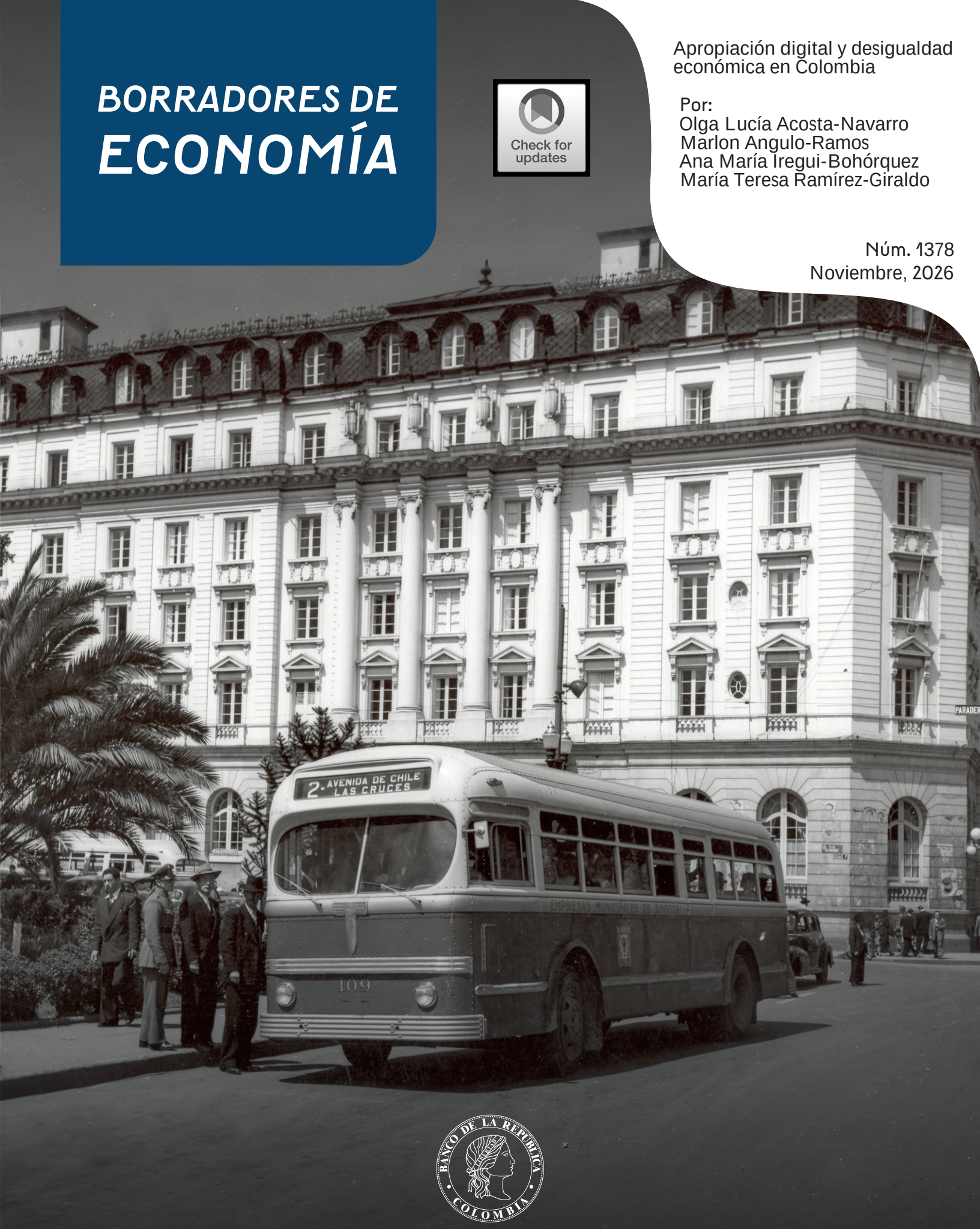
BORRADORES DE ECONOMÍA

Check for updates

Apropiación digital y desigualdad económica en Colombia

Por:
Olga Lucía Acosta-Navarro
Marlon Angulo-Ramos
Ana María Iregui-Bohórquez
María Teresa Ramírez-Giraldo

Núm. 1378
Noviembre, 2026



BANCO DE LA REPÚBLICA
COLOMBIA

Apropiación digital y desigualdad económica en Colombia

Olga Lucía Acosta-Navarro[*]
olacosta@banrep.gov.co

Marlon Angulo-Ramos[†]
mangulra@banrep.gov.co

Ana María Iregui-Bohórquez[‡]
airegubo@banrep.gov.co

María Teresa Ramírez-Giraldo[§]
mramirgi@banrep.gov.co

Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

Resumen

La transformación digital constituye un factor cada vez más relevante para la inclusión social, el crecimiento económico y la distribución de oportunidades. En este contexto, las diferencias en el acceso, las competencias y los usos de las tecnologías de la información y las comunicaciones se han convertido en un mecanismo adicional de reproducción de la desigualdad económica. Con el fin de analizar estas dinámicas en Colombia, se construye el Índice Compuesto de Apropiación Digital (ICAD) para el período 2018-2025, utilizando información de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida del DANE. El índice integra cuatro dimensiones: dotación y conexión efectiva, competencias digitales, usos transformadores y usos de comunicación e información, permitiendo distinguir entre la adopción de tecnologías y la intensidad de su aprovechamiento. Los resultados muestran que el ICAD aumentó 33 % entre 2018 y 2025, reflejando avances significativos en los niveles de apropiación digital de la población. No obstante, persisten importantes desigualdades asociadas a características socioeconómicas y territoriales. Las brechas más pronunciadas se observan según el nivel educativo, seguidas por la edad y el área de residencia, mientras que las diferencias por sexo son relativamente reducidas. Las estimaciones econométricas indican que la educación es el factor más estrechamente asociado con la apropiación digital y el principal elemento diferenciador en los niveles más altos de su distribución. A nivel territorial, los departamentos inicialmente rezagados registraron avances relativamente más rápidos, aunque las diferencias regionales continúan siendo significativas. Asimismo, el análisis del portafolio digital evidencia que los usos transformadores representan una proporción creciente de las actividades digitales a medida que aumenta el ingreso, lo que sugiere que estos usos se comportan como un bien de lujo dentro del repertorio digital de los individuos. En conjunto, los resultados indican que la apropiación digital no solo refleja desigualdades económicas preexistentes, sino que también constituye uno de los mecanismos mediante los cuales estas pueden reproducirse o mitigarse al influir sobre la capacidad de las personas para transformar las tecnologías digitales en oportunidades económicas y sociales.

Clasificación JEL: O33, O15, R11, I24, D63.
Palabras clave: apropiación digital, brecha digital, índice multidimensional, desigualdad regional, desigualdad económica

---

Agradecemos especialmente a Juliana Jaramillo-Echeverry por sus comentarios y sugerencias y a los asistentes al trigésimo seminario interno de investigación del Banco de la República (Bogotá, agosto 24-26 de 2026). También agradecemos a Valentina Garzón-Sierra y a Carlos Mauricio Rodríguez Quintero por su asistencia en esta investigación.

[*] Junta Directiva, Banco de la República, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: olacosta@banrep.gov.co.

[†] Unidad de Investigaciones, Banco de la República, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: mangulra@banrep.gov.co. ORCID: 0009-0006-0606-9318

[‡] Unidad de Investigaciones, Banco de la República, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: airegubo@banrep.gov.co. ORCID: 0000-0001-7527-8953.

[§] Unidad de Investigaciones, Banco de la República, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: mramirgi@banrep.gov.co. ORCID: 0000-0002-6097-1605.

Digital Appropriation and Economic Inequality in Colombia

Olga Lucía Acosta-Navarro* olacosta@banrep.gov.co

Marlon Angulo-Ramos† mangulra@banrep.gov.co

Ana María Iregui-Bohórquez‡ airegubo@banrep.gov.co

María Teresa Ramírez-Giraldo§ mramirgi@banrep.gov.co

The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República nor its Board of Directors.

Abstract

Digital transformation has become an increasingly important determinant of social inclusion, economic growth, and the distribution of opportunities. As a result, disparities in access to, digital skills, and technology use have emerged as an important channel through which economic inequalities are reinforced. This article develops the Composite Digital Appropriation Index (ICAD) for Colombia over the period 2018-2025 using data from the National Quality of Life Survey. The index combines four dimensions: technological endowment and connectivity, digital skills, transformative uses, and communication and information uses, enabling a distinction between technology adoption and effective digital engagement. Results show that ICAD increased by 33% between 2018 and 2025, reflecting substantial progress in digital appropriation. However, significant socioeconomic and territorial disparities persist. Educational attainment is the strongest correlate of digital appropriation, followed by age and place of residence, while gender differences remain comparatively small. Departments that initially lagged behind experienced faster improvements, although regional gaps remain sizeable. In addition, transformative uses account for a larger share of digital activities as income rises, suggesting that they behave as a luxury component of individuals' digital portfolios. Overall, the findings indicate that digital appropriation not only reflects existing economic inequalities but may also reinforce or mitigate them by shaping individuals' ability to translate digital technologies into economic and social opportunities.

JEL classification: O33, O15, R11, I24, D63.
Keywords: digital appropriation, digital divide, multidimensional index, regional inequality, economic inequality.

Acknowledgments: The authors are grateful to Juliana Jaramillo-Echeverry for her valuable comments and suggestions, and to the participants in the 30th Internal Research Seminar of Banco de la República (Bogotá, August 24-26, 2026). The authors also thank Valentina Garzón-Sierra and Carlos Mauricio Rodríguez Quintero for their research assistance.

* Board of Directors, Banco de la República, Bogotá, Colombia. E-mail: olacosta@banrep.gov.co.

† Research Unit, Banco de la República, Bogotá, Colombia. E-mail: mangulra@banrep.gov.co. ORCID: 0009-0006-0606-9318

‡ Research Unit, Banco de la República, Bogotá, Colombia. E-mail: airegubo@banrep.gov.co. ORCID: 0000-0001-7527-8953.

§ Research Unit, Banco de la República, Bogotá, Colombia. E-mail: mramirgi@banrep.gov.co. ORCID: 0000-0002-6097-1605.

1. Introducción

La transformación digital constituye uno de los procesos de cambio estructural más importantes de las economías contemporáneas. La expansión de internet, las plataformas digitales, la computación en la nube y, más recientemente, la inteligencia artificial generativa, han modificado la manera en que las personas trabajan, aprenden, producen, consumen y acceden a bienes y servicios. La evidencia muestra que estas tecnologías tienen el potencial de incrementar la productividad, estimular la innovación y acelerar el crecimiento económico. Sin embargo, sus beneficios no se producen de manera automática. La capacidad de transformar el acceso tecnológico en mejoras efectivas de desempeño económico depende de la existencia de activos complementarios, entre ellos el capital humano, las capacidades organizacionales, la infraestructura digital y un entorno institucional favorable (Goldfarb y Tucker, 2019; Brynjolfsson y McAfee, 2017; OECD, 2024; World Bank, 2023).

Desde la perspectiva económica, las tecnologías digitales no constituyen simplemente un sustituto o un complemento del trabajo. Su impacto depende de las tareas que realizan los individuos y de las capacidades con las que interactúan. Las tecnologías de la información tienden a complementar tareas cognitivas no rutinarias asociadas con el análisis, la resolución de problemas y la toma de decisiones, mientras que sustituyen aquellas tareas rutinarias susceptibles de automatización (Autor, Levy, y Murnane, 2003; Acemoglu y Restrepo, 2019). Como consecuencia, la digitalización incrementa la demanda por habilidades que permitan utilizar dichas tecnologías de manera productiva y aumenta el valor económico del capital humano, ampliando las diferencias entre quienes poseen dichas capacidades y quienes carecen de ellas (Akerman, Gaarder, y Mogstad, 2015; OECD, 2023).

