REVISTA INVECOM
ISSN en línea: 2739-0063

Herramientas digitales y competencias científicas: un modelo predictivo mediante PLS-SEM

Digital tools and scientific competencies: A predictive model using PLS-SEM

Recibido: 30/07/2026 - **Aceptado:** 10/10/2026

Yvette Plasencia-Mariños
https://orcid.org/0000-0002-8063-9781
YPLASENCIA@ucv.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Teddy Esteves-Saldana
https://orcid.org/0000-0001-8591-0238
TESTEVES@ucv.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Shulya Reynoso-Arcos
https://orcid.org/0000-0003-0028-9177
sreynoso@ucvvirtual.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Cesar Cifuentes-La Rosa
https://orcid.org/0000-0001-8309-3713
acifientes@ucv.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Federico Suasnabar-Ugarte
https://orcid.org/0000-0002-4976-6782
fsuasnabaru@ucvvirtual.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Godofredo Illa-Sihuincha
https://orcid.org/0000-0002-2532-3194
gillas@ucvvirtual.edu.pe
Universidad César Vallejo. Lima, Perú

Cómo citar este artículo:
Plasencia-Mariños, Y., Esteves-Saldana, T., Reynoso-Arcos, S., Cifuentes-La Rosa, C., Suasnabar-Ugarte, F., & Illa-Sihuincha, G. (2026). Herramientas digitales y competencias científicas: un modelo predictivo mediante PLS-SEM. *Revista InveCom*, *6*(Núm. Especial 3), 1-10. https://doi.org/10.5281/zenodo.23608222

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar los efectos de las herramientas digitales en la formación de competencias científicas en estudiantes de Educación Básica Regular. Para ello, se adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo básico y con diseño correlacional causal. La muestra, seleccionada por conveniencia, estuvo conformada por 484 docentes de Lima Este. El análisis de los datos se realizó mediante el modelado de ecuaciones estructurales por mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). Los resultados evidenciaron que las variables formativas —acceso y dominio tecnológico, integración pedagógica e innovación, y colaboración digital— explicaron el 56,6% del uso de herramientas digitales. Entre ellas, la colaboración digital presentó la correlación

más alta (β = 0,351; p < 0,05). Asimismo, se observó que el uso de herramientas digitales y la indagación y experimentación se relacionaron con las competencias docentes (β = −0,043; p < 0,05), las cuales actuaron como variables moderadoras. Destacó, en particular, la relación sustantiva entre el uso de herramientas digitales y la indagación y experimentación (β = 0,724; p < 0,05), potenciada por las competencias docentes (β = 0,206; p < 0,05). El modelo predictivo mostró índices de ajuste aceptables (SRMR = 0,059; NFI = 0,777), lo que respalda su pertinencia. En consecuencia, se recomienda fortalecer el acceso y dominio tecnológico, la integración pedagógica e innovación y la colaboración digital, priorizando acciones que potencien el uso de herramientas digitales en la formación de competencias científicas.

Palabras clave: competencia digital, investigación, tecnología educacional.

Abstract

The objective of this study was to analyze the effects of digital tools on the development of scientific competencies among students in regular basic education. A quantitative, basic research approach with a causal-correlational design was adopted. The sample, selected through convenience sampling, consisted of 484 teachers from East Lima. Data analysis was conducted using partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). The results indicated that the formative variables—technological access and proficiency, pedagogical integration and innovation, and digital collaboration—accounted for 56.6% of the use of digital tools. Among these, digital collaboration showed the highest correlation (β = 0.351; p < 0.05). Furthermore, it was observed that the use of digital tools, as well as inquiry and experimentation, were related to teaching competencies (β = −0.043; p < 0.05), which acted as moderating variables. Notably, there was a substantial relationship between the use of digital tools and inquiry and experimentation (β = 0.724; p < 0.05), which was enhanced by teaching competencies (β = 0.206; p < 0.05). The predictive model demonstrated acceptable fit indices (SRMR = 0.059; NFI = 0.777), supporting its validity. Consequently, it is recommended to strengthen technological access and proficiency, pedagogical integration and innovation, and digital collaboration, prioritizing initiatives that enhance the use of digital tools in the development of scientific competencies.

Keywords: digital competence, research, educational technology.

Introducción

La formación de competencias científicas permite a los estudiantes comprender evidencias, resolver problemas y tomar decisiones responsables frente a las situaciones problemáticas contemporáneas (Ilma & Kuswanto, 2025). En este sentido, investigar con herramientas digitales favorece el desarrollo de dichas competencias a partir de situaciones innovadoras y contextualizadas. No obstante, sus efectos pueden potenciarse o limitarse según las competencias que posean los docentes (Poser et al., 2026). Por ello, el presente estudio busca comprender cómo las condiciones pedagógicas y tecnológicas se articulan con el uso de herramientas digitales y con las competencias científicas, superando la fragmentación de los análisis previos (Zhang et al., 2026). Asimismo, permite identificar variables y relaciones que aún requieren explicación, particularmente las vinculadas con las competencias docentes (Cheng et al., 2025). De este modo, se genera evidencia contextual capaz de fortalecer la teoría (Pérez et al., 2026), fundamentar decisiones pedagógicas (Mavenge et al., 2026) y responder a las necesidades actuales de los estudiantes (Koç & Kanadlı, 2025).

