

Transformación digital y tecnologías inteligentes emergentes en las empresas de base tecnológica de Sinaloa

Salvador Abraham Romero-Rubio
Universidad Autónoma de Sinaloa
Profesor Investigador

Salvador.fca@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8912-0556>

Jessica Yanet Soto-Beltrán
Universidad Autónoma de Sinaloa
Profesora Investigadora

jesysoto@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4098-6153>

José Ramón López-Arellano
Universidad Autónoma de Sinaloa
Profesor Investigador

ramonlo@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2126-6767>

Damaris Elizabeth Zazueta-López
Profesora Investigadora

damariszazueta@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1885-754X>

La acelerada transformación digital en América Latina ha dado lugar a profundos cambios en la estructura productiva, en la organización del trabajo y en los modelos de gestión empresarial. Dentro de este proceso, la integración de tecnologías emergentes, como inteligencia artificial (IA), *big data*, automatización, servicios *cloud*, internet de las cosas y análisis avanzado de datos, se ha convertido en un factor decisivo para impulsar la competitividad en sectores basados en conocimiento. Sin embargo, la literatura académica suele concentrarse en países o regiones con ecosistemas tecnológicos consolidados, dejando relativamente inexplorados los contextos intermedios donde la digitalización avanza a ritmos heterogéneos. Tal es el caso de Sinaloa, un estado mexicano tradicionalmente orientado a actividades agrícolas e industriales, pero que en la última década ha desarrollado un núcleo creciente de empresas de base tecnológica (EBT).

Estas empresas representan un escenario idóneo para analizar cómo se despliega la transformación digital en entornos regionales en transición. El objetivo de este estudio es examinar el nivel de madurez digital alcanzado por las EBT de Sinaloa y su relación con los cambios organizacionales, la demanda de habilidades

especializadas y las estrategias tecnológicas que están implementando. Aunque la inteligencia artificial no constituye el foco central del estudio, sí aparece como un componente relevante dentro del conjunto de tecnologías que impulsan la digitalización, especialmente en actividades como automatización de procesos, análisis de datos, modelación predictiva y soporte a la toma de decisiones.

Este enfoque permite comprender la transformación digital no como un fenómeno exclusivamente técnico, sino como un proceso sistémico que reconfigura modelos de negocio, estructuras laborales y capacidades productivas. En economías regionales emergentes como Sinaloa, la adopción de tecnologías digitales avanzadas depende tanto de la disponibilidad de talento como de la infraestructura, la cultura organizacional y la articulación entre empresas, universidades y gobierno. Este estudio se vincula así con los debates contemporáneos sobre gobernanza de la ciencia, tecnología e innovación.

Metodológicamente, la investigación adopta un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal. Se aplicó un cuestionario a 41 gerentes de EBT que utilizan tecnologías asociadas a la Industria 4.0, incluyendo IA en algunos casos, además de tecnologías como ciberseguridad, *big data*, sensores, plataformas digitales, manufactura inteligente y servicios *cloud*. El instrumento recolectó datos entre noviembre de 2022 y marzo de 2023, midiendo cuatro dimensiones: (1) nivel de transformación digital, (2) adopción de tecnologías emergentes, (3) habilidades digitales requeridas y (4) efectos organizacionales y laborales. Posteriormente, los datos se analizaron mediante el software SPSS.

Los resultados contradijeron la hipótesis inicial que sugería que las EBT de Sinaloa se ubicarían en un nivel de madurez digital incipiente. Por el contrario, una proporción significativa de empresas se clasificó como avanzadas digitales o líderes digitales, lo que indica una apropiación tecnológica más robusta de lo esperado para un contexto regional fuera de los principales polos tecnológicos del país. Aunque no todas las empresas utilizan inteligencia artificial de manera sistemática, sí se observó que su presencia incrementa la sofisticación digital en actividades relacionadas con el análisis de datos, la optimización de servicios y la mejora de procesos.

Una de las contribuciones más importantes del estudio es la evidencia empírica sobre la relación entre habilidades digitales y niveles de remuneración. Los datos muestran diferencias salariales significativas entre trabajadores con habilidades avanzadas, incluyendo conocimientos en programación, analítica, automatización y, en menor medida, aplicaciones de IA, y aquellos con competencias más básicas. Este hallazgo sugiere que los mercados laborales regionales están empezando a valorar con mayor peso las habilidades asociadas a tecnologías inteligentes, incluso cuando su adopción no es predominante en todos los sectores.