Esta dinámica adquiere una relevancia aún mayor con la rápida difusión de la inteligencia artificial generativa. La evidencia reciente sugiere que estas herramientas pueden aumentar significativamente la productividad individual y facilitar el acceso al conocimiento, aunque sus beneficios dependen de la capacidad de los usuarios para incorporarlas efectivamente a sus actividades educativas, laborales y productivas (Noy y Zhang, 2023; Brynjolfsson, Li, y Raymond, 2025). En este contexto, las diferencias en educación, ingreso y habilidades digitales pueden traducirse en brechas persistentes en productividad, oportunidades laborales y movilidad social.

La discusión sobre inclusión digital ha evolucionado paralelamente a estas transformaciones. Los primeros estudios se concentraron principalmente en el acceso a computadores e internet. Sin embargo, a medida que la conectividad se expandió, la atención se desplazó hacia las capacidades necesarias para aprovechar las oportunidades que ofrece el entorno digital. La literatura sobre difusión tecnológica distingue entre el margen extensivo de adopción, asociado al acceso a las tecnologías, y el margen intensivo, relacionado con la frecuencia, diversidad y sofisticación de sus usos (Comin y Hobijn, 2010; Comin y Mestieri, 2018). A medida que el acceso se generaliza, las diferencias en bienestar y productividad dependen crecientemente de este segundo margen, es decir, de la capacidad de transformar la conectividad en usos con valor económico y social.

La literatura internacional confirma esta transición. Aunque las tasas de conectividad han aumentado de manera sostenida en la mayoría de los países, persisten importantes diferencias en la capacidad de individuos y regiones para utilizar las tecnologías digitales con fines productivos, educativos, financieros o de interacción con el Estado (Boerkamp, van Deursen, van Laar, van der Zeeuw, y van der Graaf, 2024; United Nations Development Programme, 2024). En consecuencia, las brechas digitales contemporáneas reflejan cada vez menos desigualdades de acceso y cada

vez más diferencias en competencias, patrones de usos y beneficios derivados de la tecnología (Scheerder, van Deursen, y van Dijk, 2017; Ragnedda, 2017).

En Colombia, la evidencia disponible muestra que las desigualdades digitales reflejan estrechamente las desigualdades socioeconómicas preexistentes. Entre los primeros trabajos sobre esta temática, Gutiérrez y Gamboa (2010) encontraron que la educación constituye el principal determinante del uso de tecnologías de la información y las comunicaciones entre hogares urbanos de bajos ingresos, mientras que el ingreso desempeña un papel positivo, aunque relativamente menor. Más recientemente, Barrios Ordóñez (2026) encuentra que el acceso y uso de internet dependen principalmente del ingreso, la educación y las habilidades digitales, y muestra que una parte importante de los usuarios concentra sus actividades en redes sociales y otros usos de baja complejidad. En contraste, actividades con mayor potencial para generar productividad y bienestar, como la educación en línea, el comercio electrónico, la banca digital o la interacción con entidades públicas, continúan siendo menos frecuentes. En conjunto, estos resultados sugieren que las desigualdades digitales en Colombia dependen menos de la disponibilidad de infraestructura que de las capacidades y oportunidades que permiten transformar el acceso en usos efectivos y productivos.

En paralelo al desarrollo de esta literatura, Colombia ha avanzado de manera significativa en la construcción de instrumentos para medir la apropiación digital y las brechas asociadas a ella. El Estudio de Apropiación Digital 2025, desarrollado por el Centro Nacional de Consultoría (CNC) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (Centro Nacional de Consultoría y CAF–Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2025) estima la apropiación digital mediante análisis envolvente de datos a partir de los usos efectivos y las intenciones de uso declaradas por los individuos. Por su parte, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2026) construyó el Índice de Brecha Digital Regional con base en el marco conceptual de van Dijk (2006). Más recientemente, la Contraloría General de la República (2026) desarrolló el Índice de Brecha Digital (IBD-CGR), que adopta una perspectiva multidimensional inspirada en el enfoque de Conectividad Universal y Significativa e incorpora dimensiones relacionadas con acceso, calidad, asequibilidad, dispositivos, habilidades y seguridad digital. De manera complementaria, el Departamento Nacional de Planeación (2025) construyó el Índice de Pobreza Digital mediante un enfoque de privaciones articulado con la medición de pobreza multidimensional y la Canasta Básica TIC. Estos ejercicios coinciden en destacar la importancia creciente de las habilidades y los usos efectivos de las tecnologías como elementos centrales de la inclusión digital.

A pesar de estos avances, persisten importantes vacíos en la literatura. En primer lugar, la apropiación digital suele analizarse como un problema de inclusión tecnológica y no como una manifestación de desigualdades socioeconómicas más amplias. En segundo lugar, existe poca evidencia que permita examinar simultáneamente sus dimensiones distributivas y territoriales. En consecuencia, todavía se conoce relativamente poco sobre la forma en que las diferencias en educación, ingreso y territorio condicionan tanto los niveles de apropiación digital como la composición de los usos realizados por las personas.

Este artículo busca contribuir a cerrar estos vacíos analizando la apropiación digital como una dimensión de la desigualdad económica en Colombia. Para ello desarrolla el Índice Compuesto de Apropiación Digital (ICAD), construido a partir de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida del DANE (ECV) para el período 2018-2025. El índice integra cuatro dimensiones: dotación y conexión efectiva, competencias digitales, usos transformadores y usos de comunicación e infor-

mación. Su construcción se fundamenta en la distinción entre el margen extensivo y el margen intensivo de la adopción tecnológica, permitiendo diferenciar entre el acceso a las tecnologías y la capacidad de convertirlas en oportunidades económicas y sociales.

El período analizado resulta particularmente relevante porque coincide con dos transformaciones excepcionales en la economía digital global: la aceleración de la digitalización asociada a la pandemia de COVID-19 y la rápida difusión de la inteligencia artificial generativa después del lanzamiento público de *ChatGPT* en noviembre de 2022. Aunque los datos utilizados no permiten aislar causalmente el efecto de estos fenómenos, el período ofrece una oportunidad especialmente valiosa para analizar cómo la expansión acelerada de las tecnologías digitales interactúa con desigualdades socioeconómicas preexistentes.

A partir del ICAD, el artículo evalúa cuatro hipótesis principales. Primero, que la apropiación digital presenta un marcado gradiente socioeconómico asociado principalmente con la educación y el ingreso. Segundo, que las diferencias en capital humano y recursos económicos constituyen factores fundamentales para comprender las brechas observadas, incluso después de considerar la heterogeneidad territorial. Tercero, que la asociación de estos factores varía a lo largo de la distribución de la apropiación digital. Cuarto, que los departamentos inicialmente rezagados experimentan procesos de ajuste y reducción parcial de brechas territoriales, aunque persisten diferencias significativas en los niveles alcanzados.

Los resultados muestran que la apropiación digital aumentó de forma importante entre 2018 y 2025, pero continúa exhibiendo profundas desigualdades entre individuos y departamentos. La educación emerge como el factor más estrechamente asociado con la apropiación digital y como el principal elemento diferenciador en los niveles más altos de su distribución. Además, los departamentos inicialmente rezagados registran avances relativamente más rápidos que los líderes, aunque las diferencias territoriales persisten. Finalmente, el análisis del portafolio digital muestra que la participación de los usos transformadores aumenta sistemáticamente con el ingreso, lo que sugiere que estos usos se comportan como un bien de lujo dentro del repertorio digital de los individuos.

El artículo realiza tres contribuciones principales. Primero, desarrolla una medida multidimensional de apropiación digital que trasciende los indicadores tradicionales de acceso. Segundo, analiza la apropiación digital como una dimensión de la desigualdad económica y no únicamente como un fenómeno tecnológico. Tercero, introduce una perspectiva de portafolio digital que permite examinar cómo los individuos distribuyen sus actividades entre usos con diferente potencial para generar productividad, aprendizaje e inclusión económica.

El artículo se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 presenta el marco conceptual y la metodología de construcción del ICAD. La Sección 3 describe su evolución reciente y las principales brechas observadas entre grupos poblacionales. La Sección 4 analiza la dinámica departamental de la apropiación digital. La Sección 5 examina los factores asociados al ICAD a nivel individual y departamental. La Sección 6 estudia la composición del portafolio digital de los individuos. Finalmente, la Sección 7 presenta las principales conclusiones.

2. Índice compuesto de apropiación digital (ICAD)

2.1. Marco conceptual

Desde una perspectiva económica, la apropiación digital puede entenderse a partir de dos márgenes de la adopción tecnológica. El primero corresponde al margen extensivo, asociado al acceso y la disponibilidad de infraestructura, conectividad y dispositivos digitales. El segundo corresponde al margen intensivo, referido a la frecuencia, diversidad, complejidad y propósito de los usos que las personas realizan una vez acceden a dichas tecnologías (Comin y Hobijn, 2010). Esta distinción resulta consistente con la literatura sobre la brecha digital. Los primeros estudios se concentraron principalmente en las desigualdades de acceso a computadores e internet. Sin embargo, a medida que la conectividad se expandió, diversos autores señalaron que las diferencias más relevantes no se limitaban al acceso, sino que también se manifestaban en los usos, las habilidades desarrolladas y los beneficios obtenidos a partir de las tecnologías digitales (DiMaggio, Hargittai, Celeste, y Shafer, 2004; van Dijk, 2005). En consecuencia, la literatura sobre la denominada segunda brecha digital desplazó progresivamente la atención desde la disponibilidad de la tecnología hacia las desigualdades asociadas a su aprovechamiento efectivo.

En este contexto, el interés no se limita a identificar quién tiene acceso a las tecnologías digitales, sino también quién logra utilizarlas para ampliar sus capacidades, acceder a oportunidades económicas y educativas e interactuar de manera más efectiva con instituciones, mercados y redes sociales. Comin y Mestieri (2018) muestran que las diferencias en la intensidad de uso de tecnologías ya adoptadas explican una proporción importante de las divergencias en productividad e ingreso observadas entre economías. Trasladada al ámbito individual, esta evidencia sugiere que, a medida que las barreras de acceso se reducen, una fracción creciente de las desigualdades digitales se relaciona con la capacidad de realizar usos más complejos y productivos de las tecnologías disponibles.

Bajo esta óptica, la apropiación digital no puede medirse exclusivamente mediante indicadores de acceso. Resulta igualmente necesario considerar la naturaleza de los usos realizados y los beneficios potenciales asociados a ellos. Con este propósito, el artículo distingue entre actividades orientadas principalmente a la comunicación y el acceso a información, y actividades con potencial para generar beneficios económicos, educativos o institucionales más amplios. Esta diferenciación permite aproximarse empíricamente al componente intensivo de la adopción tecnológica y constituye la base conceptual del índice desarrollado en la Sección 2.2.1.

La relevancia de esta dimensión intensiva se encuentra estrechamente vinculada con el papel complementario que las tecnologías digitales desempeñan respecto al capital humano. Las tecnologías de la información pueden complementar tareas cognitivas no rutinarias y sustituir tareas rutinarias (Autor et al., 2003; Acemoglu y Restrepo, 2019). En consecuencia, los beneficios derivados de la conectividad dependen en gran medida de las habilidades con las que se combina. En esta línea, Akerman et al. (2015) muestran que la expansión de la banda ancha eleva la productividad y la demanda de trabajadores calificados, al tiempo que reduce la demanda relativa de trabajadores menos calificados. La educación emerge así como uno de los factores más estrechamente asociados a la apropiación digital, por lo que la expansión del acceso puede incluso amplificar desigualdades preexistentes cuando las competencias requeridas para aprovechar las tecnologías se encuentran distribuidas de manera desigual.