Diversos estudios señalan que las simulaciones, las herramientas digitales y los entornos tecnológicos mejoran el razonamiento, la indagación y la comprensión científica, al tiempo que promueven aprendizajes activos en contextos educativos diversos (Barreras et al., 2026). Sin embargo, estos beneficios dependen, en gran medida, de docentes preparados para seleccionar, adaptar e integrar pedagógicamente la tecnología en los contenidos científicos (Sibley et al., 2025). En la misma línea, las competencias investigativas del profesorado resultan determinantes para impulsar la formación científica del estudiantado (Laius & Orgusaar, 2025).

La incorporación de herramientas digitales puede constituir un valioso apoyo para el aprendizaje de la ciencia (Uçar, 2026); no obstante, también puede generar sobrecarga, fatiga, distracción, dificultades de interacción y limitaciones en las experiencias investigativas cuando docentes y estudiantes no cuentan con una preparación suficiente (Yeh & Tsai, 2026). Además, el desarrollo del aprendizaje basado en la investigación puede verse restringido por barreras relacionadas con la infraestructura, el tiempo y el apoyo institucional durante el proceso de incorporación tecnológica (Chen et al., 2026). A ello se suma la insuficiencia de competencias docentes, situación que puede debilitar la mediación pedagógica y ampliar las brechas de aprendizaje (Dockendorff et al., 2026).

La justificación teórica del estudio se sustenta en el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) propuesto por Mishra y Koehler (2006), el cual explica los saberes que deben poseer los docentes para incorporar la tecnología desde una perspectiva pedagógica pertinente en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Según este enfoque, las herramientas digitales, por sí solas, no garantizan el desarrollo de las competencias científicas; su efecto depende de la capacidad del docente para seleccionarlas, modificarlas o utilizarlas en función de los contenidos científicos y de las estrategias de enseñanza. En consonancia con ello, Bueno-Baquero et al. (2026) sostienen que el impacto educativo de estas herramientas depende de su integración con el conocimiento, mientras que Hu et al. (2026) destacan que la competencia docente orienta una integración tecnológica adecuada. Por su parte, Fior et al. (2025) constatan que las tecnologías digitales favorecen el aprendizaje activo, la experimentación, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

El acceso y dominio tecnológico se entiende como la capacidad del docente para disponer, manejar y utilizar tecnologías digitales con autonomía, seguridad y criterio pedagógico, más allá de su simple presencia en el aula (Niu & Niranjan, 2025). Esta capacidad implica desarrollar conocimientos prácticos que permitan elegir un recurso frente a otro y resolver las dificultades que puedan surgir durante su empleo (Bueno-Baquero et al., 2026).

Por su parte, la integración pedagógica consiste en la incorporación intencionada de tecnologías digitales en la planificación, el desarrollo y la evaluación de las actividades educativas, con el fin de mejorar las estrategias metodológicas y el aprendizaje (Zhang & Li, 2025). En consecuencia, integrar la tecnología no significa utilizarla por su novedad, sino articularla con propósitos curriculares y pedagógicos definidos (Niu & Niranjan, 2025).

Asimismo, la colaboración digital se refiere a la habilidad de docentes y estudiantes para comunicarse, compartir contenidos, construir conocimientos y resolver tareas de manera conjunta mediante entornos y herramientas digitales (Chen et al., 2025). Esta dimensión favorece la participación coordinada, el intercambio de evidencias y la construcción colectiva de soluciones en experiencias educativas mediadas por la tecnología (Chen & Chen, 2026).

El uso de herramientas digitales se relaciona con la utilización de aplicaciones, plataformas, recursos interactivos y tecnologías que apoyan las actividades de enseñanza y aprendizaje (Koç & Kanadlı, 2025). Su valor educativo depende de un empleo óptimo, de un propósito pedagógico claro y de la manera en que contribuye a comprender, participar, comunicarse o producir conocimiento (Shambare & Jita, 2025).

Las competencias docentes comprenden el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y capacidades que permiten al docente planificar, implementar, evaluar y mejorar su práctica educativa (Bueno-Baquero et al., 2026). En contextos digitales, estas competencias incluyen, además, la capacidad de integrar la tecnología, reflexionar sobre su uso y responder con flexibilidad a las necesidades de los estudiantes (Zhang & Li, 2025).

Finalmente, la indagación y experimentación alude a la capacidad de los estudiantes para formular preguntas, generar respuestas, explorar evidencias, realizar experimentos, analizar resultados y elaborar conclusiones (Chen & Chen, 2026). Las tecnologías pueden favorecer este proceso cuando permiten registrar, visualizar, compartir y analizar evidencias científicas durante la investigación (Kapici, 2025).

