se agrega poco a poco el vinagre. Las velas 1, 2 y 3 se apagan consecutivamente, mientras que la 4 permanece encendida. Este escenario está dirigido a abordar por parte de los estudiantes uno o más de los siguientes aprendizajes: reacción química, condiciones de reacción, reacción de efervescencia, reacción de combustión, propiedades del oxígeno y del dióxido de carbono, considerando sus conocimientos previos en función del aprendizaje que se pretenda, una vez que el profesor realiza el experimento demostrativamente.

Uso de la rúbrica

Estructura del problema. Este escenario contiene un problema complejo y desestructurado que usualmente aplicamos en grupos de estudiantes que trabajan cooperativamente y donde se plantean una serie de preguntas como son: ¿por qué se forman burbujas en el recipiente?, ¿por qué se apagan solas poco a poco las velas?, ¿por qué la vela más alta no se apaga?, ¿la reacción es como la de un extinguidor?, ¿cómo es que se apaga una vela?, entre otras.

Autenticidad. Este escenario ilustra un problema con contexto real al hacer uso de materiales conocidos por los alumnos, fomenta la curiosidad o el conflicto cognitivo al no poder explicar en principio lo que ocurre durante el experimento. Este escenario se vincula con el mundo real a través de algunas preguntas como las que se mencionan arriba y que corresponden a la visión que tienen los alumnos del medio que los rodea.

Relevancia de los aprendizajes. Este escenario, aunque no abarca en su totalidad el contenido esencial de un curso de Química, establece la necesidad de aprender conceptos del curso como pueden ser algunos de los siguientes: reacción química, composición del aire, propiedades de los gases componentes del aire, entre otros.

Importancia para el estudiante. Este escenario es relevante para el alumno en el sentido de que lo motiva a que él mismo lleve a cabo el experimento, incluso en casa, indague y comprenda que el conocimiento de los contenidos le posibilitará explicar el fenómeno y dar respuesta a su problema.

Medios y formas de abordar el problema. Este escenario no da toda la información ni los estudiantes de primer año de

Máximo			Mínimo
ESTRUCTURA DEL PROBLEMA			
El escenario contiene un problema complejo y sin orden que se puede formular cuando los estudiantes trabajan juntos	El escenario contienen un problema ligeramente estructurado que se puede formular sin algo de investigación o colaboración	El escenario contiene un problema que ni está bien estructurado ni explícito pero que se puede encontrar fácilmente después de leer el escenario varias veces	El problema embebido dentro del escenario está bien estructurado y se puede encontrar fácilmente
AUTENTICIDAD			
El escenario ilustra un problema en el mundo real, de contexto auténtico con algún enredo, paradoja y/o controversia	El escenario contiene un problema del mundo real que requiere de acción o resolución	El escenario conecta la materia con un problema del mundo real fuera de la escuela	El escenario es relevante para el curso pero no se conecta con los problemas fuera del salón de clases
RELEVANCIA DE LOS APRENDIZAJES			
El escenario establece la necesidad de entender el contenido esencial del tema	El escenario está construido de manera que posibilite el aprendizaje de los contenidos clave del tema	El escenario interesa a los estudiantes en el contenido del tema	El escenario provee oportunidades limitadas para los aprendices para interesarse en el contenido del tema
IMPORTANCIA PARA EL ESTUDIANTE			
El escenario contiene un gancho que incrementa el interés del estudiante en resolver el problema	El escenario tiene generadores de interés y de roles que los estudiantes pueden abordar	El escenario contiene tareas que son realistas y alcanzables, pero los estudiantes no se comprometen en resolver el problema	El escenario es de interés pero no es realista
MEDIOS Y FORMAS DE ABORDAR EL PROBLEMA			
El escenario es abierto y dirigido a las capacidades inmediatas de los estudiantes, requiere de investigar los métodos apropiados de información	No se da toda la información ni los estudiantes tienen el suficiente conocimiento previo para resolver el problema	Toda la información necesaria y relevante para la solución se encuentra embebida como conceptos clave que cambian poco con la adición de nueva información	Los medios y formas se dan antes del problema
REQUERIMIENTOS DE PENSAMIENTO			
Requiere un alto orden de pensamiento y la consideración de ideas integradas y multidisciplinarias	Requiere de habilidades de pensamiento y razonamiento para justificar todas las decisiones y juicios basados en los principios a ser aprendidos	Requiere de investigación, recolectar información y de reflexión	Requiere de pensamiento directo y de orden bajo
SOLUCIONES POSIBLES			
La solución es cambiante y tentativa dependiendo de qué información se recolecta y cómo es interpretada	Más de una solución es factible y puede cambiar con información adicional	La situación requiere de la consideración de más de una solución; es poco probable que las soluciones cambien con información adicional	Tiene una solución identificable, cerrada y limitada

bachillerato tienen todo el conocimiento previo suficiente para resolver el problema. El proceso de búsqueda de información y aprendizaje se facilita con un ambiente colaborativo.

