

DOI: 10.24850/j-tyca-2025-02-07

Artículos

**Aula invertida y el aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la hidrología a estudiantes de ingeniería civil en Cuba, Perú y Mozambique**  
**Flipped classroom and problem-based learning in teaching hydrology to civil engineering students in Cuba, Peru and Mozambique**

Maiquel López-Silva<sup>1</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-6160>

Dayma Carmenates-Hernández<sup>2</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5482-7562>

Gladys Requejo-Pacheco<sup>3</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4262-1986>

Oscar Brown-Manrique<sup>4</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3713-3408>

Albi Mujica-Cervantes<sup>5</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6355-5116>

Fernando Brazao-Tembe<sup>6</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0447-9594>

Belarmino Guivala<sup>7</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3101-3060>

<sup>1</sup>Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú,  
[mlopezs@ucss.edu.pe](mailto:mlopezs@ucss.edu.pe)



<sup>2</sup>Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú,  
dcarmenates@ucss.edu.pe

<sup>3</sup>Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú,  
grequejo@ucss.edu.pe

<sup>4</sup>Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, obrow@unica.cu

<sup>5</sup>Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba, albi@unica.cu

<sup>6</sup>Instituto Superior Politécnico de Gaza, Gaza, Mozambique,  
fernando.tembe@ispg.ac.mz

<sup>7</sup>Escola Superior de Desenvolvimento Rural, Universidad Eduardo  
Mondlane, Vilankilo, Mozambique, belarmino.j.guivala@uem.mz

Autor para correspondencia: Maiquel López-Silva, mlopezs@ucss.edu.pe

## Resumen

En este artículo se desarrolla un nuevo modelo pedagógico del aula invertida (FC) y el aprendizaje basado en problemas (PBL) para la enseñanza de la hidrología a estudiantes de ingeniería civil. La investigación fue aplicada de diseño cuasi experimental. Se aplicaron los métodos pedagógicos por un periodo de 10 años en dos universidades públicas, una de Cuba (UC) y la otra de Mozambique (UM), y una privada en Perú (UP). El instrumento aplicado demostró ser confiable, válido y las pruebas de normalidad demostraron que existen diferencias significativas en el nuevo modelo FC-PBL en comparación con el tradicional. Se probó mayor satisfacción en las habilidades genéricas y grado de aprendizaje

adquirido en los estudiantes de UP, UC, UM de 89.92, 80.12 y 46.14 %, respectivamente. Se concluyó que el nuevo modelo pedagógico FC-PBL proporciona mayores fortalezas para la formación del ingeniero civil en la educación superior del siglo XXI.

**Palabras clave:** aprendizaje centrado en el estudiante, educación en ingeniería, habilidades de ingeniería, pensamiento crítico, procesos de aprendizaje, resolución de problemas.

## Abstract

In this article, a new pedagogical model of the Flipped Classroom (FC) and problem-based learning (PBL) is developed for teaching hydrology to civil engineering students. The research was applied with a quasi-experimental design. The pedagogical methods were applied for a period of 10 years in a public university in Cuba (UC) and Mozambique (UM), and a private one in Peru (UP). The applied instrument proved to be reliable and valid, and the normality tests showed that there are significant differences in the new FC-PBL model compared to the traditional one. Greater satisfaction was demonstrated in the generic skills and degree of learning acquired in the students of UP, UC, UM of 89.92, 80.12 and 46.14 %, respectively. It was concluded that the new FC-PBL pedagogical model provides greater strengths for the training of civil engineers in higher education in the 21st century.

**Keywords:** Student-centered learning, engineering education, Engineering Skills, critical thinking, Learning processes, problem-solving

Recibido: 04/07/2023

Aceptado: 02/01/2024

Publicado *online*: 11/01/2024

## Introducción

La educación superior del siglo XXI se enfrenta a grandes desafíos por las prácticas pedagógicas y el proceso de adaptación e implementación de nuevas tecnologías. Sin embargo, Tunji, Kajimo, Ayodele y Emmanuela (2021) citan que el estilo de enseñanza es el factor más importante que afecta el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, las universidades deben fomentar prácticas pedagógicas innovadoras, para adecuarse a los cambios y retos futuros del desarrollo social, así como predecir los problemas ante las necesidades de la humanidad (Maureira, Vásquez, Garrido, & Olivares, 2020; Sukacké *et al.*, 2022), como es el caso del curso de hidrología en ingeniería civil en donde los estudiantes deben estimar máximas avenidas —producto de los fenómenos meteorológicos— para crear estructuras hidráulicas sostenibles (Sukacké *et al.*, 2022). Por tanto, se les deben proporcionar métodos de enseñanza y aprendizaje cautivadores e integradores para generar las habilidades necesarias para su vida profesional.

La Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET) ha destacado cualidades importantes para fomentar mejoras en la calidad educativa: la capacidad de comunicarse eficazmente, y la capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos utilizando estrategias de aprendizaje adecuadas (Pejcinovic, 2019; Suárez *et al.*, 2021).

Las habilidades del estudiante universitario del siglo XXI son diversas: digitales, cognitivas avanzadas, ejecutivas y socioemocionales (Mateo *et al.*, 2022). Al respecto, las universidades de Suecia solo emplean profesores con competencias y pedagogía en las disciplinas a dictar, las cuales crean las condiciones para mejorar la calidad de la enseñanza (Măță & Suci, 2011; Ryegård, Apelgren, & Olsson, 2010).

En algunos países de la región de América Latina, la idea de las habilidades del siglo XXI como eje central de los programas curriculares ha tenido una buena recepción, pero en Argentina, Uruguay, Paraguay y Perú se ha mostrado rechazo a dichas habilidades (Mateo *et al.*, 2022).

La educación centrada en el estudiante “aprendizaje basado en problemas” (PBL) es el método pedagógico más diversificado en EUA, que surgió de las malas prácticas de la enseñanza de medicina en Canadá (Dochy, Segers, Van den Bossche, & Gijbels, 2003).

No obstante, han existido diversos resultados empíricos en otras ramas de la ciencia que cubren numerosas habilidades sostenibles (Beer & Mulder, 2020; Carrió & Llerena, 2022; Carrió, Baños, & Rodríguez, 2022). El PBL implementado de forma adecuada permite desarrollar una serie de competencias en el entorno profesional (Gorghiu, Anghel, & Ion, 2015).

Por otro lado, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) promueven la adaptabilidad de nuevas formas de aprendizaje dentro de la universidad, como el aula invertida. El aula invertida es la estrategia que combina variados ambientes de aprendizaje con una amplia base en las TIC (Al, Shamsuddin, & Alzahrani 2020; Bergmann & Sams, 2012; Del Río-Gamero *et al.*, 2022). Sin embargo, los métodos FC

y PBL enfrentan desafíos por su elevado uso de herramientas y TIC para el desarrollo de las actividades.

En Cuba existen escasas investigaciones relacionadas con el FC y PBL; en su mayoría se enfocan al plan de estudio de la carrera de medicina (Alemán, López, Oscar, & Solís, 2008; Sarmiento, Hernández, Esquivel, Gutiérrez, & Rodríguez, 2022). Unas de las posibles causas es el escaso avance de digitalización en relación con otros países en vía de desarrollo (Maloney, 2021), aunque se han planteado estrategias en las carreras de ingeniería, como los proyectos integradores, que permiten la interdisciplinariedad e involucra la investigación científica-tecnológica (Rivero, Murillo, & Ferrer, 2017; Sociedad, Pimentel, Lozano, & Finalé-de-la-Cruz, 2019; Zúñiga, Cruz, Dotres, & Abreu, 2021).