La evidencia sobre el impacto económico de las tecnologías digitales apunta en la misma

dirección. Jensen (2007) documenta que la telefonía móvil mejora el funcionamiento de los mercados y el bienestar cuando los agentes logran incorporarla a sus actividades productivas. No obstante, cuando las capacidades necesarias para aprovechar estas tecnologías se distribuyen de forma desigual, los beneficios tienden a concentrarse en los grupos más favorecidos (Akerman et al., 2015). De manera similar, Couture, Faber, Gu, y Liu (2021) muestran, mediante un experimento aleatorizado de comercio electrónico rural, que aun cuando se garantiza el acceso, las ganancias se concentran en los hogares más jóvenes y de mayores ingresos. Estos hallazgos sugieren que la apropiación digital depende menos de la conectividad disponible en sí misma que de la capacidad de transformar esa conectividad en oportunidades efectivas.

Esta discusión adquiere especial relevancia con la difusión reciente de la inteligencia artificial generativa. La evidencia experimental indica que estas herramientas pueden reducir diferencias de productividad entre trabajadores (Noy y Zhang, 2023; Brynjolfsson et al., 2025). Sin embargo, dicho potencial depende de la capacidad de los individuos para incorporarlas a sus actividades cotidianas y productivas. Las brechas de apropiación digital continúan siendo, por tanto, un factor determinante para establecer quiénes pueden beneficiarse efectivamente de esta nueva frontera tecnológica.

2.2. Construcción del ICAD

Esta sección presenta la metodología para construir el ICAD para Colombia (2018–2025). Para ello, se emplea información proveniente de la ECV del DANE. La unidad de análisis corresponde a cada persona (15 años o más) dentro del hogar[1].

El Cuadro 1 presenta la caracterización de la muestra. La población se concentra en las cabeceras municipales (78 %) y presenta una distribución educativa heterogénea. El 40,4 % tiene educación básica o menos (incluye preescolar, básica primaria y básica secundaria), el 30,1 % tiene educación media y el 29,5 % educación superior (técnica o tecnológica, universitaria y posgrado). Por su parte, la mediana del ingreso total de los hogares asciende a 1,49 millones de pesos mensuales (pesos de 2018), mientras que la mediana del ingreso per cápita alcanza 449 mil pesos mensuales (pesos de 2018).

2.2.1. Metodología

El ICAD se construye a partir de cuatro dimensiones. La primera, denominada Dimensión A (Dotación y conexión efectiva), captura el margen extensivo mediante seis componentes ponderados de manera uniforme: el tipo de conectividad disponible, la tenencia de dispositivos, los dispositivos efectivamente utilizados para acceder a internet, la diversidad de contextos de acceso, los usos más básicos de las tecnologías digitales y la regularidad con que las personas se conectan. La inclusión de este último componente permite que la dimensión mida la conectividad efectiva y no únicamente la disponibilidad nominal de una conexión, dado que un acceso utilizado de forma esporádica, por ejemplo una vez al año, difícilmente puede considerarse una modalidad de participación digital económicamente relevante.

Por su parte, la Dimensión B (Competencias digitales) evalúa las capacidades de los individuos para interactuar con tecnologías digitales. Promedia ocho habilidades técnicas, que abarcan

[1]La base de datos resultante está compuesta por 1.559.561 observaciones. Para los cálculos poblacionales se utilizan los factores de expansión de la ECV.

Cuadro 1. Caracterización de la muestra, 2018–2025

Variable	Valor
Demográficas	
Mediana de edad (años)	39
Mujeres (%)	52,0
Área de residencia (%)	
Cabecera	78,0
Centro poblado o rural	22,0
Nivel educativo (%)	
Básica o menos	40,4
Media	30,1
Educación superior	29,5
Ingresos del hogar (pesos mensuales de 2018)	
Mediana del ingreso total	1.488.528
Mediana del ingreso per cápita	449.281
Tamaño muestral	
Observaciones (persona-año)	1.559.561
Población expandida promedio anual (millones)	39,5

Notas: Estimaciones ponderadas con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Los ingresos se expresan en pesos constantes de 2018, deflactados con el IPC. El nivel educativo se define como el nivel más alto de educación alcanzado por cada individuo al momento de la encuesta.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

desde tareas básicas de procesamiento de información y elaboración de documentos digitales, así como el uso del correo electrónico, hasta el manejo de lenguajes de programación.

La Dimensión C (Usos transformadores) busca identificar aquellos usos de internet que tienen el potencial de generar beneficios directos sobre el bienestar y la productividad de las personas. En esta dimensión se consideran actividades relacionadas con el comercio electrónico, la banca digital, la educación y la realización de trámites con entidades del Estado.

Por último, la Dimensión D (Usos de comunicación e información) recoge las prácticas de sociabilidad, comunicación interpersonal y acceso a contenidos informativos facilitadas por tecnologías digitales. Incorpora actividades como la búsqueda de información, el uso del correo electrónico, la participación en redes sociales, la descarga de contenidos, la consulta de medios de comunicación y la utilización de servicios de mensajería instantánea.

La construcción del ICAD sigue las prácticas metodológicas propuestas por la OCDE para la elaboración de índices compuestos (OECD, European Commission, y EC-JRC, 2008). El Apéndice A detalla la especificación matemática del índice, las variables de la ECV que componen cada subcomponente, las reglas de normalización intra-dimensional y la agregación inter-dimensional. Las cuatro dimensiones se integran en un único índice mediante una función de agregación con ponderaciones definidas a partir de consideraciones conceptuales. No obstante, dado que las directrices de la OCDE reconocen la ausencia de un criterio objetivo único para establecer dichas ponderaciones, la sensibilidad de los resultados a esta decisión[2] se analiza empíricamente en el Apéndice B.

Para construir el índice, las cuatro dimensiones se agregan mediante una función de elastici-

[2]Todas las especificaciones alternativas ensayadas (dos funciones de agregación y seis esquemas de ponderación) generan ordenamientos con correlaciones de *Spearman* superiores a 0,95.

dad de sustitución constante (CES), expresada de la siguiente forma:

$$\text{ICAD}_i = \left(\sum_{k=1}^{4} w_k \left(D_{ik} + \varepsilon \right)^{\rho} \right)^{1/\rho} \tag{1}$$

donde D_{ik} es el puntaje del individuo i en la dimensión k, w_k es la ponderación asignada a la dimensión, $\varepsilon = 10^{-6}$ es una constante utilizada para evitar problemas numéricos cuando existen valores iguales a cero, y $\rho \in [0, 1]$ determina el grado de sustituibilidad entre dimensiones. En la especificación principal se adopta $\rho = 0{,}5$, lo que implica una sustitución parcial, bajo el supuesto de que un nivel alto en una dimensión puede compensar parcialmente un nivel bajo en otra, pero no reemplazarlo por completo.

La asignación de las ponderaciones w_k sigue la recomendación metodológica de que estas reflejen el marco teórico que sustenta el índice (OECD et al., 2008). La evidencia disponible sugiere que las principales diferencias en productividad e ingreso se originan en los usos de la tecnología que conectan a las personas con mercados, instituciones y oportunidades de acumulación, más que en aquellos asociados a la comunicación interpersonal o al consumo de información (Comin y Mestieri, 2018; Akerman et al., 2015; Couture et al., 2021). Por esta razón, la Dimensión C recibe la mayor ponderación, pues representa el espacio en el que la participación en la economía digital se traduce en actividades con efectos más directos sobre la productividad y los ingresos. La jerarquización de las demás dimensiones se deriva de este mismo marco conceptual. La Dimensión A, que recoge las condiciones de acceso y participación, y la Dimensión D, que refleja los usos orientados a la comunicación y al acceso a la información, ocupan una posición intermedia y reciben la misma ponderación ($w_A = w_D = 0{,}25$). Por su parte, la Dimensión B capta una capacidad habilitante que mide lo que las personas saben hacer con la tecnología y no lo que efectivamente hacen con ella. Dado que el marco conceptual privilegia los usos efectivos, recibe la menor ponderación ($w_B = 0{,}20$).

Dado que el ICAD es un índice formativo (Bollen y Lennox, 1991; Diamantopoulos y Winklhofer, 2001), los pesos se fundamentan en el marco teórico y no en la estructura de correlación entre dimensiones. En consecuencia, las ponderaciones adoptadas se tratan como una especificación de partida, sujeta a validación empírica. Su robustez se evalúa en el Apéndice B mediante el cálculo del índice bajo esquemas alternativos de ponderación.

Las ponderaciones adoptadas son:

$$(w_A, w_B, w_C, w_D) = (0{,}25,\ 0{,}20,\ 0{,}30,\ 0{,}25),$$

las cuales cumplen la condición de normalización:

$$\sum_{k} w_k = 1 \tag{2}$$

En una función de agregación compensatoria, w_k parametriza las compensaciones entre dimensiones[3] y no la proporción del índice explicada o atribuible a la dimensión k. El Cuadro 2 presenta las ponderaciones nominales y la participación efectiva de cada dimensión en el ICAD. Aunque la Dimensión C (usos transformadores) recibe la mayor ponderación nominal ($w_C = 0{,}30$), registra la menor participación efectiva promedio, con un valor de 9,7 % durante

[3] En la ecuación (1), la tasa marginal de sustitución entre las dimensiones j y m es $(w_j/w_m)\left[(D_{ij}+\varepsilon)/(D_{im}+\varepsilon)\right]^{\rho-1}$, por lo que depende tanto de los pesos como de los niveles de cada persona.

el período analizado. Su aporte relativo permanece sistemáticamente por debajo de las contribuciones observadas para las dimensiones de dotación y conexión efectiva (A) y de usos de comunicación e información (D).

Cuadro 2. Ponderaciones nominales y participación efectiva de cada dimensión en el ICAD

		Participación efectiva (%)								
Dimensión	w_k	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Promedio
A. Dotación y conexión efectiva	0,25	55,6	55,4	55,9	54,9	51,5	49,5	48,6	47,4	52,2
B. Competencias digitales	0,20	10,8	10,0	9,1	8,1	11,4	12,1	12,0	12,1	10,7
C. Usos transformadores	0,30	8,5	8,3	8,2	8,7	9,7	10,6	11,1	12,5	9,7
D. Usos de comunicación e información	0,25	25,1	26,3	26,8	28,3	27,4	27,8	28,3	28,0	27,3

Notas: w_k es la ponderación nominal de cada dimensión. La participación efectiva de la dimensión k es el promedio poblacional de las participaciones individuales, $s_k = \mathbb{E}\left[w_k(D_{ik}+\varepsilon)^\rho \big/ \sum_j w_j(D_{ij}+\varepsilon)^\rho\right]$. Al calcularse sobre cada persona y no sobre las medias dimensionales, s_k asigna una participación prácticamente nula a quienes no registran actividad en la dimensión pero sí en alguna otra.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

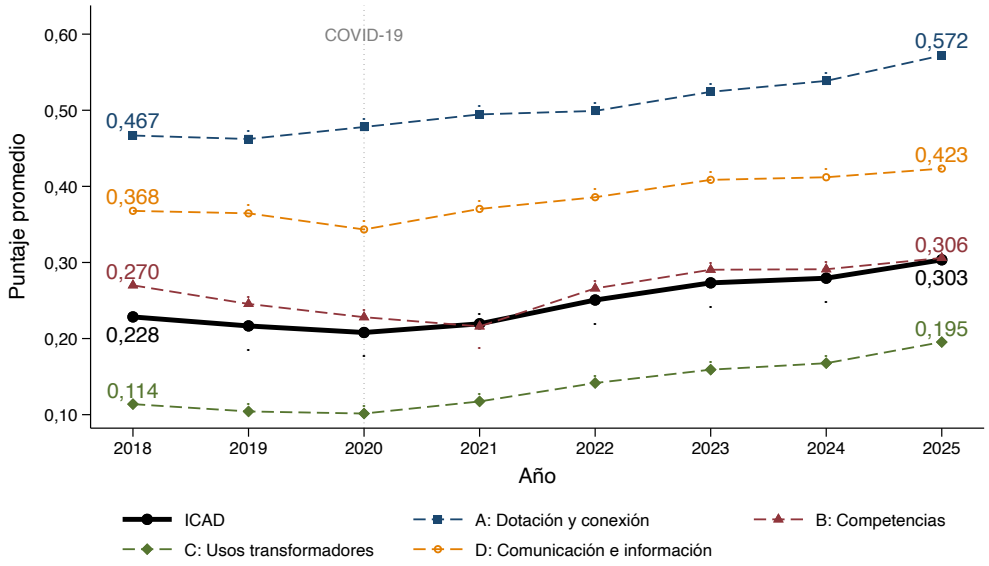
Este hallazgo resulta coherente con el marco conceptual propuesto en el artículo. La elevada participación de las dimensiones asociadas a la dotación y a los usos de comunicación e información, en contraste con la reducida contribución de los usos transformadores, sugiere que la expansión del acceso y de los usos más básicos de las tecnologías digitales no se ha traducido plenamente en una generalización de los usos con mayor potencial económico y productivo.

