



Aprendizaje basado en problemas en el curso de hidrología

Problem-Based Learning in Hydrology Courses

**Maiquel López Silva, Dayma Carmenates Hernández, Oscar Brown Manrique,
Belarmino Guivala, Fernando Brazao Tembe
Universidad Ricardo Palma**

Recibido: 31 de enero de 2023

Aceptado: 03 de junio de 2023

RESUMEN:

En el artículo se desarrolló el aprendizaje basado en problemas (PBL) en el curso de Hidrología. Se enfocó en la experiencia de 10 años de dictado de clases con una muestra de 577 estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de Universidades Públicas y Privadas. El PBL fue validado por el Índice de Validez de Contenido (CVI), encuesta analítica y escala de Likert. Se logró un óptimo sistema de aprendizaje y evaluación de los estudiantes por unidad temática. La función de mejor ajuste fue exponencial positivo y un coeficiente de determinación de 0.77. La encuesta mostró que el 84.30% de los estudiantes tienen mayor motivación por el método PBL. Se alcanzó un CVI eficiente con un valor positivo creciente para los nuevos criterios de PBL. Se concluyó que el PBL proporciona una educación más consolidada y atractiva.

Palabras clave: educación STEAM, didáctica de las ciencias, aprendizaje de las ciencias, competencia científica, estadística hidrológica, evaluación del estudiante

Como citar

M. A. Hernández Aguilar y R. S. Vega López, «Solución geotécnica para el suelo de cimentación de las 7 torres de la villa panamericana», *Perfiles_Ingenieria*, vol. 19, n.º 19, pp. 109-120. jun. 2023.

ABSTRACT

In this article, we developed Problem-Based Learning in Hydrology Courses. It focused on the experience of 10 years in the hydrology subject with a sample of 577 students in the Civil Engineering career at Public and Private Universities. The PBL was validated by the Content Validity Index (CVI), analytical survey and Likert scale. An optimal system of teaching-learning and evaluation of students by the thematic unit was achieved. The function of the best positive exponential change and a determination coefficient of 0.77. The survey showed that 84.30% of students have higher motivation for PBL. An efficient CVI with an increasing positive value was achieved for the new PBL criteria. It was concluded that the PBL provides a more empowered and engaging education.

Keywords: STEAM education, science didactics, science learning, Scientific competence; hydrological statistics, Student Evaluation

Este artículo está publicado bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (CC-BY 4.0)



INTRODUCCIÓN

El uso sostenible de los recursos hídricos se ha convertido en un tema globalizado y está cambiando a un ritmo sin precedentes porque es un recurso esencial para la supervivencia humana [1]. En este contexto, es un desafío adaptar los procesos de enseñanza y aprendizaje a los tiempos actuales. Los profesionales necesitan competencias laborales y profesionales para alcanzar un desarrollo sostenible. Para el desempeño de la actividad necesitan habilidades con alta integración en prácticas innovadoras las cuales se adquieren durante los programas de estudios universitarios. En este sentido, el curso de hidrología de la carrera de Ingeniería Civil encargado de la gestión y planificación, manejo y predicción integral de los recursos hídricos frente al cambio climático tiene una elevada repercusión en los cursos interdisciplinarios para la formación profesional por lo que es importante promover la motivación del aprendizaje.

El curso de hidrología requiere de altos conocimientos en la estadística provocando un estado de ansiedad, relacionado con aspectos epistemológicos y psicológicos que inducen al rechazo del entorno educativo [2]. Se deben buscar técnicas novedosas para la motivación, la creatividad y lograr una ecología interesante, atractiva y afectuosa.

Investigaciones recientes muestran la necesidad de mejoras continuas en el sistema de enseñanza, a través, de la implementación de sistemas de evaluación, interrelación de la teoría, las prácticas en el salón y en el campo [3]. Se ha detectado que el curso de hidrología aplicada en escenarios reales del profesional mejorando las habilidades y el aprendizaje [4]. Estos conjuntos de habilidades se enfatizan cada vez más en la sociedad dada la resolución de problemas mal estructurados dentro de la práctica del Ingeniero [5]. Debido a la naturaleza dinámica de la práctica del dominio, los docentes están buscando maneras de desarrollar mejor la resolución de problemas dentro de la configuración del salón de clases.