Los resultados también revelan cambios en la organización interna de las empresas, como la transición hacia esquemas flexibles de trabajo, la incorporación de teletrabajo y la digitalización de servicios y modelos de consumo. Estos cambios se asocian de manera directa con el avance en la transformación digital y, de forma más específica, con la capacidad de integrar tecnologías que generan información accionable para la toma de decisiones. En este sentido, la IA aparece como un elemento complementario que fortalece el ecosistema digital empresarial, más que como el motor principal del proceso.

Las barreras para la digitalización siguen siendo significativas. Entre las más citadas por los gerentes destacan la falta de presupuesto y capital humano especializado, la insuficiencia de infraestructura, la resistencia interna al cambio y las dificultades para integrar tecnologías avanzadas en modelos de negocio tradicionales. Aunque estas limitaciones afectan a empresas con diferente nivel de madurez digital, su impacto es mayor en aquellas que todavía no logran consolidar capacidades organizacionales y tecnológicas sólidas.

Desde una perspectiva de gobernanza tecnológica, los hallazgos del estudio subrayan la importancia de fortalecer la coordinación interinstitucional para reducir brechas digitales territoriales. La articulación entre academia, iniciativa privada y gobierno se vuelve fundamental para formar talento digital, promover investigación aplicada, impulsar inversiones tecnológicas y facilitar la incorporación progresiva de tecnologías como IA, big data y automatización. Esto es particularmente relevante para regiones como Sinaloa, donde las capacidades tecnológicas están en crecimiento pero aún requieren estructuras de soporte más robustas.

En conclusión, la transformación digital de las empresas de base tecnológica en Sinaloa muestra un panorama más dinámico y avanzado de lo previsto. Aunque la inteligencia artificial no es el eje central de la digitalización empresarial, sí funciona como un componente estratégico que potencia el desarrollo de capacidades digitales más sofisticadas y contribuye a redefinir la estructura laboral regional. Los resultados aportan evidencia empírica valiosa para diseñar políticas orientadas a fortalecer el ecosistema local de innovación, impulsar la competitividad y promover un desarrollo tecnológico inclusivo en América Latina.

Palabras clave: Inteligencia artificial, habilidades digitales, industria 4.0, gobernanza tecnológica

AMITI. (2018). *La Innovación Digital, el paradigma disruptivo del siglo XXI: el camino para la creación de una empresa global*. Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información. Consultado el 08 de enero de 2021. <https://amiti.org.mx/la-innovacion-digital-el-paradigma-disruptivo-del-siglo-xxi-el-camino-para-la-creacion-de-una-empresa-global/>

- Braña Pino, F. J. (2020). Cuarta revolución industrial, automatización y digitalización: una visión desde la periferia de la Unión Europea en tiempos de pandemia. *Working Papers del Instituto Complutense de Estudios Internacionales* 2004: Nueva época, (4), 1. <https://www.ucm.es/icei/file/wp0420>
- Katz, R., Jung, J. y Callorda, F. (2020). *El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19*. Observatorio CAF del Ecosistema Digital. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540>
- Pérez, C. (2010). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecno-económicos. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202. http://www.economia.unam.mx/academia/inae/images/ProgramasyLecturas/lecturas/inae_ii/Revolucionestecnologicasparadigmastecnoeconomicos.pdf
- Primi, A. y Toselli, M. (2020). A global perspective on industry 4.0 and development: New gaps or opportunities to leapfrog? *Journal of Economic Policy Reform*, 23(4), 371-389. <https://doi.org/10.1080/17487870.2020.1727322>

Digital Transformation and Emerging Intelligent Technologies in Technology-Based Firms in Sinaloa

Salvador Abraham Romero-Rubio
Universidad Autónoma de Sinaloa
Research Professor

Salvador.fca@uas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8912-0556>

Jessica Yanet Soto-Beltrán
Universidad Autónoma de Sinaloa
Research Professor

jesysoto@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4098-6153>

José Ramón López-Arellano
Universidad Autónoma de Sinaloa
Research Professor

ramonlo@uas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2126-6767>

Damaris Elizabeth Zazueta-López
Research Professor

damariszazueta@uas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-1885-754X>

The accelerated digital transformation occurring across Latin America has led to profound changes in productive structures, work organization, and business management models. Within this process, the integration of emerging technologies, such as artificial intelligence (AI), big data, automation, cloud services, the Internet of Things, and advanced data analytics, has become a decisive factor for strengthening competitiveness in knowledge-based sectors. However, academic literature tends to focus on countries or regions with consolidated technological ecosystems, leaving relatively unexplored those intermediate contexts where digitalization advances at heterogeneous paces. Such is the case of Sinaloa, a Mexican state traditionally oriented toward agricultural and industrial activities but which, over the last decade, has developed a growing nucleus of technology-based firms (TBFs).

