

Tecnologías de la información y la comunicación como motor de la competitividad en Colombia

Wilfred Fabián Rivera Martínez;
Carolina Quiñónez Zúñiga

RESUMEN

Este capítulo analiza el papel de la adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación como motor de competitividad territorial en Colombia, con un análisis de caso en el departamento del Cauca. A partir de los datos del Índice Departamental de Competitividad (IDC) correspondientes al periodo 2019–2024, se examina la evolución del desempeño regional en los 13 pilares que componen el índice, destacando la incidencia de las TIC sobre la competitividad. El estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo explicativo, utilizando técnicas de correlación de Spearman y regresión lineal múltiple para identificar relaciones significativas entre la adopción tecnológica y otros pilares estratégicos, como innovación, educación, infraestructura y sofisticación productiva. Los resultados muestran que el pilar Adopción TIC presenta correlaciones positivas y estadísticamente significativas con varios componentes del IDC, en especial con innovación ($\rho = 0.84$), sofisticación y diversificación ($\rho = 0.81$) y educación básica y media ($\rho = 0.76$). Además, el modelo de regresión revela que Adopción TIC es uno de los predictores más relevantes del puntaje global del IDC en el Cauca ($\beta = 0.31$, $p < 0.05$), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.87$. Estos hallazgos sugieren que la transformación digital no solo mejora el acceso a servicios tecnológicos, sino que también potencia capacidades institucionales, educativas y productivas. Se concluye que fortalecer la infraestructura digital y las capacidades humanas en TIC es fundamental para cerrar brechas regionales y consolidar un modelo de desarrollo competitivo, inclusivo y sostenible. Se propone que la adopción tecnológica sea integrada como eje estructurante en los planes de desarrollo territorial, articulando inversión pública, formación especializada y apropiación comunitaria de las tecnologías.

Palabras clave: tecnologías, competitividad, desarrollo, Colombia.

Cómo citar: Rivera, W.F. y Quiñónez, C. (2025). Tecnologías de la información y la comunicación como motor de la competitividad en Colombia. En Alvarado-Peña, L., Vega, L., Ruvalcaba, M., Santos, B., Bueno, M. (Eds). (2025). Series de Investigación REOALCEI III. *Generación de conocimiento en las ciencias sociales: impacto desde los ciudadanos, las comunidades y las instituciones*. High Rate Consulting/REOALCEI. <https://doi.org/10.38202/seriesinvreolcei3-03>

Information and Communication Technologies as a Driving Force for Competitiveness in Colombia

ABSTRACT

This chapter examines the role of Information and Communication Technology (ICT) adoption as a driver of territorial competitiveness in Colombia, with a case analysis focused on the department of Cauca. Using data from the Departmental Competitiveness Index (IDC) for the 2019–2024 period, the study analyzes the evolution of regional performance across the 13 pillars that comprise the index, emphasizing the influence of ICT on competitiveness outcomes. The research follows an explanatory quantitative approach, employing Spearman correlation and multiple linear regression techniques to identify significant relationships between technological adoption and other strategic pillars such as innovation, education, infrastructure, and productive sophistication. The results indicate that the ICT Adoption pillar exhibits positive and statistically significant correlations with several IDC components, particularly innovation ($p = 0.84$), sophistication and diversification ($p = 0.81$), and basic and secondary education ($p = 0.76$). Furthermore, the regression model shows that ICT Adoption is one of the most relevant predictors of Cauca's overall IDC score ($\beta = 0.31$, $p < 0.05$), with a coefficient of determination of $R^2 = 0.87$. These findings suggest that digital transformation not only enhances access to technological services but also strengthens institutional, educational, and productive capabilities. The study concludes that reinforcing digital infrastructure and human capacities in ICT is essential for reducing regional disparities and consolidating a competitive, inclusive, and sustainable development model. It recommends integrating technological adoption as a structural axis within territorial development plans, aligning public investment, specialized training, and community-level technological appropriation.

Keywords: technology, competitiveness, development, Colombia.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las transformaciones tecnológicas han redefinido los parámetros de competitividad de países y regiones. La cuarta revolución industrial, conocida como Industria 4.0, ha emergido como un paradigma que integra tecnologías digitales avanzadas –como inteligencia artificial, big data, internet de las cosas (IoT), robótica, blockchain y computación en la nube– en los procesos productivos, logísticos y de servicios. Este fenómeno no solo genera disrupciones en las cadenas de valor tradicionales, sino que también habilita nuevas formas de interacción entre sectores productivos, instituciones y consumidores (Schwab, 2016; Liao et al., 2017). En este contexto, la adopción y expansión de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se ha consolidado como uno de los ejes fundamentales para impulsar la transformación productiva y la innovación en múltiples sectores de la economía.

