



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

EXPERIENCIA FORMATIVA ABP LLEVADA AL AULA: ESTRATEGIA EDUCATIVA EFECTIVA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y COMPETENTE DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA

Carlos Fernando Vega Barona

**Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia**

Resumen

En el ámbito educativo, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se aplica bien como enfoque curricular o como estrategia didáctica para propiciar procesos formativos coherentes y contextualizados con la realidad; lográndose convergencias de aprendizaje y competencias en estudiantes, lo que imprime un carácter potente al acto formativo y al desarrollo de profesionales críticos, que toman conciencia y se comprometen con su propio aprendizaje y con la aplicación social de lo aprendido para el progreso de las comunidades. No obstante, llevar a aula experiencias ABP es un proceso complejo que ha de trascender el discurso teórico pues está atravesado por singularidades, contingencias e incertidumbres propias de la condición humana tanto de los estudiantes en clase como de quienes asumen la formación de éstos.

Aunque la literatura sobre ABP hace referencia a una ruta metódica de 7 u 8 pasos, en la experiencia aquí compartida se evidencian una serie de "momentos" que dan cuenta de las actuaciones e interacciones entre el sujeto educador (profesor, tutor u orientador) y los ingenieros en formación (estudiantes o educandos); al igual que, los entornos o ambientes de aprendizaje junto con las condiciones de presencialidad o virtualidad, sincronía o asincronía, en las que se llevan a cabo. Por otra parte, aún cuando el ámbito de intervención en aula son programas de pregrado de Ingeniería en Colombia, se puede considerar esta experiencia como referente de aplicación en otros ámbitos educativos o contexto de formación disciplinar o profesional.

En conclusión, la experiencia formativa aquí compartida está referida a una forma particular de abordaje del ABP como estrategia didáctica, utilizada desde 2003 por profesores del Centro de Innovación Educativa en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente en Cali; dando cuenta en el escrito de cómo se ha llevado al aula y de algunas contribuciones al desarrollo de competencias, al logro de más y mejores aprendizajes y a la articulación de saberes y comprensión de conocimientos.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP); aprendizaje significativo; primer año de ingeniería

Abstract

In the educative world, Problem Based Learning (PBL) has been applied like curricular approach or didactic strategy to contribute to coherent training processes, which are adjusted to the reality, too. This situation enables that students achieve the learning outcomes and skills together with which formative action is improved. So, it is contributed to development of critical professionals, who become aware of their learning process by themselves and they're compromised with the social application of the knowledge to contribute for the communities' progress. However, implementation of the PBL experiences in the classroom is a complex process, which must go beyond the theoretical speech because of this process is crossed by singularities, contingencies and uncertainties of the human condition of students and professors.

Despite the scientific literature is showed that PBL's methodology has 7 or 8 steps, in this experience appears a series of "moments", in which it is showed actuations and interactions between educator (professor or tutor) and Engineering students; the same as, the learning environments and the face-to-face or virtual conditions for this process. On the other hand, this experience can be used in other educational worlds and disciplinary or professional training in spite of it has been designed initially to Engineering undergraduate programs from Colombia.

In conclusion, this educative experience shows a particular and authentic way to do a PBL's didactic strategy in the classroom by professors of the Center for Educational Innovation in Engineering (Universidad Autónoma de Occidente, Cali) since 2003. Therefore, this paper include the step-by step of PBL strategy and some contributions to processes of development of skills, achievement of learning much better and knowledge comprehension.

Keywords: *Problem Based Learning (PBL); meaningful learning; engineering's first year*

1. Introducción

El Aprendizaje Basado en Problemas es una tendencia educativa en la que las experiencias formativas parten de problemas o escenarios de problematización, que permite a los ingenieros en formación elaborar hipótesis explicativas e identificar las necesidades de aprendizaje para comprender mejor el problema y satisfacer unos objetivos de aprendizaje preestablecidos (Vega, 2010). Adicionalmente, identifican los principios que se relacionan con su aprendizaje y que pueden aplicarse a otras situaciones o problemas, es decir, un proceso de toma de conciencia de lo aprendido y metacognición, pensando en potenciales situaciones en donde se pueda aplicar dichas comprensiones.

