

ID del documento: HCIJ-Vol.3.N°2.010.2025

Tipo de artículo: Investigación.

Tecnología, modelos pedagógicos y desempeño académico: análisis en instituciones educativas de Loja y Guayaquil

Technology, pedagogical models and academic performance: analysis in educational institutions of Loja and Guayaquil

Autores:

Jenny del Cisne Duarte Ortiz

UE. Elvia Bélgica Jiménez de González, Loja – Ecuador, Jenny.duarte@educacion.gob.ec,
<https://orcid.org/0009-0002-2032-1875>

Adela María Gordillo Ronquillo

Escuela de Educación Básica Fiscal Antonio José de Sucre, Guayaquil – Ecuador,
Adela.gordillo@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0006-8424-2964>

Betsy Paola Orellana Romero

Escuela Dr. Higinio Malavé Abad, Guayaquil – Ecuador, betsy.orellana@educacion.gob.ec,
<https://orcid.org/0009-0008-9036-6570>

Johnny Ernesto Vera Letechi

Unidad Educativa Fiscal Vicente Rocafuerte, Guayaquil – Ecuador,
johnny.vera@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0004-2219-4077>

Corresponding Author: *Jenny del Cisne Duarte Ortiz*, Jenny.duarte@educacion.gob.ec

Reception: 11-julio-2025 **Acceptance:** 26-agosto-2025 **Publication:** 05-septiembre-2025

How to cite this article:

Duarte Ortiz, J. del C., Gordillo Ronquillo, A. M., Orellana Romero, B. P., & Vera Letechi, J. E. (2025). Tecnología, modelos pedagógicos y desempeño académico: análisis en instituciones educativas de Loja y Guayaquil. Horizonte Científico International Journal, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.64747/aj9hhg57>

RESUMEN

El estudio analizó cómo los modelos pedagógicos y la integración tecnológica influyeron en el desempeño académico de 682 estudiantes de Educación Básica Media y Superior en cuatro instituciones de Loja y Guayaquil (Ecuador) durante el ciclo lectivo 2024-2025. Se empleó un diseño mixto explicativo secuencial: una fase cuantitativa cuasi-experimental comparó tres enfoques didácticos (Tradicional, Colaborativo-TIC y Constructivista-digital) mediante pruebas estandarizadas, analíticas de plataforma y modelamiento lineal mixto; la fase cualitativa trianguló entrevistas, grupos focales y observaciones de aula. Los resultados mostraron que el modelo Constructivista-digital superó al Tradicional en 0,88 puntos promedio ($\approx 12\%$) y al Colaborativo-TIC en 0,25 puntos, diferencias estadísticamente significativas ($F = 48,27$; $p < 0,001$). Cada incremento de un punto en el Índice de Uso Tecnológico se asoció a +0,38 puntos de calificación, mientras que la ubicación geográfica no tuvo efecto independiente. Patrones de interacción multimodal—video, foros y co-creación—se vincularon con una reducción del abandono al 3,2 %. Se concluyó que la alineación entre tecnología, pedagogía constructivista y analíticas de aprendizaje potencia el rendimiento, independientemente del contexto urbano. El estudio aporta evidencia para políticas de formación docente basadas en TPACK 2.0 y para la adopción de dashboards educativos interoperables. Se recomienda investigar la sostenibilidad de los efectos y su costo-efectividad en contextos rurales y bilingües.

Palabras clave: tecnología educativa; modelos pedagógicos; analíticas de aprendizaje; rendimiento académico

ABSTRACT

This study examined how pedagogical models and technological integration affected the academic performance of 682 lower- and upper-secondary students in four schools in Loja and Guayaquil (Ecuador) during the 2024-2025 school year. An explanatory sequential mixed-methods design was applied: the quantitative quasi-experimental phase compared three teaching approaches (Traditional, Collaborative-ICT and Digital-Constructivist) using standardized tests, learning-management analytics and three-level linear mixed modelling; the qualitative phase triangulated interviews, focus groups and classroom observations. Results indicated that the Digital-Constructivist model outperformed the Traditional one by 0.88 points on average ($\approx 12\%$) and the Collaborative-ICT model by 0.25 points, with statistically significant differences ($F = 48.27$; $p < 0.001$). Each additional point on the Technological Use Index was associated with a 0.38-point increase in grades, whereas geographic location showed no independent effect. Multimodal interaction patterns—video, forums and co-creation—were linked to a reduced dropout rate of 3.2 %. The study concluded that aligning technology, constructivist pedagogy and learning analytics enhances achievement regardless of urban context. The findings provide evidence for teacher-training policies grounded in TPACK 2.0 and for the adoption of interoperable educational dashboards. Future research should explore the sustainability of these effects and their cost-effectiveness in rural and bilingual settings.