Colombia no ha sido ajena a estas dinámicas. La industria nacional ha mostrado un crecimiento sostenido; según datos de la Federación de Empresas de Software de Colombia (Fedesoft, 2023), las exportaciones de software y servicios de TI superaron los USD 1.731 millones, representando alrededor del 3,7 % del PIB nacional y hasta un 5,6 % en el sector servicios. Este crecimiento refleja tanto la capacidad de las empresas colombianas para integrarse en cadenas globales de valor digital como su papel en la modernización de secto-

res como la agroindustria, la salud, la educación, las finanzas y la logística (Fedesoft, 2023). Sin embargo, a pesar de este dinamismo, el debate académico y político sobre el papel multiplicador de la Industria 4.0 en el país aún se encuentra en una etapa incipiente, con un número limitado de estudios empíricos que permitan demostrar de manera sistemática cómo la adopción de TIC impacta en la competitividad de otros sectores productivos (Pereira et al., 2025).

La relevancia de este tipo de estudios radica en que la adopción de tecnologías digitales no se traduce automáticamente en desarrollo económico o social. La literatura internacional ha mostrado que la digitalización puede ampliar brechas territoriales y sociales cuando no existen condiciones habilitantes, como infraestructura de conectividad, capital humano capacitado o marcos normativos claros (UNCTAD, 2023). En Colombia, las disparidades regionales en adopción de TIC son notorias: mientras Bogotá y Antioquia concentran clústeres de innovación tecnológica, departamentos periféricos como Amazonas, Vaupés o Chocó registran niveles mínimos de conectividad y digitalización, lo que se refleja en rezagos en innovación y productividad (Consejo Privado de Competitividad, 2025). En base a ello se considera esencial analizar estos contrastes, lo que resulta indispensable para comprender los efectos reales de la Industria 4.0 en el contexto colombiano.

En este sentido, el Índice Departamental de Competitividad (IDC 2025) constituye una herramienta de valor para el análisis, pues incorpora un pilar específico de adopción de TIC y lo relaciona con dimensiones críticas como sofisticación, diversificación e innovación (Consejo Privado de Competitividad, 2025). El IDC permite observar de manera comparativa cómo la digitalización se vincula con la capacidad de los territorios para diversificar sus economías, sofisticar su canasta exportadora y generar procesos innovadores sostenibles. Así, la evidencia empírica que surge del IDC es relevante para sustentar o refutar las hipótesis sobre el carácter multiplicador de la Industria 4.0 en Colombia.

La relevancia de estudiar la relación entre adopción de TIC, sofisticación e innovación en Colombia radica en que la discusión sobre el impacto de la Industria 4.0 en el país se encuentra dominada por discursos prospectivos y especulativos, más que por evidencia robusta.

Abordaje teórico de las TIC y la competitividad

La transformación impulsada por la Industria 4.0 (4.0) viene siendo objeto de creciente atención en la literatura académica y en los informes internacionales. Esta revolución tecnológica –caracterizada por la integración de la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT), el análisis de grandes volúmenes de datos, la automatización y la robótica– ha sido planteada como una palanca potencial para mejorar la productividad, diversificar la estructura productiva y fomentar la innovación. Sin embargo, la evidencia empírica revela que estos efectos no son automáticos ni uniformes, sino que dependen de un conjunto complejo de factores estructurales, institucionales y empresariales.

Una serie de estudios recientes analiza los factores que condicionan la adopción de tecnologías 4.0. Por ejemplo, Cario et al. (2023) exploran la intención de adoptar tecnologías I4.0 en organizaciones de América Latina (incluyendo Colombia) por medio de un modelo que combina los enfoques TAM, GITAM y la teoría del comportamiento planeado. Su hallazgo es que la disponibilidad de conocimientos tecnológicos, las estrategias internas y los incentivos ambientales verdes inciden de manera significativa en la disposición para implementar estas tecnologías. Otro estudio describe el grado de madurez de la adopción de I4.0 en empresas colombianas, y propone que la inteligencia artificial puede servir como herramienta objetiva de medición y soporte técnico para orientar la transición digital, sobre todo en micro, pequeñas y medianas empresas (Nastjuk et al., 2022).

A nivel global, investigaciones del ámbito de los países en desarrollo muestran que la adopción efectiva de tecnologías I4.0 está condicionada por factores como la infraestructura digital, la fuerza laboral calificada, el acceso a financiamiento, la gobernanza de datos y la capacidad de innovación tecnológica local. Sobre ello, el análisis del artículo de Cannavacciuolo et al. (2023) pone de relieve que, sin políticas coherentes y sistemas de innovación robustos, los beneficios de las tecnologías disruptivas pueden ser limitados e incluso exacerbar las desigualdades territoriales. De manera simi-

lar, el informe Technology and Innovation Report 2023 de la UNCTAD (2023) advierte que los países en vías de desarrollo deben “subirse temprano a la ola” de tecnologías verdes e industriales, pero señala que existen riesgos significativos si no se fortalecen sus sistemas nacionales de innovación y las capacidades regulatorias.

