

Desarrollo de la metodología de aprendizaje basado en problemas en un curso de ingeniería

Ruth Rodríguez-Villalobos, Lilliam Angulo-Sánchez & Natalie Leitón-Sancho

Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Fidélitas, San José, Costa Rica.
ruth.rodriquezv@ufide.ac.cr, langulo@ufide.ac.cr, natalie.leiton@ufide.ac.cr

Resumen- Las carreras universitarias relacionadas con temas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas están experimentando más que nunca con nuevas metodologías para impartir clases. Aunque la Metodología Basada en Problemas (PBL por sus siglas en inglés) no es nueva, muchas universidades aún no han desarrollado procedimientos específicos que se ajusten al contenido de sus cursos. Este informe detalla la metodología experimental que se pretende aplicar en el curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva. Curso que es común para todas las carreras de ingeniería en una universidad privada en Costa Rica. En esta primera etapa, se encuentra que alrededor del 50% de los estudiantes apoyan la metodología y la recomiendan para otros cursos. En el corto tiempo de aplicación de la metodología, no hay diferencias significativas en el rendimiento académico de los estudiantes, sin embargo, la información recopilada es el insumo principal para el desarrollo de nuevos programas y procesos de capacitación de docentes en la metodología PBL.

Palabras clave—Aprendizaje basado en problemas; pensamiento crítico; probabilidad; ingeniería.

Recibido: 22 de julio de 2020. Revisado: 27 de julio de 2019. Aceptado: 30 de julio de 2020.

Development of the Problem-Based Learning methodology in an Engineering course

Abstract—Careers related to science, technology, engineering and math topics are more than ever experimenting with new methodologies to teach classes. Even though the problem-based methodology is not new, many universities have not yet developed specific procedures that fit the courses content. This report details the experimental methodology that is intended to be applied in the Probability and Descriptive Statistics course that is common for all engineering careers at a private university in Costa Rica. In this first stage, it is found that around 50% of the students support the methodology and recommend it for other courses. In the short time of application of the methodology, there are no significant differences in the academic performance of the students; however the information collected is the main input for the development of new programs and professors training process in the PBL methodology.

Keywords—Problem Based Learning, Critical Thinking.

1 Introducción

A nivel mundial, las compañías tienen una necesidad especial de contratar profesionales con habilidades y perfiles STEM (siglas en inglés para los términos *Science, Technology, Engineering, Mathematics*), esto debido principalmente a dos razones: el envejecimiento de la fuerza laboral y la existencia de un mercado mundial cada vez más innovador y tecnológico.

Costa Rica no es la excepción. Las personas pueden desarrollar habilidades y conocimientos formales STEM en el mismo lugar de trabajo o en un entorno educativo. Las universidades son instituciones académicas en donde se forman profesionales en disciplinas y enfoques STEM que una vez graduados, mantienen una ventaja competitiva sobre otros profesionales provenientes de sistemas de aprendizaje tradicionales. Con el convencimiento de la necesidad de formar profesionales con competencias y conocimientos acordes a las exigencias del mercado, una universidad privada en Costa Rica inicia una importante estrategia educativa basada en el enfoque STEM y aplicada a todas las carreras y grados académicos impartidos.

Según Echavarría [1], los estudiantes adquieren una comprensión más robusta de los conocimientos relacionados con disciplinas STEM en entornos con modelos de Aprendizaje Basado en Problemas (PBL por sus siglas en inglés). El desarrollo de metodologías específicas que cumplan con dicha meta para los diferentes cursos de las carreras, es una tarea que requiere la construcción de un conocimiento y prácticas previas a la implementación. Sumado a esto, es necesario explorar el desempeño de los docentes en este nuevo entorno de enseñanza, así como valorar los resultados reales en el conocimiento adquirido por los estudiantes, su opinión y retroalimentación. En este artículo se describen los esfuerzos y resultados de esta primera etapa experimental al aplicar los principios de la metodología PBL específicamente en el curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva, que es un curso básico para todas las ingenierías de la universidad.

2 Metodología PBL

Los cursos y programas STEM permiten intensificar las competencias de los estudiantes gracias a un mejor entendimiento de sus profesiones en las áreas científicas e ingenieriles, además se ha encontrado en diversas investigaciones que los estudiantes tienen actitudes muy positivas hacia los temas STEM, y reconocen su trascendencia en las disciplinas de ciencia e ingeniería, uno de estos estudios es el de T. Kuo-Hung et al [2]. Lo anterior sin mencionar la importancia que, a nivel profesional, representa la fortaleza

que tengan los egresados universitarios en los fundamentos teóricos de las diferentes carreras y campos del conocimiento y su aplicación práctica en el mundo real, altamente tecnificado.

Las actitudes hacia la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se pueden desarrollar en ciertos ambientes especializados de enseñanza-aprendizaje. Existen diferentes metodologías que se aplican según la naturaleza del conocimiento que debe ser adquirido. PBL (Problem Based Learning por sus siglas en inglés) es una metodología que se practica en entornos STEM. Esta metodología tiene las siguientes características principales: a) enfocada en el problema, en la cual el contenido y las habilidades para ser aprendidas están organizadas por problemas o el desarrollo del conocimiento es estimulado por el problema y aplicado nuevamente al problema, b) centrado en el alumno, c) autodirigido y d) autorreflexivo, donde los tutores o docentes son facilitadores del proceso [3].