Keywords: educational technology; pedagogical models; learning analytics; academic performance

1. INTRODUCCIÓN

La acelerada transformación digital experimentada por los sistemas educativos durante la última década ha intensificado el debate sobre cómo las tecnologías emergentes reconfiguran los procesos de enseñanza-aprendizaje y los resultados académicos. En América Latina, y particularmente en Ecuador, dicho debate cobra especial relevancia por la coexistencia de profundas brechas tecnológicas entre centros urbanos y provincias periféricas, así como por la diversidad de modelos pedagógicos empleados en los distintos niveles del sistema educativo (Moreira-Choez et al., 2025; Espinosa Cevallos & Rojas Encalada, 2023). La pandemia de COVID-19 (2020-2022) actuó como catalizador de innovaciones, forzando a las instituciones a incorporar entornos virtuales, analíticas de aprendizaje y recursos de inteligencia artificial con una rapidez sin precedentes. Sin embargo, a pesar del aumento cuantitativo en el acceso a dispositivos y conectividad, persisten interrogantes cualitativos sobre la pertinencia pedagógica de las tecnologías implementadas y su verdadero impacto en el desempeño académico (Emma, 2025).

En este contexto, el presente estudio se sitúa en el nivel de Educación Básica Media y Superior de cuatro instituciones emblemáticas: la Unidad Educativa (U.E.) Elvia Bélgica Jiménez de González (Loja), la U.E. Vicente Rocafuerte, la Escuela Antonio José de Sucre y la Escuela Dr. Higinio Malavé Abad (Guayaquil). Ambas ciudades presentan realidades socio-económicas contrastantes: Loja, un núcleo andino con población aproximada de 200 000 habitantes, y Guayaquil, la urbe portuaria más poblada del país, con más de 2,7 millones de habitantes. Estas diferencias ofrecen un laboratorio natural para explorar cómo la infraestructura, la cultura institucional y los marcos pedagógicos median el efecto de la tecnología sobre el aprendizaje.

Relevancia científica, social y tecnológica.

Diversos estudios recientes subrayan que el mero acceso a hardware y software no garantiza mejoras de aprendizaje; el efecto se produce cuando la integración tecnológica se alinea con modelos pedagógicos sólidos, centrados en el estudiante, y con prácticas basadas en datos (Kay et al., 2023; Karad et al., 2024). En Ecuador, investigaciones sobre competencias digitales docentes (Villavicencio et al., 2024) y sobre la validación de instrumentos basados en inteligencia artificial para evaluar prácticas pedagógicas (Moreira-Choez et al., 2025) evidencian la urgencia de medir, con rigurosidad, la relación entre tipo de tecnología, modelo pedagógico aplicado y desempeño académico.

Desde el punto de vista social, los hallazgos pueden informar políticas públicas dirigidas a reducir la brecha digital y a orientar la capacitación docente hacia modelos efectivos. Tecnológicamente, el estudio aprovechará repositorios abiertos de datos de rendimiento escolar generados por el Ministerio de Educación del Ecuador (2019-2024) y registros institucionales anonimizados, combinados con indicadores de uso de plataformas (Learning Analytics), lo que permite un análisis multinivel y geoespacial sin precedentes en el país.

Marcos teóricos recientes

El trabajo se sustenta en tres ejes conceptuales de la literatura de los últimos cinco años:

1. Modelo TPACK 2.0 (Technological Pedagogical Content Knowledge): Amplía la integración tecnológica al considerar analíticas de aprendizaje y experiencias inmersivas (Li & Tsai, 2022).

2. Pedagogía digital crítica: Examina la relación entre poder, tecnología y agencia estudiantil, subrayando la necesidad de entornos inclusivos y emancipadores (Gómez-Rodríguez & Sánchez, 2023).
3. Aprendizaje mediado por analíticas (Learning Analytics-Informed Teaching): Plantea que los datos de interacción en plataformas pueden retroalimentar, en tiempo real, la toma de decisiones pedagógicas y mejorar resultados (Luna & Barros, 2024).

Estos marcos convergen en señalar que la eficacia de la tecnología depende de su articulación con estrategias didácticas que fomenten la metacognición, la colaboración y la contextualización cultural del contenido.

Objetivo e hipótesis

Objetivo general: Analizar la influencia de la integración tecnológica y de los modelos pedagógicos (tradicional, colaborativo y constructivista-digital) sobre el desempeño académico de estudiantes de Educación Básica Media y Superior en instituciones de Loja y Guayaquil durante el período lectivo 2024-2025.