En el Perú existen evidencias científicas de la aplicación del PBL y FC (Chiyón, Palma, & Cazorla, 2011; Baudin *et al.*, 2022; Serrano, Pérez, Puño, & Hurtado, 2023). Al respecto, Vásquez *et al.* (2023), en la aplicación del FC, detectan que el 70 % de la muestra aumentó el nivel de aprendizaje en la experiencia curricular. Del-Savio *et al.* (2023) citan que con la ejecución del PBL en el curso de diseño y construcción virtual de ingeniería civil en la Universidad de Lima se mostró que los estudiantes mejoraron en un 6.13, 7.15 y 3.44 % en cuanto a desarrollo de las competencias, grado de aprendizaje y tratamiento de proyectos, respectivamente.

Mozambique ejecuta la migración hacia las aulas digitales con fuertes esfuerzos porque la población presenta dificultades básicas y económicas. Rhongo y Da-Piedade (2022) demuestran que a pesar de los esfuerzos persisten obstáculos para el acceso a los recursos tecnológicos

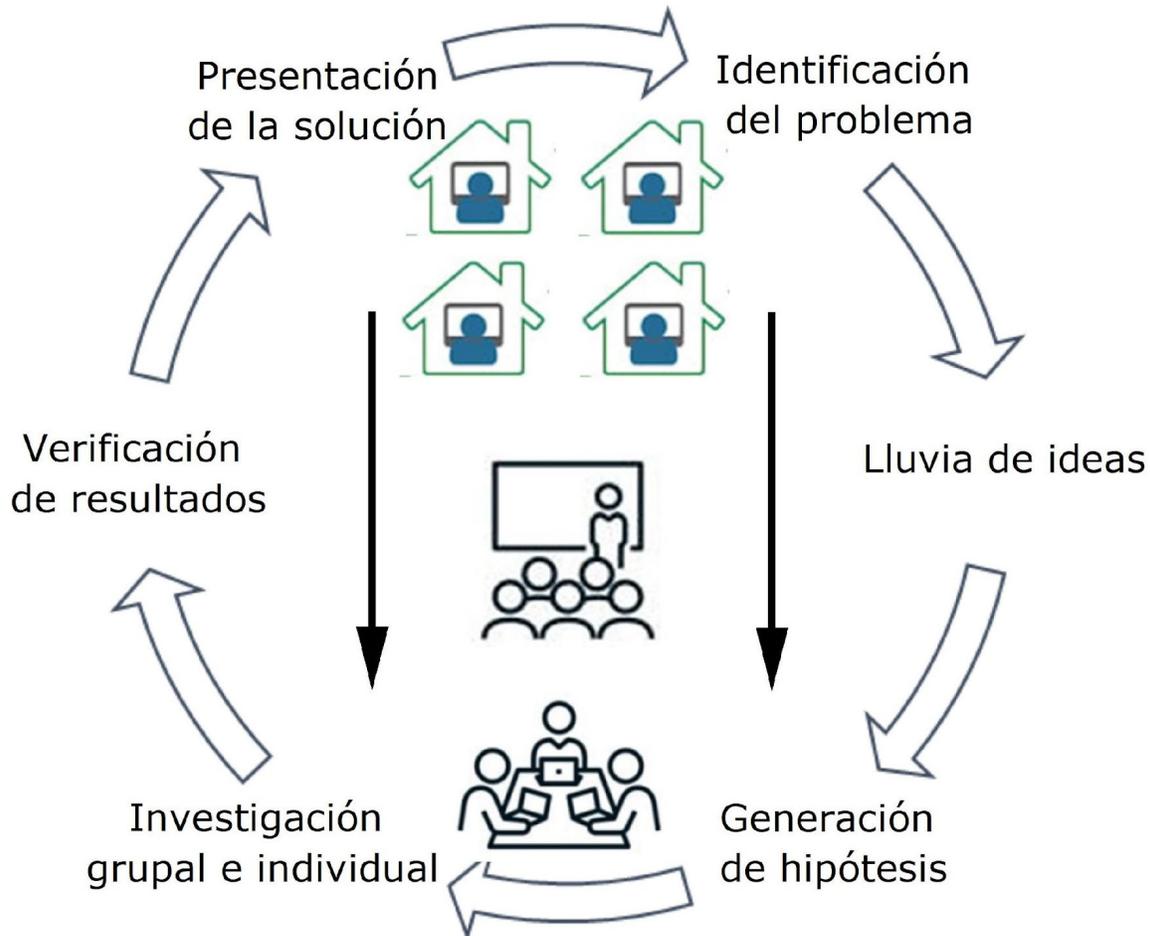
y conectividad con Internet. Mendonça, Popov, Frånberg y Cossa (2012), y Campira, Silva y Araújo (2021) señalan otro aspecto: que la infraestructura y la diversificación sociocultural dificultan la enseñanza y aprendizaje del estudiante. Sin embargo, existen actitudes favorables en el sector educativo para integrar nuevas estrategias didácticas.

Por tanto, la investigación tiene como propósito plantear el modelo pedagógico del FC y el PBL para la enseñanza eficaz de la hidrología a estudiantes de ingeniería en universidades de Cuba, Perú y Mozambique.

## Materiales y métodos

### Metodología

La representación esquemática del modelo FC y el PBL se muestra en la Figura 1. En primer lugar, el estudiante realiza el autoestudio de conceptos, teorías y procesos eventuales mediante los materiales de consultas a través del aula digital desde su hogar. En segundo lugar, en el salón de clase el profesor aplica mayor tiempo al PBL real de la sociedad. En tercer lugar, se amplían los conocimientos con base en los PBL y el desarrollo de proyectos de investigación. En todo su proceso estará presente la identificación del problema hasta la presentación de la solución del mismo.



**Figura 1.** Modelo pedagógico FC-PBL.

La investigación por su tipo y finalidad se aplica con un enfoque cuantitativo que permite describir, procesar y explicar fenómenos en la base de datos cuantitativa (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Se utilizó un diseño cuasi experimental con una manipulación deliberada de las variables independientes (FC y PBL) para observar el efecto sobre las variables dependientes (habilidades genéricas e influencia del aprendizaje).

En la aplicación del modelo pedagógico no existió una selección de estudiantes y tampoco una asignación aleatoria, fue para la totalidad de los estudiantes matriculados en el curso de hidrología. Por ello, se han generado tres grupos experimentales UC, UP y UM, que corresponden a una universidad para cada país: Cuba, Perú y Mozambique, respectivamente.

Se aplicó una encuesta digital como instrumento de recopilación de datos para explorar las percepciones de los estudiantes del efecto del modelo pedagógico en el desarrollo de las habilidades genéricas y aprendizaje.

La encuesta en su primera fracción media la percepción de los estudiantes sobre el modelo tradicional y el nuevo modelo pedagógico, con énfasis en las habilidades genéricas. Atendiendo a su contenido, se agruparon en tres grupos: relaciones interpersonales y trabajo grupal (RITG); autonomía y desarrollo personal (ADP); y habilidades relativas a los valores (CRV). En la segunda fracción, la encuesta abarcó la percepción que tenían los estudiantes sobre el nuevo modelo pedagógico FC y PBL, según el grado de mejora en el salón de clases, en el laboratorio y en el desarrollo del proyecto/prácticas de campo.

Por último, el modelo pedagógico FC y PBL se aplicó en estudiantes de universidades públicas y privadas (UC y UM en públicas; UP en privada). La duración del análisis de la investigación fue de 10 años, equivalente a 20 ciclos, con participación de seis profesores y dos colaboradores.

## Evaluación y validación del instrumento



Se aplicó el alfa de Cronbach para la confiabilidad del instrumento con rango jerárquico de acuerdo con Taber (2018); mientras que para la validez del instrumento se aplicó el índice de validez de contenido (CVI) (Albaum, 1997; Lawshe, 1975). Además, se utilizó la escala Likert con cinco rangos de clasificación desde muy insatisfecho hasta muy satisfecho.