Es común en la metodología PBL, el análisis y solución de un problema cuyo ámbito refleje preferiblemente una situación de la vida real. De esta manera, los estudiantes analizan narrativas (que pueden ser de 1 a 30 páginas) de un problema que fue experimentado previamente. Con frecuencia el problema está estructurado con preguntas que guían a los estudiantes a analizar la situación y evaluar las posibles soluciones [3]. El profesor tiene la función de fomentar la participación activa de los estudiantes para promover el control de su propio aprendizaje. Por medio del trabajo colaborativo en grupos de 3 a 4 personas, los estudiantes resuelven el problema suministrado por el profesor, sin haber conocido de antemano los conceptos necesarios, sino más bien siendo ellos los gestores de su propio aprendizaje.

En un estudio realizado por Yusof et al [4], se indica que la metodología PBL no tiene ni una fórmula ni un enfoque únicos, que se pueda implementar en diferentes instituciones educativas. Debe adaptarse a las condiciones y situaciones específicas y ajustarse a la naturaleza del campo en que se aplica. PBL no es solamente entregar problemas a los estudiantes para que los resuelvan, sino más bien se trata de crear oportunidades para construir conocimiento a través de interacciones efectivas e investigación colaborativa, según el mismo estudio. Es importante señalar, que tanto estudiantes como docentes, juegan un rol fundamental en la construcción del conocimiento, según Yew y Goh [5]. De acuerdo a Budé et al [6], en estudios elaborados sobre la aplicación de la metodología PBL de manera exitosa, los mismos estudiantes han manifestado la importancia del docente en la consecución de los objetivos.

Si bien el docente es una pieza clave en el desarrollo del mecanismo adecuado en el aula y de aprovechar las condiciones del entorno a su favor, es común la resistencia al cambio por parte de los estudiantes. Entre las principales estrategias que puede usar el docente para evitar el desánimo de los estudiantes están: (a) explicar el propósito, (b) explicar las expectativas del curso y (c) explicar las expectativas de la actividad d) acercarse a los no participantes, (e) asumir un comportamiento alentador, (f) calificar la participación, (g) caminar por el aula, (h) invitar a preguntas, (i) desarrollar una

rutina, (j) diseñar actividades para la participación, y (k) usar pasos incrementales [7].

Con la metodología PBL aplicada a los estudiantes en periodos de tiempo determinados, se han obtenido beneficios a nivel de adquisición de habilidades blandas. En este respecto, Masek y Yamin [8] mencionan que los procesos específicos en PBL teóricamente apoyan el desarrollo del razonamiento crítico (entre otras habilidades) de los estudiantes de acuerdo con el diseño aplicado. Este estudio es apoyado por el de Olivares y Heredia [9], quienes a pesar de no haber encontrado en investigaciones previas al 2000 la evidencia de algún beneficio del PBL en el nivel de razonamiento crítico del individuo, en estudios más recientes, estos autores sí han encontrado una relación positiva entre ambas. También se obtiene de esa investigación información relevante en el sentido de que el PBL se inicia comúnmente en ámbitos relacionados a la medicina y posteriormente se aplica a otros ámbitos como la ingeniería. De esta manera, el razonamiento crítico se vislumbra como un recurso pertinente para desarrollar herramientas cognitivas necesarias para la formación de profesionales exitosos, capaces de pensar profundamente y dar sentido a las cosas del mundo que les rodea [10].

Con el propósito de experimentar en la evaluación del pensamiento crítico, una de las variables respuesta estudiadas en este artículo está basada en el Test de Razonamiento crítico propuesto por Watson & Glaser. La evaluación de pensamiento crítico de Watson & Glaser es la medida de pensamiento crítico más antigua y una de las más utilizadas y estudiadas. Se construyó alrededor de cinco subescalas o habilidades de pensamiento crítico: la inferencia, el reconocimiento de suposiciones, la deducción, la interpretación y la evaluación de argumentos [11]. La inferencia es la subescala utilizada en esta propuesta de metodología. En [12], citado por Ossa-Cornejo et al [13], se realizó un estudio de confiabilidad medida con Alfa de Cronbach en una versión de 40 preguntas del test de Watson & Glaser que dio como resultado 0,82. En la subescala de inferencia, el sistema de evaluación del test se caracteriza porque muestra una declaración de información. Sobre dicha declaración se presenta una aseveración, la cual debe ser contestada escogiendo una de las siguientes alternativas: Verdadero, Probablemente verdadero, Se requiere más información, Probablemente falso y Falso. Para efectos de esta investigación solamente se utiliza el formato de dicho test.

3 Metodología

Muestreo y muestra. La Universidad imparte carreras de diferentes ramas de la Ingeniería. En el plan de estudios de estas ingenierías en el nivel de Bachillerato, se encuentra el curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva. Durante el III Cuatrimestre 2019, la población matriculada en dicho curso fue de 350 estudiantes (N=350), distribuidos en los 14 grupos del curso. El muestreo no fue aleatorio sino por conveniencia ya que los grupos ya estaban formados y no era posible realizar una escogencia aleatoria. Por otro lado, para efectos

del estudio se aplicaron algunos criterios de inclusión. El primer criterio que se utiliza para escoger los grupos es que tengan un profesor en común, es decir, dos grupos con un profesor y dos grupos con otro profesor. Otro criterio utilizado es que se seleccionan grupos que tuvieran clases en el horario de la mañana o de la tarde de los días entre semana, de lunes a viernes. Los estudiantes que participan en el estudio son los que están matriculados en los grupos elegidos. Ellos cursan las siguientes carreras de Ingeniería: Electromecánica, Eléctrica, Industrial, Sistemas y Civil. No se realiza ningún tipo de control de balanceo, como por ejemplo: si los estudiantes trabajan o no, carrera, género, etc. Dicho lo anterior, se establece que la muestra fue de $n=94$ estudiantes. En la Tabla 1 se muestra un resumen de la nomenclatura a usar en los grupos de control y experimentales. Dos Profesoras, A y B, participan en el estudio, cada una de ellas con dos grupos, uno de control, en donde se aplica una metodología tradicional de enseñanza-aprendizaje, y en el otro grupo se aplica la metodología PBL.