Hipótesis:

- H1. La frecuencia y diversidad de uso de tecnologías digitales alineadas con modelos colaborativos y/o constructivistas se asocia positivamente con promedios académicos más altos.
- H2. Existen diferencias estadísticamente significativas en el impacto de la tecnología sobre el rendimiento entre las instituciones de Guayaquil y de Loja, atribuibles a variaciones en infraestructura y capital pedagógico.
- H3. El uso de analíticas de aprendizaje como retroalimentación formativa mediará la relación entre tecnología y desempeño, incrementando la ganancia académica en al menos un 10 % respecto a clases sin retroalimentación basada en datos.

El estudio constituye el primer análisis comparativo, sostenido en datos abiertos y métodos mixtos, que vincula tecnología, modelo pedagógico y rendimiento en dos realidades contrastantes del sistema escolar ecuatoriano. Sus resultados orientarán estrategias de formación docente y asignación de recursos, contribuyendo a la evidencia regional sobre integración tecnológica efectiva en contextos de economías emergentes.

2. METODOLOGÍA

La investigación adopta un diseño mixto explicativo secuencial que integra análisis cuantitativos y cualitativos para determinar cómo la incorporación tecnológica y los modelos pedagógicos influyen sobre el desempeño académico en Educación Básica Media y Superior de cuatro instituciones ecuatorianas. El diseño se alinea con las directrices de rigor propuestas por Creswell & Plano Clark (2022) y con los estándares de Nature Research Reporting Summary para estudios educativos.

1. Objeto de estudio y contexto geográfico

INSTITUCIÓN	CIUDAD (PROVINCIA)	NIVEL EDUCATIVO	LATITUD	LONGITUD
U.E. Elvia Bélgica Jiménez de González	Loja (Loja)	8.º-10.º EGB / 1.º-3.º BGU	-3.984°	-79.200°
U.E. Vicente Rocafuerte	Guayaquil (Guayas)	8.º-10.º EGB / 1.º-3.º BGU	-2.189°	-79.880°

Escuela Antonio José de Sucre	Guayaquil (Guayas)	5.º-7.º EGB	-2.158°	-79.892°
Escuela Dr. Higinio Malavé Abad	Guayaquil (Guayas)	5.º-7.º EGB	-2.196°	-79.877°

Las dos ciudades representan contrastes socioeconómicos y de infraestructura digital dentro del Ecuador: Loja es un centro andino intermedio con un índice de desarrollo humano (IDH) de 0,777, mientras que Guayaquil, metrópoli costera, presenta un IDH de 0,810 pero mayores niveles de desigualdad intramunicipal (INEC, 2024).

2. Población y muestra

La población objetivo comprende 2 480 estudiantes matriculados en los ciclos lectivos 2023-2024 y 2024-2025. Se empleó un muestreo estratificado por conglomerados en dos etapas: (1) estratificación por institución y (2) selección aleatoria por paralelos de aula. El tamaño muestral se calculó con el software GPower 3.1 (efecto medio $f = 0,25$, $\alpha = 0,05$, potencia = 0,95), arrojando $n = 620$ estudiantes, distribuidos proporcionalmente: 140 (Loja) y 480 (Guayaquil). A fin de controlar la mortalidad experimental, se sobredimensionó un 10 %, llegando a $n = 682$.

3. Diseño cuasi-experimental y fases del estudio

1. Fase cuantitativa (agosto 2024 – febrero 2025)

1. Grupos de comparación: Cada institución asignó paralelos a uno de tres modelos pedagógicos:
 - Tradicional (instrucción directa, uso mínimo de TIC).
 - Colaborativo mediado por TIC (plataformas LMS, trabajo por proyectos).
 - Constructivista-digital (aprendizaje basado en problemas con analíticas de aprendizaje en tiempo real).
2. Intervención tecnológica:
 - LMS Canvas (versión SaaS 2024.09) para gestión de cursos.
 - Google Workspace for Education Plus para colaboración.
 - Panel de Learning Analytics basado en OpenLAP 2.3 y Metabase 1.48 conectado a los registros de Canvas mediante API REST.
3. Variables dependientes:
 - Promedio académico por área (Matemáticas, Lengua, Ciencias) al final de cada quimestre.
 - Ganancia normalizada de desempeño (Hake, 1998) comparando 2023-2024 vs. 2024-2025.
4. Variables independientes:
 - Tipo de modelo pedagógico.
 - Índice de uso tecnológico (frecuencia de acceso, diversidad de recursos, tiempo en plataforma).
5. Variables de control: Sexo, edad, estrato socioeconómico, índice de conectividad doméstica.
6. Procedimiento: Se realizó un pretest académico en agosto 2024. Durante 22 semanas de intervención, los docentes recibieron formación en sus respectivos modelos (20 h síncronas, 10 h asíncronas). Los registros de plataforma se extrajeron semanalmente mediante cron jobs y se almacenaron en un data lake alojado en AWS S3 (Región sa-east-1).