These firms provide an ideal setting for analyzing how digital transformation unfolds in regional environments undergoing transition. The objective of this study is to examine the level of digital maturity achieved by TBFs in Sinaloa and its relationship with organizational changes, the demand for specialized skills, and the technological

strategies they are implementing. Although artificial intelligence is not the central focus of the study, it does emerge as a relevant component within the broader set of technologies driving digitalization, particularly in activities such as process automation, data analysis, predictive modeling, and decision-support systems.

This approach makes it possible to understand digital transformation not as an exclusively technical phenomenon, but as a systemic process that reshapes business models, labor structures, and productive capacities. In emerging regional economies such as Sinaloa, the adoption of advanced digital technologies depends on the availability of talent, infrastructure, organizational culture, and the coordination among firms, universities, and government institutions. This study therefore aligns with contemporary debates on the governance of science, technology, and innovation.

Methodologically, the research adopts a quantitative, non-experimental, and cross-sectional approach. A questionnaire was administered to 41 managers of TBFs that use Industry 4.0 technologies, including AI in some cases, as well as cybersecurity tools, big data systems, sensors, digital platforms, smart manufacturing, and cloud services. The instrument collected data between November 2022 and March 2023, measuring four dimensions: (1) level of digital transformation, (2) adoption of emerging technologies, (3) required digital skills, and (4) organizational and labor effects. The data were then analyzed using SPSS software.

The results contradicted the initial hypothesis that suggested that TBFs in Sinaloa would be at an incipient level of digital maturity. On the contrary, a significant proportion of firms were classified as digitally advanced or digital leaders, indicating a more robust technological appropriation than expected for a regional context outside the country's main technological hubs. Although not all firms systematically use artificial intelligence, its presence was found to increase digital sophistication in activities related to data analysis, service optimization, and process improvement.

One of the most important contributions of the study is the empirical evidence on the relationship between digital skills and remuneration levels. The data show significant salary differences between workers with advanced skills, such as programming, analytics, automation, and, to a lesser extent, AI applications, and those with more basic competencies. This finding suggests that regional labor markets are beginning to place greater value on skills associated with intelligent technologies, even when their adoption is not yet predominant across all sectors.

The results also reveal changes in the internal organization of companies, such as the transition toward flexible work arrangements, the incorporation of teleworking, and the digitalization of services and consumption models. These changes are directly linked to progress in digital transformation and, more specifically, to the

capacity to integrate technologies that generate actionable information for decision-making. In this sense, AI appears as a complementary element that strengthens the digital business ecosystem rather than the main driver of the process.

Barriers to digitalization remain significant. Among those most frequently cited by managers are limited budgets and specialized human capital, insufficient infrastructure, internal resistance to change, and difficulties integrating advanced technologies into traditional business models. Although these limitations affect firms at different levels of digital maturity, their impact is greater on those that have not yet consolidated strong organizational and technological capabilities.

From a technological governance perspective, the study's findings highlight the importance of strengthening interinstitutional coordination to reduce territorial digital gaps. Collaboration among academia, private industry, and government is essential for developing digital talent, promoting applied research, encouraging technological investment, and facilitating the progressive incorporation of technologies such as AI, big data, and automation. This is particularly relevant for regions like Sinaloa, where technological capacities are growing but still require more robust support structures.

In conclusion, the digital transformation of technology-based firms in Sinaloa reveals a more dynamic and advanced landscape than initially anticipated. Although artificial intelligence is not the core axis of business digitalization, it functions as a strategic component that enhances the development of more sophisticated digital capabilities and contributes to redefining the regional labor structure. The results offer valuable empirical evidence for designing policies aimed at strengthening the local innovation ecosystem, boosting competitiveness, and promoting inclusive technological development in Latin America.