Tabla 1
Nomenclatura a usar en los grupos de control y experimentales

Profesora/Grupo	Grupos de control y experimentales			
	Profesora A		Profesora B	
	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
Nomenclatura	Control A (GCA)	Experimenta 1A (GEA)	Control B (GCB)	Experimenta 1B (GEB)

Fuente: Las autoras

Diseño. Este es un estudio cuasiexperimental, factorizado de 2X2, con un enfoque cuantitativo.

Variables. La variable independiente definida fue la metodología PBL (Problem Based Learning por sus siglas en inglés) en los cursos. El PBL es un método de enseñanza-aprendizaje que promueve la adquisición de conocimientos por medio de la asignación de problemas a los estudiantes. En este caso, dos profesoras (que se consideran variable de control) son capacitadas en dicha metodología. Cada profesora imparte dos grupos del curso Probabilidad y Estadística Descriptiva, uno con el sistema tradicional y otro con la metodología PBL.

Variable dependiente uno: Rendimiento académico del estudiante. El nivel de conocimiento de los conceptos adquiridos y aprendizaje del estudiante se realiza por medio del Segundo Examen Parcial, que es una de las dos evaluaciones académicas del curso y se resuelve de manera individual. Este examen se mide con una puntuación en la escala del 0 al 100. Cada profesora aplica el mismo examen tanto a su grupo de control como a su grupo experimental, con leves diferencias en el planteamiento de los problemas. Para visualizar posibles desigualdades en los grupos al inicio del experimento, también se comparan los resultados del Primer Examen Parcial con el fin de establecer si hay diferencias entre los grupos.

Variable dependiente dos. Razonamiento crítico. La evaluación del nivel de razonamiento crítico del estudiante por medio de la inferencia, se realiza con base en las siguientes definiciones: El pensamiento crítico es la capacidad que tiene

el individuo para hacer inferencias a partir de un conjunto de ideas, hechos o datos. La inferencia es la acción y efecto de inferir. Inferir es deducir algo o sacarlo como conclusión de otra cosa. Para evaluar el nivel de razonamiento crítico por medio de la inferencia se realiza un test basado en el Test de Razonamiento Crítico de Watson & Glaser en la sub-escala de inferencia. El test consta de 4 declaraciones tomadas de manera textual de un periódico nacional durante el mes de septiembre 2019. Cada declaración o escenario tiene 3 aseveraciones donde el estudiante debe escoger la alternativa que mejor evalúe la aseveración. Las alternativas son:

- Verdadero,
- Probablemente verdadero,
- Se requiere más información,
- Probablemente falso
- Falso.

Antes de ser aplicado, se sometió a consideración de un grupo de expertos en psicología del aprendizaje, de los cuales se recibió retroalimentación para mejorar la estructura del test. Un ejemplo de una de las declaraciones y el conjunto de alternativas en tres ítems se presenta a continuación.

Declaración. ¿Qué es un teléfono inteligente o *smartphone*? Hasta hace poco menos de dos años ese término se relacionaba con los celulares con conexión a internet y aplicaciones móviles. Hoy, esto no es suficiente. Un verdadero *smartphone* es el que puede tomar decisiones gracias a la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA). Esta es una de las fuertes tendencias entre los fabricantes de celulares. El impacto de la IA puede ser percibida conforme se utiliza el dispositivo, debido a que las redes neuronales comprenden paulatinamente los hábitos del usuario para facilitar la navegación. Por ejemplo, si usted frecuentemente llama a su madre a las 10:00 a.m. y un día olvidó hacerlo, el dispositivo le recomendaría que se contacte con ella a esa hora.

Ítem No. 1. Todos los teléfonos celulares que se comercializan hoy en día alrededor del mundo tienen aplicaciones que permiten entender los hábitos del usuario para ayudarlo en su vida cotidiana.

Ítem No. 2. Hoy día todos los usuarios de teléfonos celulares piensan que un teléfono inteligente es aquel que tiene conexión a internet y aplicaciones móviles.

Ítem No. 3. Conforme se realizan las actividades cotidianas, los teléfonos con IA pueden recopilar información y datos hasta llegar a inferir las necesidades del usuario.

El nivel de razonamiento crítico se evaluó al inicio (en adelante Test 1) y al final de la aplicación de la metodología PBL (en adelante Test 2), solamente en los grupos experimentales. El Test 1 y Test 2 es el mismo al inicio y al final del curso, su única variación es en la posición de algunas de las aseveraciones, las preguntas y las alternativas de respuesta. Los resultados de estos test se analizaron por medio del estadístico t-student, con el software Minitab Versión 18. Se consideró la diferencia entre grupos, tomando en cuenta la cantidad de respuestas correctas por cada estudiante versus respuestas incorrectas.