El aprendizaje basado en problemas (PBL), representa una forma efectiva de trabajar con los estudiantes. Es una propuesta educativa innovadora porque el aprendizaje se centra en el estudiante, que logra desarrollar una serie de habilidades y competencias indispensables en el entorno profesional actual, lo que repercute en interés y motivación [6]. El PBL es una técnica de enseñanza no tradicional en la que el problema impulsa el aprendizaje. Se plantean dificultades o experiencias del mundo real y los estudiantes buscan la información necesaria para resolverlas. Como resultado, el docente puede reducir el tiempo dedicado a las teorías y aumentar el tiempo dedicado a las prácticas en el estilo de enseñanza tradicional [7]. De hecho, [8], recomiendan la herramienta por ser eficaz en la enseñanza-aprendizaje y la retención de conocimientos a largo plazo.

En resumen, el PBL está diseñado para construir un plan de estudios centrado en el estudiante, proporcionándole autonomía para resolver problemas auténticos. [9] argumenta que las características de PBL incluye lo siguiente:

- Los estudiantes guían su propio aprendizaje. La naturaleza mal estructurada del caso auténtico permite una oportunidad para la investigación abierta.

- Los estudiantes deben tener la oportunidad de trabajar en equipo para resolver el problema.
- La reflexión es una parte importante del proceso de aprendizaje para consolidar las ideas encontradas durante la indagación.

La implementación original de PBL diversos investigadores están de acuerdo en que la Universidad McMaster fue uno de los primeros en promulgarlo como un plan de estudios para todo el sistema [10]. El equipo docente en lugar de centrarse en la enseñanza didáctica, utilizó casos clínicos reales como motor de investigación médica. Otro aspecto a señalar en el PBL es la reducción de las calificaciones a final de curso y en su lugar centrarse en evaluaciones formativas para refinar el aprendizaje. Dichas experiencias dieron paso contextualizar mejor el conocimiento y la expansión del método.

En particular, [11] analizaron un número de metanálisis sobre la eficacia del PBL y encontró que es más efectivo que el método tradicional. Resalta la retención del conocimiento a largo plazo, evaluación basada en desempeño y evaluación mixta. Aunque se conoce su base teórica del PBL, las investigaciones indican que los docentes adaptan sus estrategias de instrucción en función de los problemas reales a afrontar desde el salón de clases. En este contexto pueden incluirse enfoques adecuados o incluir desviaciones significativas del modelo PBL original [9]

Es notorio que existen escasas investigaciones en las áreas ingenieriles y en particular en el curso de hidrología. Sin embargo, son de destacar las desarrollados por [12], [13], [14] y [15]. Al respecto, existe una similitud de criterio entre los autores, plantean la necesidad en profundizar en las investigaciones sobre aprendizaje basado en problemas en los cursos de hidrología debido al enfoque en las aplicaciones del mundo real y la naturaleza interdisciplinaria de la hidrología moderna.

Por lo tanto, la creación de nuevos escenarios para el desarrollo de nuevas técnicas de aprendizaje como la adaptabilidad, la autonomía, el autoaprendizaje, el trabajo en equipo y el uso de nuevas herramientas y técnicas de trabajo integradas en PBL requiere especial importancia para la enseñanza-aprendizaje de los docentes y estudiantes. Enfatizado en investigaciones con largos periodos de tiempo para examinar a fondo los efectos del PBL en situaciones académicas.

La educación y los empleadores del siglo XXI tienden a medir el nivel de habilidades en lugar del conocimiento de la profesión. Ligado a esto, existe evidencia científica de habilidades deficientes de los ingenieros [16], [17]. La educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) es un modelo de referencia interdisciplinario que ayuda a los estudiantes a adquirir y aplicar conocimientos desde diversas perspectivas para obtener soluciones prácticas a problemas complejos [18].

El modelo STEAM es una forma de aprender basada en resolver problemas, hacer preguntas y buscar nuevas respuestas, lo que presenta un desafío en la forma de entregar el aprendizaje. Pero, ¿Cómo desarrollamos las habilidades y qué estrategia será la más efectiva? Como posible respuesta, se basa el propósito de la investigación, plantear el aprendizaje basado en problemas reales en el curso de hidrología.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del modelo PBL

El curso de hidrología forma parte del plan de estudios de los estudiantes de Ingeniería Civil a nivel internacional, al igual que en otras ciencias de la tierra. En cuanto a formar un profesional que resuelva los problemas demandados por la sociedad y los empleadores, se propusieron de manera más cautivadora criterios basados en PBL que sean alcanzables y medibles en el tiempo, como se muestra en la figura 1.