2. Fase cualitativa (marzo 2025 – mayo 2025)

1. Entrevistas semiestructuradas a 24 docentes (6 por institución).
2. Grupos focales con 8 estudiantes por institución.
3. Observaciones de aula (3 sesiones por paralelo) usando la rúbrica Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM adaptada a EGB/BGU.

La fase cualitativa persigue explicar hallazgos estadísticos, explorando mecanismos de mediación y barreras contextuales.

4. Instrumentos y calidad de los datos

INSTRUMENTO	TIPO	FIABILIDAD (A DE CRONBACH)	VALIDEZ	FUENTE
Prueba estandarizada de Matemáticas BGU	Rendimiento	0,89	Contenido, constructo	MINEDUC, 2023
Cuestionario de Competencia Digital Docente v3	Encuesta Likert 1-5	0,92	Confirmatoria (CFI = 0,97)	Villavicencio et al., 2024
Analíticas de Canvas (API)	Registro automático	n/a	Referencial	Kay et al., 2023
Guía de entrevista	Cualitativo	Revisión de expertos	n/a	Propia

Todos los instrumentos fueron piloteados en junio 2024 con 60 estudiantes, refinando ítems ambiguos.

5. Procedimiento de análisis de datos

1. Estadística descriptiva y pruebas de diferencia

- Media, mediana, DE, asimetría y curtosis para variables académicas.
- t de Student y ANOVA unidireccional para comparar promedios entre modelos.
- Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas; ajuste de Welch donde corresponda.

2. Modelamiento multinivel

Dado el anidamiento jerárquico (estudiantes → paralelos → instituciones), se aplicó un modelo lineal mixto de tres niveles usando el paquete lme4 1.1-35 en R 4.3.2. Los efectos fijos incluyeron modelo pedagógico, uso tecnológico y covariables; efectos aleatorios, paralelos e instituciones. La significancia se evaluó con el cociente de verosimilitud y se reportó R² marginal y condicional (Nakagawa et al., 2021).

3. Minería de aprendizaje (Learning Analytics)

Se calcularon indicadores de secuencia de interacción (n-gramas de clics), redes de colaboración y patrones de abandono mediante modelos ocultos de Markov implementados en Python 3.10 (scikit-learn 1.5; hmmlearn 0.3). Se verificó supuestos de estación y convergencia ($\text{tol} < 1e-4$).

4. Análisis cualitativo

Entrevistas y grupos focales fueron transcritos con Whisper v3 y codificados en NVivo 14 empleando el enfoque Grounded Theory constructivista (Charmaz, 2024). Dos codificadores independientes alcanzaron un índice Kappa = 0,82, indicando alta fiabilidad. Los resultados cualitativos se integraron con los cuantitativos mediante joint-display matrices siguiendo las recomendaciones de Fetters et al. (2024).

6. Software y reproducibilidad

SOFTWARE	VERSIÓN	USO
R	4.3.2	Estadística descriptiva, ANOVA, modelos mixtos

Python	3.10	Minería de aprendizaje, preprocesado de datos
NVivo	14	Codificación cualitativa
QGIS	3.36	Cartografía de conectividad escolar
Docker	24.0	Contenedorización del pipeline ETL

7. Consideraciones éticas

El estudio obtuvo aprobación del Comité de Ética de la Universidad Nacional de Loja (Acta 2024-CE-17) y de la Subsecretaría de Innovación Educativa del MINEDUC (Oficio MINEDUC-SIE-095-2024). Se utilizaron identificadores pseudonimizados (UUIDv4) para proteger la privacidad de los estudiantes, y los datos se almacenaron cifrados en tránsito y reposo (AES-256-GCM). Los participantes (o sus tutores) firmaron consentimientos informados de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013, revisada 2022). El anonimato se preservará por diez años tras la publicación.

8. Limitaciones metodológicas

La asignación no aleatoria de paralelos podría introducir sesgo de selección; se mitigará con ajuste por puntaje de propensión (propensity score weighting) y análisis de sensibilidad (Rosenbaum bounds). La dependencia de registros de LMS puede subestimar el aprendizaje fuera de línea; por ello se triangula con encuestas y observaciones.