3. Resultados del ICAD

El Gráfico 1 muestra la evolución del ICAD entre 2018 y 2025. Su nivel aumentó en este período 32,8 %, al pasar de 0,228 a 0,303. A una fase de relativo estancamiento hasta 2021 le sigue una aceleración sostenida desde 2022. Este cambio coincide temporalmente con la consolidación de los procesos de digitalización tras la pandemia, que aceleró la adopción de herramientas digitales en ámbitos como la educación, el trabajo, el comercio y los servicios financieros; y la rápida difusión de la inteligencia artificial generativa a partir de finales de 2022. Aunque los datos utilizados no permiten identificar causalmente el efecto de estos fenómenos, la coincidencia temporal resulta consistente con el incremento observado en las dimensiones de competencias digitales y usos transformadores durante los años recientes. No obstante, la interpretación de la trayectoria temporal debe considerar el cambio de universo de la pregunta de competencias digitales (Dimensión B) introducido por la ECV en 2022. Como se muestra en el Cuadro A.1 del Apéndice A, al excluir la dimensión afectada, el crecimiento acumulado del período aumenta de 32,8 % a 36,4 % y el balance para 2018–2021 pasa de una variación negativa a una positiva.

El análisis por dimensiones muestra que la dotación y la conexión efectiva (A) alcanzan el promedio más alto del período (0,506). Los usos de comunicación e información (D) siguen con 0,385, lo que indica que la sociabilidad y el consumo de información mediados por tecnología tienen bajas barreras de entrada. En contraste, los usos transformadores (C) promedian 0,139 y las competencias que los habilitan (B) 0,265. La apropiación digital en Colombia es generalizada en sus usos básicos y escasa en aquellos que generan valor económico.

Gráfico 1. Evolución del ICAD y sus dimensiones, 2018–2025



Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$. El ICAD (línea continua) es la agregación CES de las cuatro dimensiones y no su promedio simple, por lo que no necesariamente se ubica entre ellas.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

3.1. Brechas de apropiación digital

El Cuadro 3 presenta el ICAD y sus cuatro dimensiones según sexo, área de residencia, nivel educativo y grupo de edad. La brecha asociada al nivel educativo es la más amplia, seguida por las brechas etaria y por área de residencia, mientras que las diferencias por sexo son comparativamente menores. Las subsecciones siguientes examinan estas brechas en detalle.

Cuadro 3. ICAD y dimensiones por subgrupos, promedio del período 2018–2025

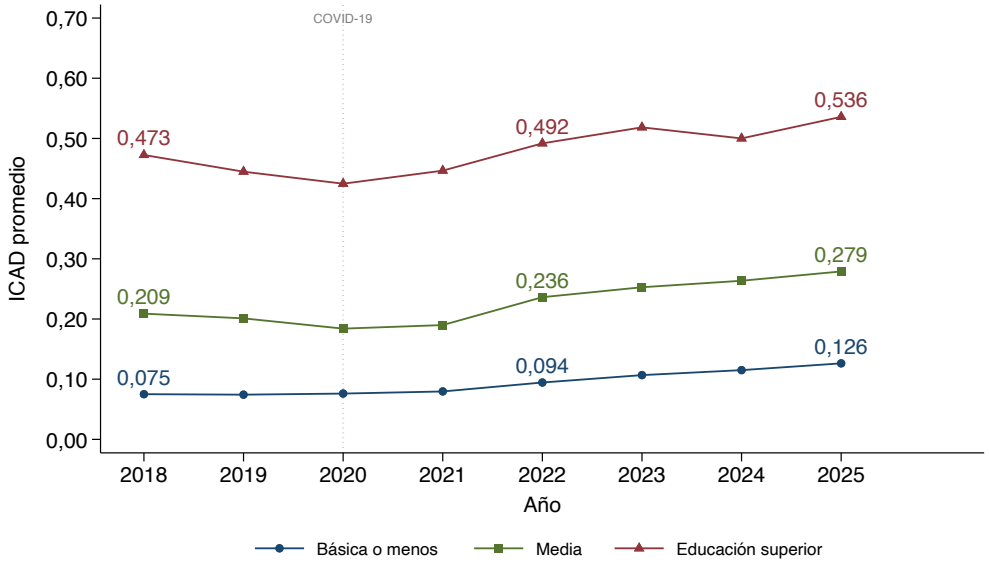
Subgrupo	A. Dotación y conexión	B. Competencias digitales	C. Usos transformadores	D. Comunicación e información	ICAD
Por sexo					
Hombres	0,503	0,270	0,142	0,387	0,251
Mujeres	0,508	0,260	0,135	0,384	0,246
Por área de residencia					
Cabecera	0,550	0,311	0,164	0,432	0,286
Centro poblado o rural	0,349	0,100	0,048	0,218	0,117
Por nivel educativo					
Básica o menos	0,357	0,053	0,031	0,196	0,093
Media	0,535	0,222	0,102	0,417	0,229
Educación superior	0,680	0,599	0,324	0,613	0,481
Por grupo de edad					
15 a 19 años	0,532	0,402	0,157	0,459	0,313
20 a 64 años	0,530	0,281	0,153	0,415	0,267
65 años o más	0,341	0,060	0,038	0,148	0,089
Total	0,506	0,265	0,139	0,385	0,248

Notas: Especificación CES con las ponderaciones teóricas del Cuadro 2.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

3.1.1. Brechas educativas

Las brechas más pronunciadas de apropiación digital se asocian al nivel educativo. El Gráfico 2 muestra un gradiente monótono y creciente; un mayor nivel educativo corresponde a un mayor nivel de apropiación digital. En promedio, el ICAD de las personas con educación superior (0,481) es 5,2 veces superior al de quienes no superaron la educación básica (0,093), y al de quienes alcanzaron la educación media (0,229) lo multiplica por 2,1. A pesar de que las categorías registran avances a partir de 2022, el ordenamiento entre niveles educativos permanece inalterado y las distancias entre ellos persisten, lo que sugiere que la expansión de la apropiación digital ha ocurrido sobre una estructura educativa preexistente de desigualdad.

Gráfico 2. Evolución del ICAD por nivel educativo, 2018–2025

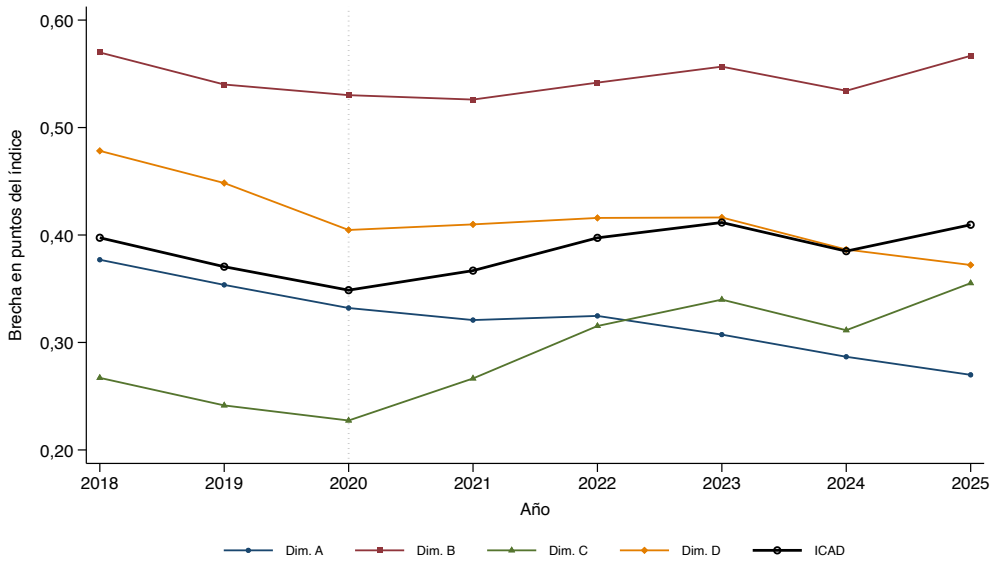


Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$. Se reportan los valores de 2018, 2022 y 2025. El nivel educativo se define en las notas del Cuadro 1.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Los Gráficos 2 y 3 muestran además que la composición de la brecha educativa ha cambiado durante el período analizado. Aunque las diferencias siguen siendo amplias, las brechas asociadas a la dotación y conexión efectiva (Dimensión A) y a los usos de comunicación e información (Dimensión D) se redujeron entre 2018 y 2025. En particular, la razón entre las personas con educación superior y aquellas con educación básica o menos pasó de 2,25 a 1,62 en la Dimensión A y de 4,00 a 2,53 en la Dimensión D. Un patrón distinto se observa en las dimensiones asociadas con el aprovechamiento más intensivo de las tecnologías digitales. En competencias digitales (Dimensión B), las personas con educación superior registran en 2025 niveles cerca de 9,5 veces superiores a los observados entre quienes no superaron la educación básica, mientras que en usos transformadores (Dimensión C) la relación alcanza 7,8 veces. No obstante, estas diferencias relativas se han reducido respecto a 2018. Al mismo tiempo, la brecha absoluta en usos transformadores aumentó durante el período, pasando de 0,267 a 0,355 puntos. Este resultado indica que, aunque los grupos con menor nivel educativo avanzaron más rápido en términos proporcionales, el crecimiento de los grupos con mayor educación fue suficiente para ampliar la distancia en niveles absolutos. En consecuencia, las brechas educativas tienden a reducirse en

términos relativos, mientras que en términos absolutos siguen siendo elevadas e incluso aumentan en algunas dimensiones del margen intensivo.

