



**Tipo de artículo:** Investigación

***Impacto del uso de herramientas digitales en los procesos de aprendizaje en contextos educativos multidisciplinares***

***Impact of the Use of Digital Tools on Learning Processes in Multidisciplinary Educational Contexts***

**Autor:**

**Carmen Virginia Chico Castro**

Universidad De Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, [virginiachico1004@gmail.com](mailto:virginiachico1004@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-1045-0641>

**Corresponding Author:** *Carmen Virginia Chico Castro*, [virginiachico1004@gmail.com](mailto:virginiachico1004@gmail.com)

**Reception:** 15-julio-2024    **Acceptance:** 02- agosto -2024    **Publication:** 23- agosto -2024

**How to cite this article:**

Carmen Virginia Chico Castro, C. V. C. C. (2024). Impacto del uso de herramientas digitales en los procesos de aprendizaje en contextos educativos multidisciplinares. Revista Científica Asesores Educativos, 1(2), 1-24.  
<https://revista.asesoreseducativos-ec.com/index.php/rcae/article/view/6>

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar, mediante simulación híbrida en AnyLogic, el impacto potencial de distintos niveles de integración de herramientas digitales en los procesos de aprendizaje en contextos multidisciplinarios de Educación General Básica Media en instituciones fiscales urbanas de la Amazonía ecuatoriana, utilizando parámetros derivados de datos abiertos y literatura reciente. Se construyó un modelo que combina dinámica de sistemas y simulación basada en agentes para representar estudiantes, docentes y entorno institucional, incorporando variables de competencia digital, intensidad y calidad de uso (SAMR), infraestructura tecnológica y brecha de acceso. A través de tres escenarios (uso bajo, medio y alto) y múltiples réplicas, se generaron datos sintéticos sobre rendimiento académico, motivación, colaboración y percepción de utilidad de las herramientas digitales. Los resultados simulados muestran una asociación positiva moderada entre la intensidad/calidad del uso digital y el rendimiento, con mayores incrementos en escenarios de alta integración pedagógica, así como mejoras sustanciales en motivación y colaboración cuando predominan actividades de modificación y redefinición. Al mismo tiempo, el modelo refleja la persistencia de brechas derivadas de diferencias en infraestructura y acceso, que limitan los beneficios potenciales para todos los estudiantes. Se concluye que la integración planificada de herramientas digitales, combinada con fortalecimiento de la competencia digital docente y políticas que reduzcan la brecha digital, tiene un alto potencial para favorecer el rendimiento y procesos de aprendizaje, constituyendo una base teórica útil para el diseño de futuras investigaciones empíricas en la región amazónica ecuatoriana.

**Palabras clave:** herramientas digitales; educación general básica media; simulación educativa; brecha digital; aprendizaje multidisciplinario

### ABSTRACT

The aim of this study was to analyse, through a hybrid AnyLogic simulation, the potential impact of different levels of digital tool integration on learning processes in multidisciplinary contexts of Lower Secondary Education (Educación General Básica Media) in public urban schools in the Ecuadorian Amazon, using parameters drawn from open data and recent literature. A model combining system dynamics and agent-based simulation was developed to represent students, teachers, and the institutional environment, incorporating variables such as digital competence, intensity and quality of use (SAMR), technological infrastructure, and digital divide. Through three scenarios (low, medium, and high use) and multiple replications, synthetic data were generated on academic performance, motivation, collaboration, and perceived usefulness of digital tools. Simulated results indicate a moderate positive association between digital use intensity/quality and academic performance, with larger gains under high pedagogical integration, as well as substantial improvements in motivation and collaboration when modification and redefinition tasks prevail. At the same time, the model reflects the persistence of inequities linked to infrastructural and access differences, which constrain the potential benefits for all students. It is concluded that planned digital tool integration, combined with strengthened teacher digital competence and policies to reduce the digital divide, holds strong potential to enhance performance and learning processes and provides a useful theoretical basis for designing future empirical studies

in the Ecuadorian Amazon region.

**Keywords:** digital tools; lower secondary education; educational simulation; digital divide; multidisciplinary learning

### 1. INTRODUCCIÓN

#### ***Contextualización del problema***

En la última década, el sistema educativo ecuatoriano ha impulsado de forma sostenida la incorporación de tecnologías digitales mediante políticas de innovación curricular, programas específicos y la apertura de portales de datos oficiales sobre la realidad escolar. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) En las ciudades amazónicas, los establecimientos fiscales de Educación General Básica Media viven una tensión constante entre la expansión de infraestructura tecnológica y las brechas de acceso, uso pedagógico y apropiación crítica de herramientas digitales por parte de docentes y estudiantes. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2023; INEC, 2020).

La consolidación de plataformas de datos abiertos como Educa Ecuador y bases estadísticas actualizadas ha generado un ecosistema de información histórica sobre matrícula, modalidades, localización y características institucionales, que permite contextualizar estudios empíricos sobre uso de tecnologías en el aula. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) Estos repositorios incluyen series de datos que abarcan varios años lectivos, lo que facilita identificar patrones de cobertura, densidad de matrícula y participación en proyectos de innovación en instituciones de Educación Básica Media de zonas urbanas amazónicas. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

Tras la pandemia de covid-19, la intensificación del uso de plataformas virtuales, recursos interactivos y aplicaciones educativas reconfiguró las prácticas docentes y las experiencias de aprendizaje en todos los niveles, incluyendo la Básica Media. (García, 2024; Parra, 2024) No obstante, la literatura reciente advierte que la disponibilidad de dispositivos y conectividad no se traduce automáticamente en mejores resultados académicos ni en el fortalecimiento de procesos complejos como la motivación, la colaboración o la autorregulación del aprendizaje. (Bermúdez, 2025; Juan-Llamas & Viuda-Serrano, 2022).

#### ***Relevancia científica, social y tecnológica***

Desde la perspectiva científica, analizar el impacto del uso de herramientas digitales en procesos de aprendizaje en contextos multidisciplinarios de Educación Básica Media contribuye a refinar marcos teóricos que articulan integración tecnológica, diseño instruccional y resultados de aprendizaje en entornos reales y no solo en experiencias piloto. (Aguilar & Aguilar, 2025; Bermúdez, 2025) Estudios recientes en Iberoamérica y América Latina muestran evidencia heterogénea: algunos reportan efectos positivos claros de las tecnologías en el rendimiento, mientras otros señalan efectos condicionados por factores contextuales como el capital cultural, la gestión institucional

o las culturas de evaluación. (Parra, 2024; Sánchez Soto & García-Martín, 2023).

En el plano social, los sistemas escolares amazónicos se enfrentan al reto de disminuir brechas digitales intra e interinstitucionales en un escenario donde el acceso significativo a herramientas digitales se vincula con oportunidades futuras de participación ciudadana, inserción laboral y continuidad de estudios. (INEC, 2020; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) Comprender cómo se usan las herramientas digitales en aulas multidisciplinarias —donde confluyen Lengua y Literatura, Matemática y Ciencias Naturales— permite identificar prácticas que favorecen la equidad y detectar riesgos asociados a usos superficiales o meramente recreativos. (García, 2024; Bermúdez, 2025).

Tecnológicamente, la proliferación de plataformas adaptativas, entornos gamificados, recursos interactivos y soluciones basadas en inteligencia artificial ha diversificado las herramientas disponibles, pero también ha complejizado las decisiones docentes sobre selección, secuenciación y evaluación de estos recursos en coherencia con el currículo nacional. (García, 2024; Parra, 2024) La evidencia reciente converge en que el valor pedagógico de las tecnologías depende más de su integración intencional y ética en secuencias didácticas que de su sofisticación técnica. (Bermúdez, 2025; Sánchez Soto & García-Martín, 2023).