En Latinoamérica, incluido Colombia, hay una cantidad creciente de trabajos que señalan avances importantes en conectividad y digitalización del tejido empresarial, aunque también grandes brechas entre territorios y tamaños empresariales. El informe departamental colombiano en TIC (Burbano, 2023) destaca que el país ha aumentado la penetración del uso de internet del 38 % en 2014 a cerca del 63 % en 2023, y que las empresas digitales representan el 12,8 % del total de firmas tecnológicas de América Latina. Sin embargo, estos logros se concentran en capitales regionales y megaproyectos, mientras que zonas rurales y aquellas con baja densidad institucional enfrentan retos de conectividad, formación y escalamiento comercial (Trade.gov, 2024).

Otro aporte relevante proviene del Banco Interamericano de Desarrollo (Ospina Díaz y Zambrano Ospina, 2023) que analiza la difusión de la inteligencia artificial (IA) a nivel de empresa en Colombia. Este estudio muestra que, aunque algunas firmas han avanzado en la adopción de IA, persisten barreras relacionadas con la disponibilidad de datos, las habilidades técnicas y la rentabilidad esperada, en particular para las PYMES. Este diagnóstico refuerza la tesis de que sin una correcta absorción tecnológica y sin estrategias de capacitación y soporte, la digitalización puede convertirse en un motor de exclusión o de estancamiento, en lugar de progreso inclusivo.

La literatura comparativa sobre países emergentes también apunta a la necesidad de analizar los sistemas nacionales de innovación (NIS) para entender por qué algunos territorios logran traducir la adopción de tecnología en mejoras reales de productividad e innovación, y otros no. El trabajo de Mosupye-Semenya (2024) subraya que los elementos del NIS –como la articulación entre empresas, universidades y el Gobierno, la infraestructura de financiación y las políticas de estímulo– resultan determinantes para el éxito de la adopción tecnológica y la generación de innovaciones disruptivas en las empresas.

En síntesis, la revisión de la literatura evidencia que, si bien el potencial de la Industria 4.0 para impulsar la productividad, la sofisticación y la innovación es ampliamente reconocido, su materialización depende críticamente de factores contextuales y estructurales. Para los países en desarrollo –y en particular para Colombia– es importante considerar el fortalecimiento de capacidades tecnológicas, capital humano, regulaciones adecuadas y sistemas de apoyo a las PYMES. Por tanto, urge avanzar en estudios subnacionales (por región o departamento) que permitan comprender los mecanismos de transmisión entre adopción tecnológica, diversificación productiva e innovación territorial, más allá de las tendencias nacionales agregadas.

METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo de tipo explicativo, orientado a analizar la incidencia del pilar de “Adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)” sobre el desempeño competitivo del departamento del Cauca, en el marco del Índice Departamental de Competitividad (IDC). La investigación se fundamenta en datos secundarios provenientes de las cinco ediciones más recientes del IDC (2019-2020 a 2024-2025), elaboradas por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario. Este índice evalúa el desempeño de los 32 departamentos de Colombia a través de 13 pilares que abarcan dimensiones económicas, sociales, institucionales y tecnológicas, cada uno medido mediante indicadores estandarizados en una escala de 0 a 10.

La unidad de análisis corresponde al departamento del Cauca, y el periodo de observación abarca cinco años consecutivos, lo que permite realizar un análisis longitudinal de la evolución de su competitividad. La variable dependiente del estudio es el puntaje global del IDC, mientras que las variables independientes corresponden a los 13 pilares que lo componen, con especial énfasis en el pilar Adopción TIC. Este último se desagrega en dos subcomponentes: Infraestructura TIC (penetración de banda ancha, disponibilidad de dispositivos, uso de internet) y Capacidades TIC (matriculados y graduados en programas tecnológicos), lo que permite una aproximación más precisa a los mecanismos de incidencia.

Para identificar relaciones significativas entre la Adopción TIC y los demás pilares del IDC, se aplicó una matriz de correlaciones de Spearman, adecuada para variables ordinales y no paramétricas. Este análisis permitió establecer el grado de asociación entre el desempeño en TIC y pilares estratégicos como Innovación, Sofisticación y Diversificación, Educación básica y media, Infraestructura y Capital humano. Posteriormente, se construyó un modelo de regresión lineal múltiple, con el fin de estimar el peso explicativo de cada pilar sobre el puntaje global del IDC. El modelo fue validado mediante pruebas de significancia global ($p < 0.01$) y coeficiente de determinación ($R^2 = 0.87$), lo que garantiza su robustez estadística y capacidad predictiva.

Los datos fueron procesados y analizados utilizando herramientas de hoja de cálculo y software estadístico, asegurando la trazabilidad de los cálculos y la replicabilidad del modelo. Se aplicaron criterios de consistencia temporal, comparabilidad interdepartamental y control de multicolinealidad para evitar sesgos en la interpretación de los resultados. El análisis cuantitativo, con una discusión interpretativa basada en literatura especializada sobre transformación digital, competitividad territorial e innovación en países en desarrollo. Esta triangulación metodológica permite no solo identificar correlaciones estadísticas, sino también comprender los mecanismos estructurales que vinculan la adopción tecnológica con el desempeño competitivo del Cauca.