Se elaboró la investigación bajo un margen de error de 2 % para un nivel de confianza del 95 % y probabilidad del 5 %. Se estimó una muestra de estudiantes a partir de quienes finalizaron el curso de hidrología. Se aplicó la prueba de normalidad de los datos bajo el test estadístico de Kolmogórov-Smirnov y Spearman a partir del *software* IBM SPSS Statistics versión 24.

## Resultados

Durante el periodo de investigación, las universidades alcanzaron una matrícula de 1 986 estudiantes, equivalente a la población de estudio. Ello generó una muestra de 95.16, 92.93 y 92.03 % en relación con la población en la universidad en Cuba (UC), en la universidad de Perú y en la universidad en Mozambique (UM), respectivamente.

Los resultados del alfa de Cronbach para cada variable dependiente y sus parámetros indica que la encuesta fue confiable con rango jerárquico entre 0.7 y 0.8, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Pruebas del alfa de Cronbach.

Variable	Parámetros	Alfa de Cronbach
	Relaciones interpersonales y trabajo grupal (RITG)	0.806
	Autonomía y desarrollo personal (ADP)	0.856
	Relativas a los valores (HRV)	0.768
Aprendizaje	Grado de mejora en el salón de clase	0.846
	Grado de mejora en el laboratorio	0.791
	Grado de mejora en el desarrollo de proyecto	0.874

Los resultados de las pruebas de normalidad se indican en la Tabla 2. Según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, existe una distribución no normal el  $P$ valor  $< 0.05$ . Por tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Spearman, que reflejó un nivel de significancia de 0.000 menor a 0.05, lo cual evidencia que el nuevo modelo pedagógico influye en mejoras del aprendizaje en los estudiantes de las tres universidades.

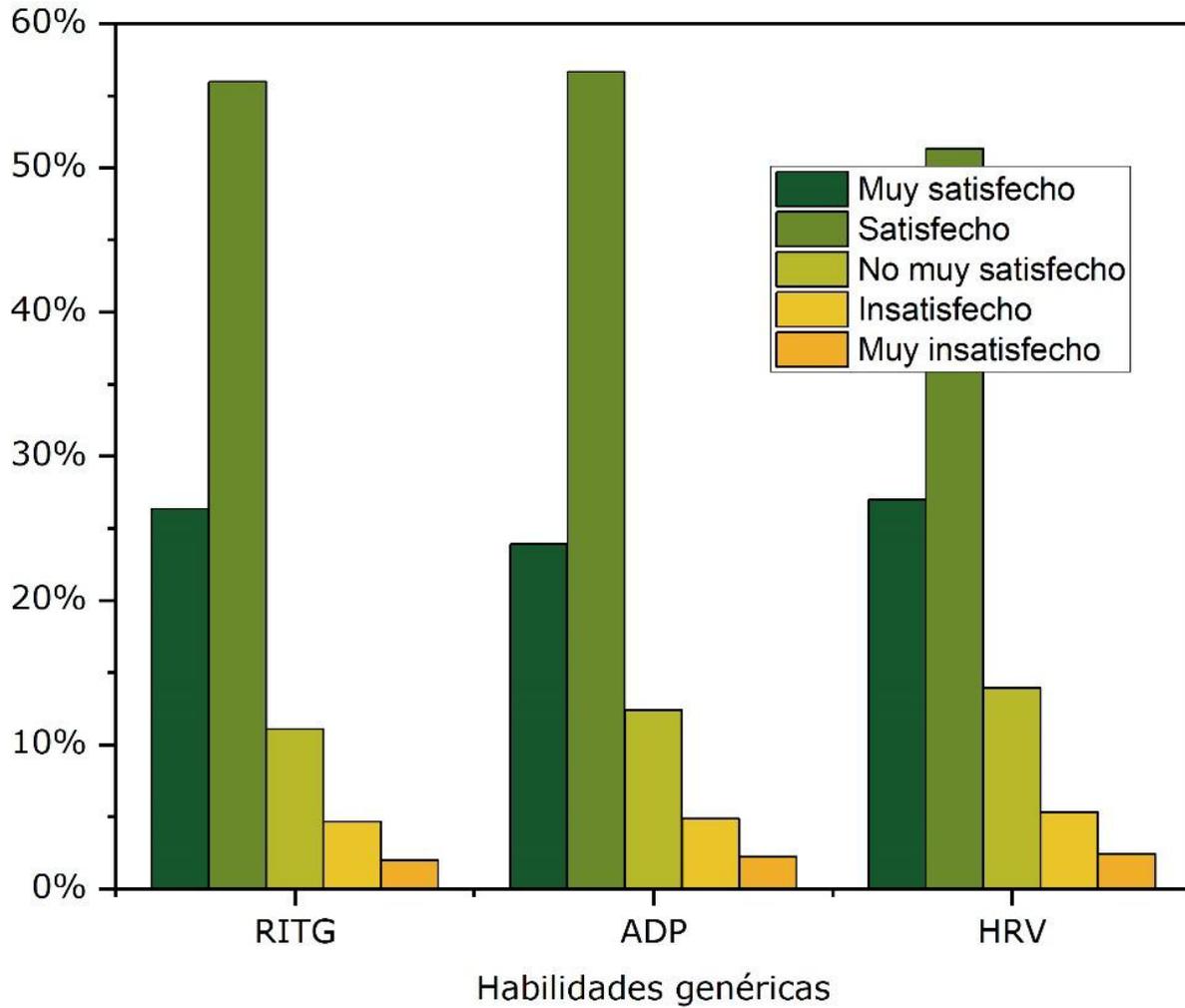
**Tabla 2.** Pruebas de normalidad.

Método	Universidad	Kolmogorov-Smirnov			Prueba Spearman	
		Estadístico	gl	Sig.	Correlación de Pearson	Sig.
Tradicional	UC	0.457	452	0.000	0.23	0.000

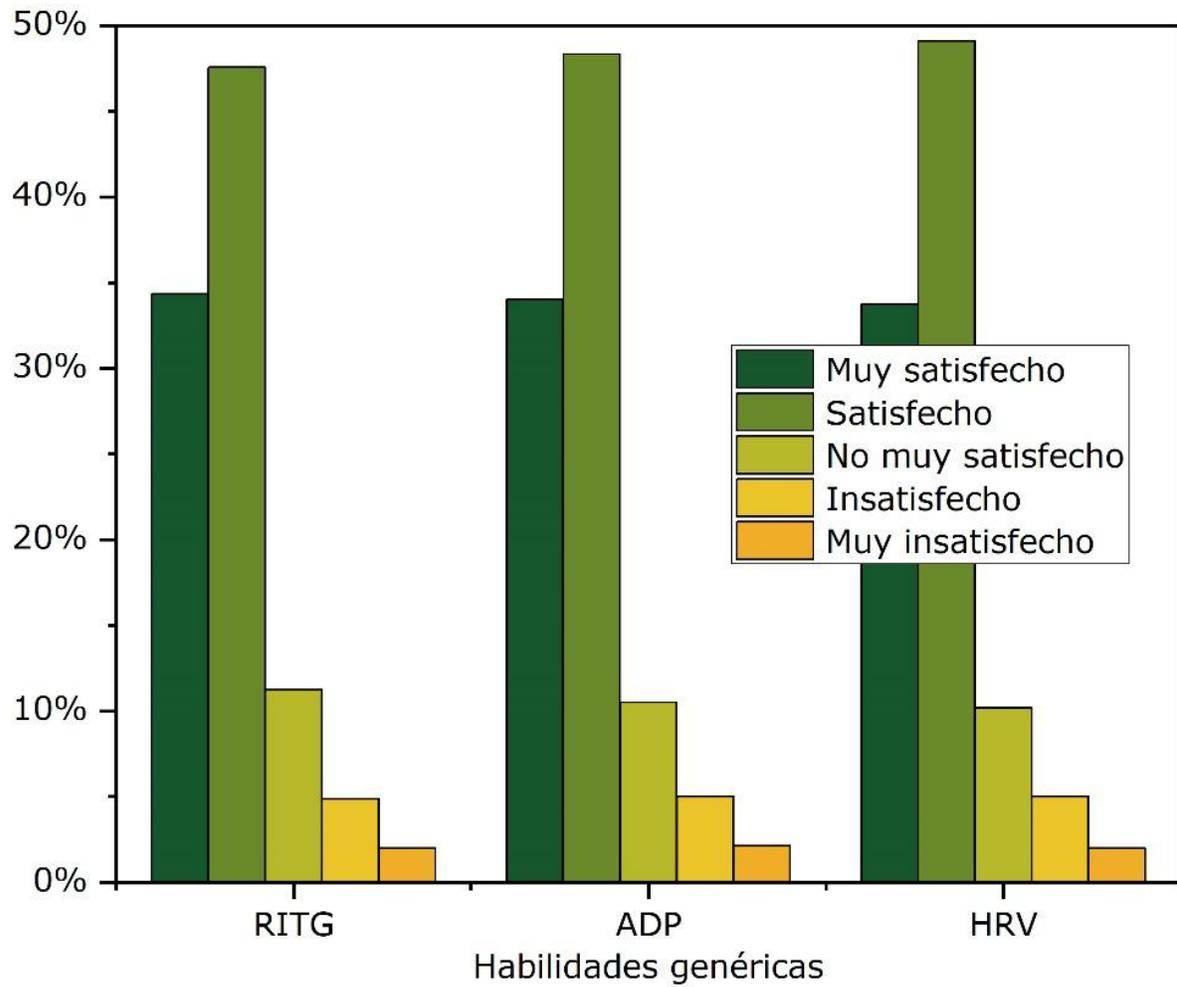
Método	Universidad	Kolmogorov-Smirnov			Prueba Spearman	
		Estadístico	gl	Sig.	Correlación de Pearson	Sig.
FC-PBL		0.457	452	0.000		
Tradicional	UP	0.448	658	0.000	0.25	0.000
FC-PBL		0.448	658	0.000		
Tradicional	UM	0.413	739	0.000	0.46	0.000
FC-PBL		0.413	739	0.000		