Keywords: Artificial intelligence, digital skills, industry 4.0, technology governance

AMITI. (2018). *La Innovación Digital, el paradigma disruptivo del siglo XXI: el camino para la creación de una empresa global*. Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información. Consultado el 08 de enero de 2021. <https://amiti.org.mx/la-innovacion-digital-el-paradigma-disruptivo-del-siglo-xxi-el-camino-para-la-creacion-de-una-empresa-global/>

Braña Pino, F. J. (2020). Cuarta revolución industrial, automatización y digitalización: una visión desde la periferia de la Unión Europea en tiempos de pandemia. *Working Papers del Instituto Complutense de Estudios Internacionales 2004: Nueva época*, (4), 1. <https://www.ucm.es/icei/file/wp0420>

Katz, R., Jung, J. y Callorda, F. (2020). *El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19*. Observatorio CAF del Ecosistema Digital. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540>

Pérez, C. (2010). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecno-económicos. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202. http://www.economia.unam.mx/academia/inae/images/ProgramasyLecturas/lecturas/inae_ii/Revolucionestecnologicasparadigmastecnoeconomicos.pdf

Primi, A. y Toselli, M. (2020). A global perspective on industry 4.0 and development: New gaps or opportunities to leapfrog? *Journal of Economic Policy Reform*, 23(4), 371-389. <https://doi.org/10.1080/17487870.2020.1727322>

Transformação digital e tecnologias inteligentes emergentes em empresas de base tecnológica em Sinaloa

Salvador Abraham Romero-Rubio
Universidad Autónoma de Sinaloa
Professor Investigador

Salvador.fca@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8912-0556>

Jessica Yanet Soto-Beltrán
Universidad Autónoma de Sinaloa
Professora Investigadora

jesysoto@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4098-6153>

José Ramón López-Arellano
Universidad Autónoma de Sinaloa
Professor Investigador

ramonlo@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2126-6767>

Damaris Elizabeth Zazueta-López
Professora Investigadora

damariszazueta@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1885-754X>

A acelerada transformação digital na América Latina tem provocado mudanças profundas na estrutura produtiva, na organização do trabalho e nos modelos de gestão empresarial. Nesse processo, a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), big data, automação, serviços em nuvem, internet das coisas e análise avançada de dados, tornou-se um fator decisivo para impulsionar a competitividade em setores baseados no conhecimento. Entretanto, a literatura acadêmica tende a concentrar-se em países ou regiões com ecossistemas tecnológicos consolidados, deixando relativamente inexplorados os contextos intermediários onde a digitalização avança em ritmos heterogêneos. Esse é o caso de Sinaloa, um estado mexicano tradicionalmente orientado para atividades agrícolas e industriais, mas que, na última década, desenvolveu um núcleo crescente de empresas de base tecnológica (EBTs).

Essas empresas representam um cenário ideal para analisar como a transformação digital se desenvolve em ambientes regionais em transição. O objetivo deste estudo é examinar o nível de maturidade digital alcançado pelas EBTs de Sinaloa e sua relação com as mudanças organizacionais, a demanda por habilidades

especializadas e as estratégias tecnológicas que estão sendo implementadas. Embora a inteligência artificial não constitua o foco central da pesquisa, ela aparece como um componente relevante dentro do conjunto de tecnologias que impulsionam a digitalização, especialmente em atividades como automação de processos, análise de dados, modelagem preditiva e suporte à tomada de decisões.

Essa abordagem permite compreender a transformação digital não como um fenômeno exclusivamente técnico, mas como um processo sistêmico que reconfigura modelos de negócios, estruturas laborais e capacidades produtivas. Em economias regionais emergentes como Sinaloa, a adoção de tecnologias digitais avançadas depende da disponibilidade de talentos, da infraestrutura, da cultura organizacional e da articulação entre empresas, universidades e governo. Assim, este estudo se vincula aos debates contemporâneos sobre governança da ciência, tecnologia e inovação.

Metodologicamente, a pesquisa adota uma abordagem quantitativa, não experimental e transversal. Foi aplicado um questionário a 41 gerentes de EBTs que utilizam tecnologias associadas à Indústria 4.0, incluindo IA em alguns casos, além de cibersegurança, big data, sensores, plataformas digitais, manufatura inteligente e serviços em nuvem. O instrumento coletou dados entre novembro de 2022 e março de 2023, medindo quatro dimensões: (1) nível de transformação digital, (2) adoção de tecnologias emergentes, (3) habilidades digitais requeridas e (4) efeitos organizacionais e laborais. Posteriormente, os dados foram analisados utilizando o software SPSS.