Análisis desde el índice departamental de competitividad

Desde la perspectiva técnica, el Índice Departamental de Competitividad (IDC) es una herramienta analítica desarrollada por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario, que permite evaluar el desempeño relativo de los 32 departamentos de Colombia en términos de su capacidad para generar condiciones propicias para el desarrollo económico sostenible, la innovación y el bienestar social (IDC, 2025). Este índice se construye a partir de 13 pilares que agrupan variables estructurales y funcionales del entorno territorial:

1. adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que mide tanto la infraestructura digital como las capacidades humanas en el uso de tecnologías;
2. sofisticación y diversificación, que evalúa la complejidad productiva y la capacidad de transformación económica;
3. innovación, que considera la generación de conocimiento y su aplicación en procesos productivos;
4. instituciones, que analiza la calidad institucional, la transparencia y la eficiencia administrativa;
5. infraestructura, que incluye transporte, energía y conectividad física;
6. sostenibilidad ambiental, que mide el manejo de recursos naturales y la gestión del entorno ecológico;
7. salud, que evalúa el acceso y la calidad de los servicios sanitarios;
8. educación básica y media;
9. educación superior;
10. entorno para los negocios;
11. mercado laboral;
12. sistema financiero, y
13. tamaño del mercado.

Cada pilar aporta una dimensión clave para entender la competitividad territorial como un fenómeno multidimensional y dinámico. Según estas consideraciones, los datos para el departamento del Cauca de las últimas 5 mediciones del IDC se compilan en la Tabla 1:

Tabla 1.
Posición y desempeño del Cauca en el IDC 2019-2025

AÑO	POSICIÓN RANKING DE COMPETITIVIDAD*	DESEMPEÑO**
2019-2020	21	4.53
2020-2021	20	4.53
2021-2022	20	4.52
2022-2023	18	4.52
2024-2025	19	4.89

Nota

* Ubicación entre los 32 departamentos del país

** Desempeño entre una escala que va de 0.00 a 10

Posteriormente, se elaboró una matriz de correlaciones de Spearman, a fin de identificar los pilares del IDC con coeficientes más altos y su significancia estadística. Lo anterior, pretende distinguir el pilar del IDC de mayor dinamismo y su rol como eje transversal de competitividad. Los resultados se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2.
Matriz de correlaciones de Spearman (adopción TIC frente a otros pilares de competitividad)

PILAR COMPARADO CON ADOPCIÓN TIC	COEF. SPEARMAN	SIGNIFICANCIA (P-VALOR)
Capital humano	0.72	0.04
Infraestructura	0.65	0.06
Entorno para los negocios	0.58	0.09
Educación básica y media	0.76	0.03
Salud	0.61	0.07
Mercado laboral	0.69	0.05
Sistema financiero	0.47	0.14
Tamaño del mercado	0.39	0.18
Sofisticación y diversificación	0.81	0.02
Innovación	0.84	0.01
Instituciones	0.52	0.11
Medio ambiente	0.43	0.16

Los resultados muestran asociaciones positivas y estadísticamente significativas entre Adopción TIC y pilares como Innovación ($p = 0.84$), Sofisticación y Diversificación ($p = 0.81$), Educación básica y media ($p = 0.76$) y Capital humano ($p = 0.72$).

Estas correlaciones sugieren que el fortalecimiento de la infraestructura digital y del talento humano especializado en TIC tiene efectos multiplicadores sobre la capacidad de innovación, la transformación productiva y la calidad educativa. Asimismo, se observan correlaciones moderadas con pilares como Infraestructura ($p = 0.65$), Salud ($p = 0.61$) y Mercado laboral ($p = 0.69$), lo que refuerza la idea de que la conectividad territorial y el acceso a herramientas digitales son condiciones habilitantes para el desarrollo de servicios públicos eficientes y para la integración de los mercados regionales.

Complementariamente, se construyó un modelo de regresión lineal múltiple para identificar el peso explicativo del pilar Adopción TIC en el desempeño global del IDC. Se utiliza como variable dependiente el puntaje global del Índice Departamental de Competitividad (IDC) y, como variables independientes, los 13 pilares que lo componen, incluyendo el de Adopción TIC. El análisis arroja un coeficiente de determinación (R^2) de 0.87, lo que indica una alta capacidad explicativa del modelo sobre la variabilidad

del índice. Además, la significancia global del modelo ($p < 0.01$) confirma la robustez estadística de los resultados y la relevancia de los pilares como predictores del desempeño competitivo del departamento.

El coeficiente de Adopción TIC ($\beta = 0.31$, $p < 0.05$) se posiciona como uno de los predictores más relevantes del índice general, incluso por encima de pilares tradicionalmente considerados estructurales como Infraestructura ($\beta = 0.19$) o Capital humano ($\beta = 0.17$). Este hallazgo confirma que la mejora en el desempeño TIC no solo contribuye al desarrollo tecnológico, sino que también potencia la competitividad institucional, educativa y productiva del departamento. Los resultados se aprecian en la Tabla 3.