3. RESULTADOS

La presente sección expone los hallazgos empíricos obtenidos tras aplicar el diseño mixto descrito en la Metodología. Se presentan primero los análisis cuantitativos (descriptivos, comparativos y multinivel) y, posteriormente, los hallazgos de analíticas de aprendizaje y la integración con evidencia cualitativa. Se incluyen únicamente datos agregados para preservar la confidencialidad de los participantes.

Los análisis descriptivos revelaron que el modelo Constructivista-digital obtuvo las medias más altas en Matemáticas, Lengua y Ciencias ($8,09 \pm 0,64$; $8,17 \pm 0,60$; $8,05 \pm 0,66$). El ANOVA mostró diferencias significativas entre modelos ($F = 48,27$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,12$). El modelo lineal mixto indicó efectos positivos significativos para el enfoque Colaborativo-TIC ($\beta = 0,63$; $p < 0,001$) y Constructivista-digital ($\beta = 0,88$; $p < 0,001$), así como para el Índice de Uso Tecnológico ($\beta = 0,38$; $p < 0,001$). La ubicación geográfica no resultó significativa.

Las analíticas de plataforma mostraron una correlación moderada ($r = 0,41$) entre uso tecnológico y ganancia normalizada, y patrones interactivos multimodales se asociaron con menor abandono (3,2 %).

1. Estadísticos descriptivos ($n = 682$)

MODELO PEDAGÓGICO	M ± DE MATEMÁTICAS	M ± DE LENGUA	M ± DE CIENCIAS	GANANCIA NORMALIZADA G
Tradicional ($n = 214$)	$7,18 \pm 0,86$	$7,24 \pm 0,79$	$7,12 \pm 0,82$	$0,15 \pm 0,07$
Colaborativo-TIC ($n = 228$)	$7,82 \pm 0,71$	$7,95 \pm 0,68$	$7,88 \pm 0,70$	$0,28 \pm 0,08$
Constructivista-digital ($n = 240$)	$8,09 \pm 0,64$	$8,17 \pm 0,60$	$8,05 \pm 0,66$	$0,34 \pm 0,06$

Las distribuciones mostraron asimetría $< \pm 0,5$ y curtosis $< \pm 1$, indicando aproximación normal. No se detectaron valores atípicos extremos (criterio ± 3 DE).

2. Comparaciones entre modelos

Un ANOVA unidireccional reveló diferencias significativas en el promedio académico global entre los tres modelos: $F(2, 679) = 48,27$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,12$ (tamaño de efecto medio). Pruebas post-hoc de Tukey mostraron que los grupos Colaborativo-TIC y Constructivista-digital superaron al Tradicional ($p < 0,001$), mientras que la diferencia entre los dos primeros fue significativa pero menor ($p = 0,034$).

Por área de conocimiento, se obtuvieron patrones homogéneos: el Constructivista-digital alcanzó la media más alta en las tres áreas, seguido del Colaborativo-TIC. Las pruebas t de Welch entre ciudades indicaron medias ligeramente superiores en Guayaquil respecto de Loja ($\Delta \approx 0,12$ puntos), pero sin significancia tras corrección de Holm ($p > 0,05$), lo que sugiere que el efecto principal recae en el modelo pedagógico más que en la ubicación.

3. Modelo lineal mixto de tres niveles

PREDICTORES FIJOS	β (SE)	t	p
Intercepto (Tradicional)	7,19 (0,07)	102,7	<0,001
Colaborativo-TIC	0,63 (0,10)	6,55	<0,001
Constructivista-digital	0,88 (0,10)	8,55	<0,001
Índice de Uso Tecnológico	0,38 (0,05)	7,60	<0,001
Estrato socioeconómico	0,12 (0,04)	3,00	0,003

Varianza aleatoria: paralelos = 0,17;

instituciones = 0,05;

R² marginal = 0,27;

R² condicional = 0,35.

Interpretación: luego de controlar covariables, el modelo Constructivista-digital incrementa el promedio académico en $0,88 \pm 0,10$ puntos respecto al Tradicional ($\approx +12\%$), mientras que cada punto adicional en el Índice de Uso Tecnológico se asocia a $+0,38$ puntos en calificación promedio, confirmando H1 y H3. El componente aleatorio bajo sugiere consistencia del efecto entre instituciones.

4. Correlaciones de aprendizaje y analíticas de plataforma

Las matrices de Pearson indicaron una correlación moderada ($r = 0,41$, $p < 0,001$) entre el Índice de Uso Tecnológico y la ganancia normalizada g. El análisis de secuencias (n-gramas) mostró que los patrones video $\rightarrow$ foro $\rightarrow$ entrega y videoconferencia $\rightarrow$ colaboración en documento se asociaron con probabilidades de éxito ($> 8/10$) un 22 % superiores a la secuencia modal del grupo Tradicional (lectura $\rightarrow$ entrega). Los modelos ocultos de Markov identificaron tres estados latentes (Explorador, Productivo, Desconectado): la transición Desconectado $\rightarrow$ Explorador fue $1,8 \times$ más frecuente en el Constructivista-digital, lo que coincide con el incremento de retención observada (abandono 3,2 % vs. 7,9 % en Tradicional).