Por otro lado, el índice de validez de contenido mostró un grado de aceptación del nuevo modelo pedagógico FC-PBL en comparación con el método tradicional con valores desde 0.14 hasta 0.72.

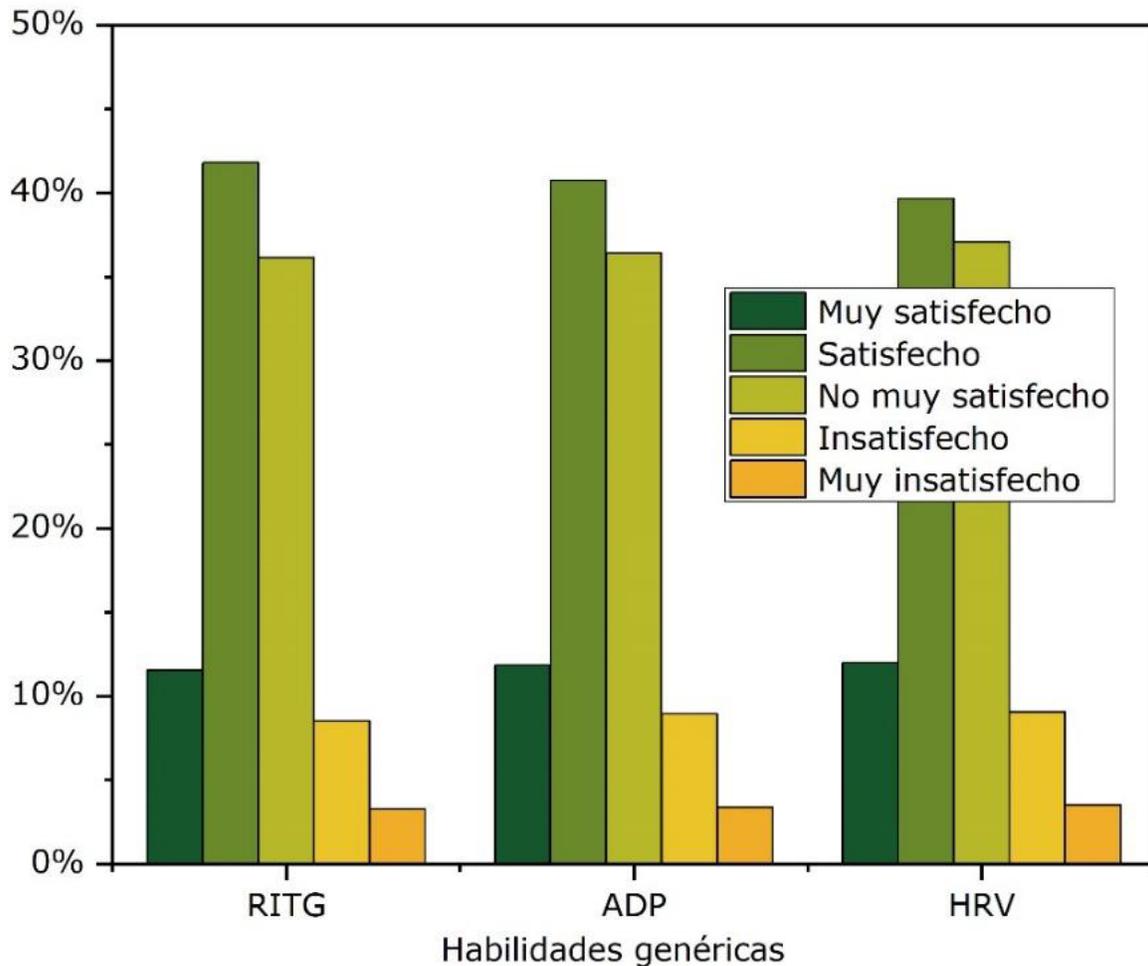
Los resultados de la encuesta respecto al desarrollo de habilidades genéricas se muestran en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4. En general, los estudiantes plantearon que el nuevo modelo pedagógico FC y PBL contribuyó a desarrollar habilidades genéricas sobre el método tradicional, aunque en la universidad de Mozambique (UM) existe un valor significativo de estudiantes que no están muy satisfecho con el método.