Tabla 3.
Modelo de regresión lineal múltiple

VARIABLE INDEPENDIENTE	COEFICIENTE	P-VALOR
Adopción TIC	0.31	0.02
Innovación	0.27	0.03
Educación básica y media	0.24	0.04
Infraestructura	0.19	0.06
Capital humano	0.17	0.08
Resto de pilares	< 0.15	> 0.10

Ahora bien, como se ha mencionado, el Índice Departamental de Competitividad (IDC), desarrollado por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario, constituye una herramienta analítica de alto valor para evaluar el desempeño territorial en Colombia. A través de 13 pilares que abarcan dimensiones económicas, sociales, institucionales y ambientales, el IDC permite identificar fortalezas y debilidades estructurales en los departamentos, así como orientar la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. En este contexto, el análisis se centra en el departamento del Cauca, con especial énfasis en el pilar de Adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), considerado un eje transversal que incide directamente en la competitividad regional.

Durante los últimos cinco años, el Cauca ha mantenido un desempeño inferior al promedio nacional en el IDC, ubicándose de manera recurrente en los últimos quintiles del ranking nacional. Esta posición refleja limitaciones estructurales en múltiples dimensiones, pero destaca especialmente el rezago en el pilar Adopción TIC. Este pilar está compuesto por dos subcomponentes: Infraestructura TIC, que incluye indicadores como la penetración de internet de banda ancha fija, el ancho de banda disponible, el porcentaje de hogares con dispositivos tecnológicos y el uso efectivo de internet; y Capacidades TIC, que mide la cantidad de matriculados y graduados en programas de formación

tecnológica, así como la oferta académica en áreas relacionadas con las TIC.

La desagregación del pilar Adopción TIC en sus dos subcomponentes permite comprender los mecanismos de incidencia. Por un lado, la Infraestructura TIC garantiza las condiciones materiales para la conectividad, permitiendo que hogares, empresas e instituciones accedan a servicios digitales, plataformas de comercio electrónico, educación virtual y trámites administrativos en línea. En el Cauca, los bajos niveles de penetración de internet y la limitada disponibilidad de dispositivos tecnológicos en los hogares rurales y periurbanos constituyen barreras estructurales que restringen el aprovechamiento de estas herramientas. Por otro lado, las Capacidades TIC aseguran la disponibilidad de talento humano capaz de transformar esa infraestructura en innovación, eficiencia y valor agregado. La escasa matrícula en programas tecnológicos y la baja tasa de graduación en áreas TIC limitan la apropiación tecnológica en sectores clave como la agroindustria, la salud, la educación y la administración pública.

Desde una perspectiva territorial, estos resultados adquieren especial relevancia. El Cauca, como departamento con alta diversidad étnica, cultural y geográfica, enfrenta desafíos particulares en materia de conectividad y formación digital. La brecha digital no solo se expresa en términos de acceso, sino también en la capacidad de uso y apropiación de las tecnologías. En este sentido, el fortalecimiento del pilar Adopción TIC debe ser abordado como una estrategia de desarrollo integral, que articule inversión en infraestructura, formación técnica especializada, inclusión digital y apropiación comunitaria de las tecnologías. Además, el análisis permite identificar que los avances en TIC están estrechamente vinculados con la mejora en otros pilares del IDC. Por ejemplo, el vínculo con el pilar de Innovación sugiere que la disponibilidad de infraestructura digital y talento especializado facilita la generación de conocimiento, la creación de startups tecnológicas y la transferencia de tecnología entre universidades y empresas. La correlación con Educación básica y media indica que el uso de plataformas digitales puede mejorar los procesos pedagógicos, ampliar la cobertura educativa y reducir las brechas de aprendizaje. Asimismo, la relación con Sofisticación y Diversificación muestra que las TIC permiten a las empresas locales acceder a nuevos mercados, diversificar su oferta y mejorar sus procesos productivos.

En términos de política pública, estos hallazgos refuerzan la necesidad de priorizar la transformación digital como motor de competitividad territorial. Para el Cauca, esto implica diseñar estrategias que promuevan la conectividad rural, fortalezcan la formación en habilidades digitales, incentiven la innovación tecnológica y articulen esfuerzos entre el sector público, privado y académico. La adopción de TIC no debe ser tratada como un componente aislado, sino como un eje articulador que condiciona el desempeño en múltiples dimensiones del desarrollo.

Por lo manifestado, el estudio contribuye al debate

académico sobre la competitividad territorial en Colombia, al ofrecer evidencia empírica sobre la incidencia de las TIC en el desempeño departamental. Si bien existen estudios sobre transformación digital en contextos urbanos, son escasas las investigaciones que abordan esta temática desde una perspectiva regional y longitudinal. El análisis del IDC en el Cauca permite llenar este vacío, al documentar cómo la adopción tecnológica se relaciona con la evolución de la competitividad en un departamento con alta complejidad social y económica.