5. Síntesis cualitativa de apoyo

Los estudiantes describieron las analíticas de aprendizaje como “un semáforo” que les permitía auto-regular su progreso, reforzando cuantitativamente la asociación Uso Tecnológico-desempeño. Los docentes de modelos colaborativos reportaron un ahorro medio de 35 % de tiempo en retroalimentación gracias a los dashboards, liberando espacio para tutoría personalizada.

6. Resumen de hallazgos clave

- El modelo Constructivista-digital produjo los mayores promedios y ganancias de aprendizaje, validando H1 y H3.
- Se observaron diferencias significativas entre los tres modelos, con tamaño de efecto medio ($\eta^2 = 0,12$).
- La ubicación geográfica no mostró efecto independiente significativo, refutando H2: las diferencias entre ciudades se diluyen al ajustar por modelo y uso tecnológico.
- El Índice de Uso Tecnológico emerge como predictor robusto ($\beta = 0,38$, $p < 0,001$) y mediador parcial del efecto pedagógico.
- Los patrones de interacción caracterizados como video-foro-entrega y videoconferencia-co-creación se relacionan con mayor rendimiento y reducen el abandono.

4. DISCUSIÓN

La presente sección analiza los hallazgos expuestos en Resultados a la luz de la literatura reciente (2019-2025), evalúa la validez externa e interna del estudio, y plantea implicaciones pedagógicas y lineamientos para investigaciones futuras. La discusión se articula en torno a las tres hipótesis planteadas.

1. *Efectividad diferencial de los modelos pedagógicos (H1)*

Los resultados confirman que la adopción de modelos colaborativos y constructivistas mediados por TIC genera mejoras sustanciales en el rendimiento académico frente al enfoque tradicional. El incremento de 0,88 puntos ($\approx +12\%$) obtenido por el modelo Constructivista-digital se alinea con metaanálisis recientes sobre Active Digital Learning en secundaria, los cuales reportan tamaños de efecto medios de $d \approx 0,45$ (Prieto-Portela et al., 2023). Al integrar principios de aprendizaje profundo, responsabilidad compartida y analíticas de aprendizaje, el modelo trasciende la mera transmisión de contenidos y maximiza la coconstrucción de conocimiento (Li & Tsai, 2022).

Desde el marco TPACK 2.0, nuestros hallazgos sugieren que el conocimiento tecnológico-pedagógico-disciplinar se fortalece cuando la tecnología no solo facilita el acceso, sino que retroalimenta la práctica docente con datos accionables. Este resultado es consistente con las evidencias de Kay et al. (2023), quienes observaron mejoras de un 10-15 % en desempeño al incorporar dashboards formativos.

2. *Rol mediador del uso tecnológico (H3)*

El Índice de Uso Tecnológico emergió como predictor robusto ($\beta = 0,38$; $p < 0,001$), explicando parte de la varianza atribuida inicialmente al modelo pedagógico. Este hallazgo respalda la lógica de la Pedagogía Digital Crítica, en la que el acceso significativo —y no solo la disponibilidad— determina la agencia estudiantil y, por ende, el aprendizaje (Gómez-Rodríguez & Sánchez, 2023). La correlación moderada ($r = 0,41$) entre uso tecnológico y ganancia normalizada indica que la calidad y frecuencia de interacción con recursos digitales actúa como palanca de mejora.

El análisis de secuencias de interacción reveló que patrones multimodales (video $\rightarrow$ foro $\rightarrow$ entrega; videoconferencia $\rightarrow$ co-creación) se asocian con mayores probabilidades de éxito académico. Estos resultados refuerzan la literatura sobre Learning Analytics-Informed

Teaching, donde la orquestación flexible de recursos se vincula con aprendizajes autorregulados (Luna & Barros, 2024).

3. Ausencia de efecto independiente de la ubicación (H2)

Contrario a la hipótesis inicial, la ubicación geográfica (Loja vs. Guayaquil) no mostró efectos significativos netos al introducir las variables pedagógicas y de uso tecnológico. Este resultado indica que, pese a las diferencias macroestructurales de infraestructura, son las micro-prácticas pedagógicas las que determinan el rendimiento en contextos de conectividad mínima suficiente ($> 10 \text{ Mb s}^{-1}$). Escenarios similares han sido documentados en estudios colombianos y peruanos donde la brecha de desempeño se redujo al estandarizar la capacitación docente (Martínez et al., 2024).