A partir de lo señalado, la presente investigación se justifica porque busca comprender de qué manera el uso pedagógico de las herramientas digitales, orientado por las competencias docentes, puede contribuir a fortalecer la formación de competencias científicas en los estudiantes. En consecuencia, el propósito del estudio consiste en determinar hasta qué punto las herramientas digitales influyen en dichas competencias, considerando el rol del docente en el proceso educativo.

Metodología

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, transversal y explicativo. Para el análisis de los datos se empleó el modelado de ecuaciones estructurales de segunda generación basado en mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), técnica que permitió examinar las relaciones entre el uso de herramientas digitales, la indagación y experimentación y las competencias científicas que los estudiantes pueden alcanzar, considerando el papel moderador de las competencias docentes en la Educación Básica Regular.

La recolección de información se planificó mediante el envío de 550 encuestas a docentes de instituciones de Educación Básica Regular de Lima Este, durante el primer semestre del período lectivo 2026. Las encuestas fueron distribuidas a través del correo electrónico y gestionadas mediante la plataforma Google Forms, con la finalidad de que los docentes respondieran en función de las características de los estudiantes asignados a sus aulas.

El formulario, compuesto por 31 reactivos, permaneció habilitado durante 90 días y se obtuvieron 506 respuestas, lo que representó una tasa de respuesta del 92%. Posteriormente, se revisó la totalidad de los cuestionarios conforme a criterios de integridad, consistencia y cumplimiento. Como resultado, se validaron 484

encuestas, equivalentes al 88% del total enviado; por ello, la muestra final estuvo conformada por 484 docentes, cifra considerada adecuada para el análisis mediante PLS-SEM.

En relación con el tamaño muestral, Kock y Hadaya (2018) propusieron los métodos de raíz cuadrada inversa y gamma-exponencial para estimar el mínimo requerido en modelos con hasta siete variables predictoras. Bajo los supuestos de un nivel de significancia de 0,05, una potencia estadística de 0,80 y un tamaño de efecto medio ($f^2 = 0,15$), la estimación mínima correspondió a aproximadamente 103 observaciones. Dado que la muestra obtenida supera ampliamente dicho criterio, se considera suficiente para estimar las relaciones estructurales propuestas.

Vale acotar que, los participantes fueron docentes de la población objetivo que aceptaron participar de manera voluntaria, otorgaron su consentimiento informado y respondieron el cuestionario en su totalidad. El estudio respetó los principios de autonomía, confidencialidad y participación voluntaria. Asimismo, se explicó a los participantes la finalidad de la recolección de información, garantizando que los datos serían utilizados exclusivamente con fines académicos y tratados de manera responsable.

Resultados

El modelo propuesto incorpora seis variables latentes exógenas: acceso y dominio tecnológico (ADT), integración pedagógica (INP), colaboración digital (CDI), uso de herramientas digitales (UHD), competencias docentes (COD) e indagación y experimentación (INE), así como la variable endógena competencias científicas (CCI). El análisis mediante PLS-SEM se desarrolló en tres etapas: la evaluación de la fiabilidad y validez del modelo de medida, la valoración del modelo estructural y el examen de los índices de ajuste.

La Tabla 1 presenta los indicadores de fiabilidad del modelo. Las cargas factoriales, superiores a 0,70, permiten contrastar la consistencia de cada ítem con su constructo. Asimismo, la varianza media extraída (AVE), con valores iguales o superiores a 0,50, evidencia la validez convergente al mostrar la proporción de varianza explicada por cada constructo. De manera complementaria, la fiabilidad compuesta y el alfa de Cronbach, ambos superiores a 0,70, respaldan la consistencia interna y la homogeneidad de los ítems. En conjunto, estos criterios ratifican la calidad de la medición del modelo (Hair et al., 2022).

Tabla 1
Validez y fiabilidad del modelo de medida

Variable	Código	Fiabilidad de Indicador	AVE	Fiabilidad Compuesta	Alpha Cronbach
Acceso y dominio tecnológico	ADT	0.847	0.557	0.883	0.842
Integración pedagógica	INP	0.826	0.582	0.874	0.821
Colaboración digital	CDI	0.766	0.672	0.860	0.757
Uso de herramientas digitales	UDH	0.803	0.628	0.871	0.802
Competencias docentes	COD	0.849	0.623	0.892	0.849
Indagación y experimentación	INE	0.869	0.718	0.910	0.869
Competencias científicas	CCI	0.810	0.635	0.874	0.809

Fuente. Smart PLS SEM

La Tabla 2 muestra la validez discriminante según el criterio de Fornell-Larcker, el cual permite comprobar que cada constructo se comporta como un concepto diferenciado respecto de los demás. Este criterio se considera adecuado cuando la raíz cuadrada del AVE de cada constructo, presentada en la diagonal, es mayor que las correlaciones que mantiene con los restantes constructos. Los índices obtenidos confirman que las mediciones presentan una diferenciación empírica suficiente (Gecit et al., 2026).