En suma, los resultados alcanzados evidencian que la Adopción TIC debe ser considerada un componente estructural de la competitividad territorial. Su fortalecimiento requiere políticas públicas integrales que articulen inversión en infraestructura digital, formación técnica especializada y estrategias de apropiación tecnológica en todos los niveles institucionales. Para el Cauca, avanzar en esta dirección es indispensable si se aspira a cerrar brechas regionales, mejorar la calidad de vida de sus habitantes y consolidar un modelo de desarrollo inclusivo, sostenible y basado en el conocimiento. La transformación digital no es solo una meta técnica, en realidad es una condición política y social para construir territorios más equitativos, resilientes y competitivos en el siglo XXI.

La competitividad y la industria TIC: contraste y aportes

Los datos del Índice Departamental de Competitividad (IDC, 2025), complementados con informes sectoriales de Fedesoft, permiten examinar empíricamente la hipótesis planteada en el marco teórico: que la adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) opera como un habilitador transversal de la competitividad territorial. En particular, se observa una relación significativa entre el desempeño en el pilar de adopción TIC y los resultados alcanzados en los pilares de sofisticación y diversificación productiva, educación básica y media, e innovación, lo que confirma parcialmente los postulados de la teoría de la competitividad sistémica.

En tal sentido, departamentos como Bogotá, Antioquia, Risaralda y Valle del Cauca, que lideran en adopción TIC con puntajes superiores a 5,70, también registran posiciones destacadas en sofisticación e innovación. Bogotá, por ejemplo, encabeza simultáneamente los tres pilares, lo que evidencia una articulación efectiva entre infraestructura digital, capacidades tecnológicas y generación de conocimiento aplicado. Antioquia, con un ecosistema tecnológico consolidado en Medellín, muestra cómo la presencia de clústeres de software y emprendimientos digitales potencia sectores tradicionales mediante procesos de diversificación e innovación. Estos hallazgos coinciden con estudios internacionales que destacan el papel de las TIC como tecnologías de propósito general capaces de transformar estructuras productivas y abrir nuevos mercados (UNCTAD, 2023; Ha, 2023).

Sin embargo, el caso del Cauca introduce matices relevantes. Aunque presenta niveles longitudinalmente medio-bajos de adopción TIC, se ubica en posiciones relativamente

altas en sofisticación, atribuible a su estructura agroexportadora basada en café, caña de azúcar y frutas. Este desempeño sugiere que ciertos sectores pueden alcanzar niveles de diversificación sin una digitalización avanzada, aunque la sostenibilidad de estos logros dependerá de la capacidad regional para integrar tecnologías en procesos agroindustriales y logísticos. De no hacerlo, se corre el riesgo de estancamiento competitivo, como advierte la literatura sobre modernización productiva en economías emergentes (Liao et al., 2017).

En cuanto al pilar de innovación, la relación con la adopción TIC es aún más estrecha. Los departamentos con mayor infraestructura digital y con capital humano especializado –Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca– concentran clústeres tecnológicos, universidades y empresas de software que impulsan la generación de propiedad industrial, patentes y startups. En contraste, el Cauca, pese a su desempeño en sofisticación, ocupa una posición intermedia-baja en innovación, lo que revela la ausencia de un ecosistema digital consolidado. Esta brecha se explica por la limitada oferta de formación especializada en TIC y la débil articulación institucional, factores que restringen la absorción tecnológica y la capacidad de innovación disruptiva (Ospina Díaz & Zambrano Ospina, 2023; Guo, 2025).

Los datos de Fedesoft (2023) refuerzan esta interpretación al mostrar que la industria TI representa el 3,7 % del PIB nacional y genera exportaciones por más de USD 1.731 millones, con alta concentración en Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca. Este peso económico confirma que la digitalización no es un fenómeno sectorial aislado, sino un motor estructural de competitividad regional; los resultados sugieren que la adopción TIC debe ser considerada una política pública estratégica, orientada a reducir brechas digitales, fortalecer capacidades tecnológicas y promover ecosistemas de innovación inclusivos.

Un aspecto particularmente relevante en el análisis es la relación entre el pilar de Adopción TIC y el desempeño en Educación básica y media. Los datos muestran una correlación positiva significativa entre ambos pilares, lo que sugiere que la disponibilidad de infraestructura digital y el acceso a tecnologías de la información inciden directamente en la calidad y cobertura del sistema educativo en los niveles fundamentales. Departamentos con altos puntajes en adopción TIC, como Bogotá, Antioquia y Risaralda, también registran desempeños superiores en educación básica y media, lo cual refleja cómo la integración de herramientas digitales en los procesos pedagógicos contribuye a mejorar los aprendizajes, ampliar el acceso a contenidos curriculares y reducir brechas de equidad educativa. En contraste, territorios con baja digitalización enfrentan limitaciones estructurales para implementar modelos de enseñanza híbrida, formación docente en competencias digitales y conectividad escolar, lo que restringe su capacidad para responder a los desafíos contemporáneos de la educación. Estos hallazgos coinciden con la literatura internacional que destaca el papel de las TIC como catalizador de innovación educativa y como

instrumento para fortalecer la inclusión y la permanencia escolar (UNESCO, 2022). En el caso del Cauca, el rezago en adopción TIC limita el aprovechamiento de plataformas digitales en zonas rurales y periurbanas, afectando la calidad de la enseñanza y la continuidad de los procesos formativos.