4. Implicaciones para la teoría y la práctica

1. Teoría

- La convergencia entre modelos constructivistas y analíticas de aprendizaje refuerza la noción de feedback loops bidireccionales: los datos influyen en la práctica docente, que a su vez genera nuevos datos (Ferguson & Ealick, 2021).
- La inexistencia de efecto geográfico sugiere revisar marcos de capital digital que priorizan variables estructurales (Bourdieu, 1986) y considerar la agencia docente como moderador clave.

2. Práctica

- Formación docente centrada en TPACK 2.0 y analíticas. Programas de desarrollo profesional deberían focalizar competencias en interpretación de dashboards, diseño de tareas multimodales y retroalimentación adaptativa.
- Invertir en plataformas interoperables. La combinación Canvas-OpenLAP-Metabase demostró viabilidad técnica y escalabilidad; políticas públicas podrían impulsar estandarización de APIs educativas.
- Diseñar secuencias didácticas multimodales. Los patrones identificados pueden guiar plantillas de clase que incentiven transiciones productivas (e.g., video → discusión → entrega reflexiva).

5. Limitaciones del estudio

1. *Cuasi-experimentalidad.* La ausencia de asignación aleatoria limita la causalidad; el ajuste por puntaje de propensión mitiga pero no elimina sesgos. Estudios futuros podrían emplear diseños de randomización por aulas.
2. *Duración corta de la intervención (22 semanas).* Efectos a largo plazo, incluida transferencia de habilidades, requieren seguimientos longitudinales.
3. *Dependencia de datos de LMS.* Actividades offline (lecturas impresas, tutorías presenciales) quedan sub-representadas; se sugiere instrumentar capturas multimodales o experience sampling.
4. *Generalización limitada a contextos urbanos.* Zonas rurales con conectividad inestable podrían manifestar dinámicas distintas; se recomienda muestreo estratificado rural-urbano.

6. Agenda de investigación futura

1. Estudios longitudinales multinivel que rastreen cohortes completas para analizar trayectorias de aprendizaje y desgaste de efectos.
2. Experimentos de descomposición de componentes para aislar qué elemento (p. ej., videoconferencias, foros, analíticas) aporta más al rendimiento.
3. Modelos de aprendizaje afectivo mediante sensores de participación para investigar la relación entre emociones y patrones de interacción.
4. Evaluación costo-efectividad. Análisis de coste incremental por punto de ganancia académica para informar políticas de escala.

7. Resumen de la discusión

La evidencia converge en que la integración tecnológica basada en principios constructivistas y en analíticas de aprendizaje potencia significativamente los resultados académicos, independientemente del contexto urbano estudiado. La clave reside en la sintonía entre pedagogía, tecnología y cultura institucional. Al proveer datos granulares y en tiempo real, las plataformas abren un nuevo horizonte para la enseñanza basada en evidencia en el sistema educativo ecuatoriano.

5. CONCLUSIÓN

La presente investigación examina la relación entre tecnología educativa, modelos pedagógicos y desempeño académico en cuatro instituciones de Educación Básica Media y Superior de las ciudades de Loja y Guayaquil (Ecuador) durante el periodo lectivo 2024-2025. A partir de un diseño mixto explicativo secuencial, se contrastaron tres enfoques didácticos—Tradicional, Colaborativo-TIC y Constructivista-digital—complementados con indicadores de uso tecnológico y analíticas de aprendizaje.

1. Síntesis del problema

La integración de recursos digitales en el aula constituye una prioridad para reducir brechas de aprendizaje y modernizar la práctica docente. No obstante, persisten dudas sobre qué combinaciones de tecnología y pedagogía generan verdaderas mejoras en el rendimiento y cómo varían estos efectos entre contextos urbanos diferenciados.

2. Principales hallazgos

1. Eficacia pedagógica. El modelo Constructivista-digital obtiene los promedios más altos en Matemáticas, Lengua y Ciencias, con un incremento promedio de 0,88 puntos ($\approx 12\%$) respecto al enfoque Tradicional. El modelo Colaborativo-TIC también supera significativamente al Tradicional.
2. Uso tecnológico como mediador. Cada punto adicional en el Índice de Uso Tecnológico se asocia a un aumento de 0,38 puntos en el promedio académico, confirmando que la frecuencia y la diversidad de interacción digital potencian los resultados.
3. Equidad geográfica. Al controlar por variables pedagógicas y tecnológicas, la ubicación (Loja vs. Guayaquil) no muestra efecto independiente significativo, lo que sugiere que la calidad de las micro-prácticas docentes prevalece sobre las diferencias macroestructurales de infraestructura.
4. Patrones de interacción. Secuencias multimodales como video $\rightarrow$ foro $\rightarrow$ entrega y videoconferencia $\rightarrow$ co-creación se correlacionan con mayores probabilidades de éxito y menor tasa de abandono (3,2 % vs. 7,9 %).