**Figura 2.** Criterio de los estudiantes de la universidad en Cuba.

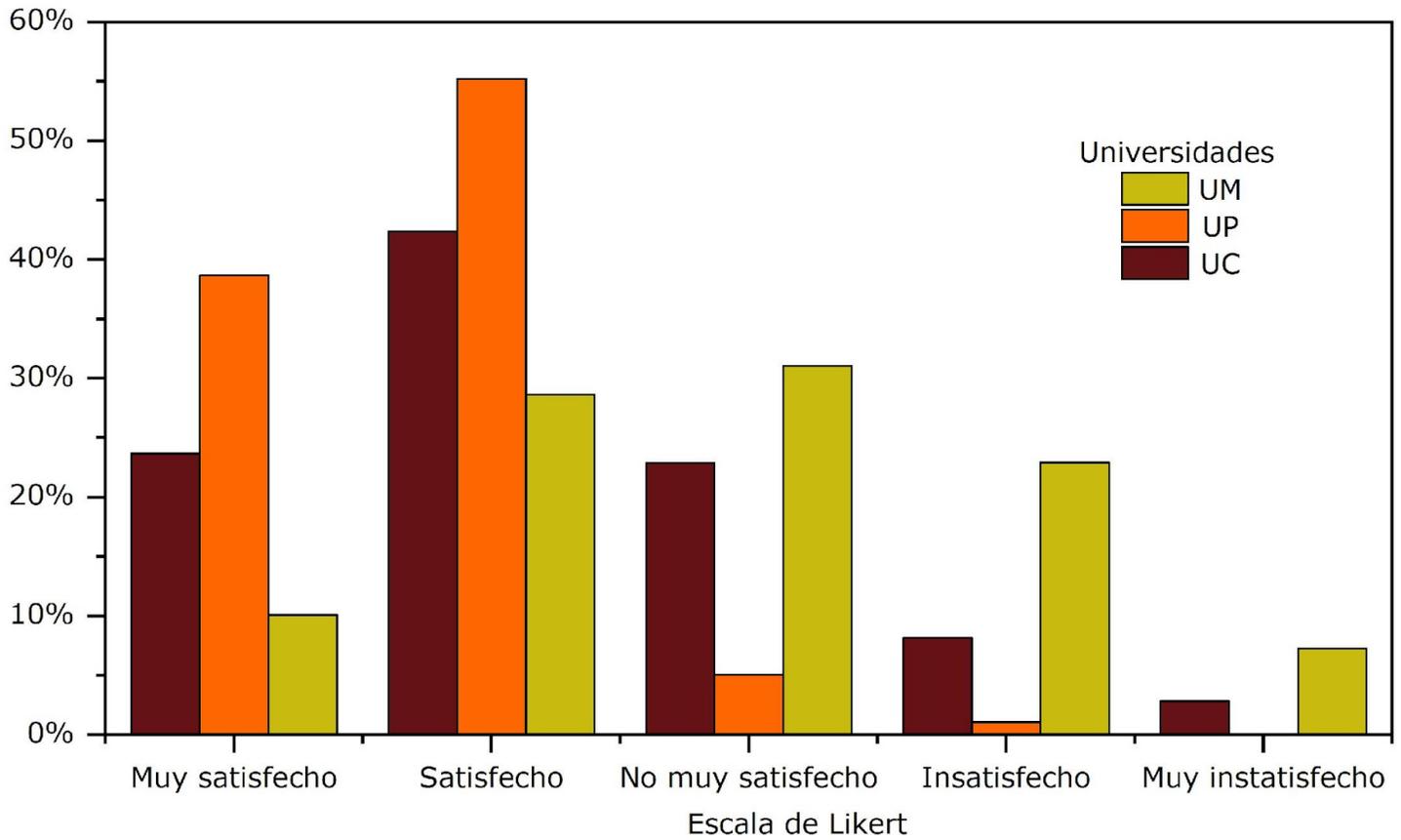


**Figura 3.** Criterio de los estudiantes de la universidad en Perú.

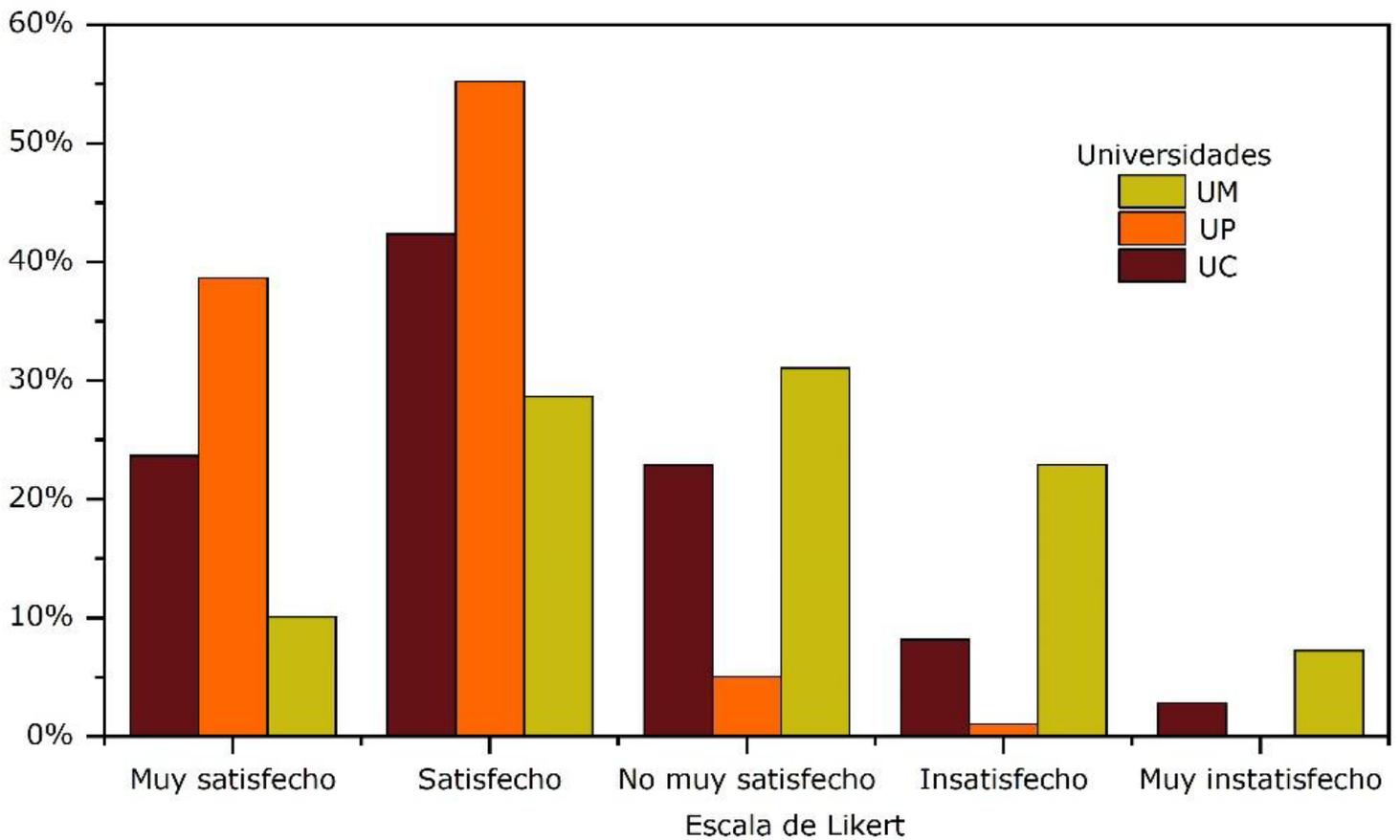


**Figura 4.** Criterio de los estudiantes de la universidad en Mozambique.

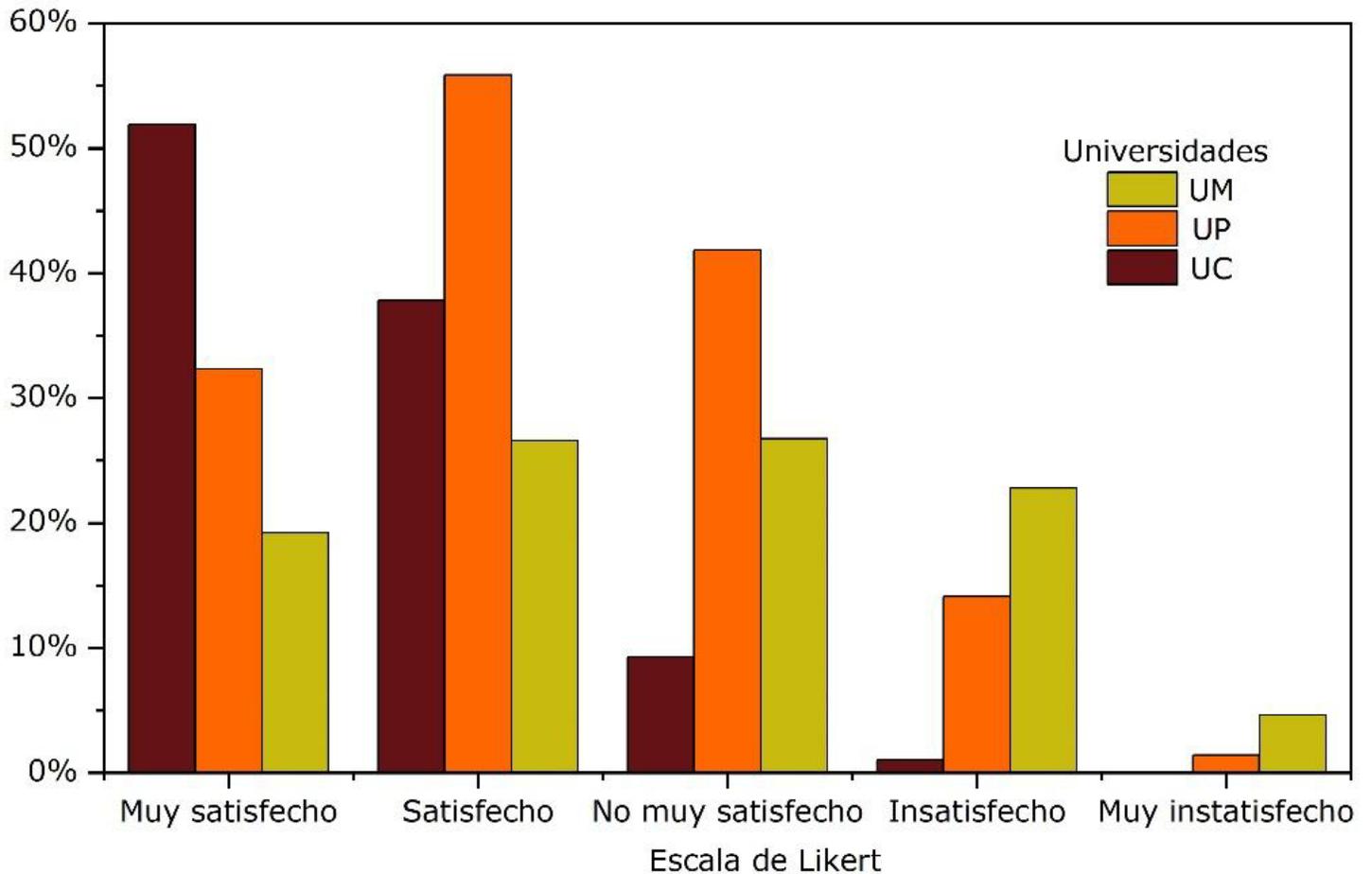
Los resultados del nivel de mejora en el aprendizaje se muestran en la Figura 5, Figura 6 y Figura 7. Existió un notable grado de mejora en el aprendizaje de los estudiantes en la UC y UP; pero respecto a la UM, existió un menor grado de satisfacción en los tres espacios evaluados.



**Figura 5.** Grado de mejora en el salón de clase.



**Figura 6.** Grado de mejora en el laboratorio.



**Figura 7.** Grado de mejora en el desarrollo de proyecto.

## Discusión

El instrumento elaborado según el análisis del alfa de Cronbach es aceptable y con elevada confiabilidad, mientras que los valores del rango jerárquico según clasificación de Taber (2018) son adecuados para su implementación. Por tanto, el instrumento permitió medir las variables dependientes de forma precisa y eficaz.

El nuevo método pedagógico FC-PBL en relación con el método tradicional de enseñanza mostró diferencias significativas, por lo cual se aceptó la hipótesis alternativa (H1) y se rechazó la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Además, se demostró de forma estadística que el nuevo método pedagógico FC-PBL influye en el aprendizaje de los estudiantes en el curso de hidrología. El coeficiente de correlación de la prueba de Spearman en UC y UP fue de 0.23 y 0.25, que según Hernández *et al.* (2014) es una correlación positiva débil. Sin embargo, respecto al coeficiente de correlación, en la UM fue de 0.46 más cercano a 0.5, que clasifica como una correlación positiva media. Por lo tanto, se deduce que existe en los estudiantes una escasa apreciación en diferenciar las metodologías y su repercusión en el aprendizaje, cuyas causas podrían ser diversas (Mendonça *et al.*, 2012; Campira *et al.*, 2021).

La encuesta aplicada en las habilidades genéricas arrojó que los estudiantes de la UC y UP alcanzaron de forma más amigable las competencias genéricas en cuanto al modelo FC-PBL propuesto. Los resultados fueron de muy satisfecho y satisfechos, con valores próximos al 82 %; pero en la UM solo alcanzó el 53.05 % y mostró debilidades en los logros de las habilidades.

Se observó que las habilidades asociadas con la autonomía y el desarrollo personal (ADP) son las más influyentes en la UC, con 56.54 %; mientras que en la UP las preponderantes fueron las habilidades relativas a los valores (CRV) con 49.09 %; y en la UM fueron las relaciones interpersonales y trabajo grupal (RITG) con 41.81 %. No existió una homogeneidad de habilidades genéricas entre universidades; las posibles causas podrían ser las diferencias geográficas. No obstante, resalta que

las habilidades destacadas enfatizan los conocimientos en la práctica, y contribuyen a identificar y resolver problemas, así como la capacidad de investigación (Mateo *et al.*, 2022); al respecto, los graduados de ingeniería civil deben solucionar problemas, ser creativos y trabajar en equipo (Del-Savio *et al.*, 2023).