Gráfico 3. Evolución de la brecha del ICAD por nivel educativo (educación superior − básica o menos), 2018–2025



Notas: Brecha expresada en puntos del índice. Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

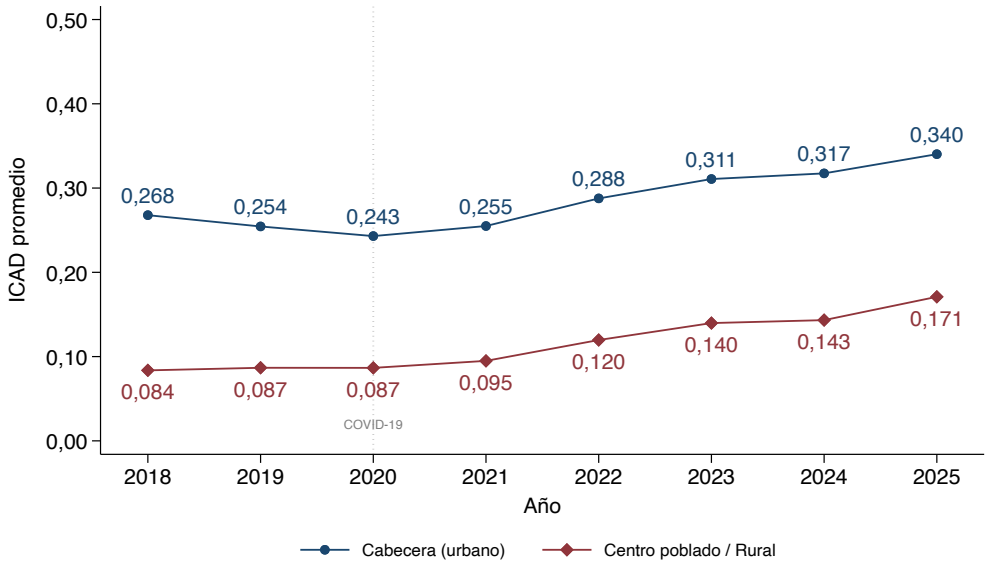
Estos hallazgos sugieren que la expansión de la conectividad y de los usos digitales más básicos ha beneficiado a todos los niveles educativos, pero que las actividades con mayor potencial para generar aprendizaje, productividad e inclusión económica permanecen concentradas entre las personas con mayores niveles de formación. Este patrón es consistente con la literatura económica reciente, que identifica la educación como uno de los principales determinantes de la adopción y el aprovechamiento efectivo de las tecnologías digitales, no solo porque facilita el desarrollo de competencias digitales específicas, sino también porque fortalece las capacidades cognitivas necesarias para convertir el acceso tecnológico en ganancias de productividad, aprendizaje y bienestar (Goldfarb y Tucker, 2019; OECD, 2023).

En este sentido, la digitalización complementa el capital humano acumulado (Sección 2). Asimismo, diversos estudios muestran que la expansión de la conectividad y de los dispositivos digitales no elimina automáticamente las desigualdades existentes, ya que las diferencias en habilidades, conocimientos y capacidad de uso continúan reproduciendo brechas significativas en los resultados asociados a la digitalización (van Deursen y van Dijk, 2019; World Bank, 2023). Los patrones observados en el ICAD son consistentes con este mecanismo, aunque deben interpretarse con cautela, dado que las diferencias descriptivas por nivel educativo también reflejan la influencia de factores estrechamente correlacionados, como la edad, el ingreso y el lugar de residencia. Por tanto, las brechas presentadas en esta subsección no pueden atribuirse exclusivamente a la educación. No obstante, en la Sección 5 se muestra que la asociación entre educación y apropiación digital persiste aun después de controlar por estas características, aunque con una magnitud menor que la observada en las comparaciones incondicionales. En conjunto, los resultados sugieren que el avance generalizado de la apropiación digital coexiste con una persistente estratificación educativa en la distribución de sus beneficios.

3.1.2. Brechas urbano-rural

El Gráfico 4 muestra la existencia de importantes brechas territoriales en la apropiación digital. A lo largo del período analizado, los habitantes de las cabeceras municipales registran niveles de ICAD significativamente más altos que los observados en los centros poblados y las zonas rurales. Si bien ambos grupos muestran mejoras sostenidas a partir de 2022, las diferencias entre ellos persisten. En promedio, el ICAD urbano más que duplica al rural (0,286 frente a 0,117).

Gráfico 4. Evolución del ICAD por área de residencia, 2018–2025



Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$. Cabecera corresponde al área urbana de la cabecera municipal y centro poblado o rural agrupa los centros poblados y el rural disperso, según la clasificación de la ECV.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

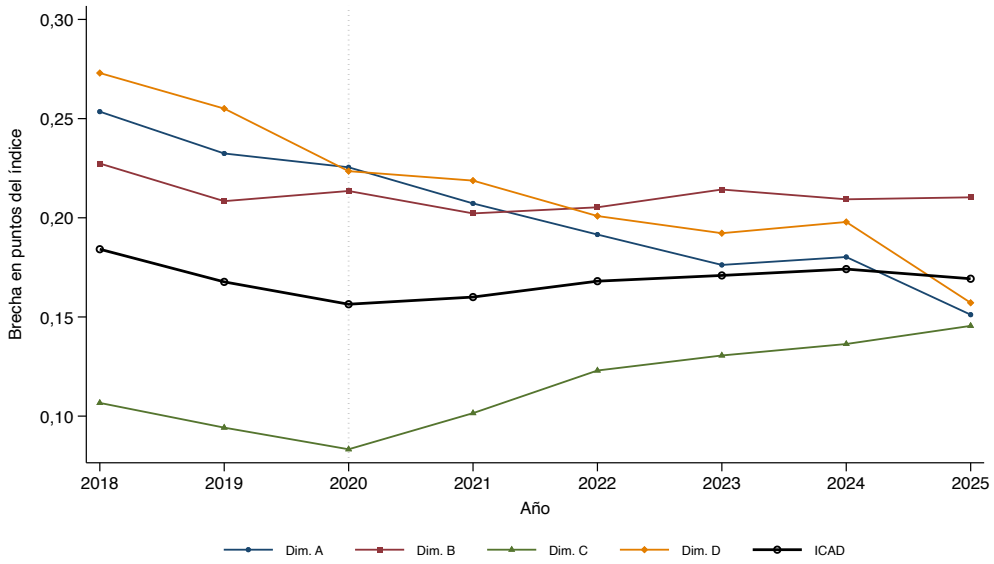
La brecha territorial identificada por el ICAD es consistente con la reportada por otros índices. Por un lado, el Índice de Pobreza Digital reporta una incidencia de 65,5 % en el área rural frente a 29,9 % en la urbana (Departamento Nacional de Planeación, 2025), mientras que el Estudio de Apropiación Digital sitúa su índice en 0,23 en lo rural y 0,34 en lo urbano (Centro Nacional de Consultoría y CAF–Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2025).

Este hallazgo refuerza la evidencia reportada en estudios sobre desigualdades digitales entre áreas urbanas y rurales. En particular, Whitacre, Gallardo, y Strover (2014) documentan que, en los condados rurales de Estados Unidos, los beneficios económicos de la banda ancha provienen de su adopción y no de su mera disponibilidad. Por su parte, Salemink, Strijker, y Bosworth (2017), en una revisión de la literatura para países avanzados, encuentran que las zonas rurales enfrentan desventajas persistentes en infraestructura, adopción y uso, asociadas en parte a menores niveles de educación y habilidades. Recientemente, Boerkamp et al. (2024) concluyen que los hogares de menores ingresos (que se concentran en zonas rurales) presentan mayores dificultades para convertir la conectividad en oportunidades educativas, laborales y de bienestar.

Los Gráficos 4 y 5 sugieren además que la naturaleza de la brecha urbano-rural ha cambiado durante el período analizado. Aunque la diferencia en apropiación digital sigue siendo considerable, la reducción observada corresponde principalmente a la brecha relativa entre zonas urbanas

y rurales. En términos absolutos, las diferencias se mantienen estables durante los últimos años, mientras que la razón urbano-rural disminuye de manera sostenida, especialmente después de 2021. Una desagregación por dimensiones muestra que el mayor cierre se observa en la dotación y conexión efectiva (Dimensión A), cuya razón urbano-rural pasa de 1,95 a 1,33 entre 2018 y 2025. En términos relativos, las disparidades en competencias digitales (Dimensión B) y, sobre todo, en usos transformadores (Dimensión C) permanecen más elevadas. Si bien el Gráfico 5 muestra que la brecha absoluta en la Dimensión C es menor que la observada en la Dimensión B, las diferencias proporcionales siguen siendo más pronunciadas debido a los menores niveles alcanzados en las zonas rurales en esa dimensión. En 2025, los niveles de competencias digitales en las cabeceras municipales equivalen a 2,5 veces los observados en las zonas rurales, mientras que los usos transformadores equivalen a 2,8 veces los registrados en estas últimas. Este patrón sugiere que la expansión de la conectividad ha contribuido a reducir las brechas de acceso, pero ha tenido un efecto más limitado sobre las capacidades y los usos productivos.

Gráfico 5. Evolución de la brecha del ICAD por área de residencia (cabecera − centro poblado o rural), 2018–2025



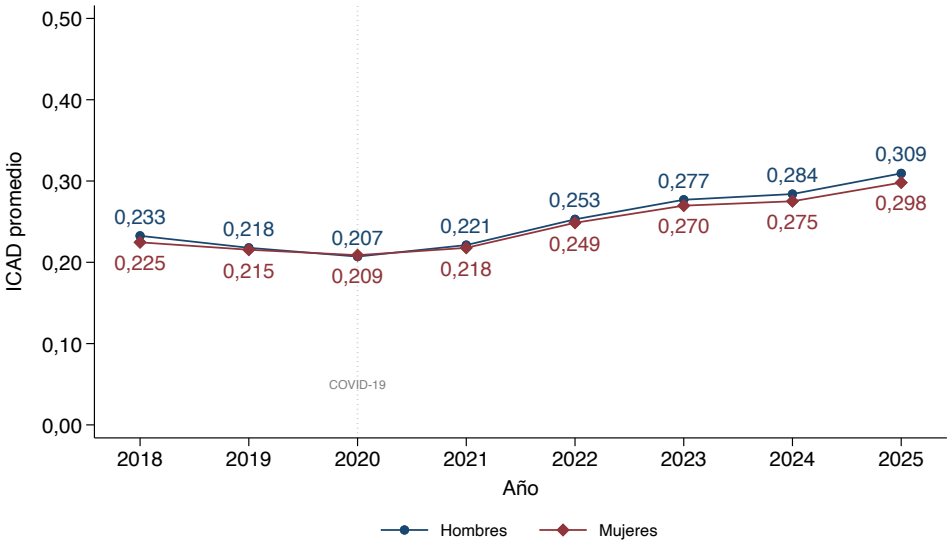
Notas: Brecha expresada en puntos del índice. Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Este resultado es consistente con la literatura sobre brecha digital de segundo y tercer nivel, según la cual, a medida que el acceso se generaliza, las diferencias tienden a concentrarse en las habilidades digitales, los usos avanzados y los beneficios obtenidos de la tecnología (Scheerder et al., 2017). Como los beneficios de la conectividad dependen de su adopción y no de su sola disponibilidad (Whitacre et al., 2014), la infraestructura digital por sí sola resulta insuficiente para cerrar las brechas entre áreas urbanas y rurales. Por tanto, la reducción de las brechas digitales territoriales requiere intervenciones que combinen infraestructura, formación de capital humano, desarrollo de habilidades digitales y fortalecimiento institucional, especialmente en las zonas rurales.

3.1.3. Brechas por sexo

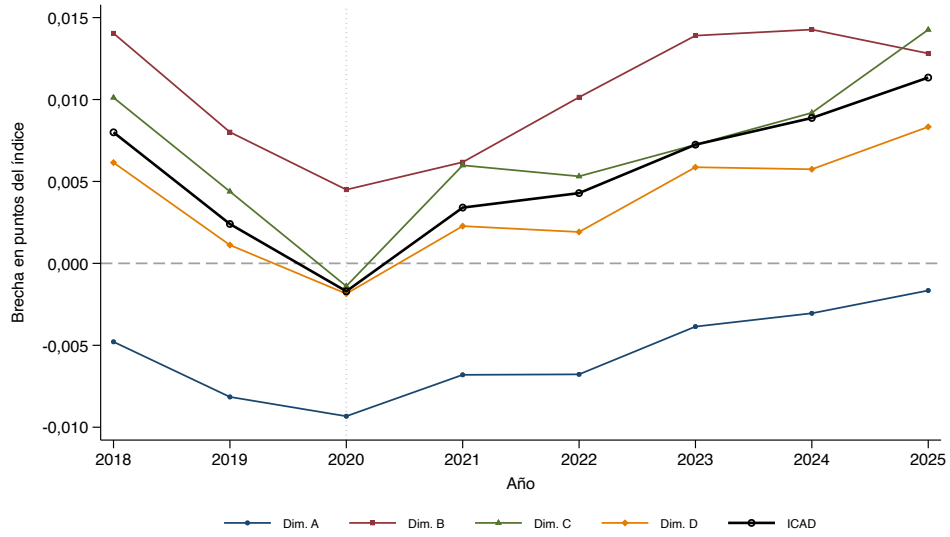
A diferencia de las considerables disparidades territoriales y educativas, las diferencias por sexo en los niveles de apropiación digital son reducidas (Gráficos 6 y 7). En promedio, el ICAD de los hombres supera al de las mujeres en apenas 0,005 puntos durante el período analizado. Sin embargo, la evolución temporal muestra que la brecha, que venía reduciéndose, empieza a ampliarse en favor de los hombres, pasando de −0,0017 puntos en 2020 a 0,0113 puntos en 2025[4].