Tabla 2
Validez discriminante (criterio Fornell - Larcker)

	ADT	INP	CDI	UDH	COD	INE	CCI
ADT	(0.746)						
INP	0.682	(0.819)					
CDI	0.637	0.699	(0.797)				
UDH	0.676	0.690	0.709	(0.790)			
COD	0.716	0.641	0.695	0.766	(0.847)		
INE	0.660	0.639	0.601	0.627	0.535	(0.763)	
CCI	0.652	0.681	0.724	0.697	0.634	0.647	(0.792)

Fuente. Smart PLS SEM

De manera complementaria, la Tabla 3 presenta el índice HTMT (Heterotrait-Monotrait Ratio), empleado para verificar la validez discriminante del modelo. Este indicador permite comprobar que los constructos constituyen conceptos empíricamente diferenciados y que no existe una similitud excesiva entre ellos. Valores inferiores a 0,85 evidencian una diferenciación sustantiva, mientras que los inferiores a 0,90 pueden considerarse aceptables. Su evaluación contribuye, por tanto, a respaldar la calidad del modelo de medida (Gudergan et al., 2025).

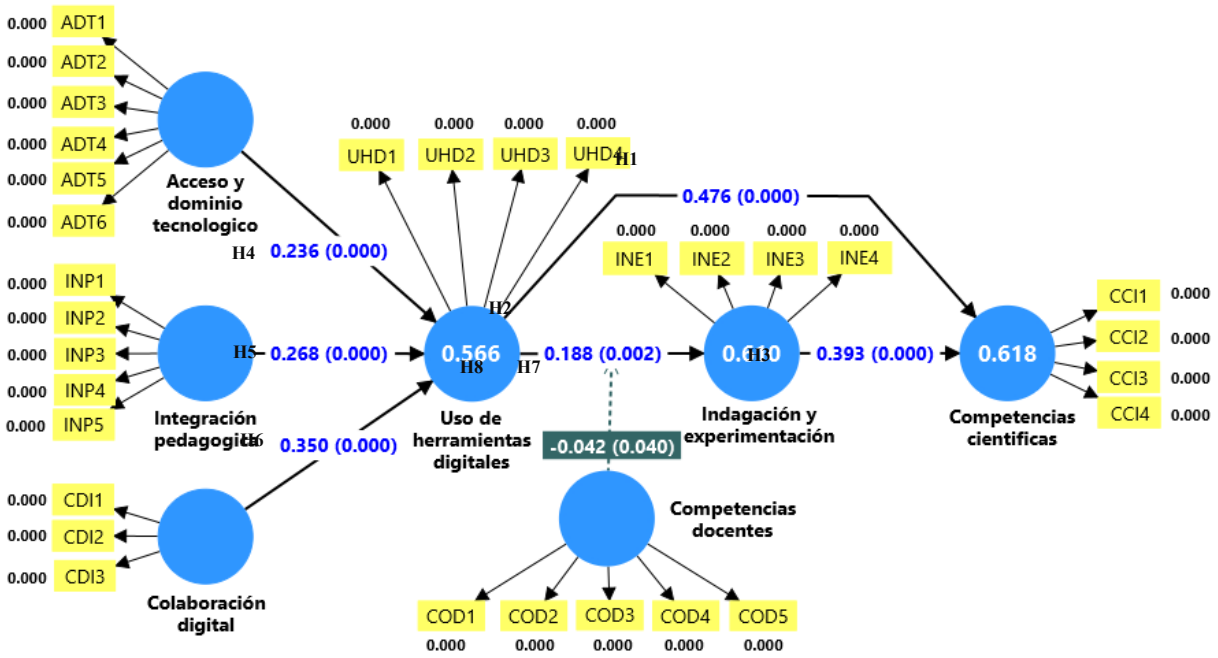
Tabla 3
Heterotrait-monotrait ratio (HTMT)

	ADT	INP	CDI	UDH	COD	INE	CCI
ADT							
INP	0.844						
CDI	0.749	0.891					
UDH	0.785	0.860	0.851				
COD	0.824	0.795	0.827	0.891			
INE	0.787	0.810	0.735	0.745	0.630		
CCI	0.772	0.867	0.899	0.844	0.757	0.792	
COD*UDH	0.246	0.299	0.226	0.335	0.323	0.240	0.283

Fuente. Smart PLS SEM

En la Figura 1 se observa que el modelo presenta capacidad predictiva significativa para el uso de herramientas digitales, con un R^2 de 0,566, explicado por el acceso y dominio tecnológico, la integración pedagógica y la colaboración digital. Asimismo, la indagación y experimentación alcanza un R^2 de 0,610, mientras que las competencias científicas presentan un R^2 de 0,618. Entre los predictores del uso de herramientas digitales, la colaboración digital muestra el coeficiente más alto ($\beta = 0,350$). A su vez, el uso de herramientas digitales predice positivamente las competencias científicas ($\beta = 0,476$), y la indagación y experimentación también se relaciona positivamente con dicho uso ($\beta = 0,393$). Las competencias docentes, por su parte, moderan de forma significativa la relación entre el uso de herramientas digitales y la indagación y experimentación ($\beta = -0,042$; $p = 0,040$). En consecuencia, el modelo posee capacidad explicativa para las competencias científicas, dado que el empleo de herramientas digitales en la indagación y experimentación favorece su desarrollo, especialmente cuando este proceso se acompaña de competencias docentes que ejercen un efecto moderador significativo.