Variable dependiente tres. Resultado de la evaluación del curso. La satisfacción del estudiante se estima mediante la

evaluación del curso. Al finalizar cada curso lectivo el estudiante evalúa el desempeño del profesor, la metodología utilizada y su nivel general de satisfacción, por medio de un cuestionario que se le hace llegar electrónicamente. El cuestionario consta de 3 secciones. La Sección Uno tiene 15 preguntas relativas específicamente al desempeño del profesor con las alternativas de respuesta SÍ/NO. En esta sección se califican varios aspectos, por ejemplo, compromiso, puntualidad, respeto, apego al programa del curso y la claridad y entusiasmo con la que el profesor comunica sus ideas. La Sección Dos tiene 3 preguntas con la opción de respuesta en escala del 0 al 10 (0 es completamente insatisfecho y 10 es completamente satisfecho), donde el estudiante evalúa los conceptos aprendidos en el curso, la metodología usada y la satisfacción general con el profesor. La última sección (Sección Tres) es solamente una pregunta relativa a si recomendaría al profesor con alternativa de respuesta del 0 al 10. Se estudia en este documento solamente la Sección Dos como resultado de la evaluación del curso.

Otra información relevante que se solicitó (al finalizar el proceso) como complemento a esta investigación tanto a las profesoras como a los estudiantes, fue una encuesta general de evaluación de la metodología para conocer su percepción y propuestas de mejora. A los estudiantes se les cuestionó si recomiendan o no la metodología, tanto para el curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva, como para otros cursos, y debieron responder porqué sí o por qué no la recomiendan, en pregunta abierta que luego se clasificó. Los estudiantes también contestaron la pregunta abierta sobre qué cosas se pueden mejorar para que la metodología sea más efectiva.

A las profesoras se les aplicó también un cuestionario de preguntas abiertas de evaluación general de la metodología, donde se identifican oportunidades de mejora y se consulta también sobre su propio nivel de confianza y empoderamiento como docentes ante el reto afrontado.

Procedimiento. El procedimiento consistió de 9 pasos, los que son descritos a continuación.

1- El cuatrimestre en el que se realizó la investigación tuvo 14 semanas. En los grupos experimentales, las primeras 6 semanas del curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva se realizaron bajo la metodología tradicional. En estas semanas los estudiantes aprendieron conceptos introductorios a la estadística como: población, muestra, medidas de tendencia central y medidas de dispersión, entre otros.

2- Las profesoras que imparten el curso comprenden los principios del uso de la metodología PBL y los resultados esperados tras su aplicación, en una sesión de trabajo de aproximadamente 2 horas. Aunado a esto, antes de cada clase se reúnen ambas profesoras para estudiar, discutir y acordar el problema o problemas que han sido previamente propuestos y que serán presentados a los estudiantes. Este trabajo tomó aproximadamente una hora para cada una de las clases. Según sea el tópico a tratar y la complejidad del mismo, se decide si se realiza o no una breve introducción al tema.

3- En la semana 4, se aplica el Pre-Test de razonamiento crítico (Test 1) a los dos grupos experimentales. Este test se realiza posterior a la aplicación de un consentimiento

informado, documento en el cual los estudiantes firman una carta haciendo constar que entienden que son parte de una investigación específica y que pueden abandonar la misma en el momento que lo deseen. En este documento también se les explica a los resultados que la investigación será con fines académicos y que las notas finales de los exámenes y los resultados de las pruebas se analizarán de manera grupal y no individual. Se incluye el nombre, número de cédula de identidad y teléfono de la persona a cargo de la investigación en caso de que algún estudiante desee abandonar y no ser parte del proceso, o que muestre interés en conocer el avance y/o resultados finales de la investigación. El Test 1 es aplicado al inicio de la clase, luego de explicar a los estudiantes los principios de la investigación y de firmar el consentimiento informado. Los estudiantes tardan aproximadamente 20 minutos para contestar los 12 ítems del test.

4- En la semana 7 se aplica el Primer Examen Parcial a todos los grupos (de control y experimentales). No es el mismo examen para todos los grupos, sin embargo, los exámenes son muy similares. Se realiza la prueba *t-student* para identificar si hay diferencias estadísticas entre los grupos antes de iniciar con la metodología PBL.

5- Durante las semanas 8, 9, 10, 11 y 12, se aplican ejercicios para resolver en clase en los grupos experimentales, siguiendo la metodología PBL. Los temas cubiertos en estas semanas fueron: probabilidad, distribuciones discretas y distribuciones continuas de probabilidad, entre los principales tópicos. No se proporcionó a los estudiantes el material de estudio de manera previa. En la primera sesión, se explicó a los estudiantes la metodología a usar. Se constituyen los grupos de trabajo (3 a 4 estudiantes). Estos grupos se formaron según el criterio de las profesoras y del rendimiento académico de los estudiantes hasta esa etapa del curso, de tal manera que cada grupo se conforme por estudiantes cuya nota del Primer Examen Parcial esté por debajo y por encima de la media. También se procuró que cada grupo tuviera tanto estudiantes muy participativos como poco participativos. Una vez formados los grupos se elige un líder, un moderador (que se encarga de limitar el tiempo) y una persona que lleve los registros (anota los datos de los estudiantes y la respuesta escrita al problema dado). Se explica cada rol a los estudiantes y se aclara que los roles se rotarán semanalmente al azar.

6- Al inicio de cada clase, se entrega el problema por escrito a cada grupo y se hace la lectura del mismo. Según sea el tópico a resolver, las profesoras hacen una pequeña introducción para ubicar a los estudiantes en el tema. Se les brinda un tiempo para entender y analizar el problema; luego cada grupo empieza a buscar la información necesaria para resolver el problema. Los estudiantes pueden ir a la biblioteca, a la cafetería o a cualquier lugar dentro de la Universidad a realizar la investigación de su problema. Utilizan computadoras o el celular para buscar información. Pueden formular preguntas a la profesora, pero deben ser preguntas que se puedan responder solamente con un "SÍ" o un "NO". Cada profesora observa el comportamiento de los estudiantes a lo largo de la clase y atiende consultas. Al final de la clase (o a la semana siguiente según el grado de complejidad del

problema) cada grupo entrega su problema resuelto por escrito. El profesor complementa el trabajo realizado con la solución correcta del problema, aclaraciones y conclusiones.