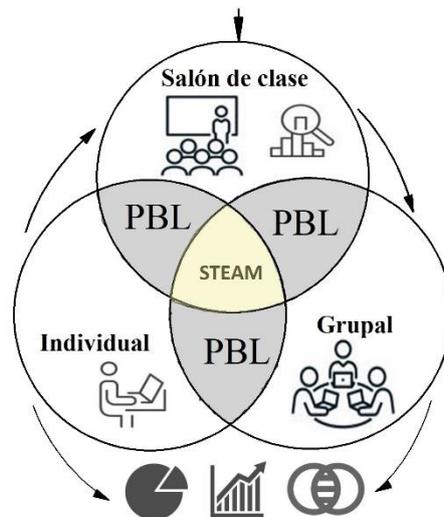


Figura 1. Modelo del PBL en el curso de Hidrología.

Fuente: Elaboración propia

Dentro del marco aplicado en el PBL comenzó el docente en el salón de clases con discusiones reflexivas entre los estudiantes. Se plantean hipótesis, se indagan en los antecedentes y se investiga en las necesidades. De ahí, se derivan criterios específicos, como la formulación de investigaciones con ideas atractivas, poderosas y desafíos genuinos para provocar aprendizajes y la propuesta de diversas soluciones posibles. En general, plantea una audiencia real donde los estudiantes puedan registrar sus datos y durante el proceso, brindar solución a una dificultad. Se espera generar en los estudiantes pensamiento lógico y estadístico, creatividad e innovación, se fomenta el aprendizaje de los errores, el trabajo en equipo, el liderazgo y la comunicación.

Desarrollo del criterio

El criterio de PBL fue aplicado a estudiantes de Universidades Públicas y Privadas de Cuba, Mozambique y Perú. El tamaño total de la muestra fue de 577 estudiantes durante 10 años, equivalente a 20 ciclos. Los trabajos de investigación, salón de prácticas, laboratorio y prácticas de campo enfocados a la solución de problemas reales del ciclo hidrológico.

El PBL comienza con la introducción de un problema real a nivel de país, región o localidad en el que todo el aprendizaje se centra en la búsqueda de la solución. Los docentes asumen el papel de entrenadores cognitivos y los estudiantes asumen el papel de solucionadores activos de problemas, tomadores de decisiones, y creadores del resultado.

El análisis general de los PBL de la carrera de hidrología se desarrolló en los espacios de comunicación con los estudiantes, como clases teóricas, prácticas, laboratorio y prácticas de campo. El docente utilizó medios didácticos y técnicas de aprendizaje como aspectos del aula invertida, para facilitar y viabilizar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Las actividades del docente se diseñaron enfocados en la resolución de problemas, estudios de casos, simulaciones, proyectos de investigación, prácticas de campo, discusiones, lectura y comprensión (resúmenes, ensayos, cuestionarios y videos). El docente fue guiado para mantener un ambiente didáctico en el aula con motivación, interés, aptitud, empatía y participación. Mediante experiencias desafiantes y atención personalizada al estudiante. Por su parte, el estudiante fue protagonista de su aprendizaje, sintiéndose a gusto en la investigación con la resolución de problemas, descubrimientos y reflexión de sus hallazgos. Se realizaron preparaciones previas con materiales proporcionados por el docente, tales como libros, artículos científicos, normas, videos, podcasts e infografías.

En el caso del método tradicional del aprendizaje los docentes plantearon un rol de difusores del conocimiento, el poder y la autoridad. El contenido curricular impartido totalmente racionalista y apegado a la ciencia. Los planteamientos de los problemas eran completamente con pensamientos empíricos, teóricos del tipo descriptivo. En fin, en método tradicional, el contenido era creado por los conocimientos y valores acumulados por la sociedad y las ciencias.

Al final de cada ciclo, se aplicó una encuesta analítica que integró todas las materias impartidas como método para confirmar la validez del PBL y el método tradicional. Por su parte, la información fue procesada mediante estadística descriptiva e inferencial con el programa IBM SPSS Statistics versión 26.

Validez del criterio

Para ello, se utilizó el Índice de Validez de Contenido (CVI) propuesto por [19]. El grupo de estudiantes por ciclo es considerado la principal variable por parte de los evaluadores. El CVI se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$CVI = \frac{n_e - N/2}{N/2} \quad (1)$$

Donde n_e es el número de estudiantes por ciclo que califican como favorable la aplicación práctica del PBL, N es el número total de estudiantes que hacen el examen. [19] sugirió que el CVI varía de +1 a -1, con puntajes positivos que indican una mejor validez de contenido.