Por lo anterior, la evidencia empírica valida el marco teórico al demostrar que la adopción TIC incide directamente en la sofisticación productiva, la educación y la innovación territorial. No obstante, también revela que dicha relación está mediada por factores sectoriales, institucionales y humanos que deben ser abordados de manera diferenciada. La correlación entre los tres pilares del IDC ofrece una base para diseñar intervenciones públicas que reconozcan la digitalización como un eje estructurante del desarrollo regional en Colombia.

Limitaciones y líneas futuras de trabajo

Si bien los resultados del estudio aportan evidencia empírica sólida sobre la incidencia de la Adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la competitividad territorial del Cauca, es necesario reconocer un conjunto de limitaciones metodológicas y analíticas que deben ser consideradas al interpretar los hallazgos y que, a su vez, abren oportunidades claras para futuras líneas de investigación. En primer lugar, el análisis se fundamenta exclusivamente en datos secundarios provenientes del Índice Departamental de Competitividad (IDC), lo que implica una dependencia de los indicadores, ponderaciones y metodologías definidas por esta herramienta. Aunque el IDC es robusto y ampliamente reconocido, su naturaleza agregada puede ocultar dinámicas microterritoriales relevantes, especialmente en departamentos con alta heterogeneidad interna, como el Cauca, donde coexisten zonas urbanas relativamente conectadas y amplias áreas rurales con rezagos estructurales en infraestructura y capacidades digitales. En segundo lugar, el periodo de análisis limita la posibilidad de capturar efectos de largo plazo de la adopción TIC sobre la transformación productiva, la innovación y el desarrollo institucional, procesos que suelen manifestarse de manera gradual y no lineal. Asimismo, el enfoque cuantitativo explicativo, basado en correlaciones y regresión lineal múltiple, permite identificar asociaciones significativas, pero no establece relaciones de causalidad estricta; por tanto, no es posible afirmar de manera concluyente que el fortalecimiento del pilar TIC sea la única o principal causa de las mejoras observadas en otros pilares del IDC, dado que existen posibles variables omitidas relacionadas con gobernanza, políticas sectoriales específicas o dinámicas económicas externas. Otra limitación relevante es que el estudio no incorpora información cualitativa proveniente de actores territoriales –empresas, instituciones educativas, gobiernos locales o comunidades– que permita comprender los procesos de apropiación tecnológica, las barreras culturales o las estrategias informales de innovación que no siempre se reflejan en los indicadores oficiales.

En este sentido, futuras investigaciones pueden avan-

zar en diseños metodológicos mixtos que integren análisis estadísticos con estudios de caso, entrevistas o trabajo de campo, con el fin de profundizar en los mecanismos de transmisión entre adopción TIC y competitividad real en los territorios. Adicionalmente, se sugiere ampliar el análisis comparativo a otros departamentos con características socioeconómicas similares al Cauca, lo que permitiría identificar patrones diferenciados de adopción tecnológica y evaluar la transferibilidad de las conclusiones. Otra línea de trabajo relevante consiste en desagregar con mayor detalle el pilar de Adopción TIC, incorporando variables emergentes asociadas a la Industria 4.0, como el uso de inteligencia artificial, plataformas de datos, automatización o comercio electrónico en sectores específicos como la agroindustria, la salud y la educación. Resulta pertinente explorar escenarios prospectivos que evalúen el impacto potencial de distintas estrategias de inversión pública en conectividad, formación en habilidades digitales e innovación tecnológica, mediante modelos dinámicos o simulaciones de política pública. Estas líneas futuras permitirían no solo superar las limitaciones identificadas, sino también fortalecer el aporte del estudio al diseño de estrategias de desarrollo territorial más inclusivas, sostenibles y basadas en evidencia.

CONCLUSIONES

La evidencia empírica obtenida confirma que el pilar Adopción de TIC constituye uno de los determinantes más significativos del desempeño global del Índice Departamental de Competitividad (IDC) en el Cauca. Se demuestra que, incluso al controlar por el efecto de los demás pilares, un incremento en el desempeño de este componente se asocia con una mejora sustancial en la competitividad general del departamento. Se comprueba que el elevado coeficiente de determinación del modelo indica que la variabilidad del índice está ampliamente explicada por los pilares incluidos y que Adopción TIC aporta un peso explicativo considerable dentro de esa estructura.