En cuanto a la influencia del nuevo modelo pedagógico FC-PBL en la enseñanza de la hidrología, la UP, como institución privada, resaltó en sus estándares de grado de mejora en el aula, laboratorio y desarrollo de proyectos con el 87.73, 93.86 y 88.19 %, respectivamente, para una escala de Likert entre 3.71 y 4.17. En contraste, la UM, como institución pública, tuvo en su grado de mejora en el aula, laboratorio y desarrollo de proyectos tan solo el 53.86, 38.75 y 45.81 %, respectivamente, para una escala de Likert entre 3.11 y 3.55.

En particular, en la UM se constató debilitada en las condiciones para el aprendizaje; en los laboratorios de cómputo, por ejemplo, había hasta tres estudiantes por computadora. En otras instancias, el acceso a Internet es débil con velocidad de solo 6.1 Mbit/segundo, lo que dificulta el aprendizaje de los estudiantes. Estas condiciones no permiten aplicar de forma eficaz el modelo pedagógico FC-PBL para obtener y procesar la información desde las fuentes hidroidformáticas, o en el propio uso del *software*. En general, el 61.25 % de los estudiantes indica su insatisfacción por los bajos recursos tecnológicos y mala conectividad a Internet (Rhongo & Da-Piedade, 2022); en un estudio similar en Mozambique se alcanzó un grado de insatisfacción del 83 %.

Otros factores que contribuyeron a resultados de insatisfacción fueron la infraestructura, el equipamiento, el mobiliario y los materiales

didácticos. En concordancia con Mendonça *et al.* (2012) y Campira *et al.* (2021), la infraestructura y sus componentes internos son factores básicos para la enseñanza y el aprendizaje en el sistema de enseñanza. En el mismo contexto, diversos investigadores han demostrado que el uso de tecnologías brinda nuevas oportunidades para ampliar los métodos FC-PBL (Campillo & Miralles, 2021; Duan *et al.*, 2021; Seibert, Uhlenbrook, & Wagener, 2013).

Durante la investigación en los estudiantes de UM, se encontró que preocupación se diversificaba en condiciones psicológicas, socioeconómicas y geográficas.

Un hallazgo importante fue la variable de aprendizaje de los estudiantes en la UC en las secciones de desarrollo de proyecto de investigación y prácticas de campo: 90 % estaba satisfecho y muy satisfecho para una escala de Likert de 4.41. Los posibles resultados en la UC son producto del perfeccionamiento de los planes de estudio de las carreras de ingeniería en Cuba. Como factores significativos se tienen la integración de asignaturas e inserción de proyectos integradores en el fortalecimiento de las habilidades, aprendizaje e investigación interdisciplinaria (Rivero *et al.*, 2017). En otros aspectos, desde el plan de estudio se reconocen y promueven las empresas estatales dentro de su modelo de gestión, a través de la relación universidad-empresa. Esto posibilita el intercambio directo de los estudiantes en la identificación de los problemas y posibles soluciones en las empresas productivas, lo cual genera una formación de perfil amplio y ambiente motivacional en los estudiantes (Sociedad *et al.*, 2019).