Asimismo, la encuesta fue analizada por los espacios de comunicación con los estudiantes que fueron divididos en Salón de clases, Práctica/Laboratorio, Proyectos de Investigación/Prácticas de campo o visitas técnicas. Se utilizó la "Escala de Likert" [20],

Maiquel Lopez Silva, Dayma Carmenates Hernández, Oscar Brown Manrique, Belarmino Guivala, Fernando Brazao Tembe

una de las técnicas psicométricas más conocidas por su facilidad de aplicación y precisión. La escala de Likert fue de 1 a 5, igual a 1 muy insatisfecho, 2 insatisfecho, 3 no muy satisfecho, 4 satisfecho y 5 muy satisfecho. Para la corrección de sesgos, se utilizó el sesgo simple a la varianza utilizando el divisor (n-1).

RESULTADOS

La aplicación del PBL mostró resultados favorables para mejorar el proceso aprendizaje. En la figura 2 se observa la tendencia a mejorar los sistemas de aprendizaje y evaluación de los estudiantes. Se obtiene una función exponencial de mejor ajuste con un exponente entero positivo y un coeficiente de determinación de 0.77.

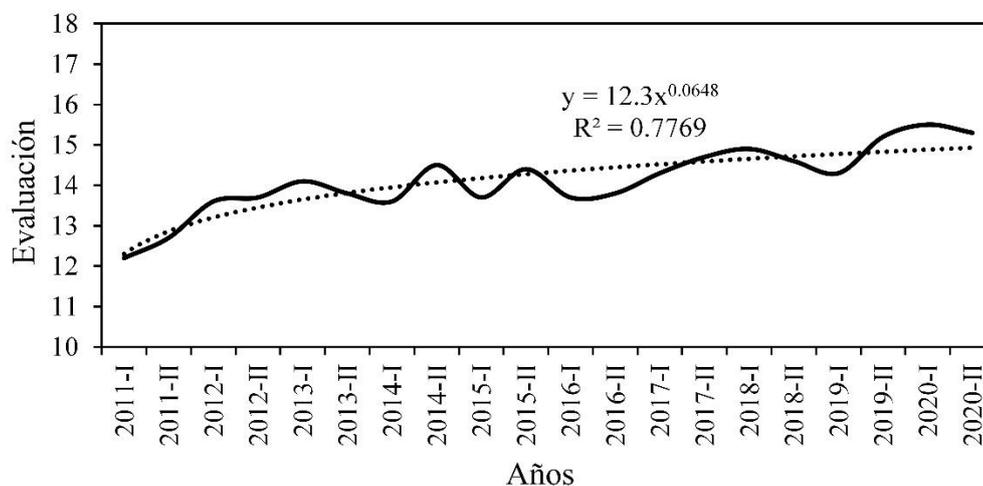


Figura 2. Evaluación del sistema de aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

La forma creciente de la curva estuvo dada por mejoras continuas realizadas al enfoque del PBL, así como al ambiente didáctico, la atención personalizada y trabajo en grupos. El uso de herramientas tecnológicas y un ambiente propicio para que los estudiantes experimentaran el razonamiento y pensamiento estadístico e hidrológico en la solución de PBL.

Enfatizar, que otros factores contribuyeron a las mejoras en las calificaciones de los estudiantes. Entre ellos, la actitud emocional positiva del docente sumado a un profundo conocimiento pedagógico, técnico y científico para el adecuado desarrollo de la motivación profesional. De hecho, contribuyó a elevar el rendimiento académico de los estudiantes.

Además, nuevas estrategias para la instrucción centrada en el estudiante con métodos novedosos de análisis del contenido del trabajo aumentaron la pedagogía virtual y también se introdujeron técnicas de aula invertida. Es evidente, que en la función matemática que se muestra en la figura 2, existen intervalos con pendientes negativas, lo que refleja las limitaciones que impone el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación Universitaria.

La comparación del criterio de PBL con el criterio tradicional se realizó de acuerdo al porcentaje de aceptación de los estudiantes, el cual se ilustra en la Tabla 1. En el valor medio de 444 estudiantes representan el 77.02% de los que consideran que han mejorado su sistema de aprendizaje como el razonamiento estadístico e interpretación de los resultados. Los valores máximos se obtuvieron con 506 estudiantes que representa el 87.77%.