Figura 1
Valoración del modelo estructural



Fuente. Smart PLS SEM

La Tabla 5 presenta los resultados de las relaciones hipotéticas del modelo estructural, las cuales fueron evaluadas estadísticamente considerando un umbral de significancia de $p < 0,05$. Hair et al. (2022) señalan que el PLS-SEM evalúa los coeficientes mediante el procedimiento de *bootstrapping*, empleando valores de $p < 0,05$ y $t > 1,96$ para establecer la significancia estadística en la prueba de hipótesis. De acuerdo con los coeficientes obtenidos, las relaciones propuestas se sustentan en evidencia predictiva y estadísticamente significativa, considerando el coeficiente path, el estadístico t de Student, el valor p, los intervalos de confianza y el tamaño del efecto.

Tabla 5
Análisis del modelo estructural (prueba de hipótesis)

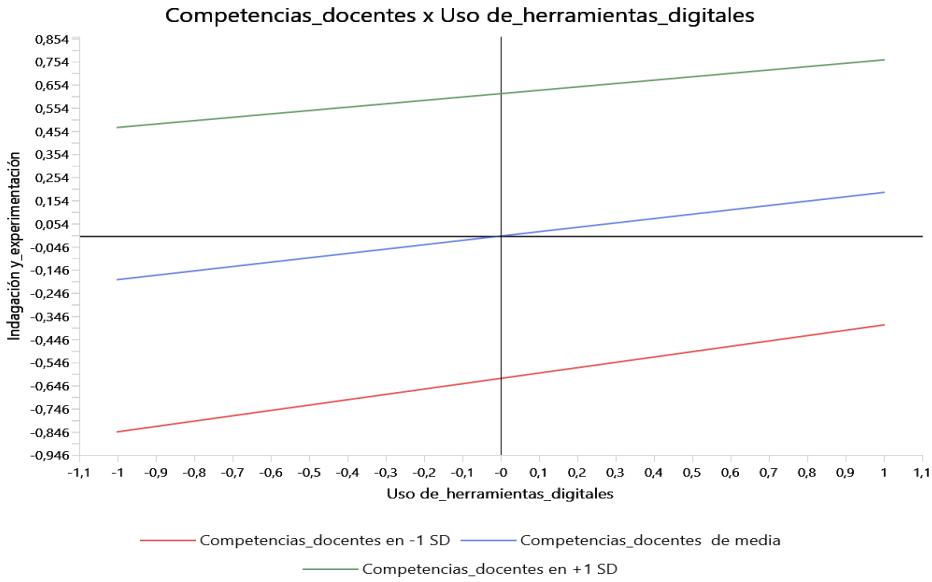
N°	Hipótesis	*Path*	*t Student*	*p Valor*	IC [2,5/97.5%]	Resultado	f^2	IC [2,5/97.5%]
H1	UDH -> CCI	0.476	8.771	0,000	[0.369 / 0.580]	Aceptado	0.355	[0,013 / 0.152]
H2	UHD -> INE	0.188	3.037	0,002	[0.070 / 0.313]	Aceptado	0.048	[0.007 / 0.132]
H3	INE -> CCI	0.393	6.841	0,000	[0.280 / 0.504]	Aceptado	0.242	[0.111 / 0.458]
H4	ADT -> UHD	0.236	3.570	0,000	[0.112 / 0.369]	Aceptado	0.058	[0,013 / 0.152]
H5	INP -> UHD	0.268	4.706	0,000	[0.156 / 0.379]	Aceptado	0,083	[0.027 / 0.179]
H6	CDI -> UHD	0.350	5.180	0,000	[0.209 / 0.479]	Aceptado	0.131	[0.046 / 0.264]
H7	COD -> INE	0.615	10.016	0,000	[0.489 / 0.728]	Aceptado	0.480	[0.264 / 0.783]
H8	COD*UHD -> INE	-0.042	2.059	0,040	[-0.087 / -0.006]	Aceptado	0.009	[0.001 / 0.036]

Fuente. Smart PLS SEM

La Figura 2 presenta el efecto de interacción COD*UHD → INE, que resultó negativo y significativo ($\beta = -0,043$; $t = 2,063$; $p = 0,039 < 0,05$). Este resultado sugiere que un nivel bajo de competencias docentes se asocia con una menor indagación y experimentación; en cambio, cuando las competencias docentes alcanzan niveles medios o altos, se observan desempeños más equilibrados y mayores niveles de competencias científicas en los

estudiantes. Por ello, las herramientas digitales deben emplearse de manera selectiva, activa y articulada con buenas prácticas docentes, de modo que su aplicación responda a propósitos pedagógicos y contribuya a fortalecer las competencias científicas de los estudiantes en el mediano y largo plazo.