Gráfico 6. Evolución del ICAD por sexo, 2018–2025



Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Gráfico 7. Evolución de la brecha del ICAD por sexo (hombres − mujeres), 2018–2025



Notas: Brecha expresada en puntos del índice. Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

[4]La ampliación de la brecha se mantiene si la Dimensión B se calcula en todos los años solo para quienes usan computador o tableta (el criterio de la ECV hasta 2021) y si el índice excluye esa dimensión (Apéndice A.3).

Una desagregación por dimensiones muestra que la brecha se concentra principalmente en competencias digitales y usos transformadores. En 2025, por ejemplo, los hombres registran niveles de competencias digitales 4,3 % superiores a los de las mujeres y niveles de usos transformadores 7,6 % más altos. En contraste, en dotación y conexión efectiva las mujeres registran niveles iguales o ligeramente superiores a los de los hombres, con diferencias que no superan el 2 % en ningún año.

Los resultados obtenidos están en línea con la evidencia reportada por la literatura reciente que señala que las brechas de género tienden a desplazarse desde el acceso hacia las competencias, los usos avanzados y los beneficios obtenidos del uso de las tecnologías. A medida que el acceso a internet se universaliza, las diferencias más relevantes aparecen en la capacidad para utilizar las tecnologías en actividades educativas, económicas y laborales (OECD, 2024).

La dinámica observada después de 2020 es compatible con esta interpretación. La pandemia impulsó una rápida digitalización de actividades cotidianas y redujo algunas diferencias asociadas al acceso y al uso básico. No obstante, en los años posteriores la apropiación digital comenzó a depender cada vez más de competencias y usos especializados, donde las diferencias entre hombres y mujeres muestran una tendencia moderada a ampliarse. Aunque la magnitud de estas brechas sigue siendo pequeña en comparación con las presentadas por nivel educativo, grupo etario o área de residencia, los resultados sugieren que las desigualdades entre hombres y mujeres en la economía digital colombiana se concentran cada vez más en los usos productivos de la tecnología.

3.1.4. Brechas por grupos etarios

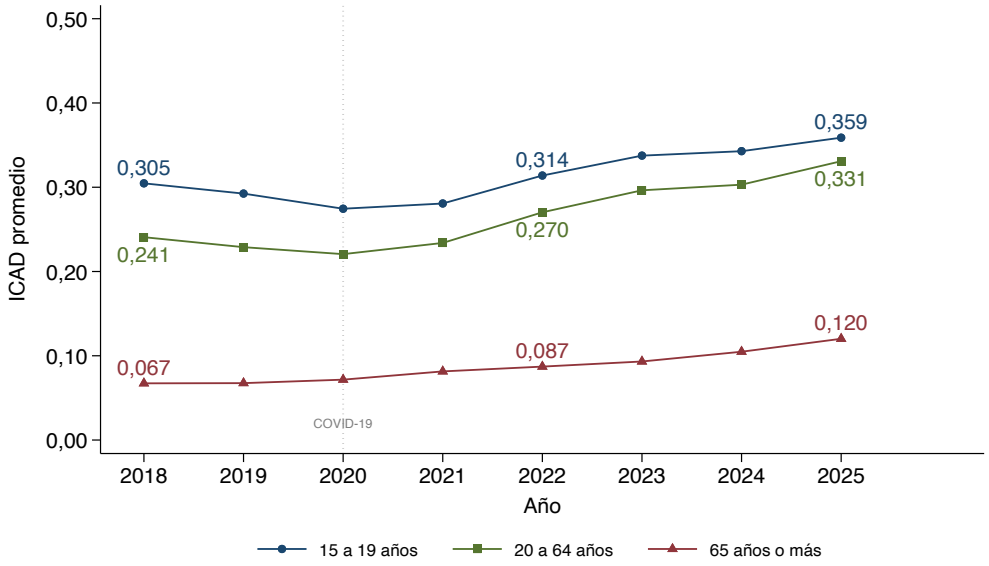
Para este análisis, la población se agrupó en tres rangos etarios: 15 a 19 años, 20 a 64 años y 65 años o más. El Gráfico 8 presenta la evolución del ICAD para cada grupo. A lo largo de todo el período, los niveles más altos de apropiación digital se observan entre los jóvenes de 15 a 19 años, seguidos por la población de 20 a 64 años, mientras que las personas de 65 años o más registran valores inferiores. El ICAD de la población entre 20 y 64 años muestra una tendencia de acercamiento a los niveles observados entre los jóvenes de 15 a 19 años. No obstante, dado que la medición de las competencias digitales experimentó una modificación a partir de 2022, la reducción observada en la brecha podría reflejar cambios en la cobertura de las preguntas utilizadas para construir la Dimensión B[5].

Estas diferencias no se distribuyen de manera uniforme entre las distintas dimensiones del índice. En la dimensión de dotación y conexión efectiva, las personas de 65 años o más alcanzan un valor promedio de 0,341, frente a 0,530 en el grupo de 20 a 64 años, una razón de 1,6. Sin embargo, la distancia se amplía notablemente en la dimensión de competencias digitales, donde los valores correspondientes son 0,060 y 0,281, respectivamente, lo que equivale a una razón de 4,7 (en el Apéndice C, Cuadros C.1 a C.4, se presentan las dimensiones del ICAD por grupo etario). No obstante, esta conclusión debe interpretarse con cautela, ya que la Dimensión B asigna un valor de cero a las personas que no superan los filtros previos de uso de dispositivos o internet, por lo que su promedio refleja simultáneamente diferencias en habilidades digitales y en acceso o uso efectivo de las tecnologías. En consecuencia, la mayor brecha observada en esta

[5]La convergencia se mantiene tanto si la Dimensión B se calcula en todos los años solo para quienes usan computador o tableta como si se excluye esa dimensión (Apéndice A.3). Entre 2018 y 2025, la diferencia entre ambos grupos pasa de 0,064 a 0,028 en el índice principal, de 0,064 a 0,031 con ese criterio y de 0,038 a 0,003 sin la Dimensión B.

dimensión podría estar amplificada por las reglas de medición utilizadas[6].

Gráfico 8. Evolución del ICAD por grupo etario, 2018–2025



Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

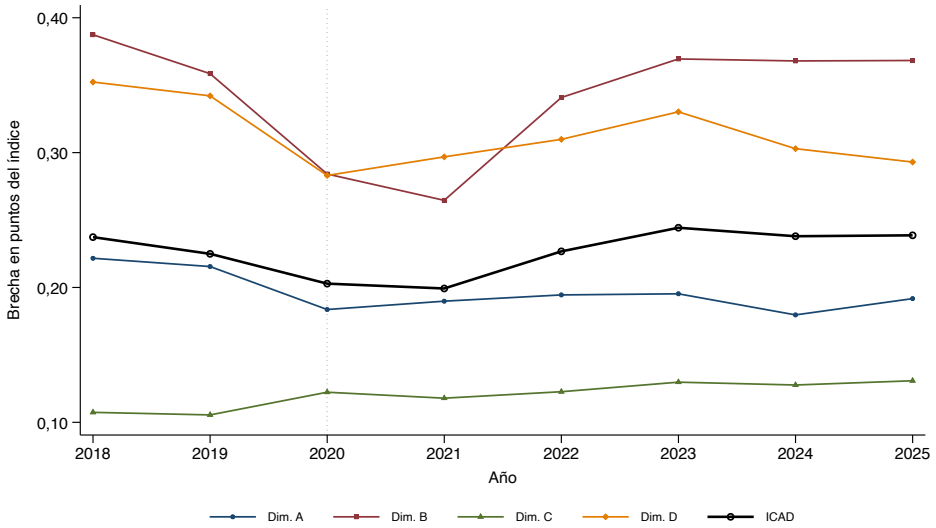
En cuanto a las diferencias entre grupos etarios, el Gráfico 9 permite identificar con mayor detalle las dimensiones que explican la brecha entre los jóvenes de 15 a 19 años y las personas de 65 años o más, entre quienes se observan las mayores disparidades. Aunque los adultos mayores registran avances en todas las dimensiones entre 2018 y 2025, las diferencias continúan siendo especialmente marcadas en las competencias digitales y en los usos de comunicación e información. Mientras la razón entre jóvenes de 15 a 19 años y mayores de 65 años en la dimensión de dotación y conexión efectiva se reduce de 1,78 a 1,47 durante el período, en competencias digitales permanece en niveles sustancialmente más altos, al pasar de 7,97 a 5,74[7]. Por su parte, la razón correspondiente a los usos transformadores disminuye de 5,31 a 3,14, lo que indica un acercamiento relativo entre ambos grupos. En consecuencia, las mayores brechas etarias en términos absolutos se observan en las competencias digitales y en los usos de comunicación e información. Estos resultados sugieren que la exclusión digital de las personas de 65 años o más se relaciona menos con la disponibilidad de dispositivos o conectividad y más con las habilidades y capacidades necesarias para aprovechar las oportunidades que ofrece el entorno digital.

Este patrón es consistente con la literatura sobre envejecimiento y desigualdades digitales. van Deursen y Helsper (2015a) muestran que las personas mayores enfrentan barreras relacionadas con las habilidades digitales, la experiencia previa y la confianza para utilizar tecnologías digitales, incluso cuando disponen de acceso a internet. En la misma línea, Scheerder et al. (2017) encuentran que las disparidades asociadas a la edad se manifiestan principalmente en las competencias adquiridas y en los beneficios derivados del entorno digital, más que en el acceso

[6]Si la Dimensión B se calcula en todos los años solo para quienes usan computador o tableta, la proporción de personas que supera el filtro de la pregunta es 3,5 veces mayor en el grupo de 20 a 64 años que en el de 65 años o más, mientras que el puntaje de la Dimensión B es solo 1,4 veces mayor.

[7]Si la Dimensión B se calcula en todos los años solo para quienes usan computador o tableta, esta razón pasa de 7,97 a 7,28, por lo que buena parte de su reducción refleja el cambio de universo de la pregunta (Apéndice A.3).

Gráfico 9. Evolución de la brecha del ICAD por grupo etario (15 a 19 años − 65 años o más), 2018–2025



Notas: Brecha expresada en puntos del índice. Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

propiamente dicho. Asimismo, van Deursen y van Dijk (2019) muestran que, incluso con acceso casi universal, persisten diferencias que se asocian con brechas en habilidades, usos y resultados. En consecuencia, cerrar las brechas digitales asociadas al envejecimiento requiere políticas que vayan más allá de la provisión de infraestructura y promuevan el desarrollo de competencias específicas entre la población mayor, especialmente en aquellas actividades con potencial para facilitar el acceso a servicios, fortalecer la inclusión financiera, fomentar la participación social y mejorar la calidad de vida.