7- En la semana 13 se aplica el Test 2 de razonamiento crítico a los dos grupos experimentales.

8- En la semana 14 se aplica el mismo examen final a los cuatro grupos, con algunas variantes menores entre los exámenes

9- Los resultados de los Test de razonamiento crítico son analizados por medio del estadístico *t student* de un software como Minitab 18 o similar. A partir de la información se realiza un análisis comparativo de resultados de manera individual y grupal, antes y después de la aplicación de la metodología PBL.

4 Resultados

En primer lugar se presentan los resultados de los exámenes y test aplicados a los estudiantes. La Figura 1 muestra el resumen comparativo de la prueba *t student* en los exámenes aplicados por la profesora A, tanto en su grupo de control (GCA) como en su grupo experimental (GEA). La *t student* contrasta la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales versus la hipótesis alternativa de que las medias de los grupos son diferentes, con un nivel de confianza del 95%. En este caso, el rendimiento de ambos grupos como resultado del Primer Examen Parcial (Examen 1) fue similar, ya que presenta un valor de $p=0,110$, esto indica que el conocimiento de los estudiantes hasta ese momento del cuatrimestre, era equivalente y por lo tanto, de encontrar diferencias más adelante, podría eliminarse el factor de que los grupos iniciaron con diferente rendimiento.

Por otro lado, tradicionalmente en el Curso de Probabilidad y Estadística Descriptiva, el promedio del segundo examen tiende a ser más bajo que el del primer examen. Esta tendencia se mantiene, sin embargo, estadísticamente esta diferencia fue significativa solamente para el grupo de control ($p=0,035$), no así para el grupo experimental ($p=0,409$), es decir, la tendencia a la baja fue menor en el Grupo Experimental. Sin embargo, los resultados del Segundo Examen Parcial (Examen 2), no muestran diferencias significativas, si se compara el grupo de control con el grupo experimental.

Similar a la figura anterior, la Figura 2 muestra el resumen comparativo de la prueba *t student* en los exámenes aplicados por la profesora B, tanto en su grupo de control (GCB) como en su grupo experimental (GEB). Tal y como sucede en los grupos de la Profesora A, los grupos de la Profesora B inician sin diferencias estadísticas en las notas del Examen 1 ($p=0,483$) y terminan el curso de manera equivalente (Examen 2), donde tampoco hay diferencia estadística ($p=0,122$). Hay una diferencia significativa entre las calificaciones del Examen 1 y el Examen 2, solamente para el grupo experimental ($p=0,018$).

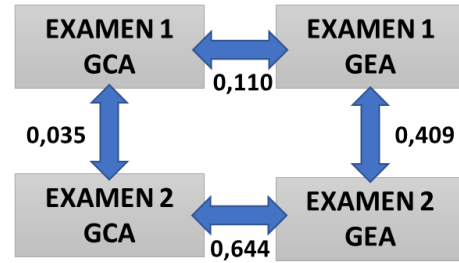


Figura 1. Comparación *t student* de resultados de exámenes Profesora A. Fuente: Las Autoras

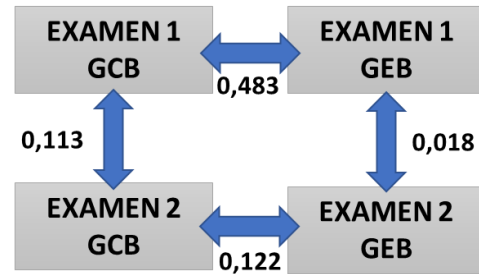


Figura 2. Comparación *t student* de resultados de exámenes Profesora B. Fuente: Las Autoras

Test de Razonamiento Crítico. Los resultados del Test de Razonamiento Crítico, aplicado solamente a los grupos experimentales, son analizados mediante el estadístico *t student*. En la Figura 3 se muestra el resumen de los resultados. Con el objetivo de conocer si existe diferencia entre el grupo de la profesora A y el de la profesora B, se aplicó el estadístico tanto al inicio (TEST 1 GEA vs TEST 1 GEB) como al final del proceso de experimentación (TEST 2 GEA vs TEST 2 GEB). Los valores de probabilidad de 0,570 y 0,463 indican que no hay diferencia estadística entre los grupos, ni al inicio ni al final del proceso. Por otro lado, si se compara la evolución de cada grupo por aparte, por ejemplo, para la profesora A (TEST 1 GEA vs TEST 2 GEA), se obtiene un valor de probabilidad de 0,767 lo cual indica que no hay diferencia estadísticamente significativa. Lo mismo ocurre al analizar el grupo de la profesora B.

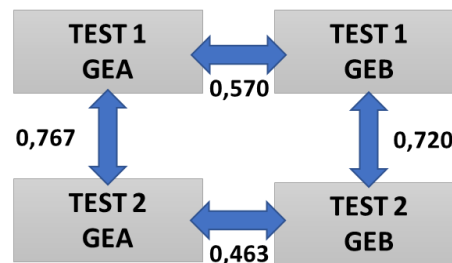


Figura 3. Comparación *t student* de resultados de Test de Razonamiento Crítico. Fuente: Las Autoras

Evaluación del curso. Los resultados de la evaluación del curso se muestran en la Figura 4. Para la profesora A, en promedio las calificaciones de los estudiantes en el grupo de

control fueron más altas que en el grupo experimental, en todos los rubros evaluados: conceptos aprendidos en el curso, metodología utilizada y profesor en general. No se obtiene un resultado similar con la profesora B, ya que solamente en el rubro de metodología usada, la calificación fue más alta en el grupo de control que en el grupo experimental. En ambos grupos de control, la evaluación promedio de los estudiantes es ligeramente superior a 90.