Figura 2
Efecto moderador



La Tabla 6 presenta los índices de ajuste del modelo. El valor de SRMR (0,076) se encuentra próximo al límite recomendado de 0,08, lo que indica una aproximación razonable entre el modelo y los datos. Asimismo, el NFI (0,872) resulta aceptable. Respecto de la capacidad predictiva, evaluada mediante PLSpredict, los valores de Q^2 predict son positivos y los errores RMSE y MAE se mantienen en niveles bajos, lo que respalda que el modelo posee una capacidad de predicción adecuada para las variables analizadas.

Tabla 6
Índices de ajuste del modelo

	Modelo saturado	Modelo estimado	PLSpredict	Q^2 predict	RMSE	MAE
SRMR	0.059	0,076	Uso de herramientas científicas	0.550	0.675	0.484
d_ULS	1.741	4.577	Indagación y experimentación	0.608	0.631	0.453
d_G	0.678	0.813	Competencias científicas	0.496	0.716	0.534
NFI	0.794	0.872				

Fuente. Smart PLS SEM

Discusión

La H1 fue aceptada, ya que se evidenció un efecto positivo y significativo entre el uso de herramientas digitales y las competencias científicas, con un tamaño de efecto grande (f^2 = 0,355). Este resultado confirma que las aplicaciones, plataformas y recursos digitales favorecen la comprensión, el análisis y la comunicación de carácter científico (Shambare & Jita, 2025). Asimismo, el hallazgo resulta congruente con lo planteado por Koç y Kanadlı (2025), quienes destacan que el aporte tecnológico a la alfabetización científica adquiere valor educativo cuando responde a un propósito pedagógico definido.

De manera similar, la H2 fue aceptada al identificarse una relación positiva y significativa entre el uso de herramientas digitales y la indagación y experimentación, aunque con un efecto pequeño (f^2 = 0,048). El desempeño con estas herramientas permite buscar y seleccionar información, manejar recursos y analizar

evidencias, procesos que fortalecen la indagación científica (Chen & Chen, 2026). Este resultado se apoya en lo constatado por Kapici (2025), quien comprobó que el uso de ambientes computarizados genera una relación positiva y fuerte entre el contexto informático y la mejora de las habilidades de indagación científica, hallazgo también respaldado por Laius y Orgusaar (2025).

En la misma línea, la H3 fue aceptada al evidenciarse una relación positiva y significativa entre la indagación y experimentación y las competencias científicas, con un efecto medio-alto ($f^2 = 0,242$). Formular preguntas, analizar evidencias, experimentar y extraer conclusiones favorecen de manera directa el desarrollo científico (Chen & Chen, 2026). En consecuencia, Kapici (2025) señala que la indagación apoyada tecnológicamente favorece el desarrollo de habilidades científicas y la comprensión conceptual, lo que se vincula con los aportes de Barreras et al. (2026).

Respecto de las variables formativas, la H4 fue aceptada, pues se evidenció que el acceso y dominio tecnológico influye positiva y significativamente en el uso de herramientas digitales, aunque con un efecto pequeño ($f^2 = 0,058$). La disponibilidad de recursos y el conocimiento de estos pueden facilitar su incorporación en la educación. En este sentido, Niu y Niranjan (2025) sostienen que la competencia digital constituye una condición importante para la integración de tecnologías, afirmación que se relaciona con los planteamientos de Chen y Chen (2026).

Asimismo, la H5 fue aceptada al demostrarse una influencia positiva y significativa entre la integración pedagógica y el uso de herramientas digitales, con un efecto pequeño ($f^2 = 0,083$). Este resultado indica que la tecnología adquiere mayor valor cuando se articula con objetivos, estrategias y actividades educativas. Precisamente, Niu y Niranjan (2025) subrayan la importancia de integrarla mediante prácticas pedagógicas intencionadas, en concordancia con lo señalado por Zhang y Li (2025).

Por su parte, la H6 fue aceptada, ya que se identificó una relación positiva y significativa entre la colaboración digital y el uso de herramientas digitales, con un efecto de tamaño medio ($f^2 = 0,131$). Compartir información, comunicarse y construir conocimientos de manera conjunta favorecen el empleo de los recursos tecnológicos. Estos hallazgos son corroborados por Chen et al. (2025), quienes demostraron que la indagación colaborativa apoyada tecnológicamente puede generar efectos favorables sobre el aprendizaje científico, en línea con Chen y Chen (2026).

La H7 fue aceptada y presentó la relación de mayor fuerza del modelo, con un efecto cercano al tamaño grande ($f^2 = 0,480$). Las competencias docentes permiten planificar, orientar y evaluar experiencias de indagación y experimentación con mayor solvencia. Según Zhang y Li (2025), estas competencias se vinculan con conocimientos tecnológicos, pedagógicos y disciplinares, mientras que Bueno-Baquero et al. (2026) resaltan su importancia para el desarrollo de una práctica educativa digitalmente competente.