Tabla 1. Comparación estadística

| Parámetros | Propuesta | Tradicional |
|--|------------------------|--------------------|
| Media | 77.02 | 22.98 |
| Mediana | 80.82 | 19.18 |
| Moda | 56.77 | 12.23 |
| Mínimo | 56.77 | 12.23 |
| Máximo | 87.77 | 43.23 |
| Desviación estándar | 9.12 | 17.86 |
| Asimetría | -1.15 | 1.15 |
| Curtosis | 0.46 | 0.46 |
| 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | |
| T Students | Sig. (bilateral) | 0.00 |
| Wilcoxon | Asymp. Sig. (2-tailed) | 0.00 |
| Friedman | Asymp. Sig. | 0.00 |
| Kendalls W | Asymp. Sig. | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

La desviación estándar del método basado en PBL también demostró una mayor consolidación e interés por el método. Asimismo, la desviación estándar está menos dispersa alrededor de la media que el método tradicional, siendo este último, menos atractivo para los estudiantes en su aprendizaje. Además, se ratifica mediante la prueba de hipótesis t de Student para varianzas de dos submuestras. La probabilidad (valor P) para el intervalo de confianza del 95% fue inferior al nivel de significancia ($\alpha=5\%$). El uso de las Pruebas no paramétricas de Wilcoxon, Friedman y Kendall confirma que existen ventajas al utilizar el PBL frente al tradicional. Finalmente, se tomó la decisión de rechazar H_0 y aceptar H_1 , demostrando que difiere el PBL y el tradicional.

El resultado del CVI en 10 años, ha mostrado una aceptación del método PBL por parte de los estudiantes frente al método tradicional. Según la clasificación de [19], en todo momento el CVI ha marchado en ascenso positivo, indicando la aprobación del PBL para el aprendizaje en el curso de Hidrología. En síntesis, el PBL propicia un enfoque de instrucción que permite a los alumnos desarrollar simultáneamente estrategias de resolución de problemas, conocimiento disciplinario e investigación habilidades. Los estudiantes se convierten en solucionadores activos de problemas que se enfrentan a un problema mal estructurado.

Maiquel Lopez Silva, Dayma Carmentas Hernández, Oscar Brown Manrique, Belarmino Guivala, Fernando Brazao Tembe

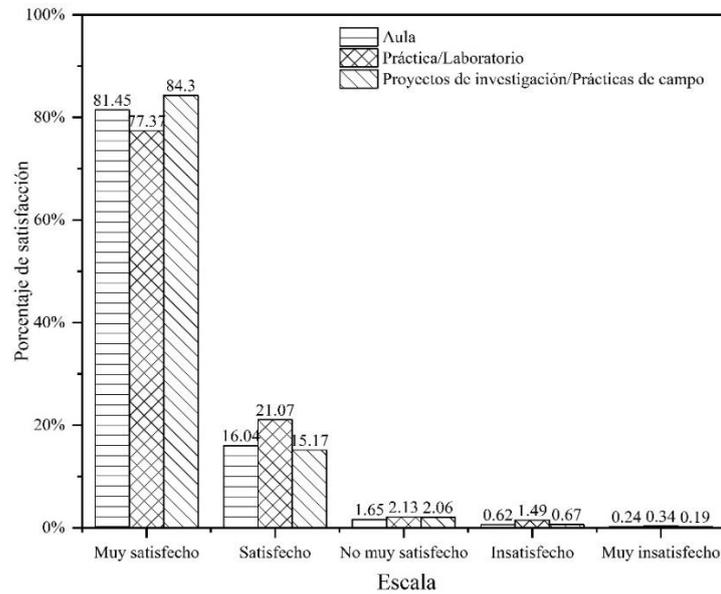


Figura 3. Porcentaje de satisfacción de los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura 3 los porcentajes de satisfacción de los estudiantes. Se encuestó al 92.55% de los estudiantes. De ellos, el 81.04 % estaban muy satisfechos, el 17.43 % satisfechos, el 1.95 % estaban poco satisfechos, el 0.93 % estaban insatisfechos y el 0.26 % estaban muy insatisfechos. Al analizar los escenarios más prácticos del PBL como la actividad de proyecto de investigación y prácticas de campo logró un 84.30%, el salón de clase un 81.45% y prácticas/ laboratorio un 77.37%. Los resultados muestran que el mayor aprendizaje de la hidrología es a través de proyectos de investigación y prácticas de campo.