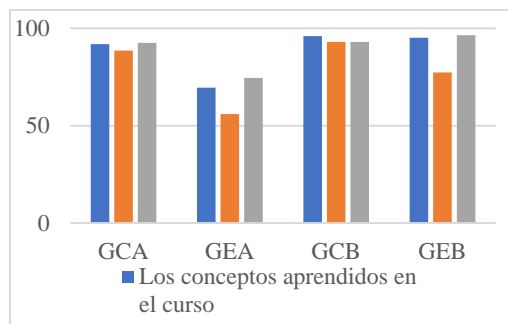


Figura 4. Evaluación del curso según grupo.
Fuente: Las Autoras

Evaluación de la metodología. Al finalizar el curso lectivo, las profesoras participantes respondieron el siguientes cuestionario de seis preguntas:

¿Nota alguna variación en las habilidades blandas de los estudiantes que participaron en el estudio? Una de las profesoras manifiesta que notó una variación en la capacidad de trabajo en equipo y en la solidaridad de los estudiantes para llevar a cabo un proyecto con un fin exitoso.

¿Fue eficaz la metodología de nombrar un líder de grupo, una persona que lleve los datos y una persona que modere el tiempo y rotarlos semanalmente? En esta pregunta, ambas profesoras indican que algunos grupos se resistieron al modelo y les fue muy difícil acoplarse y desempeñar los roles asignados. Sin embargo, en estos grupos alguna persona asumía el papel de líder, ante la debilidad del estudiante que le correspondía el rol durante la semana.

¿Qué recomendaciones propone para mejorar la metodología aplicada? Las recomendaciones que dan las profesoras son: definir porcentajes de evaluación para cada una de las actividades grupales, usar la metodología en la primera parte del curso o desde el inicio del mismo, y mayor tiempo de capacitación al docente.

¿Cuál fue la principal queja de los estudiantes? El cambio de metodología como tal, el tiempo para desarrollar soluciones a los problemas asignados y la falta de una bibliografía específica.

¿Cuál fue la principal motivación de los estudiantes? Cuando se revisaba la materia y los ejercicios con ellos ya en la clase normal, se sentían muy motivados cuando observaban que algunos de los conceptos buscados y ejercicios desarrollados por los grupos eran correctos.

¿Cómo se sintió usted durante las clases? En esta pregunta se indica la limitación que se tuvo al solicitar a los estudiantes que solamente plantearan al docente preguntas que se puedan

contestar con un sí o un no. También se menciona la inseguridad sentida por la docente en el aula, para manejar la clase.

Finalmentem, se indico a las profesoras lo siguientes: Siéntase libre de realizar comentarios metodológicos, teóricos o de otro tipo que crea conveniente emitir. En esta cuestión ambas profesoras coinciden en la necesidad de más horas de capacitación para mejorar el desempeño del docente en el aula y para conocer a profundidad cómo aplicar las técnicas propias de esta metodología de enseñanza-aprendizaje.

Opinión del estudiante. En la Figura 5 se muestran las respuestas de los estudiantes ante la pregunta ¿Recomendaría esta metodología para éste u otros cursos? En el grupo experimental de la profesora A las respuestas se distribuyeron de la siguiente manera: un 32% de los estudiantes opinan que sí y un 68% opinan que no. En el caso del grupo de la profesora B, un 64% de los estudiantes opinan que sí y un 36% opina que no.

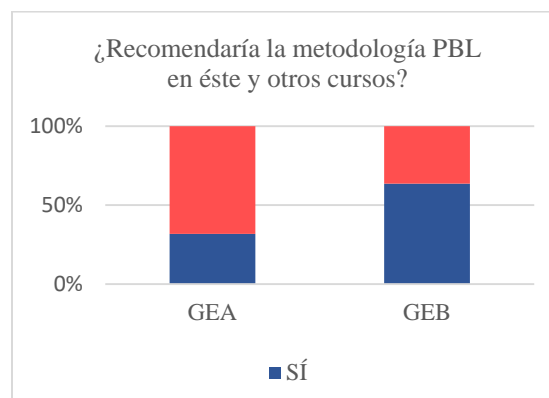


Figura 5. Opinión del estudiante
Fuente: Las Autoras

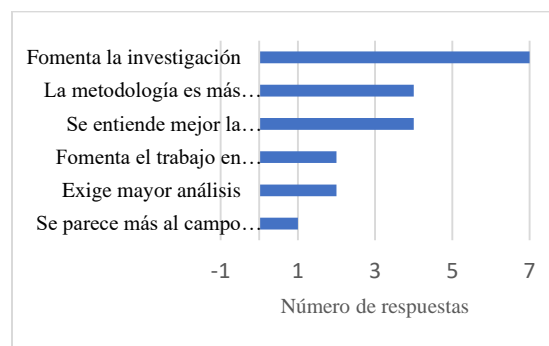


Figura 6. Opinión del estudiante, razones por las cuales Sí recomienda la metodología
Fuente: Las Autoras

En la Figura 6 se muestran los resultados de las opiniones de ambos grupos experimentales, tras la solicitud hecha a cada estudiante de que justifique porqué recomendaría la metodología utilizada. Las respuestas más significativas en cantidad estuvieron relacionadas con el hecho de que se

fomenta más la investigación. También manifestaron que la clase es mucho más dinámica que la tradicional magistral y que se entiende mejor la materia.