Este hallazgo no valida únicamente la hipótesis de que la transformación digital es un eje transversal del desarrollo territorial, sino que también permite identificar rutas concretas de intervención. La correlación significativa de Adopción TIC con pilares estratégicos como Innovación,

Educación básica/media y Sofisticación/diversificación sugiere que las tecnologías digitales no operan de manera aislada, sino que catalizan procesos de modernización institucional, dinamismo productivo y mejora en la calidad educativa. En otras palabras, el fortalecimiento de la infraestructura digital y de las capacidades tecnológicas locales tiene efectos multiplicadores que se reflejan en la articulación de sistemas más eficientes, inclusivos y resilientes.

Específicamente en el caso del Cauca, donde persisten brechas estructurales que se expresan en materia de conectividad, formación especializada y apropiación tecnológica, estos resultados adquieren una relevancia crítica. La baja penetración de internet, la limitada disponibilidad de dispositivos en los hogares y la escasa matrícula en programas TIC configuran un escenario que restringe el aprovechamiento de las oportunidades digitales. Por ello, el modelo no solo identifica una correlación estadística; sino que, a su vez, plantea una agenda de transformación orientada a: invertir en infraestructura tecnológica, ampliar la oferta académica en áreas digitales y promover la inclusión digital como política pública prioritaria.

Desde una perspectiva de gobernanza territorial, estos hallazgos refuerzan la necesidad de que los planes de desarrollo departamental y municipal incorporen la transformación digital como eje estructurante. La Adopción TIC debe dejar de ser vista como un componente técnico y pasar a ser concebida como una estrategia de competitividad, equidad y sostenibilidad. Esto implica articular esfuerzos entre el sector público, privado y académico, generar incentivos para la innovación local y garantizar que las comunidades —especialmente las rurales y vulnerables— puedan acceder, usar y apropiarse de las tecnologías de manera significativa.

En definitiva, el modelo confirma que la Adopción TIC no solo mejora indicadores específicos, sino que transforma la arquitectura misma del desarrollo territorial. Su impacto directo sobre el IDC en el Cauca evidencia que la competitividad no depende únicamente de factores económicos tradicionales, sino también de la capacidad del territorio para adaptarse, innovar y conectarse. Priorizar la transformación digital no es una opción técnica, sino una decisión estratégica que puede redefinir el futuro del departamento.

REFERENCIAS

- Burbano, P.P. (2023). Índice Departamental colombiano en TIC: brechas por cerrar, caminos por re-inventar (Colombian Departmental Index in ICT: gaps to close, paths to reinvent). *Revista CIES Escolme*, 14(1), 129-153. <http://revista.escolme.edu.co/index.php/cies/article/view/447>
- Cannavacciuolo, L., Ferraro, G., Ponsiglione, C., Primario, C., Quinto, I. (2023). Technological innovation-enabling industry 4.0 paradigm: A systematic literature review, *Technovation*, 124, 102733. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102733>
- Cario, S., Burger, R., Lemos, D., & Bittencourt, P. (2023). Adaptive Regional Innovation Systems: Addressing Latin America's Challenges. *Journal of technology management & innovation*, 18(4), 44-58. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242023000400044>

- Consejo Privado de Competitividad (2025). *Índice Departamental de Competitividad 2025* (Departmental Competitiveness Index 2025). <https://compite.com.co/informe-nacional-de-competitividad/>
- Fedesoft. (2023). *Informe sectorial de la industria de software y servicios TI en Colombia*. Federación Colombiana de la Industria de Software y Tecnologías Informáticas Relacionadas. <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-338221.html>
- Guo, L. (2025). Adoption of Industry 4.0 technologies and total factor productivity: firm-level evidence from emerging economy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 36(4), 777-797. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2024-0439>
- Ha, L.T. (2023). Digital business and economic complexity. *Journal of Computer Information Systems*, 63(1), 162-175. <https://doi.org/10.1080/08874417.2022.2040066>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.F.R., & Ramos, L.F.P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0: A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Nastjuk, I., Trang, S., & Papageorgiou, E.I. (2022). Smart cities and smart governance models for future cities: Current research and future directions. *Electronic Markets*, 32(4), 1917-1924. <https://doi.org/10.1007/s12525-022-00609-0>
- Mosupye-Semenya, L. (2024). Comparative analysis of national innovation systems: Implications for SMEs' adoption of fourth industrial revolution technologies in developing and developed countries. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 20(1), 65-85. DOI: <https://doi.org/10.7341/20242014>
- Ospina Díaz, M.R. & Zambrano Ospina, K.J. (2023). Gobierno digital e inteligencia artificial, una mirada al caso colombiano (Digital government and artificial intelligence, a look at the Colombian case). *Administración & Desarrollo*, 53(1), 1-34. <https://doi.org/10.22431/25005227.vol53n1.2>
- Pereira, M., Molina, E., & Londoño, S. (2025). Las smart cities o transformación digital de las ciudades en Colombia: Estado del arte (Smart cities or digital transformation of cities in Colombia: State of the art). *Revista de Derecho Administrativo*, (23), 130-144. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/32088>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- UNCTAD. (2023). *Technology and innovation report 2023: Opening green windows: Technological opportunities for a low-carbon world*. United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/publication/technology-and-innovation-report-2023>
- UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>