DISCUSIÓN

El aprendizaje de la hidrología basado en PBL se fundamentó con el riguroso análisis matemático - estadístico en las materias desde las más simples hasta las más complejas y de difícil asimilación. A su vez, se constató su desarrollo mediante el modelo tradicional. Mientras que, la información fue procesada con pruebas paramétricas, no paramétricas y el CVI. Se encontró, que el estudiante tiende a mostrar mayor interés y preocupación por el desarrollo de las actividades mediante los PBL. Buscan interrelacionarse más con los aspectos tecnológicos, facilitando habilidades en procesamiento de datos, razonamiento, pensamiento creativo y crítico sobre problemas reales. Se demuestra en los resultados de las evaluaciones una pendiente positiva creciente. En el mismo contexto, varios estudiantes solicitaron mejorar en sus evaluaciones continuas, parciales y finales. Según la estadística aplicada, se observa que el 87.77% de los estudiantes prefieren el método propuesto que involucra la tecnología en contextos reales-físicos y brinda una experiencia afectiva positiva para los estudiantes. Asimismo, un conjunto de actividades de aprendizaje en grupo donde se fomenta el trabajo colaborativo y autónomo.

Estos resultados son superiores a los informados por [21]. Se ha constatado en las encuestas que las Universidades con mayor acceso tecnológico influyen positivamente en

las capacidades de los estudiantes para participar y recibir aprendizajes auténticos. Estos estudiantes, presentan una destreza superior en búsqueda de resultados en diferentes direcciones. Insertan no solo la solución, plantean ideas innovadoras, consideran número de variables, gestión de datos, viabilidad de soluciones y el tiempo de solución. Al mismo tiempo, las interacciones afectivas con los fenómenos sociales en el campo del PBL mejoraron la participación y el aprendizaje. Se ratifica que las tecnologías digitales benefician la enseñanza y las competencias digitales siempre en un ambiente eco-responsable [22]. Aspectos, fundamentales para obtener un profesional más integral y componente en el mercado laboral.

La prueba estadística fue considerada un análisis válido y riguroso en las variables involucradas para una óptima toma de decisiones. El PBL mostró diferencia significativa frente a la enseñanza tradicional. En el CVI, el estudiante hacía el rol de evaluador y presentó valores positivos, que se encuentra dentro de los valores aceptables de 0.14 a 0.72 de acuerdo con [23]. Pero, según [24], son más efectivos cuando superan el valor de 0,58. En este sentido, el 35% de los resultados del CVI no cumplirían, dados los primeros años de implementación del modelo PBL. Pero, los resultados de esta investigación se han mantenido desde 2014-II superiores a 0.58, por lo que sería interesante en futuras investigaciones reflejar un análisis riguroso del método.

La encuesta mostró que los estudiantes adquieren más interés en proyectos de investigación y prácticas de campo en un 84.30% que no son más que el sistema PBL, lo que representa 451 estudiantes de 534 encuestados. Los resultados son posibles debido a un ambiente adecuado basado en los intereses, motivaciones y conocimientos previos de estadística de los estudiantes. Asimismo, la autogestión del aprendizaje para utilizar los recursos educativos diseñados y el entorno del método de acción. El diseño de PBL vinculados a situaciones de la vida real en que los estudiantes enfrentarán en su vida profesional, permitió ratificar que se estimula el pensamiento creativo y crítico. La efectividad de diferentes enfoques pedagógicos como el PBL, en análisis de casos, demostró contribuir a la entrega de conocimientos y contenidos a los estudiantes de la Educación Superior, resultados que están en concordancia con [7].

El alto porcentaje de satisfacción se debe a que los estudiantes están más motivados por el conocimiento real al que se enfrentarán en su vida profesional, aspectos destacables que coinciden con [8], [25]. Asimismo, el docente juega un papel fundamental en el diseño de la actividad, la orientación y retroalimentación de los problemas, así como la enseñanza personalizada y en grupo.

En conversaciones informales entre docentes y estudiantes, así como entre ellos existía un ambiente saludable e interesados más en el curso. Los estudiantes mencionaron que disfrutaban más el método del PBL a partir de proyectos de investigaciones reales, visitas en campo y metodologías novedosas plasmadas en artículos científicos. Por ello, ayudó a la comprensión de las teorías, sus habilidades de investigación, solución del problema y su capacidad para seleccionar, organizar y presentar los resultados para su disertación. Fueron aspectos que también señaló [14], que los proyectos de investigación es un complemento fuerte para fortalecer el vínculo entre la teoría y la práctica.

Maiquel Lopez Silva, Dayma Carmenates Hernández, Oscar Brown Manrique, Belarmino Guivala, Fernando Brazao Tembe

Como es notorio, la encuesta también identificó algunas debilidades. El 77.37%, indicando que las infraestructuras y tecnologías de los laboratorios de computación en las universidades influyen en el logro efectivo de la enseñanza de la hidrología. En el mismo contexto, varios investigadores [17], [26] and [27], han demostrado que el uso de las tecnologías brinda nuevas oportunidades para un profesional más integral.

