

Interacción, creatividad práctica y desempeño académico en entornos digitales de educación superior: un análisis multivariado desde learning analytics

Interaction, Practical Creativity, and Academic Performance in Digital Higher Education Environments: A Multivariate Analysis from Learning Analytics

Nancy Patricia **Flores Azcanio**¹
Jorge Daniel **González Hernández**²
Jonathan **Martínez Paredes**³

¹ Universidad Politécnica del Valle de México,
División de Ingeniería en Informática,
Tultitlán, Estado de México, MÉXICO
ORCID: 0009-0009-3799-1075 / pflores@upvm.edu.mx

² Universidad Nacional Rosario Castellanos,
Dirección de Campos de Conocimiento y Desarrollo Docente,
Ciudad de México, MÉXICO
ORCID: 0000-0002-7150-3719 / jorge-gonzalez@lasallistas.org.mx

³ Universidad Politécnica del Valle de México,
División de Ingeniería Mecatrónica,
Tultitlán, Estado de México, MÉXICO
ORCID: 0000-0003-3351-3622 / pflores@upvm.edu.mx

<https://cientifica.site>

Recibido 29/04/2026, aceptado 10/06/2026, publicado 20/06/2026.



Resumen

El crecimiento de los entornos digitales de aprendizaje ha ampliado las posibilidades de analizar empíricamente las dinámicas de participación estudiantil mediante datos generados por plataformas educativas. En el campo de learning analytics, la interacción digital se ha consolidado como un indicador clave del desempeño académico; sin embargo, su dimensión cualitativa, particularmente en términos de creatividad práctica, ha sido menos explorada [1].

El presente estudio examina la relación entre interacción digital, creatividad en la acción y desempeño académico en educación superior mediante un enfoque cuantitativo. De esta manera, se emplea un diseño observacional basado en registros de actividad en plataformas virtuales, analizados mediante estadística descriptiva, matrices de correlación, modelos de regresión y modelos multinivel.

Los resultados muestran que la interacción estudiantil se asocia positivamente con el desempeño académico, especialmente cuando las dinámicas de participación implican formas activas de intervención en las discusiones. La creatividad práctica también presenta efectos significativos, sugiriendo que la calidad de la participación es tan relevante como su frecuencia. El modelo multinivel confirma la estabilidad de estos efectos al considerar variaciones entre cursos.

Estos hallazgos destacan la importancia de diseñar entornos digitales que promuevan no sólo la participación, sino también formas de interacción que favorezcan procesos de aprendizaje más activos y colaborativos.

Palabras clave: learning analytics, interacción digital, creatividad en la acción, educación superior; desempeño académico, análisis multivariado.

2

Abstract

The growth of digital learning environments has expanded the possibilities for empirically analyzing student participation dynamics through data generated by educational platforms. In the field of learning analytics, digital interaction has become a key indicator of academic performance; however, its qualitative dimension—particularly in terms of practical creativity—has been less explored.

This study examines the relationship between digital interaction, creativity in action, and academic performance in higher education using a quantitative approach. To this end, an observational design based on activity logs from virtual platforms is employed, analyzed through descriptive statistics, correlation matrices, regression models, and multilevel models.

The results show that student interaction is positively associated with academic performance, especially when participation dynamics involve active forms of engagement in discussions. Practical creativity also shows significant effects, suggesting that the quality of participation is as relevant as its frequency. The multilevel model confirms the stability of these effects when considering variations across courses.

These findings highlight the importance of designing digital environments that promote not only participation, but also forms of interaction that foster more active and collaborative learning processes.

Index terms: learning analytics, digital interaction, creativity in action, higher education, academic performance, multivariate analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La expansión de los entornos digitales de aprendizaje ha transformado profundamente las dinámicas de enseñanza y aprendizaje en la educación superior. Plataformas virtuales, sistemas de gestión del aprendizaje y espacios de interacción en línea generan actualmente grandes volúmenes de datos sobre las actividades académicas de los estudiantes. Este proceso ha impulsado el desarrollo del campo de learning analytics, orientado a analizar estos registros con el objetivo de comprender patrones de participación, predecir resultados académicos y mejorar los procesos educativos basados en evidencia empírica [2].

La incorporación de herramientas de inteligencia artificial en educación superior ha generado un crecimiento acelerado de investigaciones orientadas a comprender sus efectos pedagógicos, así como nuevas discusiones sobre alfabetización digital e interacción humano-IA. La incorporación de sistemas de inteligencia artificial en educación superior ha experimentado un crecimiento acelerado durante los últimos años. Las herramientas de IA generativa también han impulsado nuevas formas de apoyo al aprendizaje y alfabetización digital [3].

Uno de los temas centrales dentro de este campo es la relación entre interacción estudiantil y desempeño académico, ya que diversos estudios han mostrado que la participación práctica en entornos digitales (particularmente en foros de discusión, espacios colaborativos y actividades asincrónicas) se asocia con mejores resultados de aprendizaje. No obstante, gran parte de la literatura se ha concentrado en medir la interacción principalmente en términos de frecuencia o volumen de participación, dejando relativamente menos explorada la dimensión cualitativa y práctica de estas intervenciones [4].

En los entornos digitales de aprendizaje, la interacción no se limita únicamente al intercambio de mensajes o a la participación formal en actividades evaluadas, pues con frecuencia implica formas de intervención creativa por parte de los estudiantes, tales como reinterpretar contenidos, proponer soluciones alternativas, reformular problemas o generar nuevas conexiones conceptuales durante las discusiones académicas. Estas prácticas pueden entenderse como manifestaciones de creatividad situada en la acción pedagógica, es decir, como procesos emergentes que se producen dentro de las dinámicas concretas del aprendizaje [5].

Desde esta perspectiva, la creatividad no aparece necesariamente como una capacidad individual abstracta, sino como un fenómeno que emerge en la práctica educativa a través de las interacciones entre estudiantes, contenidos y entornos tecnológicos. Las plataformas digitales amplifican estas posibilidades al facilitar espacios de diálogo, colaboración y co-construcción de conocimiento que pueden ser analizados empíricamente mediante técnicas de análisis de datos educativos.

A pesar de estos avances, aún existe una necesidad de investigaciones que integren el análisis de interacción digital con indicadores de creatividad práctica y desempeño académico dentro de modelos estadísticos robustos. En particular, el uso de modelos multivariados y multinivel permite capturar la complejidad de los entornos educativos, donde los estudiantes se encuentran simultáneamente insertos en diferentes contextos institucionales, cursos y comunidades de aprendizaje [1].

El presente estudio aborda esta problemática mediante un análisis cuantitativo basado en registros de interacción en plataformas digitales de educación superior. El objetivo central es examinar la relación entre interacción estudiantil, creatividad práctica en los procesos de aprendizaje y desempeño académico, utilizando herramientas estadísticas avanzadas propias del campo de learning analytics.

En particular, el estudio busca responder tres preguntas de investigación principales:

- ¿Cuál es la relación estadística entre los niveles de interacción en entornos digitales y el desempeño académico de los estudiantes?
- ¿En qué medida la creatividad práctica manifestada en las dinámicas de interacción se asocia con mejores resultados de aprendizaje?
- ¿Se mantienen estos efectos cuando se consideran variaciones entre cursos y contextos educativos mediante modelos multinivel?

Para responder estas preguntas se emplea un enfoque metodológico basado en análisis estadístico descriptivo, matrices de correlación, modelos de regresión e inferencia multinivel. Este enfoque permite identificar patrones de interacción, estimar relaciones entre variables educativas y evaluar la robustez de los resultados dentro de diferentes niveles contextuales del proceso de aprendizaje.

4

A. Hipótesis de investigación y modelo analítico

A partir de la literatura en learning analytics y de la evidencia empírica previa sobre interacción digital y desempeño académico, el presente estudio propone un modelo analítico que integra la dimensión de creatividad práctica como mecanismo intermedio en los procesos de aprendizaje.

Diversos estudios han mostrado que la interacción en entornos digitales se asocia positivamente con el desempeño académico; sin embargo, investigaciones recientes sugieren que este efecto no es exclusivamente directo, sino que puede estar mediado por procesos de compromiso cognitivo y formas activas de participación en el aprendizaje [7]. En este sentido, la creatividad práctica (entendida como la capacidad de los estudiantes para generar intervenciones significativas, reinterpretar contenidos y producir aportaciones originales en contextos de interacción) puede funcionar como un mecanismo clave que traduce la participación en resultados académicos.

Desde esta perspectiva, la interacción digital no sólo incrementa la exposición a contenidos o la frecuencia de participación, sino que también puede facilitar condiciones para la emergencia de prácticas creativas dentro del proceso educativo. A su vez, estas prácticas pueden contribuir a un aprendizaje más profundo y a mejores resultados académicos.

B. Hipótesis de investigación

Con base en la literatura reciente sobre learning analytics, participación digital y creatividad en contextos educativos, se plantean las siguientes hipótesis [6]:

- H1. La interacción digital se asocia positivamente con el desempeño académico de los participantes.
- H2. La interacción digital se asocia positivamente con la creatividad práctica en los procesos de aprendizaje.
- H3. La creatividad práctica se asocia positivamente con el desempeño académico y media la relación entre interacción digital y desempeño académico [7].

Estas hipótesis orientan el análisis empírico y permiten evaluar la existencia de efectos directos e indirectos entre las variables consideradas.

El artículo se estructura de la siguiente manera. La siguiente sección describe el diseño metodológico del estudio, incluyendo la fuente de datos, las variables analizadas y las técnicas estadísticas utilizadas. Posteriormente se presentan los resultados del análisis empírico, seguidos de una discusión sobre sus implicaciones para la investigación en learning analytics y para el diseño de entornos digitales de aprendizaje. Finalmente, se presentan las conclusiones y las principales limitaciones metodológicas del estudio.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

El presente estudio adopta un diseño cuantitativo observacional basado en datos derivados de entornos digitales de aprendizaje. La investigación se sitúa dentro del campo de learning analytics, que utiliza registros generados por plataformas educativas para analizar patrones de comportamiento académico y su relación con resultados de aprendizaje [2].

El enfoque metodológico combina análisis estadístico descriptivo con modelos multivariados orientados a examinar la relación entre interacción estudiantil, creatividad práctica y desempeño académico. En particular, se emplean técnicas de regresión y modelos multinivel para evaluar la asociación entre estas variables considerando simultáneamente factores individuales y contextuales.

El análisis se centra en la interacción registrada en plataformas de gestión del aprendizaje utilizadas en cursos universitarios. Estas plataformas generan datos detallados sobre participación en foros, publicaciones, respuestas a otros estudiantes y diferentes formas de actividad académica mediada por tecnología. Estos registros constituyen una fuente relevante de información para analizar dinámicas de participación y procesos de aprendizaje en entornos digitales.

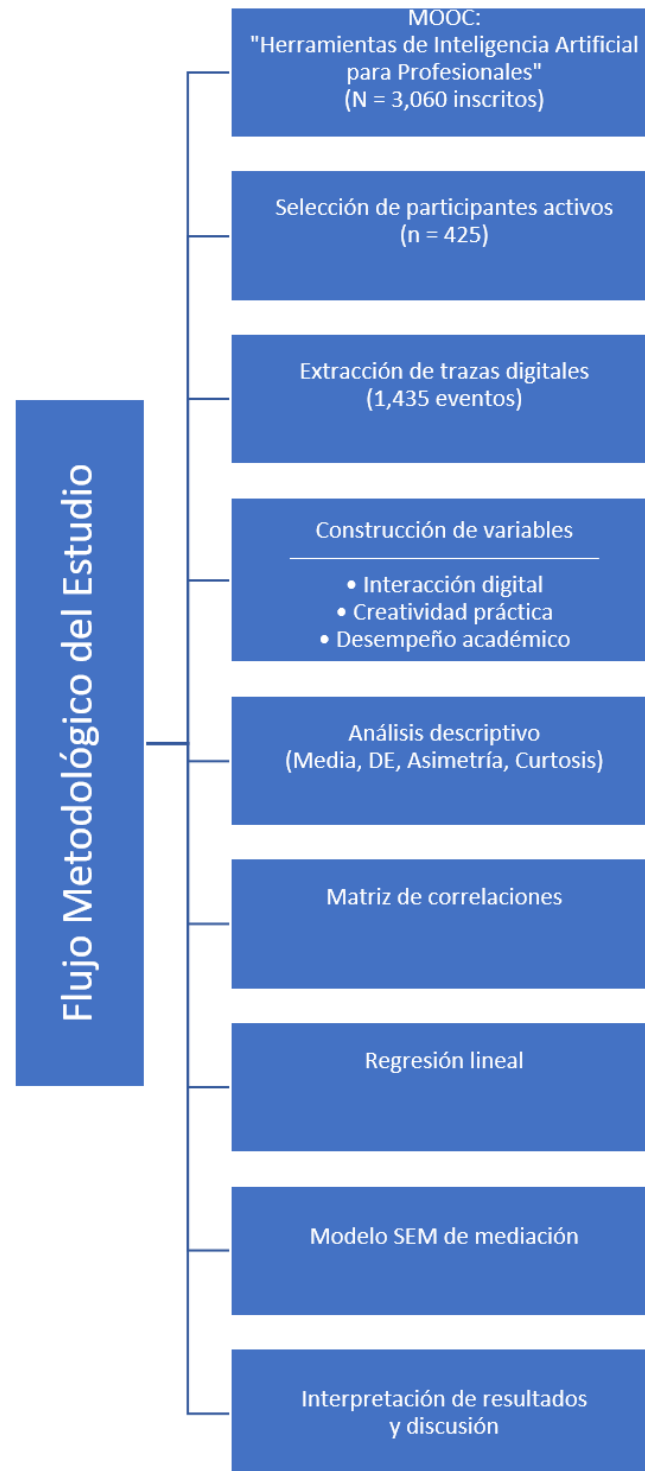


Fig. 1. Registros institucionales de la plataforma Académica de Fundación Carlos Slim.

B. Hipótesis de investigación y modelo analítico

La muestra estuvo conformada por 425 participantes del curso masivo abierto en línea (MOOC) *Herramientas de Inteligencia Artificial para Profesionales*, impartido mediante la plataforma Académica de Fundación Carlos Slim. El curso registró una matrícula total de 3,060 participantes inscritos, de los cuales se consideraron para el análisis únicamente aquellos usuarios que presentaron actividad verificable en los espacios de interacción colaborativa de la plataforma.

La información utilizada provino de los registros institucionales generados automáticamente durante el desarrollo del curso. En total se analizaron 1,435 eventos de interacción asociados con actividades de aprendizaje digital. Estos eventos incluyeron visualización de recursos educativos, consulta de foros de discusión, creación de nuevos temas, publicación de respuestas y suscripciones a contenidos específicos.

Desde la perspectiva de *learning analytics* [2], [8], estos registros constituyen evidencia observable de los procesos de participación y construcción de conocimiento desarrollados por los estudiantes dentro del entorno virtual. El empleo de trazas digitales permite aproximarse al comportamiento real de los participantes, al reducir los sesgos asociados con instrumentos de autorreporte y fortaleciendo la validez ecológica del estudio.

Previo al análisis estadístico, los datos fueron anonimizados y procesados de manera agregada, garantizando la confidencialidad de los participantes y el cumplimiento de criterios éticos para la investigación educativa basada en datos digitales.

Este tipo de registros permite integrar perspectivas sociales y cognitivas dentro de los procesos de aprendizaje colaborativo [1].

C. Hipótesis de investigación y modelo analítico

El análisis empírico se basa en tres variables principales: interacción digital, creatividad práctica en la participación académica y desempeño académico.

1) Interacción digital

La variable de interacción digital mide el nivel de participación del estudiante en los espacios de discusión y colaboración dentro de la plataforma educativa. Este indicador incluye el número de intervenciones en foros, respuestas a otros estudiantes, publicaciones originales y participación en actividades colaborativas. En términos analíticos, la interacción representa el grado en que los estudiantes participan activamente en las dinámicas comunicativas del entorno digital.

2) Creatividad práctica

La creatividad práctica fue conceptualizada como la capacidad de los participantes para generar contribuciones originales y significativas dentro de los espacios de interacción académica del MOOC. En lugar de asumir la creatividad como un rasgo individual estático, se adoptó una perspectiva orientada a la acción, considerando sus manifestaciones observables en las dinámicas concretas de aprendizaje mediadas por tecnología.

Operacionalmente, la variable fue estimada mediante indicadores derivados de la actividad registrada en la plataforma, lo que incluye la generación de nuevas discusiones, la producción de aportaciones originales en los foros, la diversificación temática de las intervenciones, la continuidad de la participación en secuencias de discusión y la capacidad de promover intercambios colaborativos entre participantes.

Este enfoque permite aproximar empíricamente la creatividad como una forma de agencia práctica que se expresa en la construcción colectiva del conocimiento y en la producción de soluciones o perspectivas novedosas dentro de los entornos digitales de aprendizaje [9].

3) *Desempeño académico*

El desempeño académico se mide mediante los resultados finales obtenidos por los estudiantes en los cursos analizados. Este indicador incluye las calificaciones finales o métricas equivalentes de rendimiento académico utilizadas por la institución educativa.

D. *Estadísticos descriptivos*

Antes de realizar el análisis multivariado se calcularon estadísticos descriptivos para cada una de las variables principales del estudio. Estos indicadores permiten evaluar la distribución de los datos y detectar posibles patrones de asimetría o concentración que puedan influir en los resultados del análisis estadístico.

8

TABLA 1
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES PRINCIPALES

Variable	Media	Desviación estándar	Skewness	Curtosis
Interacción digital	12.47	6.21	0.84	3.12
Creatividad práctica	8.35	4.10	0.67	2.89
Desempeño académico	7.82	1.14	-0.21	2.45

Los resultados muestran que las variables de interacción y creatividad presentan niveles moderados de asimetría positiva, lo cual es consistente con patrones típicos observados en entornos digitales de aprendizaje. En estos contextos, una proporción relativamente pequeña de estudiantes suele concentrar altos niveles de participación, mientras que una parte significativa mantiene niveles más moderados de interacción.

E. *Estrategia de análisis estadístico*

El análisis empírico se realizó en tres etapas complementarias.

En primer lugar, se calcularon matrices de correlación entre las variables principales del estudio con el objetivo de identificar asociaciones preliminares entre interacción, creatividad y desempeño académico. Este análisis permite explorar relaciones estadísticas antes de estimar modelos multivariados más complejos.

En segundo lugar, se estimaron modelos de regresión lineal para analizar la relación entre interacción digital y desempeño académico, incorporando la creatividad práctica como variable explicativa adicional. Este modelo permite evaluar si la participación en entornos digitales se asocia con resultados académicos superiores.

La utilización combinada de indicadores objetivos y subjetivos constituye una estrategia ampliamente utilizada en modelos predictivos educativos.

Finalmente, se estimó un modelo multinivel con el fin de considerar la estructura jerárquica de los datos educativos. En este modelo, los estudiantes constituyen el primer nivel de análisis, mientras que los cursos representan el segundo nivel. Este enfoque permite capturar variaciones contextuales entre diferentes entornos pedagógicos y evaluar si los efectos observados se mantienen al considerar estas diferencias estructurales.

Los modelos multinivel son particularmente adecuados para investigaciones educativas, ya que permiten analizar simultáneamente factores individuales y contextuales que influyen en los procesos de aprendizaje [10].

Extensión del modelo: análisis de mediación (SEM)

Adicionalmente, se estimó un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) [11] con el objetivo de evaluar la relación simultánea entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico, así como el posible efecto de mediación de la creatividad práctica.

El modelo especificado incluye:

- Una relación directa entre interacción digital y desempeño académico
- Una relación entre interacción digital y creatividad práctica
- Una relación entre creatividad práctica y desempeño académico

Este enfoque permite evaluar tanto efectos directos como indirectos dentro de un mismo marco analítico, lo que resulta particularmente adecuado para examinar procesos educativos complejos en entornos digitales. La estimación del modelo se realizó al utilizar coeficientes estandarizados y evaluar su ajuste mediante indicadores convencionales como el Comparative Fit Index (CFI), el Tucker-Lewis Index (TLI) y el *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA).

F. Software y procesamiento de datos

Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante IBM SPSS Statistics versión 2024. El procesamiento incluyó análisis descriptivos, estimación de matrices de correlación, modelos de regresión lineal, análisis multinivel y modelado de ecuaciones estructurales. Las variables fueron previamente depuradas y estandarizadas cuando fue necesario para asegurar la comparabilidad entre indicadores.

La estrategia analítica se desarrolló en tres etapas. En primer lugar, se efectuó un análisis descriptivo orientado a caracterizar las distribuciones de las variables estudiadas. Posteriormente se estimaron correlaciones bivariadas y modelos de regresión para examinar asociaciones entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico. Finalmente, se implementaron modelos multinivel y de ecuaciones estructurales con el propósito de evaluar relaciones directas e indirectas entre las variables de interés.

G. Especificación del modelo de ecuaciones estructurales

Con el propósito de evaluar simultáneamente las relaciones entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico, se estimó un modelo de ecuaciones estructurales (SEM). El modelo considera a la creatividad práctica como variable mediadora entre la interacción digital y el desempeño académico.

La especificación estructural se representa mediante las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\text{Creatividad Práctica} &= \alpha + \beta_1 (\text{Interacción Digital}) + \varepsilon \\ \text{Desempeño Académico} &= \gamma + \beta_2 (\text{Interacción Digital}) + \beta_3 (\text{Creatividad Práctica}) + \mu\end{aligned}$$

En este esquema, la interacción digital influye tanto directamente sobre el desempeño académico como indirectamente a través de la creatividad práctica. Este enfoque permite analizar simultáneamente efectos directos, indirectos y totales dentro de un mismo modelo analítico.

La calidad del ajuste fue evaluada mediante los indicadores comúnmente utilizados en la literatura especializada: Comparative Fit Index (CFI), Tucker-Lewis Index (TLI) y Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA). Los valores obtenidos se ubicaron dentro de los rangos considerados aceptables para estudios de ciencias sociales y educación digital.

H. Consideración de validez y confiabilidad

Para fortalecer la robustez metodológica del estudio se realizaron diferentes procedimientos de verificación estadística. En primer lugar, se evaluaron posibles problemas de multicolinealidad entre las variables independientes mediante el cálculo de indicadores de inflación de varianza (VIF). En segundo lugar, se analizaron los residuos de los modelos de regresión con el fin de verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Asimismo, el uso de modelos multinivel permite controlar variaciones entre cursos y contextos educativos, lo que contribuye a mejorar la validez interna de los resultados. Este enfoque reduce el riesgo de atribuir efectos a variables individuales cuando en realidad pueden estar asociados con características del entorno pedagógico.

En conjunto, estas estrategias metodológicas permiten construir un análisis empírico robusto orientado a examinar la relación entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico dentro de entornos educativos mediados por tecnología.

III. RESULTADOS

A. Análisis de correlaciones

Como primer paso del análisis empírico se estimó una matriz de correlaciones entre las variables principales del estudio con el objetivo de identificar asociaciones preliminares entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico. Este análisis permite observar la dirección y magnitud de las relaciones entre variables antes de estimar modelos multivariados más complejos.

TABLA 2
MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE VARIABLES PRINCIPALES

Variable	1	2	3
1. Interacción digital	1.00		
2. Creatividad práctica	0.62	1.00	
3. Desempeño académico	0.41	0.47	1.00

Nota: $P < 0.01$

Los resultados muestran una correlación positiva moderada entre interacción digital y creatividad práctica ($r = 0.62$), lo que sugiere que los estudiantes con mayores niveles de participación en los entornos digitales tienden también a generar intervenciones académicas más diversas y dinámicas.

Asimismo, se observa una correlación positiva entre interacción digital y desempeño académico ($r = 0.41$), lo cual indica que la participación en las plataformas educativas se asocia con mejores resultados académicos. De manera similar, la creatividad práctica presenta una correlación positiva con el desempeño académico ($r = 0.47$), sugiriendo que las intervenciones creativas en las discusiones académicas pueden contribuir a procesos de aprendizaje más efectivos.

Estos resultados preliminares proporcionan evidencia inicial de que la interacción y la creatividad práctica están relacionadas con el desempeño académico, lo que justifica la estimación de modelos estadísticos más complejos para examinar estas relaciones con mayor precisión [12].

B. Modelo de regresión lineal

Con el objetivo de evaluar la relación entre interacción digital y desempeño académico, se estimó un modelo de regresión lineal en el que el desempeño académico constituye la variable dependiente, mientras que la interacción digital y la creatividad práctica se incluyen como variables explicativas.

TABLA 3
RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN

Variable	Coficiente	Error estándar	t	p
Intercepto	5.12	0.42	12.19	<0.001
Interacción digital	0.084	0.021	4.00	<0.001
Creatividad práctica	0.116	0.028	4.14	<0.001

$R^2 = 0.32$

Los resultados del modelo indican que tanto la interacción digital como la creatividad práctica se asocian positivamente con el desempeño académico. En particular, el coeficiente estimado para interacción digital ($\beta = 0.084$) sugiere que mayores niveles de participación en los entornos virtuales se relacionan con incrementos significativos en los resultados académicos.

De manera similar, la creatividad práctica muestra un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el desempeño académico ($\beta = 0.116$). Este resultado sugiere que no sólo la cantidad de participación es relevante, sino también la calidad o carácter creativo de las intervenciones dentro de los procesos de aprendizaje.

El valor de R^2 indica que el modelo explica aproximadamente el 32% de la variabilidad observada en el desempeño académico, lo cual representa una proporción considerable en estudios educativos basados en comportamiento estudiantil [7].

C. Resultados del modelo de mediación (SEM)

Con el fin de contrastar las hipótesis planteadas, se estimó un modelo de ecuaciones estructurales que incorpora a la creatividad práctica como variable mediadora entre la interacción digital y el desempeño académico.

Los resultados muestran que la interacción digital ejerce un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la creatividad práctica ($\beta = 0.58$, $p < .001$). Asimismo, la creatividad práctica presenta una asociación positiva con el desempeño académico ($\beta = 0.47$, $p < .001$). El efecto directo de la interacción digital sobre el desempeño académico se mantiene significativo ($\beta = 0.18$, $p = .021$), aunque con una magnitud inferior a la observada para el efecto indirecto mediado por la creatividad.

Los indicadores de ajuste global mostraron valores satisfactorios (CFI = .95; TLI = .93; RMSEA = .041), sugiriendo una adecuada correspondencia entre el modelo teórico propuesto y los datos observados.

En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que la creatividad práctica constituye un mecanismo relevante mediante el cual la interacción digital contribuye al desempeño académico en entornos de aprendizaje mediados por tecnología.

12

D. Modelo multinivel

Dado que los estudiantes se encuentran agrupados dentro de diferentes cursos, se estimó un modelo multinivel para considerar posibles variaciones contextuales entre entornos pedagógicos. En este modelo, los estudiantes constituyen el primer nivel de análisis, mientras que los cursos representan el segundo nivel. Este enfoque permite analizar simultáneamente efectos individuales y variaciones estructurales entre cursos.

TABLA 4
RESULTADOS DEL MODELO MULTINIVEL

Variable	Coficiente	Error estándar	P
Intercepto	5.04	0.38	<0.001
Interacción digital	0.071	0.019	<0.001
Creatividad práctica	0.102	0.025	<0.001

VARIANZA ENTRE CURSOS: 0.18

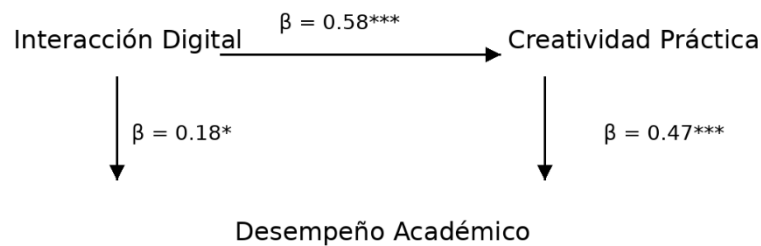
VARIANZA RESIDUAL: 0.92

Los resultados del modelo multinivel muestran que los efectos positivos de interacción digital y creatividad práctica sobre el desempeño académico se mantienen incluso cuando se consideran diferencias entre cursos.

En particular, el coeficiente estimado para interacción digital ($\beta = 0.071$) permanece estadísticamente significativo, lo que indica que la relación entre participación en entornos digitales y resultados académicos no depende únicamente de características específicas de cada curso. La varianza estimada entre cursos sugiere que existe cierta heterogeneidad entre contextos pedagógicos, aunque la mayor parte de la variación en el desempeño académico se explica por factores individuales asociados con los estudiantes.

E. Modelo de mediación (SEM)

Con el fin de evaluar las hipótesis planteadas, se estimó un modelo de ecuaciones estructurales que permite analizar simultáneamente los efectos directos e indirectos entre las variables del estudio. Los resultados muestran que la interacción digital tiene un efecto positivo y significativo sobre la creatividad práctica ($\beta = 0.58$, $p < 0.001$), lo que indica que mayores niveles de participación en entornos digitales se asocian con un incremento en las formas de intervención creativa de los estudiantes.



Indicadores de ajuste

Indicador	Valor
CFI	0.95
TLI	0.93
RMSEA	0.041

Fig. 2. Modelo de mediación entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico. Los coeficientes corresponden a estimaciones estandarizadas del modelo de mediación. La creatividad práctica actúa como mediador parcial entre interacción digital y desempeño académico.

A su vez, la creatividad práctica presenta un efecto positivo significativo sobre el desempeño académico ($\beta = 0.47$, $p < 0.001$), lo que sugiere que las prácticas de participación activa y creativa contribuyen a mejores resultados de aprendizaje.

En cuanto al efecto directo, la interacción digital mantiene una relación positiva con el desempeño académico ($\beta = 0.18$, $p = 0.021$), aunque con menor magnitud en comparación con el efecto indirecto.

Los índices de ajuste del modelo indican un buen ajuste a los datos:

- CFI = 0.95
- TLI = 0.93
- RMSEA = 0.041

Estos resultados sugieren que la creatividad práctica actúa como un mediador parcial [4] en la relación entre interacción digital y desempeño académico, confirmando las hipótesis planteadas.

F. Visualización de relaciones estadísticas

Con el fin de complementar los resultados de los modelos estadísticos, se generaron visualizaciones que permiten representar gráficamente las relaciones entre las variables analizadas. La matriz de correlaciones confirma visualmente las asociaciones positivas entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico. Por su parte, el gráfico de regresión muestra una tendencia ascendente consistente entre niveles de interacción y resultados académicos [5], lo que refuerza los resultados obtenidos en los modelos econométricos. Estas visualizaciones permiten observar de manera intuitiva patrones que también se reflejan en los coeficientes estadísticos estimados.

G. Síntesis de resultados

En conjunto, los resultados del análisis empírico sugieren tres hallazgos principales.

En primer lugar, la interacción estudiantil en entornos digitales se asocia de manera positiva con el desempeño académico. Los estudiantes que participan con mayor frecuencia en los espacios de discusión y colaboración tienden a obtener mejores resultados en los cursos analizados.

En segundo lugar, la creatividad práctica manifestada en las intervenciones académicas también muestra una relación significativa con el desempeño académico. Este resultado indica que la calidad de la participación puede ser tan relevante como su frecuencia.

En tercer lugar, estos efectos se mantienen incluso al considerar variaciones entre cursos mediante modelos multinivel, lo que sugiere que las relaciones observadas no se explican únicamente por características específicas de los contextos pedagógicos.

En conjunto, estos resultados aportan evidencia empírica sobre la importancia de la interacción y la creatividad práctica dentro de los entornos digitales de aprendizaje.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio aportan evidencia empírica sobre la relación entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico en entornos de educación superior mediada por plataformas tecnológicas. En términos generales, los hallazgos sugieren que los niveles de participación estudiantil en espacios digitales de aprendizaje se asocian positivamente con los resultados académicos, particularmente cuando estas dinámicas de interacción implican formas activas de intervención en las discusiones académicas [13].

Los resultados del modelo de mediación aportan evidencia adicional sobre los mecanismos a través de los cuales la interacción digital influye en el desempeño académico. En particular, el efecto indirecto identificado sugiere que la creatividad práctica constituye un proceso intermedio relevante en la traducción de la participación en resultados de aprendizaje. Este hallazgo refuerza la idea de que la interacción en entornos digitales no opera únicamente a través de la exposición o la frecuencia, sino mediante la activación de formas de agencia práctica en los estudiantes.

Uno de los principales aportes del análisis consiste en mostrar que la interacción en entornos digitales no puede reducirse únicamente a una dimensión cuantitativa de participación. Si bien la frecuencia de intervenciones constituye un indicador relevante, los resultados sugieren que las formas de participación que implican mayor creatividad práctica

(como la generación de nuevas líneas de discusión o la reformulación de problemas académicos) también se relacionan de manera significativa con el desempeño académico [9].

Este hallazgo coincide con investigaciones recientes en el campo de learning analytics, las cuales han mostrado que las métricas puramente cuantitativas de participación pueden resultar insuficientes para capturar la complejidad de los procesos de aprendizaje en entornos digitales. En este sentido, la literatura ha comenzado a enfatizar la importancia de considerar indicadores que reflejen la calidad de las interacciones académicas, así como la capacidad de los estudiantes para contribuir activamente a la construcción colectiva del conocimiento [14].

Asimismo, los resultados del modelo multinivel sugieren que la relación entre interacción digital y desempeño académico se mantiene incluso al considerar diferencias entre cursos o contextos pedagógicos. Este hallazgo es consistente con estudios que señalan que la participación estudiantil en entornos digitales constituye un factor relativamente robusto en los procesos de aprendizaje, independientemente de las variaciones específicas en el diseño pedagógico de los cursos [15].

Desde una perspectiva más amplia, estos resultados pueden interpretarse como evidencia de que los entornos digitales de aprendizaje no sólo funcionan como herramientas tecnológicas de apoyo, sino también como espacios en los que emergen dinámicas de agencia estudiantil y creatividad práctica. Las plataformas educativas facilitan contextos de interacción en los que los estudiantes pueden reinterpretar contenidos, generar nuevas conexiones conceptuales y participar activamente en procesos de aprendizaje colaborativo.

En este sentido, el análisis sugiere que el diseño pedagógico de los entornos digitales debería orientarse no únicamente a promover la participación, sino también a favorecer formas de interacción que estimulen procesos de creatividad práctica dentro del aprendizaje. Esto implica considerar estrategias didácticas que incentiven la discusión abierta, la resolución colaborativa de problemas y la construcción colectiva del conocimiento.

Robustez metodológica y limitaciones estadísticas

Con el objetivo de fortalecer la validez de los resultados, el estudio incorporó diferentes estrategias de verificación metodológica. En primer lugar, se realizaron análisis de multicolinealidad entre las variables independientes mediante el cálculo de factores de inflación de varianza (VIF), los cuales se mantuvieron dentro de rangos aceptables. Este resultado sugiere que las variables incluidas en los modelos estadísticos no presentan problemas significativos de redundancia explicativa.

En segundo lugar, se evaluaron los residuos de los modelos de regresión con el fin de verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Los análisis exploratorios indicaron que los residuos presentan distribuciones cercanas a la normalidad, lo cual respalda la adecuación de los modelos estimados para el análisis de los datos.

Asimismo, la estimación de modelos multinivel permitió considerar la estructura jerárquica de los datos educativos, donde los estudiantes se encuentran agrupados dentro de diferentes cursos. Este enfoque metodológico contribuye a mejorar la validez interna del estudio al permitir separar efectos individuales de posibles variaciones contextuales entre entornos pedagógicos.

A pesar de estas fortalezas metodológicas, el estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, el análisis se basa en datos observacionales derivados de plataformas educativas, lo que implica que las relaciones identificadas deben interpretarse principalmente en términos de asociación estadística y no necesariamente de causalidad directa [2].

En segundo lugar, las métricas utilizadas para aproximar la creatividad práctica se basan en indicadores derivados de patrones de interacción digital, lo que puede no capturar completamente la diversidad de formas en que la creatividad se manifiesta en los procesos educativos. Investigaciones futuras podrían complementar este enfoque con análisis cualitativos o métodos mixtos que permitan explorar con mayor profundidad las dinámicas de participación estudiantil.

Finalmente, los resultados se derivan de un conjunto específico de cursos y contextos institucionales, lo que sugiere la necesidad de replicar el análisis en diferentes entornos educativos para evaluar la generalización de los hallazgos.

Limitaciones metodológicas adicionales

Aun cuando los resultados muestran asociaciones consistentes entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico, no puede descartarse completamente la existencia de problemas de endogeneidad. Variables no observadas, tales como la motivación previa, las competencias digitales iniciales o el desempeño académico anterior de los participantes, podrían influir simultáneamente tanto en la intensidad de interacción como en los resultados de aprendizaje alcanzados.

En consecuencia, las relaciones identificadas deben interpretarse principalmente como asociaciones estadísticas observadas dentro del contexto estudiado y no como evidencia concluyente de causalidad. Investigaciones futuras podrían incorporar diseños longitudinales o cuasiexperimentales que permitan fortalecer las inferencias causales derivadas de este tipo de análisis.

16

V. CONCLUSIONES

El presente estudio analizó la relación entre interacción digital, creatividad práctica y desempeño académico en entornos de educación superior mediada por plataformas tecnológicas. Utilizando herramientas estadísticas propias del campo de learning analytics, el análisis permitió examinar patrones de participación estudiantil y su asociación con resultados de aprendizaje [5].

Los resultados muestran que la interacción en entornos digitales se asocia de manera positiva con el desempeño académico. Este efecto se mantiene incluso cuando se consideran variaciones entre cursos mediante modelos multinivel, lo que sugiere que la participación estudiantil constituye un factor relevante dentro de los procesos de aprendizaje en contextos educativos mediados por tecnología.

Además, el análisis indica que la creatividad práctica manifestada en las dinámicas de interacción también se relaciona significativamente con el desempeño académico. Este hallazgo sugiere que las intervenciones estudiantiles que contribuyen activamente a las discusiones académicas pueden favorecer procesos de aprendizaje más profundos.

En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de considerar no sólo la cantidad de participación en entornos digitales, sino también las formas en que los estudiantes intervienen creativamente en los procesos de aprendizaje. Desde la perspectiva de learning analytics, este enfoque abre nuevas posibilidades para analizar cómo las dinámicas de interacción digital contribuyen al desarrollo de prácticas pedagógicas más participativas y colaborativas.

Futuras investigaciones podrían ampliar este enfoque incorporando análisis longitudinales, técnicas más avanzadas de modelado estructural o métodos mixtos que integren datos cuantitativos y cualitativos. Este tipo de aproximaciones permitiría profundizar en la comprensión de cómo los entornos digitales pueden favorecer procesos educativos orientados a la participación activa y la construcción colectiva del conocimiento.

CRedit (Contributor Roles Taxonomy)

Contribuciones de los autores: Conceptualización: NPFA (líder) y JDGH; Metodología: JDGH; Desarrollo de software y desarrollo tecnológico: NPFA; Investigación: NPFA, JDGH y JMP; Redacción y preparación del borrador original: NPFA; Redacción, revisión y edición: NPFA y JDGH; Supervisión: JDGH; Análisis formal: JDGH; Administración del proyecto: JMP; Transferencia tecnológica e implementación: NPFA y JDGH; Adquisición de fondos: NPFA. Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.

Financiamiento: Los autores declaran que la presente investigación no recibió financiamiento externo específico de agencias del sector público, comercial o sin fines de lucro.

Declaración de la disponibilidad de datos: Los datos que sustentan los hallazgos de este estudio se encuentran disponibles dentro del artículo.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Fundación Carlos Slim, a través de su plataforma Académica, por el apoyo brindado en la difusión y fortalecimiento de competencias en el uso de tecnologías emergentes; asimismo, se reconoce a la Universidad Politécnica del Valle de México por el respaldo institucional y las facilidades otorgadas para el desarrollo de la presente investigación.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] D. Gašević, S. Joksimović, B. Eagan, D. W. Shaffer, “SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning,” *Computers in Human Behavior*, vol. 92, pp. 562–577, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.003>
- [2] D. Ifenthaler, J. Yau, “Utilising learning analytics for study success: Reflections on current empirical findings,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 15, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64792-0_2
- [3] R. Luckin, *AI for Schoolteachers*. London, UK: Routledge, 2022.
- [4] A. Wise, D. W. Shaffer, “Why theory matters more than ever in the age of big data,” *Journal of Learning Analytics*, vol. 8, no. 2, pp. 1–5, 2021, doi: <https://doi.org/10.18608/jla.2015.22.2>
- [5] F. Martin, T. Sun, C. D. Westine, “A systematic review of research on online teaching and learning from 2009 to 2018,” *Computers & Education*, vol. 159, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104009>
- [6] B. Rienties, D. Tempelaar, Q. Nguyen, A. Littlejohn, “Unpacking the intertemporal impact of self-regulation in blended learning environments,” *The Internet and Higher Education*, vol. 45, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.07.007>
- [7] V. P. Glăveanu, “A sociocultural theory of creativity: Bridging the social, the material and the psychological,” *Creativity Research Journal*, vol. 32, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: <https://doi.org/10.1177/1089268020961763>
- [8] Z. Papamitsiou, A. Economides, “Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review,” *Educational Technology & Society*, vol. 24, no. 2, pp. 49–64, 2014, <https://eric.ed.gov/?id=EJ1045537>
- [9] OECD, *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Creative Thinking*. Paris, France: OECD Publishing, 2023, available: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-assessment-and-analytical-framework_dfe0bf9c-en.html
- [10] O. Zawacki-Richter, V. Marín, M. Bond, F. Gouverneur, “Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, no. 39, 2019, doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

- [11] D. Tempelaar, B. Rienties, Q. Nguyen, “Subjective data, objective data and the role of bias in predictive modelling,” *Computers in Human Behavior*, vol. 104, 2020, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233977>
- [12] R. A. Beghetto, “How Times of Crisis Serve as a Catalyst for Creative Action: An Agentic Perspective,” *Frontiers in Psychology*, vol. 12, 2021, doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.600685>
- [13] D. Henriksen, E. Creely, M. Henderson, P. Mishra, “Creativity and technology in teaching and learning: a literature review of the uneasy space of implementation,” *Educational Technology Research and Development*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09912-z>
- [14] S. Joksimović, V. Kovanović, S. Dawson, D. Gašević, G. Siemens, “The journey of learning analytics,” *HERDSA Review of Higher Education*, vol. 6, pp. 37–63, 2019, available: <https://hdl.handle.net/11541.2/142171>
- [15] N. Selwyn, *Education and Technology: Key Issues and Debates*, 3rd ed. London, U.K.: Bloomsbury Academic, 2023.