Al revisar el *estado del arte* sobre ABP se evidencian dos tipos de concepciones en cuanto a su implementación para abordar procesos formativos: 1) **como enfoque curricular**, lo que supone que no se construye el currículo por acúmulos de contenidos curriculares organizados en asignaturas sino por ejes o núcleos de problematización transversales a los procesos de formación; y 2) **como estrategia didáctica**, lo que supone articular las técnicas ABP para diseñar y desplegar curricularmente las actividades de aprendizaje en las asignaturas. Aunque ambas son aplicadas en diferentes latitudes, profesiones y ámbitos educativos, es conveniente explicitar que la utilización de cada una en contextos escolares particulares depende de las condiciones (culturales, académicas, administrativas y financieras) y las posibilidades y constricciones en el tiempo y en la inversión de todo tipo de recursos institucionales.

La experiencia formativa que se comparte en este escrito está referida a una forma particular y auténtica de aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica en contextos educativos bajo iniciativa CDIO y, aunque el ámbito de intervención en aula son programas de pregrado de Ingeniería en educación superior colombiana, tiene la validez y pertinencia suficiente para ser tomada como referente de aplicación en cualquier otro nivel educativo o contexto de formación disciplinar o profesional.

Ahora bien, esta experiencia da cuenta del trabajo del equipo docente del Centro de Innovación Educativa en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente en Cali (Colombia), con especial énfasis en asignaturas de Primer Año de Ingeniería. Específicamente, se detalla aquí la aplicación del ABP de manera transversal durante las 16 semanas correspondientes al tiempo de duración del semestre académico para contribuir al desarrollo de competencias, al logro de más y mejores aprendizajes y a la articulación de saberes y comprensión de conocimientos en asignaturas del eje transversal de diseño: Introducción a la Ingeniería 1, Introducción a la Ingeniería 2 y Diseño Conceptual.

2 ABP, metódica de la estrategia didáctica llevada al aula

Aunque en la literatura sobre ABP –tanto como enfoque curricular como estrategia didáctica– se hace referencia a una ruta metódica de 7 u 8 pasos, en esta experiencia se muestra una serie de "momentos" que dan cuenta de las actuaciones e interacciones entre educador (profesor, tutor u orientador) y los ingenieros en formación (aprendices, estudiantes o alumnos); al igual que los entornos o ambientes de aprendizaje junto con las condiciones –en presencia o virtualidad, sincronía o asincronía– en las que se despliega la secuencia didáctica.

Así pues, se describe a continuación los momentos en que se despliega en aula una experiencia de ABP como estrategia didáctica, considerándose una temporalidad que va desde una sesión de clase hasta varios encuentros en una o más semanas, inclusive, hasta un periodo o semestre académico completo. Adicionalmente, se explicitan algunos detalles clave para aprovechar pedagógicamente una experiencia de este tipo.

Momento 1 Presentación del escenario o caso

El escenario, caso o problema diseñado para hacer más didáctica la experiencia formativa es presentado al grupo de clase mediante una exposición del docente apoyada en medios audiovisuales, haciéndose especial énfasis en el contexto (real o ficticio) que rodea a la situación expresada en tal escenario y en su relevancia para el proceso de formación como ingeniero. En tal sentido, se realiza una lectura colegiada del escenario, entregándose también una copia del mismo y otorgándose un espacio para que se aclaren palabras de vocabulario técnico o que no hagan parte del léxico habitual de los ingenieros en formación. Así pues, los propósitos básicos de este momento son: 1) sensibilizar y motivar a los ingenieros en formación, despertando su curiosidad y fomentando un sentido de significancia y reto; y 2) aclarar lo más posible en que consiste el escenario y que es lo que se espera lograr.

Adicionalmente, es recomendable que el escenario esté disponible en el aula virtual del curso o en la carpeta o portafolio de materiales o documento impreso. Conjuntamente con la entrega del escenario, ha resultado satisfactorio y útil entregar la/las matrices de evaluación que servirán para valorar resultados de aprendizaje, desempeños y nivel de dominio de las competencias a desarrollar.