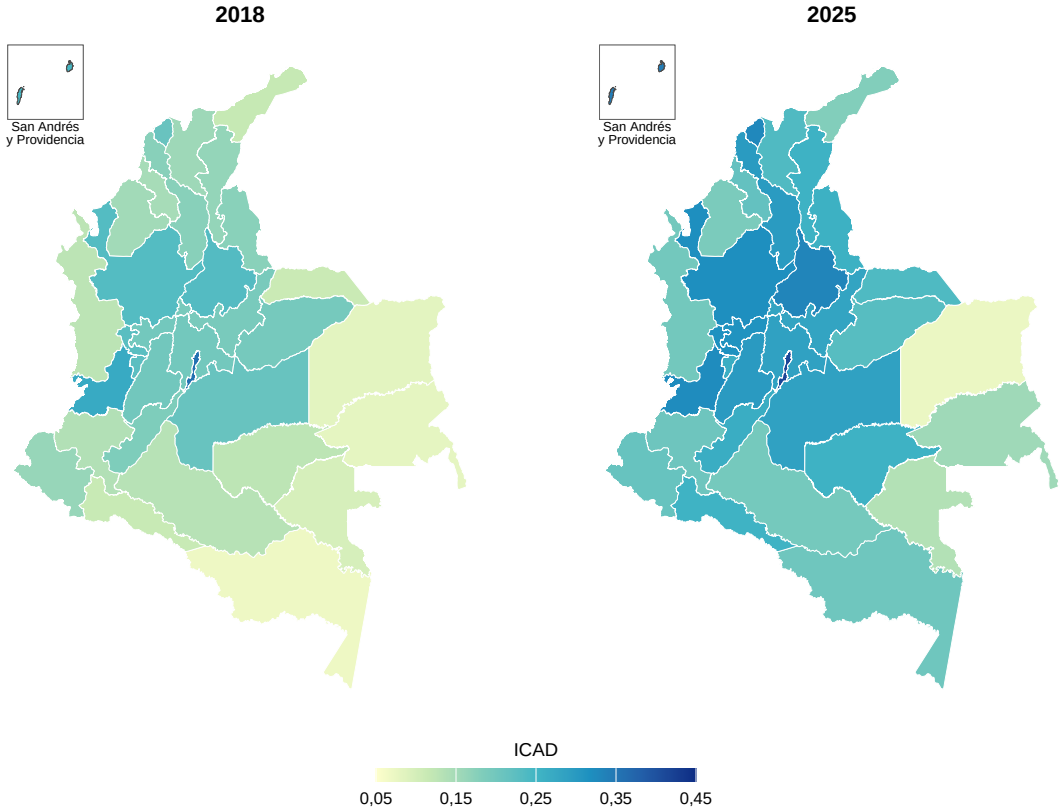
3.1.5. Brechas departamentales

Colombia presenta una marcada heterogeneidad territorial en los niveles de apropiación digital. El Mapa 1 muestra la distribución departamental del ICAD en 2018 y 2025 y revela que las diferencias regionales son persistentes a lo largo del período analizado. Los departamentos con mayores niveles de apropiación digital se concentran en las zonas más urbanizadas y con mayores niveles de desarrollo económico, mientras que varios departamentos de la Amazonía, la Orinoquía y la costa Pacífica registran los valores más bajos del índice.

En ambos años, Bogotá, Valle del Cauca, Santander, Antioquia y Risaralda se ubican entre los departamentos con mayores niveles de apropiación digital, mientras que Vichada, Vaupés, Guainía, Amazonas y otros territorios periféricos permanecen en los niveles inferiores de la distribución (véase el Apéndice D, Cuadro D.1). Este patrón sugiere que la expansión de las capacidades digitales ha ocurrido sobre una estructura territorial que mantiene diferencias importantes entre departamentos.

El mapa también evidencia que la apropiación digital aumentó en todo el país, excepto en Vichada, entre 2018 y 2025, aunque con intensidades diferentes según el territorio. Los mayores incrementos relativos se observan en varios departamentos que partían de niveles particularmente bajos al inicio del período, entre ellos Amazonas, Putumayo, Arauca, Guaviare y Guainía. A

Mapa 1. Distribución departamental del ICAD, 2018 y 2025



Notas: Promedios ponderados con el factor de expansión de la ECV. Población de 15 años o más. Especificación CES con $\rho = 0{,}5$.
Fuente: Elaboración de los autores con base en ECV-DANE 2018-2025.

pesar de estos avances, los departamentos con mayores niveles de apropiación digital continúan concentrándose en las regiones más urbanizadas, mientras que buena parte de la Amazonía, la Orinoquía y la costa Pacífica permanece rezagada.

Aunque algunos departamentos registraron crecimientos superiores al promedio nacional, los cambios en el ordenamiento territorial fueron relativamente limitados. La mayoría de los departamentos que ocupaban las posiciones más altas en 2018 permanecen entre los mejor ubicados en 2025, mientras que aquellos con menores niveles iniciales continúan concentrándose en la parte baja de la distribución. Una excepción destacada es Atlántico, que asciende de la novena a la cuarta posición durante el período, consolidándose entre los departamentos con mayores niveles de apropiación digital (Apéndice D, Cuadro D.1).

Los resultados muestran que la expansión de la apropiación digital ha sido generalizada entre los departamentos colombianos, pero también que persisten diferencias territoriales significativas en los niveles alcanzados. Estas disparidades sugieren la existencia de trayectorias departamentales diferenciadas, tema que se desarrolla en la siguiente sección.

4. Dinámica departamental de la apropiación digital

Los resultados de la sección anterior muestran que la apropiación digital presenta una marcada heterogeneidad territorial en Colombia. Aunque todos los departamentos, salvo Vichada, registraron avances durante el período analizado, persisten diferencias importantes en los nive-

les de apropiación digital asociados a factores como la educación, el ingreso, la urbanización y las condiciones de desarrollo económico. Asimismo, el análisis descriptivo sugiere que algunos territorios inicialmente rezagados experimentaron aumentos más rápidos que los observados en los departamentos líderes, mientras que otros mantuvieron niveles relativamente bajos a lo largo de todo el período.

Esta sección examina la evolución de dichas brechas mediante herramientas derivadas de la literatura de crecimiento regional y difusión tecnológica. En particular, se analiza si los departamentos inicialmente rezagados han tendido a acercarse a los de mayor apropiación digital y si las diferencias observadas muestran señales de reducción a lo largo del tiempo. Dado que el período de estudio comprende ocho años (2018-2025) y coincide con transformaciones excepcionales asociadas a la pandemia de COVID-19 y a la aceleración de la digitalización, los resultados deben interpretarse principalmente como evidencia sobre la dinámica reciente de las brechas territoriales y los procesos de ajuste observados entre departamentos, más que como una evaluación definitiva de la convergencia de largo plazo.

Con este propósito, la sección se organiza en tres partes. En primer lugar, se analiza la evolución de las brechas regionales mediante indicadores de dispersión y la comparación de los departamentos respecto a Bogotá. En segundo lugar, se estudia el ajuste dinámico de los departamentos utilizando un modelo que utiliza datos de panel, que permite evaluar la persistencia temporal de la apropiación digital y la velocidad con la que las regiones reducen sus diferencias y ajustan sus niveles de apropiación digital. Finalmente, se examina la heterogeneidad de las trayectorias departamentales, identificando los territorios que más avanzaron y aquellos donde las brechas permanecieron relativamente estables.

4.1. Evolución de las brechas departamentales

Durante el período de estudio (2018-2025), Bogotá se mantiene como área de referencia. Su ICAD crece un 15,3 % pasando de 0,358 a 0,413, mientras que el promedio del resto de departamentos avanza un 48,4 %, de 0,168 a 0,249, por lo que la brecha absoluta frente a la capital cae de 0,190 a 0,164 puntos ICAD (Cuadro 4)[8].

Al interior del resto de departamentos, en cambio, las dos medidas convencionales de dispersión apuntan en direcciones opuestas. El coeficiente de variación disminuye de 0,311 a 0,254, mientras que la desviación estándar en niveles aumenta de 0,052 a 0,063[9]. La coexistencia de ambos resultados indica, como señalan Friedman (1992) y Hart (1995), que las medidas relativas pueden sugerir una reducción de las disparidades incluso cuando las diferencias absolutas no disminuyen.

[8] Con el promedio del resto de departamentos ponderado por población, el ICAD pasa de 0,201 a 0,283 (+40,5 %) y la brecha frente a Bogotá se reduce de 0,157 a 0,131 (−16,9 %).

[9] Como el ICAD está acotado entre 0 y 1, su dispersión en niveles tiende a aumentar a medida que los departamentos se alejan del límite inferior, por lo que parte de este aumento puede ser mecánico.

Cuadro 4. Evolución de la dispersión departamental del ICAD, 2018–2025

Año	Niveles del ICAD			Dispersión entre departamentos		
	Bogotá D.C.	Resto de departamentos	Brecha absoluta	DE (niveles)	CV (niveles)	DE (logit)
2018	0,358	0,168	0,190	0,052	0,311	0,407
2019	0,330	0,160	0,170	0,051	0,317	0,439
2020	0,321	0,161	0,160	0,053	0,328	0,446
2021	0,365	0,163	0,202	0,055	0,334	0,457
2022	0,386	0,192	0,194	0,058	0,301	0,472
2023	0,419	0,208	0,211	0,059	0,284	0,453
2024	0,380	0,224	0,156	0,061	0,272	0,417
2025	0,413	0,249	0,164	0,063	0,254	0,394
Variación	+15,3 %	+48,4 %	−13,8 %	+21,0 %	−18,5 %	−3,2 %

Notas: La brecha absoluta es la diferencia entre el ICAD de Bogotá y la media del resto de departamentos. La DE y el CV excluyen a Bogotá D.C. ($n = 32$). La DE (logit) se calcula sobre $\ln(\text{ICAD}/(1 - \text{ICAD}))$ para neutralizar el acotamiento del índice.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

La última columna del Cuadro 4 reporta la dispersión calculada sobre la transformación logit del índice, de manera análoga al uso del logaritmo del ingreso en Barro y Sala-i-Martin (1992). Dado que la mayoría de los valores del ICAD departamental se concentra en la mitad inferior de la distribución, esta transformación aproxima una medida de dispersión relativa, comparable al coeficiente de variación. Bajo esta métrica, la evolución de la dispersión no es monotónica. Entre 2018 y 2022 aumenta de 0,407 a 0,472, pero a partir de ese año se reduce de forma sostenida hasta alcanzar 0,394 en 2025, un nivel inferior al observado al inicio del período. Así, las diferencias en niveles del ICAD aumentaron, mientras que las diferencias proporcionales entre departamentos se redujeron, lo que indica que los departamentos inicialmente rezagados avanzaron más rápido en términos relativos, aunque las diferencias en niveles absolutos no desaparecieron. La dispersión relativa se amplió durante los años de la pandemia y comenzó a reducirse posteriormente, acumulando una caída del 3,2 % entre 2018 y 2025.