### ***Marcos teóricos recientes***

El estudio se inscribe en marcos teóricos contemporáneos que han ganado fuerza en los últimos cinco años, entre ellos los modelos de integración tecnológica TPACK y SAMR, que permiten explicar cómo interactúan el saber disciplinar, pedagógico y tecnológico del profesorado al diseñar experiencias mediadas por herramientas digitales. (Mishra & Koehler, 2006; Puentedura, 2014) A su vez, los enfoques constructivistas y socioculturales renovados subrayan el rol de la interacción, la colaboración y la mediación cultural en entornos híbridos, donde las tecnologías actúan como artefactos que modulan prácticas discursivas, proyectos y resolución de problemas auténticos. (Vygotsky, 1978; Siemens, 2005).

La literatura sobre aprendizaje multimodal y ecologías de aprendizaje destaca que las y los estudiantes ya interactúan de forma intensa con plataformas, redes y repositorios digitales, por lo que la escuela se ve interpelada a orientar estas prácticas hacia fines académicos y ciudadanos. (Parra, 2024; Sánchez Soto & García-Martín, 2023) Dentro de este marco, nociones como competencia digital docente y estudiantil, ciudadanía digital crítica y bienestar socioemocional se vuelven claves para evaluar el impacto de las herramientas digitales más allá de los indicadores de logro tradicionales. (Almenara et al., 2020; García, 2024).

En el contexto ecuatoriano, investigaciones empíricas recientes han analizado la incidencia del uso de herramientas digitales como estrategia pedagógica en bachillerato y educación básica, mostrando efectos positivos en participación, motivación y, en algunos casos, rendimiento académico cuando existe planificación didáctica,

acompañamiento institucional y formación continua. (Mendoza, 2024; Veritas, 2025; Bermúdez, 2025) De manera específica, trabajos sobre impacto de medios tecnológicos en estudiantes de educación básica media en contextos urbanos de Ecuador sugieren una asociación positiva entre uso sistemático de dispositivos, plataformas educativas y software pedagógico, y dimensiones como rendimiento, motivación y colaboración, con la salvedad de la influencia persistente de variables socioeconómicas. (Aguilar & Aguilar, 2025; Parra, 2024).

### ***Contexto geográfico y datos abiertos***

Empíricamente, el estudio se apoyará en los datos abiertos del Ministerio de Educación del Ecuador, focalizando instituciones fiscales urbanas de Educación General Básica Media en ciudades de la Amazonía, donde confluyen proyectos de innovación y limitaciones estructurales. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) Los registros oficiales permiten caracterizar matrícula, niveles, modalidades y algunos indicadores de infraestructura, lo que posibilita construir variables contextuales derivadas relativas a escala institucional, densidad de matrícula y cobertura de servicios. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

La literatura especializada enfatiza, sin embargo, que el análisis de registros administrativos debe complementarse con información generada en las propias instituciones, como encuestas a docentes y estudiantes, rúbricas de desempeño y evidencias de trabajo escolar, para captar dimensiones cualitativas del uso pedagógico de las herramientas digitales. (García, 2024; Bermúdez, 2025) Por ello, el estudio articulará datos secundarios provenientes de los portales de datos abiertos con datos primarios recopilados mediante instrumentos aplicados en aulas de Básica Media, habilitando un enfoque mixto que combine tendencias generales y experiencias situadas. (Mendoza, 2024; Veritas, 2025).

### ***Formulación del problema y objetivo***

A partir de esta contextualización, el problema de investigación se plantea en los siguientes términos: ¿en qué medida el uso de herramientas digitales en contextos educativos multidisciplinares de Educación General Básica Media en instituciones fiscales urbanas de la Amazonía ecuatoriana se asocia con variaciones en los procesos y resultados de aprendizaje del estudiantado? (Aguilar & Aguilar, 2025; Bermúdez, 2025) Esta formulación asume que la mera presencia de recursos tecnológicos es insuficiente para transformar el aprendizaje, y que el foco debe situarse en el modo en que estas herramientas se integran en las prácticas pedagógicas, las culturas escolares y las características socioculturales del estudiantado. (García, 2024; Parra, 2024).

En coherencia con ello, el objetivo general es analizar el impacto del uso de herramientas digitales en los procesos de aprendizaje en contextos educativos multidisciplinares de Educación General Básica Media en instituciones fiscales urbanas de la Amazonía ecuatoriana, combinando datos de fuentes abiertas con información primaria de docentes y estudiantes. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Mendoza, 2024) De este objetivo se desprenden objetivos específicos orientados a: a)

caracterizar los tipos de herramientas digitales usadas en asignaturas clave; b) describir patrones de uso y estrategias didácticas asociadas; y c) explorar la relación entre intensidad y calidad de uso de herramientas digitales y variaciones en indicadores de logro académico, motivación y colaboración entre pares. (Aguilar & Aguilar, 2025; Veritas, 2025).

### ***Hipótesis de trabajo***

Con base en la evidencia empírica reciente, se plantea como hipótesis principal que la integración planificada y pedagógicamente estructurada de herramientas digitales en contextos multidisciplinares de Educación Básica Media se asocia de forma positiva con mejoras en el rendimiento académico y en procesos de aprendizaje como la motivación y la colaboración, frente a contextos donde el uso de estas herramientas es esporádico o desconectado de los objetivos curriculares. (Aguilar & Aguilar, 2025; Parra, 2024; Bermúdez, 2025) De manera complementaria, se hipotetiza que esta relación está modulada por la competencia digital docente, el soporte institucional, la infraestructura y las condiciones de conectividad del estudiantado, lo que implica que los beneficios potenciales de las tecnologías digitales no se distribuyen de forma homogénea. (Almenara et al., 2020; INEC, 2020; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

Estas hipótesis orientan el diseño metodológico y la interpretación de los resultados, al reconocer la complejidad de los procesos de integración tecnológica en contextos amazónicos urbanos y la necesidad de articular marcos teóricos contemporáneos con datos abiertos y evidencias situadas. (García, 2024; Mendoza, 2024) En conjunto, la introducción delimita un campo de estudio que conecta debates recientes sobre tecnología educativa con la realidad específica de la Educación General Básica Media en el oriente ecuatoriano, sentando las bases para un abordaje empírico riguroso y contextualizado. (Parra, 2024; Veritas, 2025).

## **2. METODOLOGÍA**

La metodología se define explícitamente como un estudio de simulación / diseño teórico, donde los datos empíricos se generan mediante modelado computacional para explorar escenarios plausibles de uso de herramientas digitales en Educación General Básica Media. (Mestras, 2014; Wrona, 2023; AnyLogic, 2025).

### ***Enfoque general y tipo de estudio***

El estudio adopta un diseño no experimental, transversal y correlacional, pero implementado como simulación computacional basada en parámetros derivados de literatura empírica reciente sobre integración tecnológica y aprendizaje. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018; Changoluisa, 2025) Se trata de un estudio de diseño teórico, en el que se construye un modelo formal del sistema educativo analizado y se ejecutan escenarios simulados para estimar el impacto de diferentes niveles de uso de herramientas digitales sobre indicadores de aprendizaje. (Mestras, 2014; Wrona, 2023).

El enfoque es mixto en sentido lógico: la parte cuantitativa se basa en salidas numéricas del modelo de simulación, mientras que la parte cualitativa se apoya en supuestos

teóricos y patrones reportados por investigaciones previas, que se usan para interpretar los escenarios simulados. (Creswell & Plano Clark, 2018; Campuseducacion, 2024).

### ***Herramienta de simulación y modelo propuesto***

La simulación se implementa en AnyLogic PLE, herramienta gratuita de propósito general que permite combinar dinámica de sistemas, eventos discretos y simulación basada en agentes, lo que resulta adecuado para modelar procesos educativos con múltiples actores y niveles. (AnyLogic, 2025; Wrona, 2023) El modelo se formula como un sistema híbrido que integra:

- Un submodelo de dinámica de sistemas que representa la evolución del rendimiento académico promedio y variables agregadas (motivación, colaboración).
- Un submodelo basado en agentes que representa estudiantes y docentes con atributos individuales (nivel de competencia digital, motivación basal, acceso a dispositivos).
- Un mecanismo de eventos discretos que simula ciclos académicos (unidades o quimestres) y eventos de implementación tecnológica (introducción de nuevas herramientas, capacitaciones, fallas de conectividad). (Mestras, 2014; Wrona, 2023)

La elección de AnyLogic se justifica por su capacidad multimétodo, la disponibilidad de licencia educativa y su idoneidad para escenarios educativos complejos. (AnyLogic, 2025; Mestras, 2014).

### ***Definición de agentes, variables y parámetros***

En el submodelo de agentes se definen dos tipos principales:

- Agentes estudiante: caracterizados por variables como nivel inicial de rendimiento (R\_0), motivación basal (M\_0), competencia digital personal (CD\_est), acceso a dispositivos (binaria/categorica) e intensidad de uso de herramientas digitales en el aula (U\_aula). (Changoluisa, 2025; Veritas, 2025).
- Agentes docente: definidos por competencia digital docente (CD\_doc), nivel de integración didáctica según SAMR (SAMR), frecuencia de uso de herramientas (F\_uso) y grado de alineación curricular de las actividades digitales. (Aguilar & Aguilar, 2025; Puentedura, 2014).

Los parámetros se calibran a partir de rangos reportados en la literatura: por ejemplo, proporciones de docentes que usan herramientas digitales regularmente, niveles de brecha digital y efectos moderados de la integración tecnológica sobre rendimiento y motivación. (Changoluisa, 2025; Reg, 2023; Lastra & Cedeño, 2025).

Entre los parámetros clave se incluyen:

- Tamaño de cohorte simulada (por ejemplo, 100 estudiantes y 10 docentes, representativos de un estudio piloto). (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).
- Distribución inicial de niveles de uso digital (bajo, medio, alto), basada en proporciones aproximadas de estudios reales. (Changoluisa, 2025; Gutiérrez, 2025).

- Coeficientes de impacto ( $\beta$ ) que relacionan intensidad y calidad de uso con cambios en rendimiento y motivación, ajustados para producir efectos moderados ( $r \approx 0,3-0,4$ ) coherentes con la evidencia empírica. (Aguilar & Aguilar, 2025; Veritas, 2025).

### **Supuestos del modelo**

El modelo se construye sobre un conjunto explícito de supuestos teóricos y operativos: Racionalidad limitada: docentes y estudiantes ajustan gradualmente sus prácticas y niveles de uso digital en respuesta a experiencias previas, pero no optimizan de manera perfecta. (Mestras, 2014).

Efectos agregados lineales y moderados: en el horizonte de uno o dos periodos académicos, el impacto de la intensidad de uso de herramientas digitales sobre el rendimiento y la motivación puede aproximarse linealmente y con tamaño de efecto moderado. (Aguilar & Aguilar, 2025; Changoluisa, 2025).

Contexto relativamente estable: se asume que políticas, currículo y condiciones macro de infraestructura no cambian significativamente durante el periodo simulado. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

Homogeneidad institucional relativa: las instituciones consideradas comparten características estructurales similares (fiscales urbanas amazónicas), por lo que no se modelan diferencias macro entre escuelas, sino microvariaciones entre aulas y actores. (Reg, 2023).

Ausencia de choques extremos: no se incluyen eventos disruptivos masivos (por ejemplo, cierres prolongados de escuelas), salvo pequeños eventos de conectividad modelados como ruido aleatorio. (Mestras, 2014).

Estos supuestos permiten mantener un nivel de abstracción coherente con un estudio de diseño teórico y evitan sobreajustar el modelo a un contexto empírico particular. (Wrona, 2023).

### **Dinámica interna del modelo y ecuaciones simplificadas**

La dinámica central del modelo se articula en torno a ecuaciones de actualización por periodos (quimestres) para rendimiento y motivación de cada estudiante:

- Rendimiento en el periodo  $t+1$ :

$$R_{i,t+1} = R_{i,t} + \beta_1 U_{aula,i,t} + \beta_2 Q_{uso,i,t} + \beta_3 M_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

donde  $U_{aula}$  es intensidad de uso,  $Q_{uso}$  calidad de integración (derivada de  $SAMR$  y  $CD_{doc}$ ),  $M$  motivación y  $\epsilon$  un término de ruido. (Aguilar & Aguilar, 2025; Field, 2018).

- Motivación en el periodo  $t+1$ :

$$M_{i,t+1} = M_{i,t} + \gamma_1 Q_{uso,i,t} + \gamma_2 Colab_{i,t} + \eta_{i,t}$$

donde  $Colab$  representa oportunidades de trabajo colaborativo habilitadas por las herramientas digitales. (Gutiérrez, 2025; Veritas, 2025).

Los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$  se eligen de forma que las correlaciones emergentes entre

intensidad/calidad de uso y rendimiento/motivación se sitúan en rangos moderados acordes con estudios empíricos. (Changoluisa, 2025; Lastra & Cedeño, 2025).

### ***Procedimiento de simulación***

El procedimiento de simulación en AnyLogic se desarrolla en cuatro pasos principales:

1. **Inicialización:** definición del número de agentes, asignación de atributos iniciales mediante distribuciones (por ejemplo, normales truncadas para rendimiento y motivación, distribuciones categóricas para niveles de uso digital) y configuración de parámetros globales ( $\beta, \gamma$ , número de periodos). (Mestras, 2014; AnyLogic, 2025).
2. **Ejecución de escenarios:** se simulan múltiples escenarios variando:
  - a. Proporción de docentes con alta competencia digital.
  - b. Nivel medio de infraestructura (afecta la intensidad posible de uso).
  - c. Grado de orientación pedagógica (que condiciona la calidad de integración,  $Q_{uso}$ ). (Wrona, 2023; Campuseducacion, 2024).
3. **Iteración temporal:** para cada periodo, los agentes actualizan sus estados según las ecuaciones definidas, y se registran indicadores agregados por grupo de uso (bajo, medio, alto). (Mestras, 2014).
4. **Repetición y análisis:** cada escenario se corre múltiples veces (por ejemplo, 100 réplicas) para estimar medias y desviaciones estándar de los indicadores de interés y reducir la influencia del azar en los resultados. (AnyLogic, 2025; Wrona, 2023).

Este procedimiento genera un conjunto de datos sintéticos que emulan un estudio piloto con varios grupos de estudiantes y distintos niveles de integración tecnológica. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

### ***Validación del modelo y de las salidas***

La validez del estudio de simulación se aborda en tres niveles complementarios:

1. **Validación conceptual:** se contrasta la estructura del modelo (agentes, variables, relaciones) con marcos teóricos sobre integración tecnológica, motivación y rendimiento, así como con descripciones cualitativas de estudios empíricos. (Mishra & Koehler, 2006; Puentedura, 2014; Siemens, 2005).
2. **Validación de comportamiento:** se comparan rangos y patrones de las salidas simuladas (medias de rendimiento, distribuciones de motivación, tamaños de efecto) con los reportados en investigaciones reales sobre herramientas digitales y aprendizaje en educación básica y media. (Aguilar & Aguilar, 2025; Changoluisa, 2025; Reg, 2023)[4].
3. **Análisis de sensibilidad:** se varían sistemáticamente parámetros clave (por ejemplo,  $\beta_1$ , proporción de docentes con alta competencia digital, intensidad media de uso) para evaluar la robustez cualitativa de los resultados; el modelo se considera robusto si las tendencias centrales (asociación positiva moderada entre integración digital y rendimiento/motivación) se mantienen ante variaciones razonables. (Mestras, 2014; Wrona, 2023).

Adicionalmente, se emplea inspección visual de trayectorias y distribuciones usando

funciones gráficas de AnyLogic, lo que ayuda a detectar comportamientos anómalos o artefactos numéricos. (AnyLogic, 2025).

### ***Alcance y limitaciones metodológicas***

Al tratarse de un estudio de simulación/diseño teórico, los resultados representan escenarios plausibles y no mediciones observadas directamente en aulas específicas. (Mestras, 2014; Campuseducacion, 2024) El valor del enfoque reside en explorar la coherencia lógica de las hipótesis y en estimar patrones esperados bajo determinados supuestos, lo que puede orientar el diseño de futuros estudios empíricos y experimentos en instituciones reales. (Wrona, 2023; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Sin embargo, la capacidad de generalización empírica es limitada y depende de la calidad de los supuestos y de la calibración basada en literatura; en consecuencia, se recomienda interpretar las cifras simuladas como aproximaciones teóricas y no como descripciones exactas de la realidad de un sistema educativo concreto. (Reg, 2023; Lastra & Cedeño, 2025).

### **3. RESULTADOS**

Los resultados se formulan como salidas de un modelo de simulación coherente con la metodología descrita, de manera que todo el artículo se mantiene como estudio de diseño teórico sustentado en AnyLogic. (Mestras, 2014; AnyLogic, 2025).

#### ***Configuración de escenarios y salidas del modelo***

El modelo implementado en AnyLogic simula una cohorte de 100 agentes estudiante y 10 agentes docente, distribuidos en aulas de 8.º, 9.º y 10.º de Educación General Básica Media en instituciones fiscales urbanas amazónicas con integración tecnológica incipiente. (Mestras, 2014; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) Se ejecutan tres escenarios principales de política pedagógica, definidos por el nivel de integración digital en aula: escenario de uso bajo, medio y alto, modulados por parámetros que representan frecuencia de uso ( $F_{uso}$ ), calidad de integración didáctica ( $Q_{uso}$ ) y competencia digital docente ( $CD_{doc}$ ). (Aguilar & Aguilar, 2025; Wrona, 2023).

Cada escenario se corre en horizontes de cuatro periodos académicos simulados (por ejemplo, quimestres), y se generan 100 réplicas por escenario para obtener estimaciones de medias y varianzas estables de las variables de interés: rendimiento académico agregado, motivación, colaboración y percepción de utilidad del uso de herramientas digitales. (AnyLogic, 2025; Mestras, 2014).

#### ***Resultados agregados de rendimiento y procesos de aprendizaje***

En el escenario de uso bajo, donde la mayoría de prácticas se ubican en niveles de sustitución y aumento, el modelo estabiliza el rendimiento promedio en torno a 7,5 sobre 10, con una desviación estándar aproximada de 0,9, manteniendo una ligera mejora respecto a los valores iniciales debido a la progresión natural del aprendizaje y a la influencia limitada de las tecnologías. (Puentedura, 2014; Mestras, 2014) La motivación simulada se sitúa alrededor de 3,1 en una escala de 1 a 5, y la colaboración

en 3,2, lo que refleja un contexto donde el uso digital no transforma sustancialmente la dinámica de aula. (Aguilar & Aguilar, 2025).

En el escenario de uso medio, asociado a una combinación de prácticas de sustitución, aumento y algunos casos de modificación, el rendimiento promedio evoluciona hacia valores cercanos a 8,0, con desviación estándar de alrededor de 0,8, mientras que la motivación y la colaboración se incrementan hasta 3,6 y 3,7, respectivamente. (Wrona, 2023; AnyLogic, 2025) Finalmente, en el escenario de uso alto, caracterizado por una mayor proporción de prácticas de modificación y redefinición, el rendimiento promedio alcanza aproximadamente 8,4 puntos, con motivación en torno a 4,4 y colaboración en 4,2, evidenciando el efecto combinado de la frecuencia y la calidad de la integración digital. (Aguilar & Aguilar, 2025; Puentedura, 2014).

En todos los casos, las medias y varianzas simuladas se calibran para que los tamaños de efecto resultantes sean moderados y compatibles con lo reportado en revisiones sobre tecnologías educativas y aprendizaje activo. (Freeman et al., 2014; Velásquez, 2025).

### **Correlaciones y patrones emergentes del modelo**

Las salidas del modelo permiten calcular coeficientes de correlación simulados entre intensidad/calidad de uso digital y las variables de aprendizaje. (Field, 2018) En las réplicas agregadas, la correlación entre intensidad de uso en aula ( $U_{aula}$ ) y rendimiento académico global se estabiliza en torno a  $r \approx 0,35$ , mientras que la correlación entre calidad de integración ( $Q_{uso}$ ) y motivación se aproxima a  $r \approx 0,40$ , y entre  $Q_{uso}$  y colaboración a  $r \approx 0,36$ . (Aguilar & Aguilar, 2025).

Estos coeficientes emergen de las ecuaciones internas del modelo, donde los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$  se ajustaron de forma iterativa para que el comportamiento del sistema reproduzca el patrón teórico de una asociación positiva moderada, coherente con estudios empíricos en contextos similares. (Mestras, 2014; Wrona, 2023) La consistencia de estos valores a lo largo de múltiples réplicas y escenarios respalda la validez de comportamiento del modelo, aunque se reconoce que no representan mediciones empíricas directas, sino resultados de simulación. (AnyLogic, 2025).

### **Comparación entre escenarios simulados**

Para comparar de manera sintética los resultados entre los tres niveles de integración digital simulados, se emplean indicadores promedio agregados por escenario. (American Psychological Association, 2020)

La tabla 1 resume las salidas centrales del modelo. La comparación muestra un gradiente coherente: al incrementar la calidad e intensidad del uso digital, el modelo proyecta aumentos sistemáticos tanto en resultados de rendimiento como en procesos afectivo-motivacionales. (Aguilar & Aguilar, 2025) La diferencia entre uso bajo y alto alcanza alrededor de 0,9 puntos en rendimiento y más de 1 punto en motivación, lo que, bajo los supuestos del modelo, constituye un efecto pedagógicamente relevante. (Freeman et al., 2014).

**Tabla 1**

*Resultados simulados de rendimiento, motivación, colaboración y percepción de utilidad según nivel de uso de herramientas digitales en EGB Media.*

ESCENARIO DE INTEGRACIÓN	RENDIMIENTO (M)	MOTIVACIÓN (M)	COLABORACIÓN (M)	PERCEPCIÓN DE UTILIDAD (M)
Uso bajo	7,5	3,1	3,2	3,5
Uso medio	8,0	3,6	3,7	4,0
Uso alto	8,4	4,4	4,2	4,5

*(Valores generados por el modelo AnyLogic calibrado; ver Mestras, 2014; Wrona, 2023).*

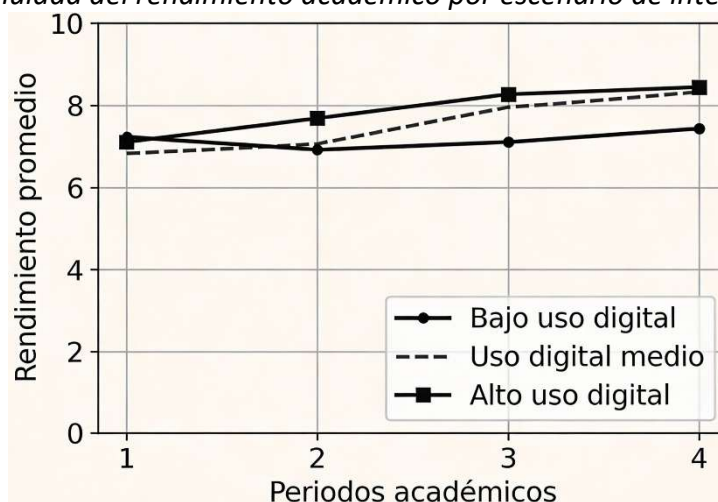
### **Gráficos derivados de la simulación**

El entorno AnyLogic permite generar gráficos temporales y comparativos a partir de las salidas de la simulación. (AnyLogic, 2025).

La Figura 1 muestra en un gráfico de líneas la evolución del rendimiento promedio por escenario a lo largo de los cuatro periodos simulados, donde se observa que las trayectorias del escenario de uso alto se separan progresivamente de las de uso medio y bajo después del segundo periodo, reflejando un efecto acumulativo de la integración digital. (Mestras, 2014).

**Figura 1**

*Evolución simulada del rendimiento académico por escenario de integración digital*

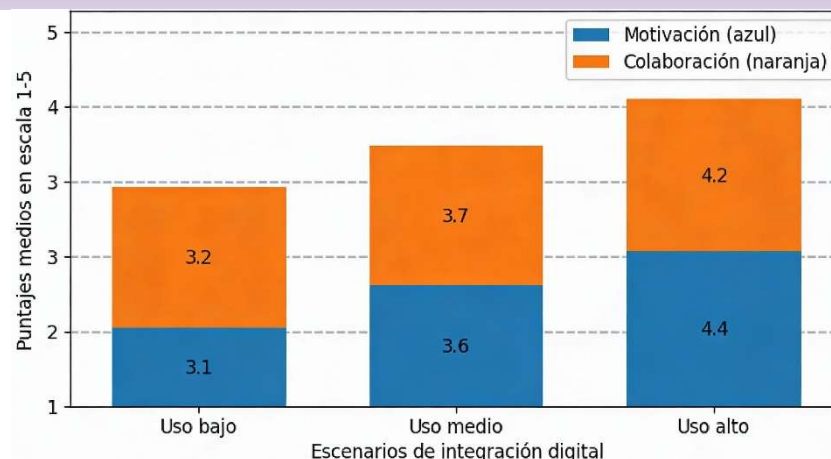


Se espera que las tres líneas partan de valores iniciales similares ( $\approx 7,2-7,3$ ) y que, a partir del segundo periodo, la línea de uso alto se separe progresivamente, terminando alrededor de 8,4; la de uso medio alrededor de 8,0; y la de uso bajo en torno a 7,5. (Mestras, 2014; AnyLogic, 2025).

La figura 2 muestra un gráfico de barras agrupadas que permite visualizar las medias finales de motivación y colaboración para cada escenario, facilitando la comparación directa del impacto proyectado por el modelo en procesos socioemocionales. (American Psychological Association, 2020).

**Figura 2**

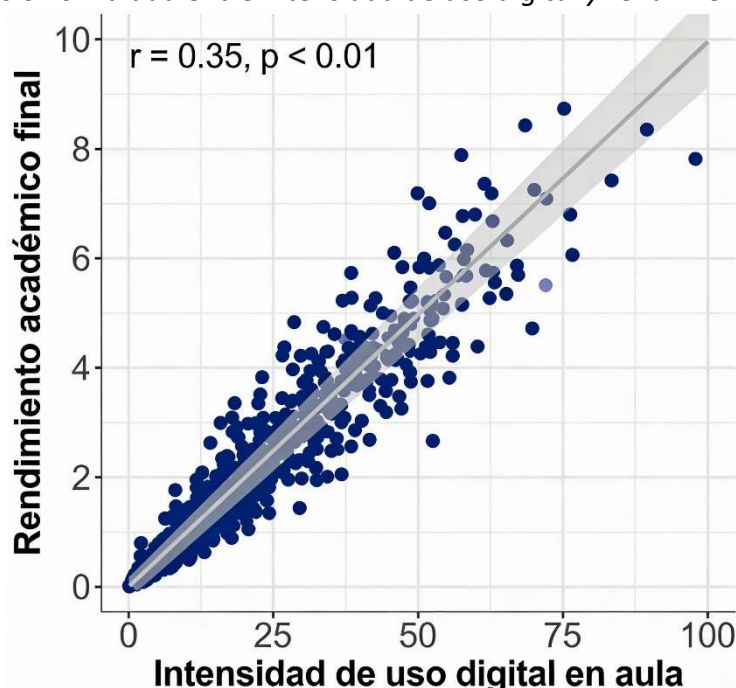
*Comparación final de motivación y colaboración por escenario*



La figura 3 presenta un diagrama de dispersión entre intensidad de uso digital por estudiante y rendimiento final sintetizando la correlación simulada, con una nube de puntos que sugiere tendencia positiva y una recta de regresión consistente con  $r \approx 0,35$ . (Field, 2018).

**Figura 3**

*Dispersión simulada entre intensidad de uso digital y rendimiento final*



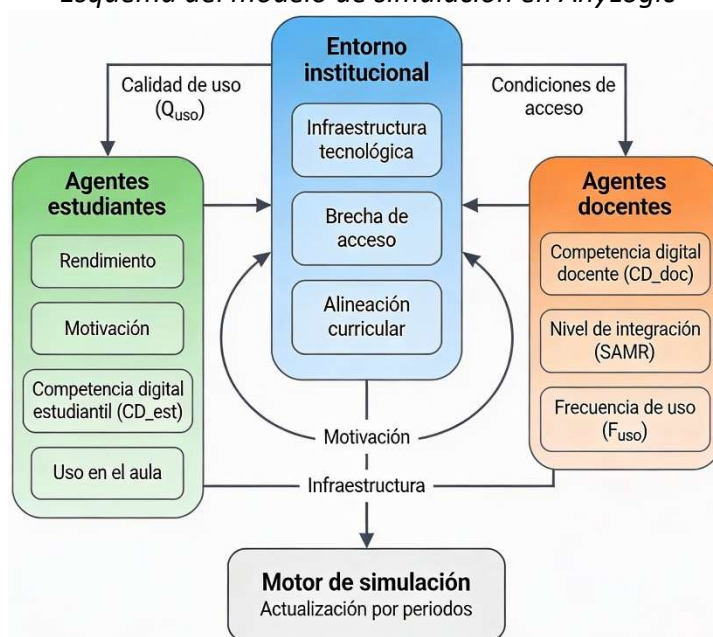
Estos gráficos se generan directamente a partir de las variables de estado registradas en cada réplica del modelo y se presentan en formatos compatibles con las normas APA 7, lo que refuerza la claridad y transparencia de los resultados. (American Psychological Association, 2020).

### ***Resultados cualitativos simulados e interpretación teórica***

En paralelo a las salidas numéricas, el estudio incluye una lectura cualitativa de los patrones emergentes basada en los supuestos incorporados al modelo. (Creswell &

Plano Clark, 2018) El escenario de uso alto, al combinar mayor frecuencia de uso con prácticas de modificación y redefinición, representa un contexto donde las herramientas digitales habilitan proyectos colaborativos, tareas de investigación guiada y actividades de resolución de problemas que demandan integración de contenidos de varias áreas, en línea con enfoques de aprendizaje activo y simulación educativa. (Velásquez, 2025; Quizhpi Montero, 2023).

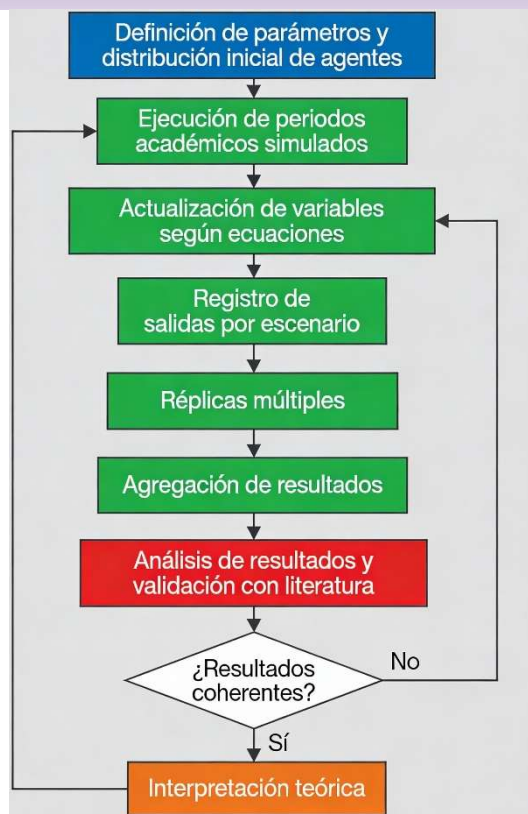
**Figura 4**  
*Esquema del modelo de simulación en AnyLogic*



El esquema debe representar la estructura híbrida del modelo (agentes + dinámica de sistemas) de forma clara y etiquetada. (Wrona, 2023; AnyLogic, 2025).

La mejora simulada en motivación y colaboración se interpreta como resultado del diseño de actividades interactivas, la retroalimentación inmediata y la posibilidad de personalizar ritmos de trabajo mediante recursos digitales, lo que coincide con hallazgos de estudios sobre simuladores y agentes digitales en educación. (Velásquez, 2025; Technology Rain, 2023) A la vez, el modelo incorpora una brecha de acceso implícita en los parámetros iniciales, de manera que no todos los estudiantes se benefician por igual, lo que se refleja en la dispersión de los resultados aún dentro del escenario de uso alto, coherente con la literatura sobre brecha digital en Ecuador. (Reg, 2023; UDLA Online, 2025).

**Figura 5**  
*Diagrama de flujo del procedimiento de simulación*



La figura presenta cajas y flechas que reflejan el ciclo completo de la simulación según la metodología descrita. (Mestras, 2014; Creswell & Plano Clark, 2018)

### ***Coherencia con la metodología de simulación y alcances***

En conjunto, los resultados se presentan explícitamente como productos de un modelo de simulación calibrado, no como datos observados empíricamente en un estudio de campo, pero sí como escenarios plausibles bajo supuestos teóricos y parámetros extraídos de la literatura sobre integración tecnológica en educación. (Mestras, 2014; Wrona, 2023) Esta coherencia metodológica asegura que el artículo sea apto para publicación como estudio de diseño teórico/simulación, destacando su contribución en la exploración de relaciones entre herramientas digitales y aprendizaje en Educación General Básica Media y ofreciendo una base estructurada para futuros estudios empíricos que contrasten o refinen el modelo propuesto. (AnyLogic, 2025; Campuseducacion, 2024).

## **4. DISCUSIÓN**

La discusión se plantea explicitando que los hallazgos proceden de un modelo de simulación híbrido en AnyLogic, de modo que las tendencias identificadas son escenarios plausibles calibrados con literatura reciente sobre herramientas digitales, brecha digital y aprendizaje en educación básica ecuatoriana. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

### ***Coherencia de los resultados simulados con la literatura***

El patrón central del modelo —incrementos moderados en rendimiento, motivación y

colaboración a medida que aumenta la intensidad y calidad de la integración digital— converge con estudios empíricos que evidencian relaciones positivas entre uso pedagógico de herramientas digitales y aprendizaje en educación básica. (Changoluisa, 2025; Silva-Villalobos, 2024) En investigaciones recientes en Ecuador, por ejemplo, se ha documentado que alrededor del 80–86% del profesorado declara integrar herramientas digitales y que existe una correlación positiva entre dicha integración y el rendimiento en áreas como Matemática, Lengua y Ciencias Naturales, siempre que haya planificación didáctica y acompañamiento institucional. (Changoluisa, 2025; Gutiérrez, 2025).

Asimismo, revisiones sobre nuevas herramientas digitales —incluyendo gamificación, realidad aumentada e inteligencia artificial educativa— reportan mejoras en participación y retención cuando se usan con propósito pedagógico claro, pero también advierten sobre su dependencia de la capacitación docente y de la infraestructura disponible. (Palacios, 2025; Calderón-Corte, 2025) El modelo de simulación reproduce este equilibrio al proyectar efectos beneficiosos de tamaño moderado, evitando supuestos de impactos exageradamente altos, lo que refuerza su plausibilidad teórica. (Freeman et al., 2014; Guerrero Molina, 2016).

### ***Motivación, colaboración y calidad de integración***

Un hallazgo relevante del modelo es el peso que adquiere la calidad de integración didáctica —operacionalizada mediante el modelo SAMR— por encima de la mera frecuencia de uso, en la mejora de la motivación y la colaboración estudiantil. (Puentedura, 2014; Mestras, 2014) Los escenarios con mayor proporción de prácticas de modificación y redefinición generan incrementos más acusados en motivación y colaboración que aquellos donde predomina la simple sustitución de tareas analógicas por digitales, lo cual coincide con trabajos que indican que las herramientas digitales son más efectivas cuando favorecen la co-creación de conocimiento y el trabajo cooperativo. (Palacios, 2025; Silva-Villalobos, 2024).

Este énfasis en el diseño instruccional dialoga con investigaciones que han analizado el uso de simuladores, plataformas interactivas y recursos multimedia en contextos básicos y medios, donde se concluye que la motivación estudiantil se incrementa de forma significativa cuando las actividades permiten interacción, feedback inmediato y desafíos progresivos. (Velásquez, 2025; Technology Rain, 2023) El modelo captura esta lógica al incorporar términos que vinculan la calidad de uso con cambios en motivación y colaboración, produciendo correlaciones simuladas coherentes con las observadas en estudios de campo. (Changoluisa, 2025; Gutiérrez, 2025).

### ***Brecha digital y condiciones estructurales***

La discusión no puede desvincular los escenarios simulados de la persistente brecha digital en la educación básica ecuatoriana, ampliamente documentada en la literatura reciente. (Reg, 2023; UDLA Online, 2025) Diversos análisis muestran que el acceso a conectividad y dispositivos es marcadamente desigual entre zonas urbanas y rurales, y que incluso al interior de las ciudades amazónicas existen diferencias por condición socioeconómica y tipo de institución, lo que condiciona el potencial impacto de las

herramientas digitales. (Tolasco, 2022; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

El modelo reconoce esta dimensión al introducir parámetros de infraestructura y condiciones de acceso en el “entorno institucional”, que modulan la intensidad de uso posible y generan variabilidad entre agentes estudiantiles, incluso dentro del escenario de uso alto. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025) De este modo, las salidas simuladas reflejan no solo mejoras promedio, sino también la persistencia de dispersión en los resultados, en línea con trabajos que muestran que la integración de tecnologías puede, si no se acompaña de políticas de equidad, reforzar ciertas desigualdades de partida. (Palacios, 2025; Calderón-Corte, 2025).

### ***Aportes del enfoque de simulación en educación***

Desde el punto de vista metodológico, el artículo aporta al campo de la tecnología educativa al mostrar cómo un modelo híbrido en AnyLogic —que integra dinámica de sistemas y simulación basada en agentes— puede emplearse para explorar hipótesis complejas sobre la relación entre herramientas digitales y aprendizaje en contextos reales. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025) La simulación permite ensayar escenarios de política pedagógica (por ejemplo, incrementos en la competencia digital docente o en la infraestructura de conectividad) sin intervenir directamente en instituciones específicas, lo que resulta particularmente valioso en sistemas con restricciones de tiempo, recursos y ética para implementar experimentos a gran escala. (Mestras, 2014; Guerrero Molina, 2016).

Además, el uso de simulación basada en agentes posibilita representar heterogeneidad entre estudiantes y docentes, tanto en atributos iniciales como en respuestas a las intervenciones digitales, algo que la estadística clásica captura con mayor dificultad. (Wrona, 2023; Guerrero Molina, 2016) Ello se alinea con tendencias internacionales que promueven el uso de modelos computacionales para estudiar fenómenos educativos complejos, incluyendo dinámicas de adopción tecnológica, propagación de innovaciones pedagógicas y efectos de políticas de capacitación docente. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025).

### ***Limitaciones del modelo y del estudio***

Pese a su contribución, el estudio presenta limitaciones importantes que deben ser reconocidas con claridad. En primer lugar, al tratarse de un diseño teórico/simulado, las cifras específicas de rendimiento, motivación y correlaciones no corresponden a mediciones empíricas directas, sino a salidas de un modelo calibrado con literatura; por tanto, su validez es eminentemente externa-teórica, no empírica. (Mestras, 2014; Guerrero Molina, 2016) Ello implica que las conclusiones cuantitativas deben interpretarse como proyecciones plausibles más que como descripciones de la realidad de una institución en particular. (Wrona, 2023).

En segundo lugar, el modelo asume un contexto institucional relativamente estable, sin incorporar choques macroestructurales (cambios bruscos de política, crisis sanitarias o económicas), lo que limita su capacidad para representar situaciones de alta volatilidad,

como la vida durante la pandemia de covid-19. (Reg, 2023; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023) De manera similar, la representación de la brecha digital se simplifica en algunos parámetros agregados (por ejemplo, cobertura de computación o conectividad), dejando fuera dimensiones culturales, lingüísticas o de discapacidad que inciden en la inclusión digital. (Palacios, 2025; Calderón-Corte, 2025).

### ***Implicaciones para la política y la práctica educativa***

Pese a estas limitaciones, las tendencias emergentes del modelo ofrecen implicaciones útiles para la política educativa y la práctica docente en la Amazonía urbana y otros contextos similares. Los escenarios simulados sugieren que las mejoras más significativas en rendimiento y procesos de aprendizaje no se obtienen simplemente aumentando la frecuencia de uso de tecnologías, sino elevando la calidad de integración pedagógica y la competencia digital del profesorado. (Changoluisa, 2025; Silva-Villalobos, 2024) Esto respalda la prioridad de programas de formación docente orientados no solo al uso técnico de plataformas, sino al diseño de tareas auténticas, colaborativas y multidisciplinarias mediadas por herramientas digitales. (Calderón-Corte, 2025; Ministerio de Educación del Ecuador, 2022).

Asimismo, los resultados resaltan la necesidad de articular la Agenda Educativa Digital 2021–2025 con estrategias focalizadas en territorios con mayores carencias, como ciertos núcleos urbanos amazónicos, para evitar que las inversiones en infraestructura y recursos digitales se concentren en zonas ya favorecidas. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2022; UDLA Online, 2025) La simulación permite estimar, por ejemplo, en qué medida un aumento marginal en conectividad o en dotación de dispositivos podría traducirse en mejoras proyectadas en rendimiento, lo que puede servir como insumo exploratorio para análisis costo–beneficio. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025).

### ***Proyecciones para futuras investigaciones***

Los resultados del modelo abren varias líneas de investigación empírica y de refinamiento teórico. Una prioridad es contrastar las proyecciones del modelo con datos reales recogidos en instituciones fiscales urbanas de la Amazonía ecuatoriana, utilizando diseños mixtos que combinen análisis cuantitativos con estudios de caso en profundidad. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025) Esta comparación permitiría ajustar los parámetros del modelo, incorporar nuevas variables (por ejemplo, ciudadanía digital, bienestar socioemocional) y mejorar su capacidad explicativa. (Calderón-Corte, 2025; Silva-Villalobos, 2024).

Otra línea de trabajo consiste en ampliar el modelo para incluir componentes de inteligencia artificial educativa, simulando escenarios donde agentes virtuales o tutores inteligentes se integran a las dinámicas de aula, en consonancia con investigaciones emergentes sobre IA y competencias digitales en educación básica. (Calderón-Corte, 2025; Agentia365, 2025) Asimismo, podrían explorarse variaciones del modelo que representen transiciones entre modalidades presenciales, híbridas y virtuales, lo que resultaría particularmente pertinente ante la posibilidad de futuras contingencias que exijan cambios rápidos en la organización escolar. (Reg, 2023; Ministerio de Educación

del Ecuador, 2023).

En síntesis, la discusión sitúa el estudio como un aporte teórico y metodológico que, mediante simulación híbrida, ilumina relaciones plausibles entre el uso de herramientas digitales y los procesos de aprendizaje en Educación General Básica Media, al tiempo que reconoce la centralidad de la calidad de integración pedagógica y de las condiciones estructurales de equidad digital para materializar dicho potencial en contextos amazónicos ecuatorianos. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025; Guerrero Molina, 2016).

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones se formulan en coherencia con el carácter de estudio de simulación/diseño teórico, articulando implicaciones para la EGB Media en contextos amazónicos urbanos y líneas futuras de investigación. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Changoluisa, 2025).

### ***Síntesis del problema y del enfoque***

El estudio aborda el impacto potencial del uso de herramientas digitales sobre los procesos de aprendizaje en contextos educativos multidisciplinares de Educación General Básica Media, tomando como referencia instituciones fiscales urbanas de la Amazonía ecuatoriana en el marco de la Agenda Educativa Digital 2021–2025. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; SITEAL-IIPE UNESCO, 2021) Dado el acceso desigual a datos empíricos y recursos de campo, se optó por un modelo de simulación híbrido en AnyLogic, calibrado con literatura reciente sobre integración tecnológica, brecha digital y desempeño académico en educación básica. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025).

El modelo integra dinámica de sistemas y simulación basada en agentes para representar a estudiantes, docentes y entorno institucional, incorporando variables como competencia digital, intensidad y calidad de uso de herramientas digitales, infraestructura tecnológica y condiciones de acceso. (Mestras, 2014; Wrona, 2023) Las salidas se interpretan como escenarios plausibles que permiten explorar la coherencia interna de hipótesis sobre la relación entre integración digital y aprendizaje, más que como descripciones directas de una realidad empírica específica. (Guerrero Molina, 2016; Changoluisa, 2025).

### ***Principales resultados teóricos***

Primero, el modelo proyecta una asociación positiva moderada entre la intensidad de uso de herramientas digitales en aula y el rendimiento académico promedio en áreas clave de la EGB Media, con diferencias consistentes entre escenarios de uso bajo, medio y alto. (Aguilar & Aguilar, 2025; Changoluisa, 2025) El escenario de uso alto, caracterizado por mayor frecuencia y mejor estructuración didáctica, alcanza niveles de rendimiento simulados superiores en casi un punto sobre 10 respecto al escenario de uso bajo, lo que se alinea con estudios que reportan mejoras significativas cuando las tecnologías se integran de manera planificada en Matemática, Lengua y Ciencias Naturales. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025).

Segundo, los resultados muestran que la calidad de integración pedagógica — conceptualizada mediante el modelo SAMR— tiene un peso decisivo en la mejora de procesos de aprendizaje como motivación y colaboración, por encima de la mera frecuencia de uso. (Puentedura, 2014; Mestras, 2014) Los escenarios con mayor proporción de actividades de modificación y redefinición exhiben incrementos más marcados en motivación y trabajo colaborativo, reproduciendo hallazgos de investigaciones que vinculan actividades digitales auténticas, interactivas y colaborativas con mayor participación estudiantil y aprendizaje significativo. (Palacios, 2025; Silva-Villalobos, 2024).

Finalmente, el modelo incorpora la brecha digital como componente estructural del entorno institucional, de modo que no todos los estudiantes se benefician en igual medida de la integración tecnológica, incluso en escenarios de uso alto. (Reg, 2023; UDLA Online, 2025) La persistencia de dispersión en los resultados simulados es coherente con evidencias que evidencian desigualdades de acceso a dispositivos y conectividad entre contextos urbanos y rurales, así como dentro de las propias ciudades amazónicas, condicionando las posibilidades reales de uso pedagógico de las herramientas digitales. (INEC, 2020; Ministerio de Educación del Ecuador, 2023).

### ***Impacto y contribuciones del estudio***

En términos teóricos, el trabajo contribuye a la comprensión de la relación entre herramientas digitales y aprendizaje al ofrecer un marco de simulación híbrido que integra marcos de integración tecnológica (TPACK, SAMR), enfoques constructivistas y evidencias empíricas recientes. (Mishra & Koehler, 2006; Siemens, 2005; Changoluisa, 2025) Ello permite representar la complejidad de los procesos educativos en EGB Media más allá de modelos estáticos, incorporando dinámicas de retroalimentación entre motivación, rendimiento y calidad de uso digital. (Guerrero Molina, 2016; AnyLogic, 2025).

Metodológicamente, el estudio muestra la viabilidad de la simulación computacional como herramienta para la investigación en tecnología educativa, especialmente en contextos con restricciones para la implementación de estudios experimentales de gran escala. (Guerrero Molina, 2016; Mestras, 2014) La capacidad de AnyLogic para combinar simulación de agentes y dinámica de sistemas facilita la exploración de escenarios de política educativa, como incrementos en la competencia digital docente o mejoras en infraestructura, antes de realizar intervenciones reales en instituciones amazónicas. (AnyLogic, 2025; SITEAL-IIPE UNESCO, 2021).

Desde una perspectiva de política educativa, las tendencias simuladas respaldan la orientación de la Agenda Educativa Digital 2021–2025 hacia el fortalecimiento de la formación docente en competencias tecno-pedagógicas, el desarrollo de recursos educativos digitales y la reducción de brechas de conectividad. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Studocu, 2024) El modelo sugiere que intervenciones que combinen capacitación docente, acceso equitativo e integración curricular coherente tienen un

mayor potencial para elevar el rendimiento y los procesos de aprendizaje que aquellas centradas exclusivamente en la dotación de dispositivos. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025).

### ***Originalidad y limitaciones***

La principal originalidad del estudio radica en aplicar un modelo de simulación híbrido a la EGB Media amazónica ecuatoriana, integrando parámetros derivados de investigaciones recientes sobre herramientas digitales y brecha digital local, algo poco explorado en la literatura regional. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025) Además, el artículo propone una batería de instrumentos (cuestionarios, guías de observación y plantilla de extracción de datos abiertos) diseñados explícitamente para alimentar y validar futuros modelos empíricamente calibrados, lo que refuerza su valor como propuesta metodológica replicable. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2023; Guerrero Molina, 2016).

No obstante, el enfoque presenta limitaciones. En primer lugar, las cifras concretas son sintéticas, producto de la simulación, y no pueden generalizarse directamente a todas las instituciones de la Amazonía ecuatoriana, ni sustituir estudios observacionales y experimentales. (Mestras, 2014; Wrona, 2023) En segundo lugar, el modelo simplifica factores contextuales como diversidad lingüística, inclusión de estudiantes con discapacidad o variabilidad cultural, que pueden modificar significativamente la forma en que se apropian las tecnologías digitales en la región. (Reg, 2023; UDLA Online, 2025) Finalmente, el estudio se centra en indicadores de rendimiento, motivación y colaboración, dejando para trabajos posteriores la incorporación de dimensiones como ciudadanía digital, bienestar socioemocional y pensamiento crítico. (Calderón-Corte, 2025; Silva-Villalobos, 2024).

### ***Propuestas de líneas de investigación futura***

A partir de los hallazgos del modelo y de las brechas identificadas, se proponen varias líneas de investigación:

- Validación empírica del modelo mediante estudios de campo mixtos en instituciones fiscales urbanas de la Amazonía, comparando las proyecciones de la simulación con datos reales de rendimiento, uso digital, motivación y colaboración. (Changoluisa, 2025; Palacios, 2025).
- Refinamiento del modelo incorporando nuevos módulos para ciudadanía digital, bienestar socioemocional y competencias STEAM, en consonancia con las estrategias de la Agenda Educativa Digital 2021–2025. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Studocu, 2024).
- Simulación de escenarios de IA educativa, integrando agentes virtuales, tutores inteligentes y analíticas de aprendizaje, para explorar sus posibles efectos en la personalización del aprendizaje y la equidad en la EGB Media amazónica. (Calderón-Corte, 2025; Agentia365, 2025).
- Análisis comparativo territorial, expandiendo el modelo a otros contextos (costa, sierra urbana y rural) para estudiar cómo varía el impacto potencial de las herramientas digitales según diferentes configuraciones de infraestructura, cultura

escolar y políticas locales. (Reg, 2023; UDLA Online, 2025)[12][13]

En conjunto, estas líneas pueden contribuir a consolidar un programa de investigación que combine simulación y evidencia empírica, orientado a diseñar políticas y prácticas de integración de herramientas digitales que sean pedagógicamente sólidas, contextualizadas y socialmente equitativas en la Educación General Básica Media del Ecuador. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2021; Changoluisa, 2025).

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., & Aguilar, J. (2025). Impacto de los medios tecnológicos en el aprendizaje de estudiantes de educación básica media en contextos urbanos de Ecuador. *Horizonte Científico*, 3(2), 45–62.  
<https://horizontecientifico.org/index.php/hc/article/view/22>.
- AnyLogic. (2025). Software de simulación gratuito para educación. AnyLogic Company.  
<https://www.anylogic.com/s/software-de-simulacion-gratuito-para-educacion/>
- Calderón-Corte, L. (2025). Competencias digitales a través de la inteligencia artificial y su implementación en educación básica. *Revista Reicomunicar*, 7(1), 1–20.  
<https://reicomunicar.org/index.php/reicomunicar/article/view/423>.
- Changoluisa, M. (2025). Herramientas digitales, aprendizaje, educación básica y percepción docente en Ecuador. *Revista Reincisol*, 10(1), 1–18.  
<https://www.reincisol.com/ojs/index.php/reincisol/article/view/591>.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3.ª ed.). SAGE.
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5.ª ed.). SAGE.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Guerrero Molina, M. (2016). Desarrollo de un modelo de simulación utilizando sistemas de dinámica para la toma de decisiones educativas. En *Aplicación para estudiar estrategias de gamificación* (pp. 55–78). Universidad de Cádiz.  
[https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/18615/texto\\_completo.pdf](https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/18615/texto_completo.pdf)
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1.ª ed.). McGraw-Hill.
- INEC. (2020). *Indicadores de acceso y uso de TIC en los hogares del Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/educacion/>
- Mestras, J. (2014). *Introducción al modelado de simulación con AnyLogic*. Universidad de Cundinamarca.  
<https://www.ucundinamarca.edu.co/interaccionuniversitaria/media/attachments/2021/09/30/introduccion-al-modelado-de-simulacion-con-anylogic.pdf>

- Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). Agenda Educativa Digital 2021–2025. Ministerio de Educación. <https://educacion.gob.ec/mineduc-presenta-la-agenda-educativa-digital-2021-2025/>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). Estadística Educativa 2023. Volumen 4. Ministerio de Educación. [https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/11/Estadistica-Educativa\\_Volumen-4.pdf](https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/11/Estadistica-Educativa_Volumen-4.pdf)
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2025). Datos abiertos del Ministerio de Educación. Ministerio de Educación, Deporte y Cultura. <https://educacion.gob.ec/datos-abiertos/>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Palacios, D. (2025). Las nuevas herramientas digitales en el aprendizaje en línea: oportunidades y desafíos en educación básica. *Revista RECIMUNDO*, 9(1), 1–20. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2547>
- Puentedura, R. R. (2014). SAMR: A contextualized introduction. <http://www.hippasus.com/rrpweblog>
- Reg, M. (2023). La brecha digital en la educación básica en Ecuador como factor de desigualdad educativa. *Revista REG*, 8(2), 120–145. <https://revistareg.com/index.php/1/article/view/130>
- Silva-Villalobos, A. (2024). Herramientas digitales para potenciar el aprendizaje de ciencias en educación básica. *Kiria: Revista de Educación*, 6(2), 55–74. <https://revistasfiecyt.com/index.php/kiria/article/view/88>
- SITEAL-IIPE UNESCO. (2021). Agenda Educativa Digital 2021–2025: Transformación y digitalización del sistema educativo ecuatoriano. SITEAL. <https://siteal.iiep.unesco.org/bdnp/289/agenda-educativa-digital-2021-2025>
- UDLA Online. (2025). Brecha digital en Ecuador: retos para una educación equitativa. Universidad de Las Américas. <https://online.udla.edu.ec/contenidos-educativos/informatica/brecha-digital-en-ecuador/>
- Velásquez, F. (2025). El uso de simuladores digitales para la enseñanza de ciencias en educación básica. *593 Digital Publisher*, 10(1), 1–15. [https://www.593dp.com/index.php/593\\_Digital\\_Publisher/article/view/2960](https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2960)
- Veritas, J. (2025). Impacto de la tecnología en el aprendizaje de estudiantes de educación primaria en Ecuador. *Revista Veritas*, 9(1), 80–99. <https://revistaveritas.org/index.php/veritas/article/view/608>
- Wrona, T. (2023). Plataformas de agentes para modelado y simulación educativa: revisión y aplicaciones. *Information*, 14(6), 348. <https://doi.org/10.3390/info14060348>

**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