Finalmente, la H8 fue aceptada, aunque el efecto moderador resultó negativo, significativo y muy pequeño ($\beta = -0,042$; $f^2 = 0,009$). Este resultado sugiere que, a medida que aumentan las competencias docentes con un uso limitado de herramientas digitales, la indagación y experimentación disminuye ligeramente. Por tanto, la competencia docente no incrementa de forma directa dicha relación, sino que esta se reduce de manera inversamente proporcional. Esta situación podría explicarse por la forma en que se integra la tecnología (Harms et al., 2026; Cheng et al., 2025), las diferencias en las estrategias empleadas (Poser et al., 2026), la autonomía del alumnado (Yeh y Tsai, 2026) y los factores institucionales (Chen et al., 2026).

Conclusiones

La investigación concluye que el aprovechamiento de las herramientas digitales puede contribuir de manera positiva al desarrollo y fortalecimiento de las competencias científicas, especialmente cuando estos procesos se articulan con la indagación y la experimentación. Asimismo, las competencias docentes constituyen un factor determinante que influye en la relación entre los procesos de indagación y el uso de herramientas digitales.

Desde una perspectiva teórica, los resultados refuerzan el conocimiento sobre la relación entre la competencia docente, la integración tecnológica y la indagación científica, evidenciando que el uso de la tecnología, por sí solo, no garantiza una mejora del aprendizaje. Desde el ámbito práctico, se recomienda fortalecer la formación docente en el dominio de las herramientas tecnológicas, la integración pedagógica y la colaboración digital. Asimismo, las prácticas experimentales que incorporan medios tecnológicos deben estar alineadas con los objetivos de formación científica.

En este sentido, dado que el efecto de la competencia docente, sin un uso adecuado de herramientas digitales para la indagación, no intensifica la relación entre el uso de estas herramientas y dicho proceso, su integración debe realizarse mediante estrategias pedagógicas debidamente planificadas. Entre las principales limitaciones del estudio se destaca la conveniencia de emplear muestras de mayor tamaño, lo cual podría potenciar

la precisión de los resultados predictivos. Asimismo, el diseño transversal y el uso de instrumentos basados en la percepción podrían limitar la interpretación de los hallazgos.

Para futuras investigaciones se recomienda emplear muestras probabilísticas y diseños longitudinales o experimentales que permitan observar la evolución de las variables en el tiempo y aproximarse mejor al establecimiento de relaciones causales. También, sería conveniente incorporar variables mediadoras, como la motivación, la autonomía o la alfabetización digital, comparar contextos educativos distintos o aplicar un enfoque mixto que complemente los resultados cuantitativos obtenidos mediante PLS-SEM con evidencias cualitativas sobre las prácticas de docentes y estudiantes.

Referencias

Barreras, Á., Moreno-Mediavilla, D., Gómez, R., & Palacios, A. (2026). Factors influencing the use of virtual simulations by science teachers in secondary education. *Journal of New Approaches in Educational Research, 15*(1). https://doi.org/10.1007/s44322-025-00049-6

Bueno-Baquero, A., González-Calero, J. A., Del Olmo-Muñoz, J., & Sánchez-Pérez, M. C. (2026). Bridging digital transitions: Teacher digital competence across primary and secondary education. *Education and Information Technologies, 31*, 3097–3124. https://doi.org/10.1007/s10639-026-13944-y

Cao, L., Hennessy, S., & Wegerif, R. (2025). Thinking fast, slow, and ahead: Enhancing in-service teacher contingent responsiveness in science discussion with mixed-reality simulation. *Computers & Education, 237*, 105389. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105389

Chen, C.-H., Fei, H.-Y., & Tsai, C.-C. (2026). Hierarchical analysis of in-service teachers' barriers to technology-integrated instruction: A review of 2000–2024 publications. *Computers & Education, 242*, 105509. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105509

Chen, F., & Chen, G. (2026). How a technology-augmented inquiry approach affects teacher practice and student learning in disadvantaged science classrooms. *Instructional Science, 54*(37). https://doi.org/10.1007/s11251-026-09788-1

Chen, F., Zhang, Y., & Chen, G. (2025). Exploring the effects of technology-supported collaborative inquiry and students' ICT competency on scientific literacy and subject knowledge in rural science classrooms. *Education and Information Technologies, 30*, 18705–18732. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13512-w

Cheng, Y.-C., Lin, H.-C., Chen, K.-J., Cheng, Y.-T., & Lin, C.-T. (2025). Bridging knowledge and intention: The impact of teachers' TPACK on online teaching self-efficacy, attitudes, and behavioral intentions—An empirical research of Taiwanese high school teachers. *Acta Psychologica, 260*, 105408. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105408

Dockendorff, M., Merino, R., & Gomez Zaccarelli, F. (2026). Challenges to using digital technologies in mathematics teaching and learning: The view of Chilean teacher educators. *Frontiers in Education, 11*, 1795323. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1795323

Fior, G., Fonda, C., & Canessa, E. (2025). Hands-on STEM learning experiences using digital technologies. *STEM Education, 5*(2), 171–186. https://doi.org/10.3934/steme.2025009