En la Figura 7 se muestran las razones que dieron los estudiantes que no recomiendan el uso de la metodología. Sus principales juicios se refieren al poco tiempo concedido en la clase para resolver los problemas asignados y aclarar las dudas correspondientes. También manifestaron que no se entiende o no se aprende bien la materia y algunos de ellos se sintieron frustrados o inseguros.

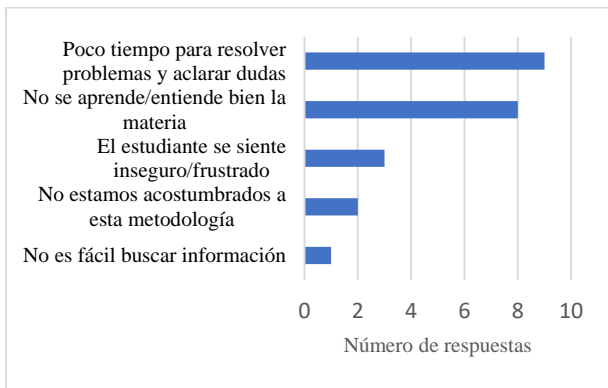


Figura 7. Opinión del estudiante, razones por las cuales NO recomienda la metodología.
Fuente: Las Autoras

En la Figura 8 se puede apreciar el resumen de las principales sugerencias que se obtienen de los estudiantes del Grupo GEA, ante la pregunta ¿Cuáles recomendaciones de mejora usted haría para que la aplicación de esta metodología sea más eficaz? En este grupo, 7 de los estudiantes manifiestan que se debería proporcionar la materia con anterioridad y 5 estudiantes recomiendan más tiempo de explicación por parte del profesor, entre las principales sugerencias.

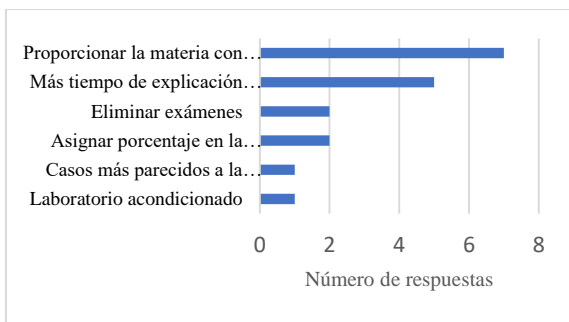


Figura 8. Recomendaciones de los estudiantes grupo GEA.
Fuente: Las Autoras

En la Figura 9 se muestran las recomendaciones que expresaron los estudiantes del Grupo GEB. Cinco de ellos manifestaron que les gustaría tener más cantidad de ejercicios extra para resolver en la casa. Otros cinco de ellos sugieren tener más tiempo en clase para resolver los problemas asignados, entre las principales recomendaciones.

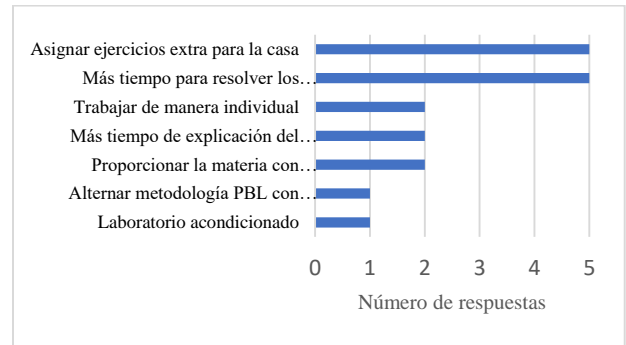


Figura 9. Recomendaciones de los estudiantes grupo GEB.
Fuente: Las Autoras

5 Conclusiones

La puesta en práctica de los principios de una metodología PBL de manera controlada por primera vez en las aulas de una universidad, sin duda arroja una importante cantidad de información para examinar. Del total de estudiantes que participaron en esta investigación, el 48% sí recomienda la metodología y un 52% no la recomienda. Estos resultados se consideran muy positivos tomando en cuenta que el proceso de experimentación se aplicó solamente durante 5 semanas.

Si se contrasta por ejemplo la aplicación de problemas como método de enseñanza-aprendizaje con el rendimiento académico, no se puede concluir que el método refleje una mejora en las calificaciones de los estudiantes, ya que depende del estilo y la estrategia utilizada por cada profesora en el aula, esto se puede observar ya que las propuestas de los estudiantes sobre cómo mejorar la metodología fueron diferentes en las diferentes clases. Cabe recordar que las notas del examen se consideraron como un indicador del grado de comprensión del estudiante, en este caso de conceptos de Estadística Descriptiva. La metodología utilizada por la Profesora A, propició que la nota del Segundo Examen Parcial fuera estadísticamente similar a la del Primer Examen Parcial en su grupo experimental, sin la tradicional tendencia a decaer.

Si bien a través de esta investigación no se proyectó la evaluación del efecto de la metodología PBL en el desarrollo de la competencia de trabajo en equipo, las profesoras pudieron observar dificultades en algunos estudiantes cuando les correspondía el rol de líder. La práctica de cambiar los roles semanalmente al azar, no permitió el acoplamiento natural de los estudiantes dentro del grupo según las competencias de cada uno. Dado lo anterior, se puede concluir que ni la práctica de rotar los roles ni la de dejarlos fijos, contribuyen en este caso a que los estudiantes se sientan cómodos y empoderados.