Os resultados contradisseram a hipótese inicial de que as EBTs de Sinaloa se encontrariam em um nível incipiente de maturidade digital. Pelo contrário, uma proporção significativa de empresas foi classificada como digitalmente avançada ou líder digital, indicando uma apropriação tecnológica mais robusta do que o esperado para um contexto regional fora dos principais polos tecnológicos do país. Embora nem todas as empresas utilizem inteligência artificial de forma sistemática, observou-se que sua presença aumenta a sofisticação digital em atividades relacionadas à análise de dados, otimização de serviços e melhoria de processos.

Uma das contribuições mais relevantes do estudo é a evidência empírica sobre a relação entre habilidades digitais e níveis de remuneração. Os dados mostram diferenças salariais significativas entre trabalhadores com habilidades avançadas, como programação, analítica, automação e, em menor medida, aplicações de IA, e aqueles com competências mais básicas. Esse achado sugere que os mercados de trabalho regionais estão começando a valorizar de forma crescente as habilidades associadas às tecnologias inteligentes, mesmo quando sua adoção ainda não é predominante em todos os setores.

Os resultados também revelam mudanças na organização interna das empresas, como a transição para esquemas de trabalho flexível, a incorporação do teletrabalho e a digitalização de serviços e modelos de consumo. Essas mudanças estão diretamente associadas ao avanço da transformação digital e, de forma mais específica, à capacidade de integrar tecnologias que geram informações acionáveis para a tomada de decisões. Nesse sentido, a IA aparece como um elemento complementar que fortalece o ecossistema digital empresarial, mais do que como o motor principal do processo.

As barreiras à digitalização continuam sendo significativas. Entre as mais frequentemente citadas pelos gerentes estão a falta de orçamento e de capital humano especializado, a insuficiência de infraestrutura, a resistência interna à mudança e as dificuldades para integrar tecnologias avançadas em modelos de negócios tradicionais. Embora essas limitações afetem empresas com diferentes níveis de maturidade digital, seu impacto é maior naquelas que ainda não consolidaram capacidades organizacionais e tecnológicas robustas.

Sob a perspectiva da governança tecnológica, os achados do estudo destacam a importância de fortalecer a coordenação interinstitucional para reduzir as desigualdades digitais territoriais. A articulação entre academia, setor privado e governo torna-se essencial para formar talentos digitais, promover pesquisa aplicada, impulsionar investimentos tecnológicos e facilitar a incorporação progressiva de tecnologias como IA, big data e automação. Isso é particularmente relevante para regiões como Sinaloa, onde as capacidades tecnológicas estão em crescimento, mas ainda exigem estruturas de suporte mais sólidas.

Em conclusão, a transformação digital das empresas de base tecnológica em Sinaloa apresenta um panorama mais dinâmico e avançado do que se previa inicialmente. Embora a inteligência artificial não seja o eixo central da digitalização empresarial, ela funciona como um componente estratégico que potencializa o desenvolvimento de capacidades digitais mais sofisticadas e contribui para redefinir a estrutura laboral regional. Os resultados oferecem evidências empíricas valiosas para o desenho de políticas orientadas a fortalecer o ecossistema local de inovação, impulsionar a competitividade e promover um desenvolvimento tecnológico inclusivo na América Latina.

Palavras dica: Inteligência artificial, competências digitais, indústria 4.0, governança tecnológica

AMITI. (2018). *La Innovación Digital, el paradigma disruptivo del siglo XXI: el camino para la creación de una empresa global*. Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información. Consultado el 08 de enero de 2021.

<https://amiti.org.mx/la-innovacion-digital-el-paradigma-disruptivo-del-siglo-xxi-el-camino-para-la-creacion-de-una-empresa-global/>

Braña Pino, F. J. (2020). Cuarta revolución industrial, automatización y digitalización: una visión desde la periferia de la Unión Europea en tiempos de pandemia. *Working Papers del Instituto Complutense de Estudios Internacionales 2004: Nueva época*, (4), 1. <https://www.ucm.es/icei/file/wp0420>

Katz, R., Jung, J. y Callorda, F. (2020). *El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19*. Observatorio CAF del Ecosistema Digital. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540>

Pérez, C. (2010). Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecno-económicos. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185-202. http://www.economia.unam.mx/academia/inae/images/ProgramasyLecturas/lecturas/inae_ii/Revolucionestecnologicasparadigmastecnoeconomicos.pdf

Primi, A. y Toselli, M. (2020). A global perspective on industry 4.0 and development: New gaps or opportunities to leapfrog? *Journal of Economic Policy Reform*, 23(4), 371-389. <https://doi.org/10.1080/17487870.2020.1727322>