Finalmente, el rol del docente cuando aplica el PBL en hidrología tiende a ser significativo en la consolidación del aprendizaje desde una posición motivacional en la que involucra a los estudiantes en experiencias reales o fenómenos naturales que afectan a la sociedad, con lo cual pueden generar contradicciones a sus hipótesis iniciales y así estimular la discusión. Estos son aspectos que contribuyen a que el estudiante establezca conexiones entre los conceptos e ideas estudiados antes de clase. Asimismo, incentivan al estudiante en el desarrollo de la autonomía, el liderazgo y la autoestima cuando tenga dificultades o carencia de habilidades.

Se puede precisar que las evaluaciones y capacidades de los estudiantes no mostraron diferencias significativas entre Universidades Públicas y Privadas, pero se evidenció un incremento en el grado de motivación de los estudiantes en ambas modalidades de servicio educativo. Finalmente, al culminar la carrera, muchos continúan con sus proyectos para optar por el Título de Ingeniero Civil y, en otros casos, para publicar sus resultados en revistas indexadas.

CONCLUSIONES

El enfoque desarrollado para el aprendizaje de la hidrología permitió a los estudiantes desarrollar competencias generales y específicas. Al respecto, se refleja la aceptación del PBL y su estado emocional a través, de mejoras en sus evaluaciones de la función matemática de tipo exponencial. Validado por las diferencias significativas de forma estadística entre los métodos PBL y el tradicional. Asimismo, CVI alcanzó valores positivos superiores a 0,14 dentro de valores aceptables.

Al mismo tiempo, la gestión de la motivación por el aprendizaje debe estar integrada en todos los elementos que definen el diseño y desarrollo de la docencia. Los docentes deben utilizar estrategias cognitivas y metacognitivas y otros modelos que les permitan gestionar su motivación como el PBL con 84.30% de estudiantes satisfechos con los conocimientos adquiridos en base a las herramientas, tecnologías y su aplicación práctica en la profesión de Ingeniería Civil.

Un hallazgo importante es que existen diferencias en los planes de estudio de estadística hidrológica entre los países y entre Universidades Públicas y Privadas. Sin embargo, se recomendaría para trabajos futuros un análisis comparativo. Los beneficios de realizar esta investigación radican en el impacto novedoso de evaluar las competencias científicas, así como, enriquecer y homogeneizar criterios de enseñanza y aprendizaje universitaria a nivel global. Asimismo, podría brindar información valiosa sobre la influencia de las competencias científicas en los contenidos específicos y generales y su impacto en la formación profesional.

El principal hallazgo de la investigación desarrollada es el impacto positivo de la aplicación durante 10 años el método de PBL, que brinda una herramienta pedagógica integral para enfrentar situaciones críticas del desarrollo sostenible en diferentes regiones del mundo a través, del proceso del aprendizaje. No obstante, se necesita un estudio más profundo para comprender el efecto sobre el tema de la Hidrología como ciencia interdisciplinaria. En respuesta a la conclusión anterior, se debe ampliar el trabajo futuro sobre el número de cursos en el instrumento, los cursos de las ciencias de la tierra y el rendimiento académico para evaluar el impacto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Licciardello, S. Consoli, C. Cirelli, A. Fernández, G. Montejo y E. Taguas, "Technology enhanced Learning for Promoting Technical and Social Competences in Hydrological Science", *Technology Knowledge and Learning*, vol. 26, pp. 985-997, 2021.
- [2] S. Haag y R. Megowan, "Building Competence in Science and Engineering", *Standards*, vol. 1, p. 39-52, 2021.
- [3] L. Timofeeva y Z. Timofeeva, "Competency-Based Training in Hydrological Education", de *Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference*, Rezekne, Latvia, 2019.
- [4] S. Uhlenbrook y E. Jong, "T-shaped competency profile for water professionals of the future", *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 16, pp. 3475-3483, 2012.
- [5] J. Mainert, C. Niepel, K. Murphy y S. Greiff, "The incremental contribution of complex problem-solving skills to the prediction of job level, job complexity, and salary", *Journal of Business and Psychology*, vol. 34, n° 6, pp. 825-845, 2019.
- [6] G. Gorghiu, L. Drăghicescu, S. Cristea, A. Petrescu y L. Gorghiu, "Problem-based Learning - An Efficient Learning Strategy in the Science Lessons Context Procedia", *Social and Behavioral Sciences*, vol. 191, n° 2, pp. 1865-1870, 2015.
- [7] E. Forcael, V. González, F. Orozco, A. Opazo, A. Suazo y P. Aránguiz, "Application of Problem-Based Learning to Teaching the Critical Path Method", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 13, n° 3, pp. 857-871, 2017.
- [8] H. Yew y K. Goh, "Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning", *Health Professions Education*, pp. 2452-3011, 2016.
- [9] A. Andrew, T. Tawfik, J. Jaclyn, L. Gish y J. Gatewood, "How K-12 Teachers Adapt Problem-Based Learning", *IUScholarWorks Journals.*, vol. 15, 2021.
- [10] M. Moallem, W. Hung y N. Dabbagh, "The Wiley Handbook of Problem-Based Learning, Wiley, 2019.
- [11] J. Strobel y B. van, "When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms", *Interdiscip J Problem-based Learn*, vol. 3, n° 1, 2009.
- [12] S. Lyon y C. Teutschben, "Problem-Based Learning and Assessment in Hydrology Courses: Can Non-Traditional Assessment Better Reflect Intended Learning Outcomes?", *Journal of Natural Resource and Life Sciences Education*, vol. 40, pp. 199-205, 2011.