La efectividad del enfoque pedagógico FC-PBL demostró contribuir a la entrega de conocimientos y contenidos en la educación superior (Forcael *et al.*, 2014; Salas, Segundo, Álvarez, Arellano, & Pérez, 2014). Sin embargo, para su implementación es necesario un grupo de herramientas y sistema TIC para alcanzar los estándares internacionales de educación (Cao *et al.*, 2023; Dehghan, Horan, & Frome, 2022; Doo & Kim, 2023; Karabulut, Jaramillo, & Jahren, 2018; Wang, 2020). La hidrología como ciencia interdisciplinaria requiere un alto nivel tecnológico y, a su vez, induce al estudiante a necesitar un mayor nivel de conocimiento, y pensamiento matemático y computacional (Shen, Chen, & Laloy, 2021).

En general, la investigación muestra una elevada correspondencia con la obtenida por Bes *et al.* (2023), quienes enfatizan que el PBL permite que los estudiantes adquieran habilidades transversales, como comunicación efectiva, trabajo en equipo y liderazgo. Además, el propio autor señaló mejoras en la integración de conocimientos, que repercutió en un aumento eficiente de las calificaciones de los estudiantes.

Como hallazgo significativo se apreció que la UM y la UP impulsan más los temas de hidrología superficial, y que la UC promueve la hidrología superficial y subterránea (a partir de las diferentes formas de organización del diseño curricular y el sílabo del curso). Las causas pueden ser condiciones geográficas y contextos climáticos de cada país, pero este aspecto no visualiza una preparación internacional del ingeniero civil.

## Conclusiones

Se elaboró un instrumento eficiente con elevada confiabilidad y validez que permitió conocer la efectividad de la aplicación del nuevo modelo pedagógico del aula invertida (FC) y el aprendizaje basado en problemas (PBL). Se clasificó como legítimo para su aplicación en países que poseen distintas condiciones geográficas, sistema educativo, condiciones de interculturalidad, desarrollo y cohesión social.

El nuevo modelo pedagógico utilizando el aula invertida y el aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la hidrología alcanzó mayores expectativas de aceptación en los estudiantes universitarios en comparación con el método tradicional según los resultados de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Spearman.

Los estudiantes de la universidad en Perú mostraron el mejor comportamiento de satisfacción con el nuevo modelo pedagógico FC-PBL que alcanzó el 89.92 % del total; en relación con los estudiantes de la universidad de Cuba, el 80.12 %; y en los estudiantes de la universidad de Mozambique fue del 46.14 %. Sin embargo, para una óptima aplicación del nuevo modelo es imprescindible disminuir las brechas digitales en las universidades con menores recursos financieros. Asimismo, se requiere de docentes con habilidades y rigurosos conocimientos de la ciencia, y de herramientas y tecnologías para llevar a cabo las actividades.

Un hallazgo significativo fue que los métodos pedagógicos del AI y del PBL aplicados de forma conjunta presentaron mayor efectividad del aprendizaje en los estudiantes que cuando se analizan de forma aislada. En el transcurso de la investigación se visualizó que el nuevo modelo

pedagógico promueve el aprendizaje permanente con perspectivas de solución de problemas locales y globales que incluyen diferentes habilidades básicas, y desde el diseño de ingeniería hasta la responsabilidad y ética profesional. Por tanto, en respuesta a la conclusión, para el futuro se debería ampliar el instrumento a las materias de ciencias de la tierra y evaluar el impacto de forma interdisciplinaria.

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo de las instituciones involucradas y de los distintos colaboradores para el desarrollo del proyecto de investigación.

### Referencias

- Albaum, G. (1997). The likert scale revisited. *International Journal of Market Research*, 39(2), 1-21. DOI: 10.1177/147078539703900202
- Alemán, E. C., López, A. N., Oscar, J., & Solís, M. (2008). Problem-based learning in materials and manufacturing engineering education according to the Itesm-2015. *Memorias del 14 Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, México. Recuperado de <https://somim.org.mx/memorias-somim/>
- Al, S. H., Shamsuddin, A., & Alzahrani, A. I. (2020). A flipped classroom model in higher education: A review of the evidence across disciplines. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1017-1051. DOI: 10.1007/S11423-019-09718-8/METRICS

- Baudin, P. V., Sacksteder, R. E., Worthington, A. K., Voitiuk, K., Ly, V. T., Hoffman, R. N., Elliott, M. A. T., Parks, D. F., Ward, R., Torres-Montoya, S., Amend, F., Montellano-Duran, N., Vargas, P. A., Martinez, G., Ramirez, S. M., Alvarado-Arnez, L. E., Ehrlich, D., Rosen, Y. M., Breevoort, A., Mostajo-Radji, M. A. (2022). Cloud-controlled microscopy enables remote project-based biology education in underserved Latinx communities. *Heliyon*, 8(11). DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11596
- Beer, P., & Mulder, R. H. (2020). The effects of technological developments on work and their implications for continuous vocational education and training: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, 535119. DOI: 10.3389/FPSYG.2020.00918/BIBTEX
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington, DC, USA: International Society for Technology in Education.
- Bes, M. A., Mendoza, R. J. A., Ferrer, P. E., Iborra, C. A., Zuriaga, A. E., & Luján, F. M. J. (2023). Integration of project-based learning (PjBL) methodology in the course "Bioprocesses Applied to the Environment". *Education Sciences*, 13(6). DOI: 10.3390/educsci13060570
- Campillo, F. J. M., & Miralles, M. P. (2021). Effectiveness of the flipped classroom model on students' self-reported motivation and learning during the COVID-19 pandemic. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2021 8:1, 8(1), 1-9. DOI: 10.1057/s41599-021-00860-4

- Campira, P. F., Silva, A. L., & Araújo, A. M. (2021). Satisfacción académica: un estudio cualitativo con estudiantes universitarios de Mozambique. *Educação & Formação*, 6(3), 2021. DOI: 10.25053/REDUFOR.V6I2.4913
- Cao, Q., Seow, C. K., Lim, L. H. I., Keoh, S. L., Dale, V., Honeychurch, S., Tasler, N., & Bremner, D. (2023). Learners' differences in blended learner-centric approach for a common programming subject. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(6), 906-913. DOI: 10.18178/IJIET.2023.13.6.1886
- Carrió, L. M., & Llerena, B. M. (2022). Exploring innovative strategies in problem-based learning to contribute to sustainable development: A case study. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(9), 159-177. DOI: 10.1108/IJSHE-07-2021-0296
- Carrió, M., Baños, J. E., & Rodríguez, G. (2022). Comparison of the effect of two hybrid models of problem-based learning implementation on the development of transversal and research skills and the learning experience. *Frontiers in Education*, 7, 875860. DOI: 10.3389/FEDUC.2022.875860/BIBTEX
- Chiyón, I., Palma, M., & Cazorla, A. (2011). An approach of the European higher education framework to the management of higher education at university level in Peru. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 586-591. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.03.145
- Dehghan, S., Horan, E. M., & Frome, G. (2022). Investigating the impact of the flipped classroom on student learning and enjoyment in an organic chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2512-2519. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c01104