Momento 2 Revisión del escenario o caso e identificación de necesidades de aprendizaje

Agotada la presentación del escenario por parte del docente y una vez aclarados términos y palabras desconocidas o de vocabulario técnico o especializado, se concede un tiempo prudente a los ingenieros en formación para que, trabajando de manera individual o en colectivos académicos pequeños, realicen una lectura en privado y más minuciosa del problema presentado e identifiquen las necesidades de aprendizaje; esto es, aquellos conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que deberán aprender para darle solución metódica y creativa al problema que subyace en la situación o escenario. De igual manera, se les pide que configuren el problema mediante una formulación o descripción del mismo, la redacción de una pregunta y un esbozo de análisis mediante el uso de la técnica “árbol del problema”.

Ahora bien, todo lo anterior se constituye en el referente de partida y de discusión inicial para toda la clase en plenaria, por cuanto las necesidades de aprendizaje y la formulación *a priori* del problema se explicitan utilizando medios como carteleras o afiches, que son socializados públicamente e incitan el intercambio de ideas y el logro de precisiones conceptuales y potenciales rutas de abordaje.



La meta durante este momento metodológico es refinar una lista común de necesidades del grupo de clase que se corresponda con aquellas competencias que han de adquirirse y desarrollarse en relación con lo esperado en la planificación curricular realizada por el docente; en lo posible, minimizando la intervención docente para no coartar al grupo y cada ingeniero en formación pueda llegar –por su cuenta- a lo que se espera. No obstante, durante el desarrollo de algunas experiencias ABP no siempre esto se logra y por ende se hace necesaria la oportuna, sensata y sutil intervención del profesor. En forma similar se realiza el procedimiento para alcanzar una configuración del problema que oriente el ejercicio de solución metódica y creativa.

Momento 3 Conformación de equipos de trabajo y planificación de la ruta de aprendizaje

Se procura que la conformación de equipos de trabajo solo ocurra hasta una segunda o tercera sesión o encuentro presencial para favorecer el proceso de descubrimiento de las diferentes cualidades, estilos de trabajo y actitudes de los profesionales en formación en el grupo de clase; por tanto, en los encuentros presenciales previos a este momento se fomenta la movilidad de todos, integrando diferentes colectivos académicos para cada actividad específica de aprendizaje.

Atendida la recomendación anterior, se continúa con la conformación de equipos de trabajo constituidos por mínimo 3 y máximo 6 integrantes. La definición de este rango ha sido producto de la experiencia sistematizada durante 10 años con esta estrategia didáctica, siendo cuatro el número de integrantes por equipo con el que se han logrado los mejores resultados, siendo coherente con la postura pedagógica asumida sobre aprendizaje activo y colaborativo.

Luego, y una vez conformados y registrados los equipos de trabajo, se lleva a cabo la planificación de la ruta de aprendizaje mediante la preparación de un cronograma de trabajo (p.e. diagrama de Gantt es el usual) y

la declaración de una secuencia o ruta metodológica que oriente la experiencia de indagación y documentación de los ingenieros en formación, punto de partida del proceso de solución metódica al problema. Adicionalmente, se planifican los instantes en los que se socializarán avances ante el docente y la clase en plenaria, de tal manera que se vayan evidenciando resultados parciales y obteniéndose una adecuada retroalimentación.

Momento 4 Realización del trabajo de campo, documentación y solución del problema

En éste se llevan a cabo las actividades de trabajo de campo, indagación con fines de documentación y solución metódica y creativa del problema. Aunque se presenten como tres actividades distintas y secuenciadas, son interdependientes y se imbrican durante los encuentros presenciales y los espacios de trabajo virtuales y dirigidos a distancia por el docente por fuera de la clase. Todo este proceso se constituye en el "corazón" de la estrategia ABP y el de mayores posibilidades de aprendizaje, junto con los momentos 5 y 6. Ahora bien, conviene tomarse el tiempo suficiente para que este momento alcance su propósito indicado, el cual consiste en ir aprendiendo lo necesario y desarrollando un significativo nivel de dominio de las competencias para satisfacer las necesidades de aprendizaje que fueron declaradas por los ingenieros en formación desde el momento 2.