Requerimientos de pensamiento. Este escenario requiere de habilidades de pensamiento para justificar todos los razonamientos basados en los principios a ser aprendidos o en la aplicación de los ya aprendidos, como son: propiedades de los gases CO_2 y O_2, concepto de densidad, reacción de combustión y efervescencia.

Soluciones posibles. Este escenario plantea varios ángulos para resolver más de un fenómeno implícito en él, en nuestra experiencia, ha llevado a los alumnos no sólo a los aprendizajes planteados sino también a indagar más allá, por ejemplo acerca

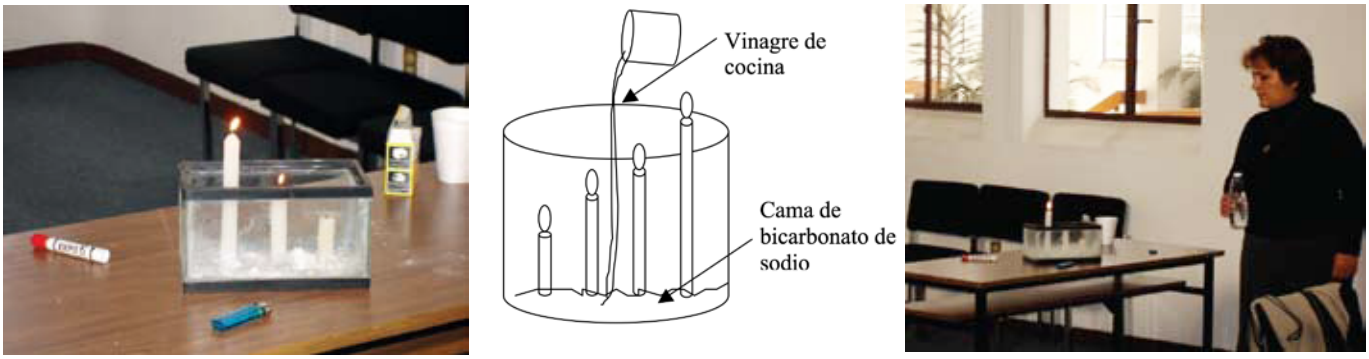

Figura 1. Montaje del escenario para Química

de reactivo limitante y exceso de reactivo, o sobre las propiedades de los carbonatos y de los ácidos, tal que el experimento se pueda llevar a cabo alternativamente con otros materiales como son mármol, ácido clorhídrico y jugo de limón, entre otros.

Conclusión

El ABP es una estrategia cuyo objetivo central no es resolver un problema estructurado sino que emplea escenarios como detonadores de la motivación de los alumnos a investigar y aprender contenidos, por lo que es muy importante tener una evaluación previa del escenario antes de incluirlo en la planeación de clase.

La aplicación de la rúbrica propuesta incrementa la probabilidad de una aplicación exitosa del escenario evaluado. Los aspectos que incluye la rúbrica y que fueron discutidos arriba son: estructura del problema, autenticidad, relevancia de los aprendizajes, importancia para el estudiante, medios y formas de abordar el problema, requerimientos de pensamiento y soluciones posibles.

Una vez presentado el escenario, es conveniente volver a aplicar la rúbrica, considerando los aspectos que se observaron en la clase durante la aplicación del mismo, y después hacer los ajustes necesarios para volverlo a implementar de mejor manera.

Referencias

Albanese, M. y Mitchel, S., Problem-based learning: A review of literature, its outcomes, and implementation issues, *Academic Medicine*, **68**(1), 52-81, 1993.

Botti, J. y Astengo, C., PBL Scenario Essentials (material de apoyo del taller presentado en PBL International Conference Cancún, México), 2004. jbotti@cet.edu, castengo@itesm.mx

Duch, B., Writing problems for deeper understanding, in Duch, B., Groh, S., y Allen, A., (editors), *The power of problem-based learning: A practical "How to" for teaching undergraduate courses in any discipline*, Stylus Publishing, Sterling, Virginia, U.S.A, pp. 47-58, 2001.

Gómez, J., y Romero, J., *Manual elemental de técnicas y procedimientos para equipos cooperativos*, UNAM-CCH-Azcapotzalco, DF, México, 2003.

Romero, J., Gómez, J., Rodríguez, A., Ramírez, R., *Aprendizaje Basado en Problemas*. Manual, UNAM-CCH-Azcapotzalco, DF, México, 2005.

Torp, L. y Sage, S., *Problems as possibilities: Problem-based learning for K–16 education* (2nd edition), Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, Virginia, U.S.A, 2002.

White, B. y Frederiksen, J., Inquiry, modeling and metacognition: Making science accessible to all students, *Cognition and Instruction*, **16**(1), 3-18, 1998.