Gudergan, S. P., Moisescu, O. I., Radomir, L., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2025). Special issue editorial: Advanced partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) applications in business research. *Journal of Business Research, 188*, 115087. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.115087

Hair, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., & Kuppelwieser, V. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European Business Review, 26*(2), 106-121. https://doi.org/10.1108/EBR-10-2013-0128

Hu, X., Xu, W., Wan, Z., Liu, M., & Xu, W. (2025). Bridging self-efficacy and digital competence: A comprehensive scoping review of teachers' readiness for the digital age. *SAGE Open, 15*(3). https://doi.org/10.1177/21582440251363716

Ilma, A. Z., & Kuswanto, H. (2025). Toward student's scientific literacy in science learning: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Revista Mexicana de Física E, 22*(2), 020222. https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.22.020222

Kapici, H. O. (2025). Does inquiry-based learning work better in regular classrooms or computer-based settings? *Instructional Science, 53*, 705–728. https://doi.org/10.1007/s11251-025-09711-0

Koç, A., & Kanadlı, S. (2025). Effect of interactive learning environments on learning outcomes in science education: A network meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology, 34*, 681–703. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10202-7

Kock, N., & Hadaya, P. (2018). Minimum sample size estimation in PLS-SEM: The inverse square root and gamma-exponential methods. *Information Systems Journal, 28*(1), 227–261. https://doi.org/10.1111/isj.12131

Laius, A., & Orgusaar, G. (2025). The critical role of science teachers' readiness in the integration of digital tools and materials in science education. *Education Sciences, 15*(8), 1001. https://doi.org/10.3390/educsci15081001

Mavenge, L., Ncanywa, T., Dyantyi-Gwanya, N., & Asaleye, A. J. (2026). Integrating TPACK in online pedagogies: Effects on science postgraduate students' competence. *Frontiers in Education, 11*, 1751227. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1751227

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education, 108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Niu, H., & Niranjan, M. R. R. (2025). Teacher digital competence in New Zealand primary schools: A qualitative study of integration practices, challenges, and cultural considerations. *The Australian Educational Researcher, 52*, 4611–4632. https://doi.org/10.1007/s13384-025-00912-7

Pérez Morán, G., Amaya Sauceda, R. A., Arhuis-Inca, W., Tamayo Ly, C. C., & Valverde Quispe, B. M. (2026). Digital competence and learning strategies in preschool teachers in Peru. *Frontiers in Education, 11*, 1686920. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1686920

Poser, J., Harms, U., Schönle, D., Reich, C., & Fiedler, D. (2026). Pre-service science teachers' judgment accuracy across science competencies: Evidence from a digital classroom simulation. *Journal of Research in Science Teaching, 63*(7), 626-648. https://doi.org/10.1002/tea.70064

Shambare, B., & Jita, T. (2025). A new era of learning: Exploring science teachers' perceptions of virtual lab in rural schools. *Education and Information Technologies, 30*, 15185–15205. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13412-z

Sibley, L., Fabian, A., Plicht, C., Pagano, L., Ehrhardt, N., Wellert, L., Bohl, T., & Lachner, A. (2025). Adaptive teaching with technology enhances lasting learning. *Learning and Instruction, 99*, 102141. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102141

Uçar, M. B., & Sahin, E. (2026). Science teachers' technology integration through TPACK-P: Proficiency and component interactions. *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-026-10331-7

Yeh, C.-Y., & Tsai, C.-C. (2026). High school students' fully online science learning barriers during the pandemic. *Journal of Science Education and Technology, 35*, 823–842. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10283-4

Zhang, Y., & Li, C. (2025). Leveraging pedagogical knowledge for effective technology integration in education: A research-based approach. *International Journal of Educational Research, 130*, 102553. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2025.102553

Zhang, Y., Pang, S., & Jiang, R. (2026). Integrating digital tools into the DMCR framework to enhance upper-primary students' scientific reasoning. *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-026-10346-0

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

1. Conceptualización: Yvette Plasencia-Mariños y Teddy Esteves-Saldana.
2. Curación de datos: Cesar Cifuentes-La Rosa.
3. Análisis formal: Alfredo Suasnabar-Ugarte y Cesar Cifuentes-La Rosa.
4. Adquisición de fondos: Yvette Plasencia-Mariños.
5. Investigación: Teddy Esteves-Saldana.
6. Metodología: Shulya Reynoso-Arcos.
7. Dirección del proyecto: Alfredo Suasnabar-Ugarte.
8. Recursos: Yvette Plasencia-Mariños y Teddy Esteves-Saldana.
9. Software: Alfredo Suasnabar-Ugarte.
10. Supervisión: Yvette Plasencia-Mariños y Alfredo Suasnabar-Ugarte.
11. Validación: Cesar Cifuentes-La Rosa.
12. Visualización: Shulya Reynoso-Arcos.
13. Redacción - borrador original: Yvette Plasencia-Mariños y Alfredo Suasnabar-Ugarte.
14. Redacción - corrección de pruebas y edición: Alfredo Suasnabar-Ugarte.