Momento 5 Presentación de elaboraciones y resultados preliminares

Aunque este momento pudiera considerarse secuencial al anterior, en la práctica ocurre en simultaneidad e interrelacionado tanto con aquel como con el siguiente (momento 6). Así pues, el despliegue del trabajo de campo e indagación demanda de cada ingeniero en formación dar cuenta periódicamente de sus hallazgos, comprensiones y resultados preliminares, a la vez que el docente adelanta un ejercicio de asesoría, acompañamiento y retroalimentación en calidad de tutor.

En las asignaturas de Primer Año de Ingeniería se ha optado por la estrategia "*informes de avance*", que se entregan cada tres semanas si la experiencia ABP se realiza transversal al semestre académico 16 semanas o cada dos o tres encuentros presenciales para experiencias de hasta 12 encuentros. Estos informes incluyen la preparación y presentación de las evidencias de aprendizaje que implica un documento escrito, una sustentación oral y, en la mayoría de los casos, un modelo físico funcional a escala o simulación computacional de las alternativas de solución que se han ido generando para resolver el problema, con el correspondiente análisis físico-matemático.

En particular, el documento escrito es revisado y comentado por el docente para luego ser devuelto a cada equipo-autor, además de publicarse en el aula virtual para información de todos. La sustentación y el modelo se presentan habitualmente en plenaria ante el grupo de clase, aplicándose procedimientos de coevaluación basados en comentarios, crítica y retroalimentación. Por lo general, este momento se enriquece más en la medida en que los ingenieros en formación elaboran preguntas cada vez más profundas y complejas sobre los resultados preliminares presentados por sus pares en la sustentación: la regla de

oro... "entre menos intervenga el docente, mucho mejor", pues su rol debe ser el de moderador y motivador en vez de experto y evaluador.

No hay que pasar por alto que el docente debe estimular, más bien garantizar, que quienes sustentan sistematicen y acojan todas las críticas, comentarios y recomendaciones dadas por sus compañeros. De igual manera, el docente ha de sensibilizar y preparar a quienes valorarán los resultados preliminares para que sean honestos y ecuánimes, manteniendo un ambiente de cordialidad y respeto hacia las ideas y elaboraciones de los demás ya que no todos pueden pensar ni hacer lo mismo.

Momento 6 Asesoría, acompañamiento y retroalimentación del tutor

Tal como se comentó en los momentos 4 y 5, el proceso de asesoría, acompañamiento y retroalimentación del docente en tanto tutor de los profesionales en formación está estrechamente ligado al despliegue en el aula y fuera de ella de la solución al problema para el escenario propuesto.

Aquí, además de programar y socializar entre los ingenieros en formación los procedimientos y espacios de encuentro, resulta indispensable que quien asuma la responsabilidad como tutor logre la empatía suficiente con sus tutorados, sopesando la tensión entre explicar todo con el máximo nivel de detalle para evitar que se dispersen en el proceso formativo y no logren los resultados de aprendizaje esperados o mantenerse al margen de intervenir y dedicarse a observar sus progresos y logros, realizando pronunciamientos esporádicos que motiven la indagación y búsqueda de soluciones al problema en estudio.

No obstante, cabe distinguir que aunque el acompañamiento del docente ha de ser permanente -con o sin intervención directa- las asesorías no necesariamente deben serlo, y por ende se pueden pensar como espacios por fuera de los encuentros presenciales, dirigiéndolas a los equipos de trabajo o por grupos más pequeños de la clase. En este sentido, también se vale recurrir a medios como correo electrónico, chat, video llamadas a través de skype, entre otros.

En cuanto a la retroalimentación, "confrontación" y "generosidad" son acciones que orientan la praxis del tutor dentro de la experiencia formativa ABP desarrollada por el CIEI son. La primera da cuenta del rol de crítico y eterno insatisfecho que asume el docente para fomentar en cada ingeniero en formación la autogestión de su aprendizaje, mientras que la segunda complementa ese paso inicial y tiene que ver con el deber para el docente de ser amplio y generoso en sus comentarios y observaciones dentro del proceso de retroalimentación; valorando lo positivo en relación con aspectos relacionados con las actitudes, la creatividad, el liderazgo, etc.