La asimilación de esta nueva mecánica en el aula requiere tiempo, tanto para los estudiantes como para los profesores. Los docentes se enfrentaron a situaciones desconocidas e inesperadas. Experiencias valiosas que sirven para establecer nuevos programas STEM, donde se apliquen actividades y puntajes específicos al trabajo de solución de problemas en la

clase, con la asignación adecuada de tiempo para cada uno de los ejercicios.

Referencias

- [1] M. V. Echavarría, "Problem-Based Learning Application in Engineering". *Revista EIA*. Número 14, p. 85-95, 2010.
- [2] T. Kuo-Hung, C. Chi-Cheng, L. Shi-Jer, C. Weng-Ping, "Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project based learning environment". *International Journal of Technology and Design Education*. Vol. 23, pp. 87-102, 2013.
- [3] D. Jonassen, "Supporting Problem Solving in PBL", *Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning*, Vol. 5, No.2, 2011.
- [4] K. Yusof, Z. Tasir, J. Harun, S. A. Helmi. "Promoting Problem-Based Learning (PBL) in Engineering Courses at the Universiti Teknologi Malaysia". *Global Journal of Engineering Education*, Vol. 9, No. 2, pp. 175-184, 2005.
- [5] E. Yew, K. Goh. "Problem-Based Learning: An overview of its process and impact on learning". *Science Direct*. Vol 2, pp. 75-79, 2016.
- [6] L. Budé, et al. "The effect of directive tutor guidance in problem-based learning of statistics on students, perceptions and achievements". *High Education*, vol. 57, pp. 23-36, 2009.
- [7] S. Tharayil, M. Borrego, M. Prince, K. Nguyen, P. Shekhar, C. Finelli, C. Waters. "Strategies to mitigate student resistance to active learning". *International Journal of STEM Education*. Vol. 5, No. 7, pp. 1-16. 2018.
- [8] A. Masek, S. Yamin. "The effect of problem-based learning on critical thinking ability: a theoretical and empirical review", *International Review of Social Sciences and Humanities*, vol. 2, no. 1, pp. 215-221, 2011.
- [9] S. Olivares, Y. Heredia. "Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior". *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. vol. 17, no. 54, pp. 759-778. 2012.
- [10] S. Betancourth, K. T. Muñoz, T. J. Rosas, "Evaluación del pensamiento crítico en estudiantes de educación superior de la región de Atacama-Chile". *Prospectiva. Revista de Trabajo Social e Intervención Social*. No 23. pp. 199-223. Enero-Junio 2017
- [11] R. M. Bernard, D. Zhang, P. C. Abrami, F. Sicoly, E. Borokhovski, M. A. Surkes, "Exploring the structure of the Watson&Glaser Critical Thinking Appraisal: One scale or many subscales?", *Thinking Skills and Creativity*, vol. 3, no. 1, pp. 15-22, 2008.
- [12] E. de Mangione, H. de Anglat, "Evaluación de la competencia crítica a través del test de Watson-Glaser. Exploración de sus cualidades psicométricas", *Revista de Psicología*, vol. 3, no. 6, pp. 1-14 (2007).
- [13] C. J. Ossa-Cornejo et al "Análisis de Instrumentos de medición del pensamiento crítico", *Ciencias Psicológicas*, vol. 11, no. 1, pp. 19 – 28, 2017.

R. Rodríguez-Villalobos es Licenciada en Ingeniera Química por la Universidad de Costa Rica en 1991, egresada de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica en 1999. Ha trabajado durante 25 años en industrias de manufactura de dispositivos electrónicos y de dispositivos médicos de alto nivel. Sus posiciones dentro de las organizaciones han estado en las áreas de Producción, Calidad, Operaciones, así como en Ingeniería de Materiales. Ha trabajado activamente en proyectos de Lean Manufacturing, Mejora Continua, Gestión de Calidad y Excelencia Operacional (Shingo Prize). Desde el año 2015 es Profesora Universitaria de los cursos Probabilidad y Estadística Descriptiva, Producción, Gestión de Calidad, Gestión de Operaciones y Herramientas Informáticas en diferentes Universidades privadas de Costa Rica para la carrera de Ingeniería Industrial. Es SubDirectora de Investigación en la Universidad Fidélitas desde el año 2018, en la coordinación de la producción de artículos científicos y Editora de la Revista Fidélitas.

L. Angulo-Sánchez es Licenciada en Ingeniería en Producción Industrial por la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica - ITCR en 2008. Ingeniera en Producción Industrial por la Escuela de Ingeniería en Producción Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica - ITCR en 1998. Técnico Medio en Artes Gráficas por Colegio Técnico Vocacional de Artes y Oficios – COVAO 1991. Cuenta con más de 20 años de

experiencia en empresas de servicio, dentro de las que se encuentran un Banco, una empresa de venta de sistemas de automatización y una empresa de proyectos de gestión documental y otras. Ha desempeñado como ingeniera en áreas de Gestión de Calidad, Ingeniería, Procesos, Análisis Administrativo y Ventas realizando funciones de análisis y mejora de procesos, gestión documental, gestión de proyectos, análisis de datos para el planteo de proyectos y toma de decisiones, elaboración de planes comercial, rediseño e implementación de procesos y venta de sistemas de automatización. Con más de dos años como docente a nivel universitario, impartiendo cursos de Probabilidad y Estadística Descriptiva y Probabilidad y estadística Inferencial. Actualmente colabora como Docente con Permanencia en la Universidad Fidélitas, participa como Tutora y Lectora de Proyectos finales de Graduación y en el desarrollo de investigaciones.