Maiquel Lopez Silva, Dayma Carmenates Hernández, Oscar Brown Manrique, Belarmino Guivala, Fernando Brazao Tembe

- [13] I. Ngambeki, . S. Thompson, P. A. Troch, . M. Sivapalan y D. Evangelou, "Engaging the students of today and preparing the catchment hydrologists of tomorrow: student-centered approaches in hydrology education", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 9, pp. 707-740, 2012.
- [14] A. Van Loon, "Learning by doing: enhancing hydrology lectures with individual fieldwork projects", *Journal of Geography in Higher Education*, vol. 43, n° 2, pp. 155-180, 2019.
- [15] P. Tania, A. Guernes Dias y C. Vasconcelos, "Geology and Environment: A Problem-Based Learning Study in Higher Education", *Education in Geosciences*, vol. 11, n° 4, 2021.
- [16] H. Cho, K. Zhao y C. Lee, "Active learning through flipped classroom in mechanical engineering: improving students perception of learning and performance International Journal of STEM Education", *International Journal of STEM Education*, vol. 8, n° 46, 2021.
- [17] R. Chowdhury, "Industry-Practice-Based Engineering Hydrology Education at USQ", *Australia Education Sciences*, 9, 213, vol. 9, 2019.
- [18] J. Jesionkowska, F. Wild y Y. Deval, "Active Learning Augmented Reality for STEAM education a Case Study", *Education Sciences*, vol. 10, n° 198, 2020.
- [19] C. Laswshe, "A quantitative approach to content validity", *Personnel Psychology*, vol. 28, n° 4, pp. 563-575, 1975.
- [20] R. Likert, "A technique for development of attitude scales ", *Archives of Psychology*, vol. 140, pp. 44-53, 1932.
- [21] R. Hite, P. Solís, L. Wargo y T. Larsen, "Exploring Affective Dimensions of Authentic Geographic Education Using a Qualitative Document Analysis of Students Youth Mappers Blogs", *Education Sciences*, vol. 8, n° 173, 2018.
- [22] S. Barragán, V. Corujo, R. Palacios y G. Román, "Teaching Digital Competence and Eco-Responsible Use of Technologies: Development and Validation of a Scale", *Sustainability*, vol. 12, 2020.
- [23] D. Polit, C. Beck y S. Owen, "Is the CVI an acceptable indicator of content validity?", *Appraisal and recommendations Research in Nursing Health*, vol. 30, p. 459–467, 2007.
- [24] L. Tristán, "Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo", *Avances en Medición Instituto de Evaluación e Ingeniería Avanzada*, vol. 1, pp. 37-48, 2008.
- [25] A. Argaw, B. Haile, B. Ayalew y S. Kuma, "The Effect of Problem Based Learning (PBL) Instruction on Students Motivation and Problem Solving Skills of Physics". *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol.13, p. 857-871.
- [26] W. Duan, S. Maskey, B. Chaffe y P. Luo, "Recent Advancement in Remote Sensing Technology for Hydrology Analysis and Water Resources Management", *Remote Sensing*, vol. 13, 2021.
- [27] J. Seibert, S. Uhlenbrook y T. Wagener, "Hydrology education in a changing world", *Hydrology and Earth System Science*, vol. 17, p. 1393–1399, 2013.