- Del-Savio, A. A., Carrasco, L. Z., Nakamatsu, E. C., Velarde, K. G., Martinez-Alonso, W., & Fischer, M. (2023). Applying project-based learning (PBL) for teaching virtual design construction (VDC). *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(2), 64-85. DOI: 10.3991/IJEP.V13I2.35877
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533-568. DOI: 10.1016/S0959-4752(02)00025-7
- Doo, W., & Kim, H. (2023). Simultaneous deep clustering and feature selection via K-concrete autoencoder. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 1, 1-17. DOI: 10.1109/TKDE.2023.3323580
- Duan, W., Maskey, S., Chaffe, P. L. B., Luo, P., He, B., Wu, Y., & Hou, J. (2021). Recent advancement in remote sensing technology for hydrology analysis and water resources management. *Remote Sensing*, 13(6), 1097. DOI: 10.3390/RS13061097
- Forcael, E., González, V., Orozco, F., Opazo, A., Suazo, Á., & Aránguiz, P. (2014). Application of problem-based learning to teaching the critical path method. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 04014016. DOI: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000236
- Gorghiu, G., Anghel, G. A., & Ion, R.-M. (2015). Students' perception related to a responsible research and innovation demarche. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 180, 600-605. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.166

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Karabulut, I. A., Jaramillo, C. N., & Jahren, C. T. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. *British Journal of Educational Technology*, 49(3), 398-411. DOI: 10.1111/bjet.12548
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity1. *Personnel Psychology*, 28(4), 563-575. DOI: 10.1111/J.1744-6570.1975.TB01393.X
- Maloney, W. K. (2021). Exploring new literacies: A case study on technology and teacher development in Cuban primary schools. *Journal of Media Literacy Education Pre-Prints*. Recuperado de <https://digitalcommons.uri.edu/jmle-preprints/12>
- Măță, L., & Suci, A. I. (2011). Curricular innovative model focused on developing pedagogical competences of teachers of Language and communication. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 12, 274-282. DOI: 10.1016/J.SBSPRO.2011.02.036
- Mateo, B. D. M. M., Lim, J. R., Pellicer, I. C., López, E., Rodríguez, H., López, R., Margo-Mazo, C., Andrea, V. G., Quesada, A. A. V., Brooks, Y. S., Álvarez, X., Ramos, Y., Rivas, A., Barrenechea, I., Brãzo, V., Ndebele, V., Nathan, D., & Groot, B. (2022). *El poder del currículo para transformar la educación: cómo los sistemas educativos incorporan las habilidades del siglo XXI para preparar a los estudiantes ante los desafíos actuales*. DOI: 10.18235/0004360

- Maureira, C. O., Vásquez, A. M., Garrido, V. F., & Olivares, S. M. J. (2020). Evaluación y coevaluación de aprendizajes en blended learning en educación superior. *Alteridad*, 15(2), 174-189. DOI: 10.17163/alt.v15n2.2020.04
- Mendonça, M., Popov, O., Frånberg, G. M., & Cossa, E. (2012). Introducing a student-centred learning approach in current curriculum reform in Mozambican higher education. *Education Inquiry*, 3(1), 37-48. DOI: 10.3402/EDUI.V3I1.22012
- Pejcinovic, B. (2019). *Design of rubrics for student outcomes in 2019-2020 ABET criteria*. Accepted for the 43rd International Convention on Information and Communication Technology. Electronics and Microelectronics (MIPRO). Recuperado de [https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1562&context=ece\\_fac](https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1562&context=ece_fac)
- Rhongo, D., & Da-Piedade, B. (2022). E-teaching in higher education: An analysis of teachers' challenges facing e-learning in Mozambique. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 389 LNNS, 403-414. DOI: 10.1007/978-3-030-93904-5\_41/COVER
- Del Río-Gamero, B., Santiago, D.E., Schallenberg-Rodríguez, J. & Melián-Martel, N. (2022). Does the use of videos in flipped classrooms in engineering labs improve student performance?. *Educ. Sci*, 12. DOI: 10.3390/educsci12110735

- Rivero, H. M., Murillo, C. G., & Ferrer, S. Y. (2017). Proyecto integrador: una herramienta metodológica en la educación superior. *Didáctica y Educación*, 8(1), 241-250. Recuperado de <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/602/601>
- Ryegård, Å., Apelgren, K., & Olsson, T. (eds.) (2010). *A Swedish perspective on pedagogical competence (NSHU-rapport)*. Uppsala, Swedish: Division for Development of Teaching and Learning, Uppsala University. Recuperado de [https://mp.uu.se/documents/432512/1163536/NSHU+Eng\\_inlaga%5B1%5D.pdf/353a7746-fd1a-678a-f0f9-8cffe89036ad](https://mp.uu.se/documents/432512/1163536/NSHU+Eng_inlaga%5B1%5D.pdf/353a7746-fd1a-678a-f0f9-8cffe89036ad)
- Salas, J. A. A., Segundo, J., Álvarez, C., Arellano, J. C., & Pérez, A. A. (2014). Evaluation of the use of two teaching techniques in engineering. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 4(3), 4-10. DOI: 10.3991/IJEP.V4I3.3287
- Sarmiento, L. L., Hernández, K. C. G., Esquivel, G. de J. P., Gutiérrez, R. A., & Rodríguez, R. F. (2022). Estrategia de superación profesional para potenciar habilidades pedagógicas profesionales en el tutor de Medicina General Integral. *Revista Cubana de Educación Superior*, 41(número especial 2), 1-12. Recuperado de <https://revistas.uh.cu/rces/article/view/25>
- Seibert, J., Uhlenbrook, S., & Wagener, T. (2013). Preface hydrology education in a changing world. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 1393-1399. DOI: 10.5194/hess-17-1393-2013

- Serrano, R. R., Pérez, G. E., Puño, Q. L., & Hurtado, M. A. (2023). Quality and equity in the Peruvian education system: Do they progress similarly? *International Journal of Educational Research*, 119. DOI: 10.1016/j.ijer.2023.102183
- Shen, C., Chen, X., & Laloy, E. (2021). *Editorial: Broadening the use of machine learning in hydrology*. DOI: 10.3389/frwa.2021.681023
- Sociedad, U. Y., De, M., Pimentel, L. A., Lozano, L. T., & Finalé-de-la-Cruz, L. (2019). Planes de estudio E en la educación superior cubana: una mirada desde la educación continua. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 364-371. Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1200>
- Suárez, F., Mosquera-Feijóo, J. C., Chiyón, I. & Alberti, M. G. (2021). Flipped Learning in Engineering Modules Is More Than Watching Videos: The Development of Personal and Professional Skills. *Sustainability*, 13(21), 12290. DOI: 10.3390/su132112290
- Sukacké, V., Guerra, A. O. P. de C., Ellinger, D., Carlos, V., Petroniené, S., Gaižiūnienė, L., Blanch, S., Marbà-Tallada, A., & Brose, A. (2022). Towards active evidence-based learning in engineering education: A systematic literature review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, 14(21), 13955. DOI: 10.3390/su142113955
- Taber, K. S. (2018). The use of cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273-1296. DOI: 10.1007/S11165-016-9602-2/TABLES/1

- Tunji, O. P. P. F., Kajimo, S. K., Ayodele, T. O., & Emmanuel, K. Z. (2021). Factors affecting students' learning in civil engineering measurement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 654(1). DOI: 10.1088/1755-1315/654/1/012033
- Vásquez, A. W., Zuloaga, C. J. F., Díaz, P. M. A., Lau, H. E. M., Chayán, C. A., & Tineo, H. R. P. (2023). Aplicación del Flipped Classroom para el logro del aprendizaje significativo. *Human Review. International Humanities Review. Revista Internacional de Humanidades*, 21(1), 83-95. DOI: 10.37467/REHUMAN.V21.5034
- Wang, Y. H. (2020). Design-based research on integrating learning technology tools into higher education classes to achieve active learning. *Computers & Education*, 156, 103935. DOI: 10.1016/J.COMPEDU.2020.103935
- Zúñiga, I. L. M., Cruz, C. M. A., Dotres, Z. S., & Abreu, M. L. E. (2021). Oportunidades del aprendizaje basado en proyectos (ABP) para la pedagogía profesional en la Universidad de Holguín, Cuba. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 38, 65-79. DOI: 10.5377/farem.v0i38.11943