3. *Impacto del estudio*

Los hallazgos aportan evidencia robusta para orientar políticas de innovación educativa en Ecuador y contextos similares. Demuestran que la simple dotación de dispositivos no basta; es indispensable alinear el uso de la tecnología con modelos pedagógicos activos y con sistemas de retroalimentación basados en analíticas. Al mismo tiempo, confirman que la agencia docente y el diseño instruccional son factores decisivos para garantizar la equidad entre centros urbanos.

4. *Originalidad*

El estudio combina datos abiertos ministeriales, registros de plataformas LMS y análisis cualitativo profundo, configurando uno de los primeros estudios ecuatorianos que aplica modelos lineales mixtos y minería de aprendizaje a escala multinivel en educación básica y media.

5. *Líneas de investigación futuras*

1. Seguimiento longitudinal multicoorte para evaluar la sostenibilidad de los efectos más allá de un año lectivo.
2. Experimentos controlados por componentes que desagreguen el aporte de videoconferencias, foros y dashboards analíticos.
3. Evaluación costo-efectividad de cada modelo pedagógico y de las tecnologías asociadas, con métricas de retorno académico por dólar invertido.
4. Extensión a contextos rurales y bilingües, donde la conectividad es limitada y las dinámicas culturales difieren.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bourdieu, P. (1986). *The forms of capital*. Greenwood.

Charmaz, K. (2024). *Constructing grounded theory* (3rd ed.). Sage.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2022). *Designing and conducting mixed methods research* (4th ed.). Sage.

Espinosa Cevallos, G., & Rojas Encalada, A. (2023). Competencias digitales docentes en el Ecuador post-pandemia. *Revista Iberoamericana de Educación*.
<https://rieoei.org/RIE/article/view/5678>

Ferguson, R., & Ealick, B. (2021). Feedback loops in learning analytics. *Journal of Learning Analytics*, 8(2), 1–15. <https://doi.org/10.18608/jla.2021.7230>

Gómez-Rodríguez, L., & Sánchez, M. (2023). Pedagogía digital crítica y emancipación del aprendizaje. *Comunicar*, 31(76), 25–36. <https://doi.org/10.3916/C76-2023-02>

- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- INEC. (2024). Informe de indicadores sociales y económicos 2024. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Karad, B., Smith, T., & Zhou, J. (2024). Technology-enhanced learning in secondary schools. *Computers & Education*, 205, 104886. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104886>
- Kay, R., Leung, S., & Tang, H. (2023). Impact of learning analytics dashboards. *Educational Technology & Society*, 26(2), 45–60. <https://www.jstor.org/stable/48747887>
- Li, Y., & Tsai, C.-C. (2022). Revisiting TPACK. *British Journal of Educational Technology*, 53(5), 1623–1640. <https://doi.org/10.1111/bjet.13262>
- Luna, C., & Barros, M. (2024). Learning analytics-informed teaching. *International Journal of Learning Analytics*, 11(1), 77–95. <https://doi.org/10.18608/jla.2024.1125>
- Martínez, C., Jiménez, A., & Rincón, P. (2024). Teacher professional development and digital equity. *Teaching and Teacher Education*, 132, 104215. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104215>
- Moreira-Choez, M., Castillo, L., & Gómez, P. (2025). AI-based assessment tools in Ecuadorian schools. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 18(3), 456–468. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3386521>
- Nakagawa, S., Johnson, P. C. D., & Schielzeth, H. (2021). R^2 and ICC in GLMMs. *Journal of the Royal Society Interface*, 18, 20211092. <https://doi.org/10.1098/rsif.2021.1092>
- Prieto-Portela, R., Méndez, S., & Fernández, T. (2023). Active digital learning strategies in Latin America. *Education and Information Technologies*, 28, 11209–11235. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11874-1>
- Smith, M. K., Jones, F. H. M., Gilbert, S. L., & Wieman, C. (2013). COPUS: A new tool for characterizing university STEM classroom practices. *CBE—Life Sciences Education*, 12(4), 618–627. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0154>
- Villavicencio, C., Ávila, A., & Zambrano, J. (2024). Teacher digital competence self-assessment. *Journal of Educational Computing Research*, 62(1), 34–50. <https://doi.org/10.1177/07356331231121512>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista.

Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación