

PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE

ISSN: 3072-8452

**DINÁMICAS SISTÉMICAS DE
COMPLEJIDAD, INTELIGENCIA
ARTIFICIAL Y CAPACITACIÓN
DIGITAL EN EL DESEMPEÑO
EMPRESARIAL DE
MICROEMPRESAS RURALES**

*SYSTEMIC DYNAMICS OF COMPLEXITY,
ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AND DIGITAL
TRAINING IN THE BUSINESS
PERFORMANCE OF RURAL
MICROENTERPRISES*

AUTORES

**HÉCTOR GABRIEL
VILLEGAS BERUMEN**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE
MÉXICO / ITS DE JEREZ,
LABORATORIO
INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
(LIIT-JEREZ)
MÉXICO

**OMAR TORRES
ARENAS**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE
MÉXICO / ITS DE JEREZ,
LABORATORIO
INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
(LIIT-JEREZ)
MÉXICO

**JESSICA AYALA
SANTANA**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE
MÉXICO / ITS DE JEREZ,
LABORATORIO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
(LIIT-JEREZ)
MÉXICO

Dinámicas Sistémicas de Complejidad, Inteligencia Artificial y Capacitación Digital en el Desempeño Empresarial de Microempresas Rurales

Systemic Dynamics of Complexity, Artificial Intelligence, and Digital Training
in the Business Performance of Rural Microenterprises

Héctor Gabriel Villegas Berumen

hector.vb@jerez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3678-5415>

Tecnológico Nacional de México / ITS de Jerez, Laboratorio Interdisciplinario de
Investigación Tecnológica (LIIT-Jerez)
Zacatecas, México

Omar Torres Arenas

omar.ta@jerez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-8377-5277>

Tecnológico Nacional de México / ITS de Jerez, Laboratorio Interdisciplinario de
Investigación Tecnológica (LIIT-Jerez)
Zacatecas, México

Jessica Ayala Santana

jessica.as@jerez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9018-2391>

Tecnológico Nacional de México / ITS de Jerez, Laboratorio Interdisciplinario de
Investigación Tecnológica (LIIT-Jerez)
Zacatecas, México

Artículo recibido: 13/03/2026

Aceptado para publicación: 16/04/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

Las microempresas de contextos rurales enfrentan barreras para la transformación digital derivadas de carencias de recursos, capacitación y acceso a tecnologías emergentes. Este estudio analiza cómo la capacitación digital y la adopción de inteligencia artificial influyeron en el desempeño de microempresas de Jerez, Zacatecas. El objetivo fue evaluar su efecto sobre la eficiencia operativa, los ingresos y la satisfacción del cliente, considerando las dinámicas sistémicas del ecosistema local. Se empleó un enfoque mixto con diseño exploratorio, descriptivo y correlacional. Se aplicaron encuestas a 50 microempresas, entrevistas semiestructuradas y mapeo sistémico. El instrumento presentó validez y confiabilidad adecuadas. El análisis incluyó pruebas de normalidad, regresión lineal múltiple, correlaciones y diagramas de causalidad. Los resultados mostraron efectos positivos y significativos de la capacitación digital y de la implementación de inteligencia artificial sobre el desempeño empresarial. El mapeo sistémico permitió identificar bucles de retroalimentación que amplificaron o limitaron la transformación digital según condiciones económicas y culturales. El estudio aportó evidencia empírica y un modelo conceptual orientado a fortalecer políticas públicas y estrategias para la competitividad y sostenibilidad de microempresas rurales. Como limitación, se reconoció el diseño transversal y se sugirió avanzar hacia investigaciones longitudinales y comparativas entre regiones.

Palabras clave: capacitación digital, competitividad empresarial, inteligencia artificial, microempresas rurales, transformación digital

ABSTRACT

Microenterprises in rural contexts faced barriers to digital transformation due to limitations in resources, training, and access to emerging technologies. This study analyzed how digital training and the adoption of artificial intelligence influenced the performance of microenterprises in Jerez, Zacatecas. The objective was to evaluate their effects on operational efficiency, revenue generation, and customer satisfaction, considering the systemic dynamics of the local ecosystem. A mixed-methods approach was employed with an exploratory, descriptive, and correlational design. Surveys were administered to 50 microenterprises, along with semi-structured interviews and systemic mapping. The instrument demonstrated adequate validity and reliability. The analysis included normality tests, multiple linear regression, correlations, and causal loop diagrams. The results showed positive and significant effects of digital training and artificial intelligence implementation on business performance. Systemic mapping identified feedback loops that amplified or constrained digital transformation depending on economic and cultural conditions. The study provided empirical evidence and a conceptual model aimed at strengthening public policies and strategies to enhance the competitiveness and sustainability of rural microenterprises. As a limitation, the cross-sectional design was acknowledged, and future longitudinal and comparative studies across regions were suggested.

Keywords: digital transformation, artificial intelligence, digital technology, business competitiveness, small and medium enterprises

INTRODUCCIÓN

Las microempresas comerciales sostienen la economía local en regiones como Jerez, Zacatecas (Santos & Guzmán, 2017; Murillo et al., 2024), pero enfrentan barreras estructurales para adoptar transformación digital e inteligencia artificial, debido a limitaciones de recursos, capacitación y factores socioculturales (Cordovilla et al., 2024; Keller et al., 2022). Aunque la IA puede mejorar procesos y competitividad (Moscoso-Zamora et al., 2024), en contextos rurales su implementación es limitada, generando efectos sistémicos en el entorno económico (Castro-Góngora & Mul-Encalada, 2020). Desde un enfoque sistémico, su desempeño depende de interacciones y retroalimentaciones dentro de redes locales (Remedi-Rumi & Arzuaga-Williams, 2024), por lo que el estudio analiza cómo estas dinámicas influyen en la relación entre capacitación digital, adopción de IA y desempeño empresarial (Cárdenas-Rodríguez & Suárez-Monzón, 2024).

Para responder al problema planteado, se proponen las siguientes preguntas:

- a) ¿Cómo influyen las dinámicas sistémicas en la adopción de tecnologías digitales e IA en las microempresas de Jerez?
- b) ¿Qué relación existe entre la capacitación tecnológica y el desempeño empresarial?
- c) ¿Qué patrones emergentes surgen de la interacción entre las microempresas, las tecnologías digitales y el entorno local?

El estudio examina la relación entre dinámicas sistémicas, capacitación digital y adopción de inteligencia artificial en el desempeño de microempresas de Jerez, Zacatecas, desde un enfoque basado en ciencia de sistemas y complejidad. Su objetivo general es analizar el impacto de la capacitación en tecnologías digitales e IA sobre el desempeño empresarial, considerando las interacciones y patrones emergentes del ecosistema local (Armenta et al., 2024), a partir de los cuales se derivan objetivos específicos.

- a) Identificar patrones sistémicos en el ecosistema empresarial local asociados con la adopción de tecnologías digitales e IA.
- b) Evaluar la relación entre la capacitación tecnológica y el desempeño empresarial.
- c) Analizar las dinámicas de interacción entre las microempresas y su entorno, enfocándose en la resiliencia y adaptabilidad.
- d) Proponer un modelo conceptual que explique cómo las microempresas interactúan con su entorno al implementar tecnología.

Para dar respuesta a las preguntas de investigación, se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: La capacitación en tecnologías digitales e inteligencia artificial no tiene una relación significativa con el desempeño empresarial de las microempresas en Jerez, Zacatecas.

$$H_0: [\beta]_1=0 \text{ y } \beta_2 = 0 \quad (1)$$

H₁: La capacitación en tecnologías digitales e inteligencia artificial tiene una relación significativa y positiva con el desempeño empresarial de las microempresas en Jerez, Zacatecas.

$$H_1: [\beta]_1 \neq 0 \text{ y } \beta_2 \neq 0 \quad (2)$$

Para expresar las hipótesis planteadas en términos de un modelo matemático, utilizamos una regresión lineal que relacione las variables principales: desempeño empresarial (Y) como variable dependiente y capacitación digital (X₁) e implementación de inteligencia artificial (X₂) como variables independientes.

$$[Y=\beta]_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

Y: Desempeño empresarial (medido en términos de ingresos, eficiencia operativa o expansión de mercado).

X₁: Nivel de capacitación digital (medido a través de encuestas o puntajes en pruebas de conocimiento).

X₂: Grado de implementación de herramientas de inteligencia artificial (medido como un índice compuesto basado en el uso de IA en operaciones específicas).

β₀: Intersección, representa el desempeño empresarial base en ausencia de capacitación e implementación de IA.

β₁: Coeficiente que mide el impacto de la capacitación digital en Y.

β₂: Coeficiente que mide el impacto de la implementación de IA en Y.

ε: Término de error, que captura las variaciones no explicadas por las variables independientes.

Si se considera que la interacción entre capacitación digital e implementación de IA podría amplificar el efecto sobre el desempeño, se incluye un término adicional:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 (X_1 \cdot X_2) + \varepsilon \quad (4)$$

Donde:

$(X_1 \cdot X_2)$: Interacción entre capacitación digital e implementación de IA.

β_3 : Coeficiente que mide el efecto combinado de X_1 y X_2 .

Para evaluar la relación entre la capacitación digital, la implementación de inteligencia artificial y el desempeño empresarial, es fundamental aplicar pruebas estadísticas que validen el modelo propuesto. Estas pruebas permiten determinar si los efectos observados son significativos o se deben al azar, proporcionando una base sólida para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas. A través de técnicas como el t-test y el F-test, se analizará la influencia de las variables independientes y la adecuación global del modelo, asegurando la validez de los resultados y su interpretación en el contexto del estudio.

Significancia Individual: t-test para evaluar si β_1 , β_2 y β_3 son significativamente diferentes de 0.

Significancia Global: F-test para evaluar si el modelo en su conjunto explica significativamente Y.

El desempeño de las microempresas de Jerez se explica como parte de un sistema complejo con interacciones y retroalimentaciones emergentes (Ramos Godinez et al., 2022), analizable desde la teoría general de sistemas, los sistemas suaves y la complejidad (von Bertalanffy, 1968; Checkland, 1981; Ronquillo et al., 2024). Al operar como sistemas abiertos dependientes de redes locales (Bernardo et al., 2023; Hidalgo-Flor, 2022), su adopción de IA se ve condicionada por factores culturales y percepciones tecnológicas (Marques et al., 2023; González & González, 2024), así como por dinámicas que pueden generar resiliencia o bloqueo (Mérida, 2023; Ramírez et al., 2021; Sosa, 2024; Uribe, 2024; Agudelo et al., 2022). La capacitación digital actúa como motor de cambio (Guamán et al., 2023), aunque enfrenta limitaciones estructurales y de habilidades (Zanello & Padilla, 2022; Sandoval-Díaz et al., 2023; Cordovilla et al., 2024).

En Jerez, las microempresas presentan baja adopción tecnológica por limitaciones estructurales y educativas, reforzadas por dinámicas comunitarias y dependencia de remesas (Agudelo et al., 2022; Arza & López, 2021). Aunque la capacitación y la IA mejoran el desempeño (Afuah, 2018; Valle et al., 2025), la evidencia se concentra en contextos urbanos. Este estudio aborda el vacío existente en entornos rurales, explicando desde la ciencia de sistemas cómo la capacitación digital y la IA pueden fortalecer la resiliencia y competitividad local (Ruiz et al., 2024; Cruz et al., 2023).

METODOLOGÍA

Este estudio, realizado en Jerez, Zacatecas, tuvo como objetivo analizar cómo la capacitación digital y la adopción de inteligencia artificial (IA) influyen en el desempeño de microempresas locales. Se adoptó un enfoque mixto —cuantitativo y cualitativo— con perspectiva sistémica, permitiendo tanto el análisis estadístico de variables clave como la comprensión de interacciones emergentes en el ecosistema empresarial. El diseño metodológico fue exploratorio, descriptivo y correlacional. Se utilizaron tres instrumentos para la recolección de datos: una encuesta estructurada (con alta validez y confiabilidad), entrevistas semiestructuradas con empresarios y mapeo sistémico para identificar relaciones entre actores clave como clientes y proveedores. La muestra incluyó 50 microempresas activas, estratificadas por sector económico. El análisis de datos incluyó estadística descriptiva, pruebas de normalidad, regresiones lineales y pruebas no paramétricas según correspondiera, además de correlaciones (Pearson o Spearman) entre las variables. Los hallazgos se complementaron con análisis cualitativo y diagramas de causalidad para identificar dinámicas que influyen en la transformación digital. El protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el Comité de Ética del Laboratorio Interdisciplinario de Investigación Tecnológica (LIIT), del Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Jerez (Aprobación No. TECNM-JZ-2024-04) conforme a principios éticos de confidencialidad, anonimato y participación voluntaria. Las personas participantes firmaron consentimiento informado, en el que se explicó el propósito del estudio, el uso exclusivamente académico de la información y el derecho a retirarse en cualquier momento. No se recopilaron datos sensibles ni información que permitiera la identificación individual de las microempresas. El estudio se realizó en apego a los lineamientos éticos institucionales vigentes para investigaciones en ciencias sociales. El estudio culmina con la presentación del instrumento de medición utilizado, basado en una escala Likert.

Tabla 1. Instrumento de medición para evaluar variables del estudio

ITEM	VARIABLE QUE EVALÚA
1) ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas digitales en las actividades de su empresa?	Capacitación digital
2) ¿Qué tan familiarizado está con el uso de plataformas digitales (por ejemplo, software administrativo o redes sociales)?	Capacitación digital
3) ¿Ha recibido capacitaciones formales relacionadas con el uso de tecnologías digitales en el último año?	Capacitación digital
4) ¿Qué tan frecuentemente utiliza herramientas de inteligencia artificial (como chatbots, análisis predictivo, etc.)?	Capacitación digital
5) ¿Qué tan útiles considera las herramientas de inteligencia artificial para optimizar los procesos de su empresa?	Implementación de IA
6) ¿Qué barreras percibe para implementar herramientas de inteligencia artificial en su negocio?	Implementación de IA
7) ¿Cómo describiría el nivel de automatización de las operaciones en su empresa (por ejemplo, inventarios, atención al cliente)?	Implementación de IA
8) ¿Qué tan satisfecho está con los ingresos mensuales de su empresa en comparación con los últimos años?	Desempeño empresarial
9) ¿Cómo calificaría la eficiencia operativa de su empresa (por ejemplo, tiempos de entrega, costos)?	Desempeño empresarial
10) ¿Qué tan satisfechos están sus clientes con los productos o servicios que ofrece?	Desempeño empresarial
11) ¿Qué tan frecuentemente introduce mejoras o innovaciones en su empresa?	Desempeño empresarial
12) ¿Qué tan frecuentemente utiliza inteligencia artificial para personalizar la atención al cliente?	Implementación de IA
13) ¿Qué tan familiarizado está con el uso de software de contabilidad en su negocio?	Capacitación digital
14) ¿Qué tan preparado se siente para implementar nuevas tecnologías en su empresa en los próximos años?	Capacitación digital
15) ¿Qué tan frecuente es la evaluación del desempeño de su personal mediante tecnología?	Desempeño empresarial
16) ¿Qué tan dispuesto estaría a invertir en tecnologías avanzadas para mejorar su negocio?	Desempeño empresarial
17) ¿Qué tan accesibles considera los recursos tecnológicos para su negocio?	Capacitación digital
18) ¿Qué tan frecuente es el uso de tecnologías para analizar las preferencias y comportamientos de sus clientes?	Implementación de IA
19) ¿Considera que la tecnología ha mejorado la relación con sus clientes?	Implementación de IA
20) ¿Qué tan significativamente ha impactado la adopción de tecnología en la reducción de costos operativos de su empresa?	Desempeño empresarial

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los ítems fueron evaluados mediante una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo). La tabla presenta las dimensiones consideradas para el análisis del estudio.

Para finalizar es importante mencionar que la metodología adoptada integra herramientas cuantitativas y cualitativas con un enfoque sistémico, proporcionando una visión integral del problema. Este enfoque permite no solo identificar relaciones causales, sino también entender las dinámicas complejas que influyen en la transformación digital de las microempresas en Jerez, Zacatecas.

RESULTADOS

En este estudio participaron 50 microempresas de Jerez, Zacatecas, pertenecientes a los sectores de comercio, servicios y manufactura. Los resultados se presentan a partir del análisis de las variables clave: capacitación digital, implementación de inteligencia artificial (IA) y desempeño empresarial. Además, se incluyen los resultados de las pruebas de validez y confiabilidad, medidas de tendencia central, pruebas de normalidad y pruebas de hipótesis.

El cuestionario alcanzó un índice de validez de contenido (CVI) de 0.87 y un alfa de Cronbach de 0.91, evidenciando pertinencia y consistencia interna. Estos valores son comparables con los reportados en estudios sobre transformación digital en microempresas (Agudelo et al., 2022), lo cual confirma la fiabilidad del instrumento en contextos de baja madurez tecnológica.

La capacitación digital mostró una media de 4.2 ($\sigma = 0.7$), lo que refleja disposición hacia la formación en TIC. La implementación de IA obtuvo 3.8 ($\sigma = 0.9$), lo que sugiere adopción moderada y heterogénea. El desempeño empresarial alcanzó 4.0 ($\sigma = 0.8$), con percepción positiva en eficiencia e ingresos. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Cruz et al. (2023) y Castro-Góngora y Mul-Encalada (2020), quienes subrayan que la capacitación digital constituye un prerrequisito para que la innovación tecnológica tenga efectos tangibles en microempresas. Todos estos datos, se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Medidas de tendencia central y variabilidad

VARIABLE	MEDIA μ	MEDIAN A	MODA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ
Capacitación digital	4.2	4.0	4.0	0.7
Implementación de IA	3.8	3.8	3.0	0.9
Desempeño empresarial	4.0	4.0	4.0	0.8

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los coeficientes corresponden al modelo de regresión lineal múltiple estimado para evaluar el efecto de la capacitación digital y la adopción de inteligencia artificial sobre el desempeño empresarial. El nivel de significancia se estableció en 0.05.

Una vez obtenidos los datos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la distribución de las variables. Los resultados indicaron que la capacitación digital, la implementación de IA y el desempeño empresarial siguen una distribución normal ($p > 0.05$), lo que permitió el uso de pruebas paramétricas. Este hallazgo es consistente con lo planteado por Agudelo et al. (2022), quienes destacan la importancia de garantizar supuestos estadísticos adecuados en estudios de transformación digital para fortalecer la validez de los resultados.

Comprobación de hipótesis

La comprobación de hipótesis permitió contrastar las relaciones entre capacitación digital, implementación de IA y desempeño empresarial. Se evaluó la hipótesis nula (sin impacto significativo) frente a la hipótesis alternativa (impacto positivo y significativo). Este análisis es coherente con lo señalado por Cruz et al. (2023), quienes identifican que la formación tecnológica y la adopción de IA tienden a correlacionarse con mejoras en indicadores de desempeño en microempresas.

Modelo de regresión

El modelo de regresión lineal múltiple permitió cuantificar el impacto conjunto de la capacitación digital y la implementación de IA en el desempeño empresarial:

$$Y = 1.23 + 0.45 X_1 + 0.37X_2 + \varepsilon \quad (5)$$

Donde Y corresponde al desempeño empresarial, X_1 es la capacitación digital y X_2 a la implementación de IA.

Los resultados del análisis indicaron efectos positivos y significativos:

- Capacitación digital X_1 : $t=5.42, p<0.001$
- Implementación de IA x_2 : $t=4.13, p<0.001$
- Significancia global del modelo: $F(2,47)=42.56, p<0.001$

Estos resultados confirman la hipótesis alternativa, demostrando que tanto la capacitación digital como la adopción de IA influyen significativamente en el desempeño empresarial.

Además, amplían lo documentado por Murillo et al. (2024), quienes en un contexto urbano resaltaron la importancia de las competencias digitales, al mostrar que en un entorno rural como Jerez, Zacatecas, la capacitación tecnológica sigue siendo la variable de mayor peso.

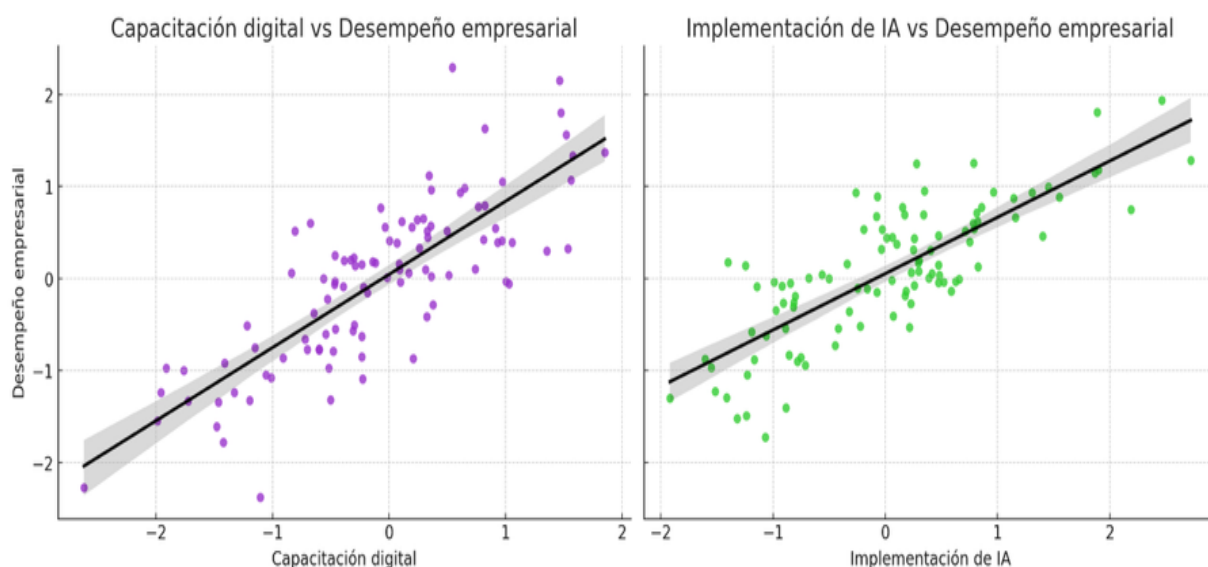
En conjunto, los hallazgos respaldan la idea de que invertir en capacitación y en IA no solo mejora la competitividad y sostenibilidad de las microempresas, sino que constituye un catalizador de transformación digital en territorios donde históricamente ha existido rezago en la adopción tecnológica.

Correlaciones

Las correlaciones confirmaron asociaciones positivas entre la capacitación digital y el desempeño ($r = 0.68$, $p < 0.001$), y entre la implementación de IA y el desempeño ($r = 0.62$, $p < 0.001$). La fuerza mayor de la capacitación respalda lo señalado por Valle et al. (2025), quienes sostienen que la formación fortalece la disposición al cambio tecnológico en microempresas. En este sentido, la capacitación se configura como catalizador de la adopción de IA y del fortalecimiento organizacional.

La figura 1, muestra dos diagramas de dispersión con líneas de tendencia lineal que ilustran la relación entre las variables independientes y el desempeño empresarial. A la izquierda, se observa una correlación positiva fuerte entre la capacitación digital y el desempeño empresarial ($r = 0.68$). A la derecha, se representa la correlación entre la implementación de inteligencia artificial y el desempeño empresarial ($r = 0.62$), también positiva y significativa. Ambas gráficas evidencian que mayores niveles de capacitación tecnológica y adopción de IA están asociados con un mejor desempeño en las microempresas de Jerez, Zacatecas.

Figura 1. Correlaciones visualizadas entre variables clave del estudio



Fuente: Elaboración propia.

Nota: El diagrama representa las relaciones causales identificadas entre las variables analizadas y los bucles de retroalimentación asociados a la transformación digital en el contexto estudiado.

El análisis de correlaciones mostró relaciones positivas y significativas entre las variables clave del estudio. En particular, la capacitación digital presentó una fuerte correlación con el desempeño empresarial, mientras que la implementación de inteligencia artificial también evidenció una asociación significativa, aunque ligeramente menor. Estos resultados reflejan que las microempresas que invierten en capacitación tecnológica y adoptan herramientas de IA tienden a obtener mejores resultados en términos de ingresos, eficiencia operativa y satisfacción del cliente. Las correlaciones observadas respaldan la importancia de estas variables en el modelo propuesto y confirman su papel central en el fortalecimiento del desempeño empresarial.

Mapeo Sistémico

El análisis sistémico evidenció bucles de retroalimentación positiva (capacitación, adopción de IA, desempeño empresarial, reinversión en capacitación), así como ciclos negativos asociados a la falta de recursos. Este resultado aporta al debate sobre la transformación digital en microempresas rurales, mostrando que los factores estructurales (financiamiento, cultura organizacional) son determinantes junto con la tecnología.

Elementos del Mapeo Sistémico

Actores clave: Microempresas (administradores y empleados), Clientes, Proveedores, Instituciones educativas y gubernamentales, Comunidad local.

Variables principales: Capacitación digital, Implementación de IA, Desempeño empresarial, Recursos financieros, Satisfacción del cliente.

Relaciones entre las variables: La capacitación digital mejora la implementación de IA, La implementación de IA optimiza la eficiencia operativa y la experiencia del cliente, El desempeño empresarial depende de la adopción tecnológica, pero también está influido por los recursos financieros y la percepción de la comunidad.

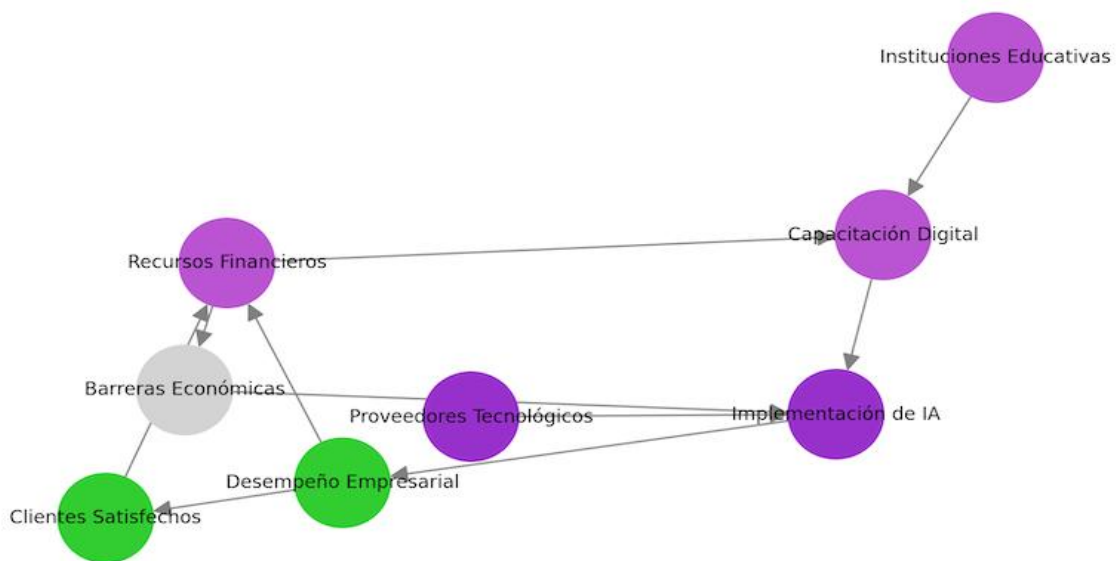
Retroalimentación positiva: Capacitación digital → Implementación de IA → Desempeño empresarial → Mayor inversión en capacitación.

Una mayor capacitación tecnológica facilita la adopción de herramientas de IA, lo que mejora el desempeño empresarial. Este mejor desempeño genera más ingresos, lo que permite a las empresas invertir nuevamente en capacitación tecnológica.

Retroalimentación negativa: Barreras económicas → Limitada implementación de IA → Reducción del desempeño empresarial.

La falta de recursos financieros limita la capacidad de adoptar herramientas de IA, afectando negativamente el desempeño empresarial, lo que a su vez reduce la posibilidad de invertir en tecnología. A través de la Figura 2, se representa el mapeo sistémico de las microempresas en Jerez, Zacatecas, identificando los principales actores y variables que influyen en la relación entre la capacitación digital, la implementación de inteligencia artificial (IA) y el desempeño empresarial.

Figura 2. Mapeo Sistémico: Microempresas, Capacitación Digital e Inteligencia Artificial



Fuente: Elaboración propia.

Nota: El modelo integra las relaciones entre capacitación digital, adopción de inteligencia artificial y desempeño empresarial desde un enfoque sistémico.

Relaciones clave:

- Clientes satisfechos → Aumento de ingresos → Mejor desempeño empresarial.
- Instituciones educativas → Capacitación digital → Mejora en la adopción tecnológica.
- Proveedores tecnológicos → Herramientas de IA → Optimización de procesos operativos.

El mapeo sistémico evidencia las interacciones dinámicas y complejas entre la capacitación digital, la implementación de inteligencia artificial y el desempeño empresarial en las microempresas de Jerez, Zacatecas. A través de bucles de retroalimentación positiva, se destaca cómo la capacitación tecnológica impulsa la adopción de herramientas de IA, optimizando procesos y mejorando el desempeño empresarial, lo que a su vez genera ingresos que pueden reinvertirse en nuevas tecnologías y formación. Sin embargo, también se identificaron retroalimentaciones negativas, principalmente relacionadas con barreras económicas, que limitan la implementación tecnológica y afectan la sostenibilidad del sistema. Este análisis resalta la importancia de intervenciones estratégicas que rompan los ciclos negativos y refuercen los positivos, fortaleciendo la capacidad adaptativa de las microempresas en un entorno cada vez más digitalizado.

Este estudio se estructuró de manera que permitiera analizar integralmente el impacto de la capacitación digital y la implementación de inteligencia artificial (IA) en el desempeño empresarial de microempresas de Jerez, Zacatecas. Se partió de una introducción que contextualizó la problemática desde un enfoque sistémico, seguida de una revisión de antecedentes que fundamentó el planteamiento del problema. Posteriormente, se presentó la metodología de carácter mixto y, con base en ella, se expusieron los resultados estadísticos y el mapeo sistémico. Finalmente, se desarrolló una discusión crítica que integró los hallazgos con la literatura especializada.

Entre las principales contribuciones del trabajo se encuentra la integración de métodos estadísticos con enfoques de ciencia de sistemas para comprender fenómenos complejos en entornos empresariales rurales. El estudio aporta un modelo conceptual que visibiliza los bucles de retroalimentación entre capacitación tecnológica, adopción de IA y desempeño empresarial, mostrando relaciones causales significativas. Asimismo, ofrece evidencia empírica robusta del efecto positivo de la capacitación digital y la implementación de IA en la competitividad, lo cual contribuye al campo disciplinar al fundamentar decisiones de política pública y estrategias de fortalecimiento institucional en microempresas.

No obstante, la investigación presenta limitaciones. La muestra se circunscribió en un solo municipio, lo que restringe la generalización de los resultados. Además, el componente cualitativo pudo haberse enriquecido con técnicas etnográficas y la medición de la adopción de IA mediante autorreporte implica posibles sesgos en la percepción.

A partir de lo anterior, se plantean futuras líneas de investigación: replicar el modelo en otros contextos rurales para validar su aplicabilidad, explorar la resiliencia organizacional frente a la transformación digital mediante variables como liderazgo, cultura organizacional y capital social, y realizar estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución de la adopción tecnológica y su impacto sostenido en el desempeño empresarial.

DISCUSIÓN

La literatura reciente enfatiza que la capacitación tecnológica constituye un prerrequisito indispensable para que las micro y pequeñas empresas logren adoptar herramientas digitales e inteligencia artificial con efectos tangibles en su desempeño (Cruz et al., 2023; Afuah, 2018). En concordancia, los resultados del presente estudio en Jerez muestran que la capacitación digital ($\beta = 0.45$, $p < 0.001$) representa la variable de mayor peso en la mejora del desempeño empresarial, incluso por encima de la implementación directa de IA ($\beta = 0.37$, $p < 0.001$). Esta evidencia reafirma lo reportado por Murillo et al. (2024) en contextos urbanos, pero lo traslada a un escenario rural donde la brecha digital es más profunda y la literatura empírica ha sido escasa.

El estudio avanza respecto de los análisis previos al integrar un enfoque sistémico que permite observar bucles de retroalimentación positiva y negativa. Investigaciones como las de Ruiz et al. (2024) y Remedi-Rumi y Arzuaga-Williams (2024) habían señalado que la resiliencia organizacional depende de interacciones dinámicas entre actores locales. No obstante, los resultados obtenidos muestran de manera concreta que la capacitación no solo habilita la adopción tecnológica, sino que genera un ciclo virtuoso: mayor formación \rightarrow mejor implementación de IA \rightarrow incremento en el desempeño \rightarrow reinversión en capacitación. Este hallazgo aporta evidencia empírica y cuantitativa a lo que previamente se había teorizado desde la perspectiva de la complejidad.

En contraste, estudios como los de Valle et al. (2025) y Moscoso-Zamora et al. (2024) han destacado que la IA mejora la toma de decisiones estratégicas y la eficiencia operativa, pero se han centrado en entornos con mayor accesibilidad tecnológica. El presente trabajo revela que, en Jerez, el efecto de la IA resulta significativo, aunque limitado por barreras económicas y culturales, lo que coincide con lo advertido por Cordovilla et al. (2024) y Keller et al. (2022). De este modo, la contribución distintiva de esta investigación no reside únicamente en validar el potencial de la IA, sino en evidenciar que su efectividad está

condicionada a dinámicas estructurales locales, como el financiamiento, la percepción comunitaria y el capital humano disponible.

La principal novedad de este estudio radica en visibilizar un contexto rural mexicano, históricamente marginado en las investigaciones sobre transformación digital. Mientras que la mayoría de los trabajos empíricos provienen de escenarios urbanos o industrializados (Afuah, 2018; Murillo et al., 2024), aquí se demuestra que incluso en regiones con rezago tecnológico existen condiciones para generar sistemas adaptativos y resilientes cuando la capacitación digital se constituye como punto de partida. Esta aportación resulta especialmente relevante para la formulación de políticas públicas, ya que sugiere que programas focalizados en alfabetización y entrenamiento tecnológico pueden detonar procesos de innovación y sostenibilidad empresarial en territorios periféricos.

En suma, el estudio confirma hallazgos previos en torno al rol de la capacitación y la IA en el desempeño empresarial, pero aporta tres avances críticos: (1) provee evidencia empírica desde un contexto rural poco explorado; (2) integra un enfoque sistémico que identifica ciclos de retroalimentación que potencian o bloquean la transformación digital; y (3) plantea un modelo conceptual que articula la dimensión tecnológica con factores culturales y estructurales. Estos elementos diferencian este trabajo de los antecedentes y lo posicionan como una contribución significativa al campo de la investigación sobre microempresas y digitalización

CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente investigación confirman que la capacitación digital y la implementación de inteligencia artificial influyen de manera positiva y estadísticamente significativa en el desempeño empresarial de las microempresas rurales analizadas. En particular, la capacitación digital se posiciona como el factor de mayor incidencia, al actuar como condición habilitadora para la adopción efectiva de tecnologías emergentes y la generación de mejoras en la eficiencia operativa, los ingresos y la satisfacción del cliente.

Desde un enfoque sistémico, el estudio evidencia que el desempeño empresarial no puede entenderse de manera aislada, sino como resultado de interacciones dinámicas entre variables tecnológicas, económicas y socioculturales. Los bucles de retroalimentación identificados permiten comprender cómo la capacitación y la adopción de inteligencia artificial pueden generar procesos de mejora continua, así como también cómo las restricciones estructurales

pueden limitar dichos avances. Este hallazgo aporta una visión integral que amplía los enfoques tradicionales centrados únicamente en la incorporación tecnológica.

En términos teóricos, la investigación contribuye a la literatura al integrar el análisis estadístico con la perspectiva de la complejidad, ofreciendo un modelo conceptual que explica las relaciones causales y emergentes en contextos rurales poco explorados. En el plano práctico, los resultados sugieren que las estrategias orientadas a fortalecer las capacidades digitales deben priorizarse como eje central de políticas públicas y programas de desarrollo empresarial, especialmente en territorios con rezago tecnológico.

No obstante, el estudio presenta limitaciones asociadas a su diseño transversal y a la delimitación geográfica de la muestra, lo cual restringe la generalización de los resultados. En este sentido, se recomienda el desarrollo de investigaciones longitudinales y comparativas que permitan evaluar la evolución de estas dinámicas en el tiempo y en diferentes contextos, así como la incorporación de variables adicionales relacionadas con la cultura organizacional, el liderazgo y el acceso a financiamiento.

REFERENCIAS

- Afuah (2018), *Business model innovation: concepts, analysis and cases*, Nueva York, Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203584583>
- Agudelo Casanova, H. G., García Dávalos, A., Caicedo Asprilla, H., Riascos Erazo, S. C., Santa Florez, R., Salazar, L. A., & Walles Peñaloza, D. (2022). Dinámica de actores del ecosistema de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación del Valle del Cauca. Programa Editorial Universidad del Valle. <https://doi.org/10.25100/peu.688>
- Armenta Roque, K. E., Aguirre y Hernández, F., Romero Flores, E. A., Castillo Intriago, V. R., & Romero Montoya, M. (2024). Aplicación de Inteligencia Artificial y Marketing Digital para Mejorar la Gestión Comercial en Microempresas Poblanas Dedicadas a la Elaboración de Alimentos y Bebidas. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(3), 265–280. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i3.397>
- Arza, V., & López, E. (2021). Obstáculos y capacidades para la innovación desde una perspectiva regional: el caso de la Patagonia argentina. *Investigaciones regionales*, 49, 131–156. <https://doi.org/10.38191/iirr-jorr.21.004>
- Barragán-Giraldo, D. F., Quiroga-Sichacá, L. E., & Acosta-Valdeleón, W. (2022). Resistencia a la precariedad tecnológica en escuelas rurales colombianas durante el

- cierre por la Covid-19. Foro de educación, 20(2), 133–158.
<https://doi.org/10.14516/fde.1007>
- Bernal Alcántara, S., Canales García, R. A., & Montiel Méndez, O. J. (2024). Capacidades dinámicas interactivas e innovación abierta: hacia la conformación de un marco teórico conceptual. Publicaciones e investigación, 18(1).
<https://doi.org/10.22490/25394088.7563>
- Bernardo, V., Hernández Adell, I., & Serrano Robles, E. (2023). El reto de mantener los principios de la economía social a largo plazo: el caso de TUSGSAL. REVESCO Revista de Estudios Cooperativos, 143, e69184. <https://doi.org/10.5209/reve.69184>
- Cano M., J. J. (2021). Resiliencia digital: más allá de la continuidad del negocio. Revista sistemas, 159, 4–7. <https://doi.org/10.29236/sistemas.n159a1>
- Cárdenas-Rodríguez, J. S., & Suárez-Monzón, N. (2024). La inteligencia artificial en el desarrollo de las competencias digitales de los educadores: Una revisión sistemática. Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa, 3(2), 62–70.
<https://doi.org/10.62697/rmiie.v3i2.85>
- Castro-Góngora, E. A., & Mul-Encalada, J. (2020). Medioambiente o Supervivencia: Los Desafíos y Oportunidades de las Microempresas en la Economía Circular. Economía y Negocios, 11(2), 117–129. <https://doi.org/10.29019/eyn.v11i2.828>
- Cordovilla Cordovilla, J., Delgado Riofrio, Z. N., Murillo Valverde, R., Viviana, L., Sinchiguano Lucas, K. G., & Soto Montoya, C. L. (2024). Optimización del Posicionamiento de las Microempresas en la Parroquia Ximena, Guayaquil 2024, Mediante el Uso Estratégico de Inteligencia Artificial. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 10315–10332.
https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i4.13171
- Coronel-Vargas, C., & Peña-Portugal, M. (2022). La alfabetización tecnológica: de la informática al desarrollo de competencias digitales. REVISTA REVICC, 2(3), 37–43.
<https://doi.org/10.59764/revicc.v2i3.26>
- Cruz Suárez, S. D., Quiroz Ramirez, I., Velazquez Vargas, J. R., Galindo González, O., Amador Mendoza, E., & Tolentino Castillo, G. (2023). Perspectivas de la importancia e impacto de la capacitación en herramientas digitales de las Mipymes en Xicotepec. Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios), 10(1).
<https://doi.org/10.22579/23463910.943>

- Cruz, H. I. G. (2024). Impacto de las herramientas digitales y la capacitación en los docentes de la Universidad Tamaulipeca durante 2020-2021. *Brazilian Journal of Development*, 10(2), e67395. <https://doi.org/10.34117/bjdv10n2-045>
- Flórez Villota, M. L., & Enríquez Flórez, L. V. (2024). La transformación digital como una oportunidad para la competitividad empresarial y su crecimiento sostenible. El caso de las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) en Pasto - Nariño – Colombia. *Conocimiento global*, 9(2), 396–421. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9i2.432>
- García Aguilera, F. J., Leiva Olivencia, J. J., Espíndola Fontoura Junior, E., & Piccoli Fontoura, F. A. (2021). Inclusión social de mujeres rurales a través de programas de alfabetización digital para el empleo. *Revista complutense de educación*, 32(1), 15–25. <https://doi.org/10.5209/rced.67590>
- Gobierno del Estado de Zacatecas. (2022). Información estadística básica. Municipio 020: Jerez. Coordinación Estatal de Planeación. Recuperado de <https://coepla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2022/03/Jerez.pdf>
- González Gutiérrez, F. L., & González Gutiérrez, S. G. (2024). Importancia de la Inteligencia Artificial en la Formación de Docentes en Escuelas Normalistas en México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 8610–8623. https://doi.org/10.37811/cl_rem.v7i6.9488
- Guamán Guajala, W. H., Celi Párraga, R. J., Ramírez Carrillo, V. O., & Boné Andrade, M. F. (2023). El uso de herramientas tecnológicas en las capacitaciones en TIC's y su impacto en el aprendizaje y la adquisición de habilidades. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(E1), 234–253. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/ne1/95>
- Hidalgo-Flor, R. (2022). Caos y orden, complemento o dilema en las empresas, un análisis desde la complejidad. *Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración*. <https://doi.org/10.32719/25506641.2022.11.3>
- Karolys Cobo, J. A., Karolys Cobo, D., Vasco Amores, G. A., & Pazuña Naranjo, W. P. (2024). La Influencia de la Tecnología en la Administración de Empresas Modernas: The Influence of Technology on Modern Business Administration. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 5(1). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i1.239>
- Keller Santander, K., Landini, F., Rojas-Andrade, R. M., & Prosser Bravo, G. (2022). Facilitadores y obstaculizadores de la implementación de un programa de extensión rural chileno: Estudio cualitativo de la adherencia y las competencias del

- extensionista rural. Cuadernos de desarrollo rural, 18.
<https://doi.org/10.11144/javeriana.cdr18.foip>
- Marques Berrutti, M., Pizzolon, A., & Álvarez, J. (2023). UN ENFOQUE DE SISTEMAS SUAVES PARA LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA EN URUGUAY. *Geographia Opportuno Tempore*, 9(2), e48719.
<https://doi.org/10.5433/got.2023.v9.48719>
- Mérida, N. E. (2023). Complejidad y sistemas complejos. *Revista Vida, una mirada compleja*, 5(1), 61–66. <https://doi.org/10.36314/revistavida.v5i1.29>
- Moscoso -Zamora, V. H., Ordoñez-Peña, A. F., Zambrano-Alcivar, R. E., & Zambrano-Alcivar, R. D. (2024). Beneficios de la Implementación de Investigación con Inteligencia Artificial como Herramienta para el Desarrollo Empresarial. *MQRInvestigar*, 8(4), 3974–3985. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.4.2024.3974-3985>
- Murillo Valverde, R. I., Sarmiento Oyola, D. H., Mendoza Santillán, A. B., Vergara Velasquez, H. Y., & Bustamante León, A. N. (2024). Análisis del Uso de la Inteligencia Artificial en las Microempresas del Cantón Guayaquil 2024. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 3887–3902.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12612
- Ormaza Esmeraldas, E. del C., Villaprado Lucas, J. M., & Acuña Mera, G. J. (2024). Las nuevas tecnologías para el crecimiento de las microempresas en Leonidas Plaza. *ULEAM Bahía Magazine (UBM)*, 5(9), 140–145.
<https://doi.org/10.56124/ubm.v5i9.017>
- Ramírez Ramírez, M., Manrique Rojas, E., & Plascencia López, I. (2021). La Educación desde una perspectiva de la complejidad. *Revista Ciencias de la Complejidad*, 2(Edición Especial), 45–50. <https://doi.org/10.48168/ccee012021-005>
- Ramos Godinez, C., Cruz Álvarez, J. G., & Hernández Ponce, O. E. (2022). Determinantes del desarrollo de las MiPyMEs en localidades rurales del sur de Sonora, México. *Vinculatégica*, 8(1), 72–85. <https://doi.org/10.29105/vtga8.1-269>
- Rangel Saltos, J. E., Triviño Bloisse, S. Y., Lavayen Yavar, H., & Villamar Piguave, W. G. (2024). Inteligencia Artificial. La nueva transformación de la administración empresarial. *RECIAMUC*, 8(1), 759–767.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(1\).ene.2024.759-767](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.759-767)

- Remedi-Rumi, N., & Arzuaga-Williams, M. (2024). Capacidades dinámicas, adopción tecnológica y desempeño en PYMES industriales de Uruguay. *Revista venezolana de gerencia*, 29(106), 593–608. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.106.9>
- Riveros Sáchica, L. A., Cita Velandia, A. Y., Rincón Mora, L. M., & Alonso Gómez, H. A. (2023). Elementos para dinamizar ecosistemas de emprendimiento en el sector del turismo en Chía. *Pensamiento udecino*, 6(2). <https://doi.org/10.36436/23824905.509>
- Ronquillo Bolaños, C. L., Ballesteros López, L. G., Vera Loo, R. Y., & Román Ordoñez, F. G. (2024). Teoría General de Sistemas, supuestos subyacentes y no subyacentes para el crecimiento económico empresarial. *ULEAM Bahía Magazine (UBM)*, 5(9), 70–78. <https://doi.org/10.56124/ubm.v5i9.010>
- Rosillo Toro, W., Vivanco Hidalgo, I., Villavicencio Morejón, B., & Sisalema Morejón, L. (2023). USO DE INSTRUMENTOS TECNOLÓGICOS EN LAS MICROEMPRESAS DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS: Códigos JEL: D24. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 5(5), 53–77. <https://doi.org/10.53591/fce.v5i5.2173>
- Ruiz Castañeda, W. L., Villalba Morales, M. L., Villa Enciso, E. M., Velásquez, J. R., Castro Restrepo, D., Martínez Izquierdo, J. J., Sánchez Gamba, M. V., Montoya García, C., & Horneches Tapia, K. (2024). Sistemas de innovación inclusivos: una aproximación a su comprensión a través de la modelación basada en agentes y casos de estudio. *Universidad Católica de Oriente - UCO*. <https://doi.org/10.47286/9786287521810>
- Sandoval-Díaz, J., Navarrete Muñoz, M., & Cuadra Martínez, D. (2023). Revisión sistemática sobre la capacidad de adaptación y resiliencia comunitaria ante desastres siconaturales en América Latina y el Caribe. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 187. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.132>
- Santos Huerta, M. A., & Guzmán Anaya, L. (2017). Las microempresas y la reducción de la pobreza en Jalisco, México. *Revistas Cuadernos de Trabajo de Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo*, 7(2017), 1–12. <https://doi.org/10.20983/epd.2017.42.1>
- Sosa Compeán, L. B. (2024). Complejidad y pensamiento sistémico en el diseño: alfabetización ecológica para soluciones sostenibles. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 222. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi222.11208>

- Uribe, L. (2024). Integración de Inteligencia Artificial en la gestión de tecnologías de la información: un enfoque aplicado en el desarrollo empresarial. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, 1–10. <https://doi.org/10.26507/paper.3761>
- Valle Fiallos, B. G., Jaya Fajardo, J. C., Montes De Oca Sánchez, J. E., & Yancha Villacís, M. M. (2025). Enfoques estratégicos para la implementación de inteligencia artificial en PYMES de la ciudad de Coca, Provincia de Orellana. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i2.4550>
- Vargas Jiménez, M., Domínguez Castillo, J. G., & Flores Novelo, A. (2023). Brechas digitales en el fomento de la cultura alimentaria en zonas rurales de Yucatán. Telos, 25(2), 248–265. <https://doi.org/10.36390/telos252.03>
- Wren, D. A. (1987). Management history: Issues and ideas for teaching and research. Journal of Management, 13(2), 339-350. <https://doi.org/10.1177/014920638701300209>
- Zanello, L., & Padilla, H. (2022). Relación entre penetración financiera y crecimiento económico. El caso colombiano en el periodo 2001-2010. Revista de Economía del Caribe, 11, 35–61. <https://doi.org/10.14482/ecoca.11.174.296>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



doi: <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i2.204>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

Villegas Berumen, H. G. ., Torres Arenas, O. ., & Ayala Santana, J. . (2026). Dinámicas Sistémicas de Complejidad, Inteligencia Artificial y Capacitación Digital en el Desempeño Empresarial de Microempresas Rurales. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(2), 117-138. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i2.204>