Momento 7 Documentación y sistematización de la solución al problema

Este momento puede realizarse tanto dentro como fuera del espacio de encuentro presencial, inclusive, se ha permitido en la sincronía o asincronía de los encuentros, La documentación tiene que ver con las elaboraciones y comprensiones alcanzadas por los ingenieros en formación, en un esfuerzo de síntesis escrita, en las que se incorporan las correcciones y mejoras realizadas a los informes de avance o resultados preliminares cuando se llevó a cabo la interlocución con el tutor y con los demás compañeros de clase.

Por lo general, en las asignaturas del CIEI se orienta este proceso haciendo uso de guías o protocolos en los que se explicita el esquema de presentación del documento o sistematización y la explicación detallada de cada aspecto. También se consideran como medios de divulgación de tales elaboraciones y aprendizajes las

bitácoras, portafolios y medios audiovisuales y digitales como infografías, pósters, videos, simulaciones, blogs, etc.

Cabe destacar que se insiste en que el producto académico de la documentación y sistematización de la solución al problema, sea un artículo académico o póster; seleccionándose los mejores para divulgarlos mediante ponencias en eventos académicos tales como encuentros regionales o nacionales de semilleros de investigación o para compilarse y publicarse en una línea editorial de la Universidad denominada "Serie Pre-textos"

Momento 8 Socialización en plenaria ante el grupo de clase

Como política académica asumida por el CIEI, todas las experiencias formativas tipo ABP derivan en una socialización en plenaria ante el grupo de clase, en las que se comparte un resumen del trabajo realizado por cada equipo durante máximo 25 minutos. En algunas asignaturas como Diseño Conceptual existe una jornada adicional de sustentación de experiencias abierta a toda la comunidad UAO, al estilo feria exposición o *show-room*.

Además de constituirse en un acto de visibilidad y reconocimiento del trabajo realizado por cada pequeño colectivo académico, el propósito de estas jornadas de socialización es fomentar las competencias de manejo de información y comunicación oral, dentro de un ambiente que fomenta el pensamiento crítico, la reflexión y discusión con altura académica.



Momento 9 Valoración de la experiencia de aprendizaje y metacognición

En el proceso de valoración de experiencias de aprendizaje se consideran procedimientos diversos de heteroevaluación, coevaluación y autoevaluación. Por tratarse de una valoración en sentido amplio, esto es, considerando las dimensiones cuantitativa y cualitativa de la evaluación; han de tenerse en cuenta múltiples criterios, como por ejemplo, desempeño en la socialización, calidad y coherencia del documento de síntesis, apropiación de los conceptos clave, confrontación en relación con la satisfacción de las necesidades de aprendizaje inicialmente definidas, entre otros más.

Por otra parte, el ejercicio metacognitivo, si bien es una actividad personal que ha de aprender a realizar el profesional en formación, en el ámbito de la formación inicial en educación superior se requiere de una buena dosis de planificación y de dirección del docente para ir generando las condiciones adecuadas –entre quienes se forman- para que adquieran la disciplina reflexiva necesaria.

3. Contribuciones académicas

Se presentan a continuación las contribuciones académicas más significativas en relación con el abordaje de experiencias formativas mediante ABP, las que han sido sistematizadas después de 10 años de intervención en aula con este tipo de estrategia didáctica:

- La planificación didáctica de las asignaturas mediadas por experiencias ABP ha favorecido la articulación de los componentes curriculares de las mismas (módulos, temáticas, conceptos), evidenciándose además convergencias en la acción educativa en cuanto al abordaje integrado de las dimensiones declarativa, procedimental y actitudinal de las competencias genéricas adoptadas por la Facultad de Ingeniería y sus programas que están siendo trabajadas con los ingenieros en formación. Por consiguiente, cada experiencia ABP ha posibilitado un mejoramiento progresivo en ellos, que se verifica al cotejarse la actividad diagnóstica inicial con los productos académicos que entregan al final de semestre.
- En relación con el nivel de dominio de las competencias, –entendidas como actuaciones integrales para interpretar, argumentar y resolver problemas del contexto con metacognición, idoneidad y ética (Tobón, 2010)- son evidentes los progresos de una cohorte a la siguiente dentro de la misma asignatura, así como el afianzamiento de cada cohorte de ingenieros en formación a través del Primer Año y los semestres siguientes. Aun cuando no se puede afirmar categóricamente que el nivel de dominio se ha incrementado en forma significativa, si ha sido notorio que la estrategia didáctica contribuye a los procesos de nivelación de los grupos de clase y al obtener mejores desempeños. Adicionalmente, el grado de comprensión significativa de los conocimientos mejora porque se hace mayor énfasis en los temas clave necesarios para abordar los problemas, sin que ello signifique que ello restrinja la posibilidad de aprendizaje más allá de lo definido curricularmente.
- Las competencias en las que se evidencian mayores progresos son “trabajo en equipo”, debido al incremento de las interacciones al interior del equipo y entre equipos; “comunicación oral, escrita y gráfica”, puesto que se condicionó la entrega de actividades, tareas e informes al requerimiento de hacer entendible y clara la comunicación para otros; y “solución metódica de problemas”, ya que por obvias razones los ingenieros en formación están todo el tiempo dándole solución al problema en forma organizada y sistemática.

4. Conclusiones

APB es considerada actualmente una de las estrategias didácticas que estimula el autoaprendizaje y permite el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo (Gijsselaers, 1996) de los ingenieros en formación puesto que los enfrenta a situaciones reales en contextos de actuación profesional (iniciativa CDIO), ayudándoles a reconocer tanto comprensiones como deficiencias de conocimiento a lo largo del proceso de solución metódica y creativa al problema. Así mismo, debido a la secuencia de aprendizaje que lleva a cabo cada ingeniero en formación vinculado a equipos de trabajo, el ABP es una estrategia didáctica conveniente para potenciar procesos de aprendizaje autogestionados y dinámicas de evaluación formativa.

Finalmente, ABP llevada al aula como estrategia didáctica resulta eficaz y eficiente para plantear un modelo educativo que simule contextos profesionales en el que los ingenieros en formación puedan experimentar lo que será su futuro quehacer. No obstante esto supone mayores retos y compromisos para el profesor en cuanto a la preparación, seriedad y disciplina con que debe diseñar cada escenario de aprendizaje, además de una férrea toma de consciencia acerca de la metódica, del diseño de ambientes y actividades de aprendizaje, de las posibles complicaciones que encontrará, y hasta de los dilemas, inseguridades, retos y

problemas a los que hará frente durante el despliegue de cada uno de estos momentos; siendo preciso que esté a la altura, como dice Maturana (2002), para vivir una experiencia de reflexión y acción con responsabilidad y conciencia lúcida ante las demandas sociales.

5. Referencias

- Gijsselaers, W. H. (1996). Connecting Problem-Based Practices with Educational Theory. Bringing Problem-Based Learning to Higher Education, issue 68, pp. 13–21.
- Maturana, H. (2002). El sentido de lo humano. Dolmen ediciones, Madrid, pp. 227.
- Tobón, S. (2010). Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. ECOE Ediciones, Bogotá, D.C., pp. 328.
- Vega, C. (2010). Tendencias en las investigaciones sobre ABP: una revisión de campos de indagación y categorías emergentes en las investigaciones recientes sobre Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias, Vol. 1, No. 5.

Sobre el autor

- **Carlos Fernando Vega Barona:** Ingeniero Mecánico, Magíster en Educación: Desarrollo Humano en Universidad San Buenaventura (Colombia), Candidato a Doctor en Educación: conocimiento pedagógico avanzado en Universidad Complutense de Madrid (España). Director del Centro de Innovación Educativa en Ingeniería en Universidad Autónoma de Occidente, Cali (-Colombia). cvega@uao.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)