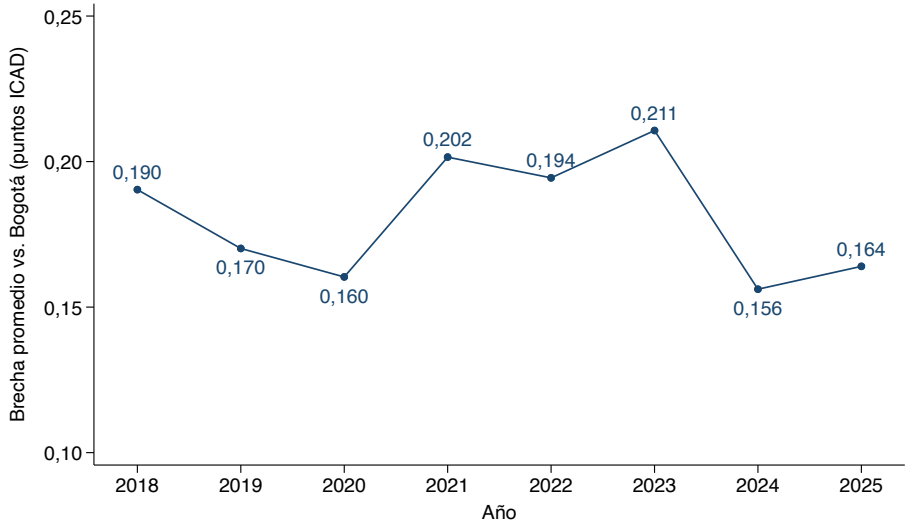
La brecha frente a Bogotá tampoco sigue una trayectoria lineal (Gráfico 10). Si bien se reduce de 0,190 a 0,164 puntos entre 2018 y 2025, presenta oscilaciones importantes a lo largo del período. Estas fluctuaciones son consistentes con el impacto diferencial que tuvieron la pandemia y la aceleración de la digitalización posterior a 2020 sobre la apropiación digital en los distintos departamentos.

4.2. Ajuste dinámico de los departamentos

Con el fin de analizar la dinámica de las brechas territoriales en apropiación digital, se estima un modelo de panel dinámico que permite evaluar simultáneamente la persistencia temporal del índice y la velocidad con la que los departamentos ajustan sus niveles de apropiación digital. Siguiendo la propuesta de Islam (1995), el modelo explota conjuntamente la variación temporal y transversal de los datos [10]. La inclusión del rezago de la variable dependiente permite examinar si las diferencias observadas entre departamentos tienden a persistir o, por el contrario, a reducirse con el tiempo. La especificación estimada es la siguiente:

[10] 33 departamentos × 7 años efectivos tras incorporar el rezago, para un total de 231 observaciones

Gráfico 10. Evolución de la brecha promedio departamental respecto a Bogotá, 2018–2025



Notas: La brecha es la diferencia entre el ICAD de Bogotá D.C. y la media simple del ICAD de los demás departamentos ($n = 32$). Las medias departamentales se ponderan con el factor de expansión de la ECV.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

$$\text{logit}(\text{ICAD}_{it}) = \rho \, \text{logit}(\text{ICAD}_{i,t-1}) + \delta_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \tag{3}$$

donde δ_t representa los efectos temporales comunes, (μ_i) los efectos específicos de cada departamento y ε_{it} el término de error. El coeficiente ρ mide el grado de persistencia temporal de la apropiación digital. Valores cercanos a uno indican que las diferencias observadas tienden a persistir en el tiempo, mientras que valores inferiores a uno reflejan un proceso de ajuste dinámico. En la especificación sin efectos fijos, este ajuste puede interpretarse como evidencia de convergencia absoluta entre departamentos. En cambio, cuando se incorporan efectos fijos, un valor de $\rho < 1$ indica que cada departamento tiende a retornar a su propia trayectoria o estado estacionario de largo plazo tras experimentar desviaciones transitorias, lo que corresponde a un proceso de convergencia condicional. Por tanto, en estas especificaciones el parámetro $\rho < 1$ no implica necesariamente una reducción de las brechas territoriales, las cuales pueden mantenerse incluso en presencia de ajuste dinámico. La velocidad anual de ajuste se calcula como $\lambda = -\ln(\rho)$, mientras que la vida media de una desviación viene dada por $\ln(2)/\lambda$. Se utiliza la transformación logit del ICAD para corregir el carácter acotado del índice en el intervalo $[0, 1]$.

El Cuadro 5 muestra que las estimaciones de $\hat{\rho}$ son inferiores a la unidad en las tres especificaciones. La columna (1) supone que todos los departamentos avanzan hacia un mismo estado de referencia; bajo este supuesto, el proceso es relativamente lento, con una velocidad cercana al 7,1 % anual. En contraste, las columnas (2) y (3) reconocen que cada departamento posee un nivel de referencia específico, determinado por factores como la educación, el ingreso y otras condiciones socioeconómicas. Así, $\hat{\rho}$ deja de medir la velocidad con que los departamentos se aproximan entre sí y pasa a reflejar la rapidez con que cada uno retorna a su senda de largo plazo tras experimentar una desviación transitoria. Desde esta perspectiva, la vida media de 1,2 años estimada en la columna (3) indica que los departamentos corrigen rápidamente los desvíos respecto de su trayectoria esperada, aunque continúan evolucionando en torno a niveles de apropiación digital que difieren entre ellos. No obstante, dado que el ICAD departamental se

construye a partir de estimaciones muestrales provenientes de la ECV, parte de las fluctuaciones observadas entre años puede reflejar variación muestral además de cambios reales en los niveles de apropiación digital. Por tanto, la velocidad de ajuste estimada debe interpretarse con cautela, ya que una fracción de la reversión observada podría estar asociada a error de medición en la variable rezagada y no exclusivamente a mecanismos de convergencia estructural.

Cuadro 5. Persistencia y ajuste dinámico del ICAD departamental, 2018–2025

	(1) MCO agrupado Incondicional	(2) Efectos fijos Condicional	(3) LSDVC Condicional
ICAD_{t-1} ($\hat{\rho}$)	$0{,}931^{***}$	$0{,}254^{**}$	$0{,}569^{***}$
	(0,034)	(0,122)	(0,119)
Coeficiente ($\hat{\rho}-1$)	−0,069	−0,746	−0,431
p-valor (H_0: $\rho=1$)	0,054	0,000	0,000
Velocidad λ (%/año)	7,1	—	56,5
Vida media (años)	9,7	—	1,2
Efectos fijos de año	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de departamento	No	Sí	Sí
Observaciones	231	231	231
Departamentos	33	33	33

Notas: Estimaciones de la ecuación (3). La columna (1) omite los efectos de departamento y evalúa una dinámica común de ajuste entre territorios, mientras que (2) y (3) incorporan heterogeneidad departamental mediante efectos fijos. En estas últimas especificaciones los coeficientes capturan la velocidad con que los departamentos ajustan sus niveles de apropiación digital hacia trayectorias territoriales diferenciadas. El estimador de efectos fijos (2) está sesgado por Nickell (1981), por lo que su velocidad no se reporta. El LSDVC (3) corrige ese sesgo (Bruno, 2005; Kiviet, 1995) y es el preferido dado el reducido número de unidades transversales (Judson y Owen, 1999). Errores estándar agrupados por departamento en (1) y (2) y por *bootstrap* por bloques de departamento con 500 repeticiones en (3). Los asteriscos corresponden a la hipótesis nula $\rho=0$. La fila "p-valor" reporta, en cambio, el contraste de $H_0:\rho=1$, que es el relevante para la convergencia. $^{***}p<0{,}01$, $^{**}p<0{,}05$.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

La velocidad de ajuste es mayor en las especificaciones que incorporan heterogeneidad departamental. Una vez se reconoce que cada territorio sigue una trayectoria de equilibrio propia, las desviaciones respecto a dicha trayectoria se corrigen con mayor rapidez. Este resultado sugiere que una parte importante de las diferencias observadas entre departamentos responde a factores de carácter estructural, tales como las dotaciones de capital humano, las condiciones económicas y las capacidades institucionales, mientras que otra parte corresponde a brechas transitorias que tienden a reducirse con el tiempo. En otras palabras, los departamentos muestran evidencia de ajuste hacia trayectorias territoriales diferenciadas, aun cuando las disparidades en niveles de apropiación digital no desaparecen completamente.

La elección del estimador se encuentra condicionada por el reducido número de unidades transversales de la muestra (N=33). Por esta razón, se privilegia la estimación obtenida mediante el estimador *Least Squares Dummy Variable Corrected* (LSDVC, columna 3), diseñado para corregir el sesgo de pequeña muestra presente en paneles dinámicos con efectos fijos. Los resultados obtenidos son consistentes entre especificaciones y sugieren la existencia de un proceso robusto de ajuste dinámico.

Estos resultados pueden interpretarse mejor en el contexto de la literatura sobre convergencia regional en Colombia. Como documenta Bonet (2026), la evidencia para el PIB per cápita departamental ha sido mixta y altamente sensible al período analizado y a la metodología empleada.

Mientras algunos estudios encuentran evidencia de convergencia, otros resaltan la persistencia de las disparidades regionales e incluso procesos de polarización económica. En contraste, existe un consenso más amplio respecto a la reducción de brechas en diversos indicadores sociales, entre ellos educación, capital humano, salud e índice de desarrollo humano, donde las regiones inicialmente rezagadas suelen registrar avances relativamente más rápidos que las más avanzadas.

La dinámica observada para la apropiación digital parece ubicarse más cerca de este segundo grupo de variables. La evidencia presentada muestra que los departamentos inicialmente rezagados han tendido a avanzar a un ritmo superior al de los territorios líderes y a reducir parcialmente su distancia frente a Bogotá. No obstante, este proceso no ha sido suficiente para eliminar las diferencias existentes en los niveles de apropiación digital.

En este sentido, la evidencia es consistente con un proceso de cierre parcial de brechas similar al documentado para otros indicadores de bienestar y desarrollo social, acompañado por la persistencia de diferencias significativas en los niveles de apropiación digital. Además, es coherente con la literatura sobre difusión tecnológica, que documenta una convergencia entre economías en los tiempos de adopción de nuevas tecnologías, aunque no en la intensidad de su uso (Comin y Mestieri, 2018).

4.3. Heterogeneidad en las trayectorias regionales

Los procesos de ajuste dinámico documentados en la subsección anterior reflejan un comportamiento promedio que oculta diferencias entre los departamentos. El Cuadro 6 ordena los departamentos de acuerdo con el cambio de su brecha con respecto a Bogotá entre 2018 y 2025.

Cuadro 6. Departamentos según cambio en la brecha respecto a Bogotá, 2018–2025

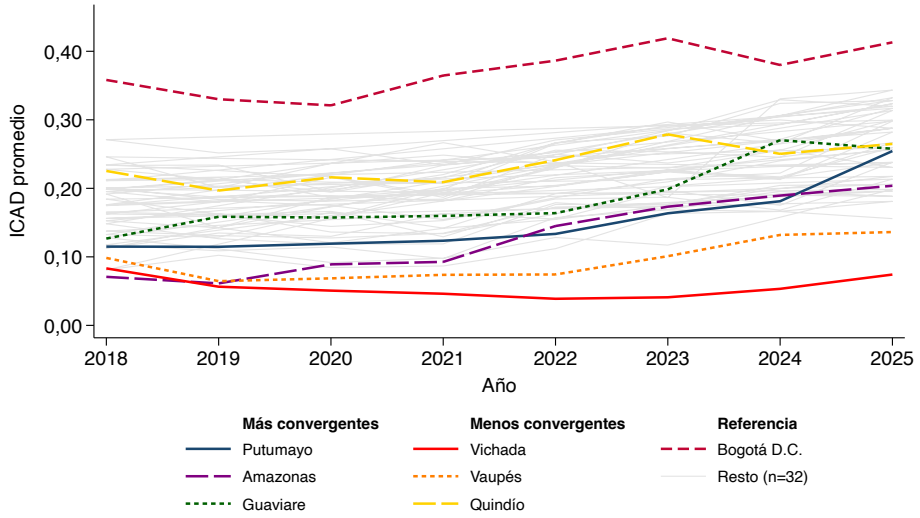
Departamento	ICAD 2018	ICAD 2025	Brecha 2018	Brecha 2025	Δ Brecha
Panel A. Los diez que más redujeron su brecha					
Putumayo	0,115	0,254	0,243	0,159	−0,085
Amazonas	0,071	0,204	0,287	0,209	−0,078
Guaviare	0,127	0,258	0,232	0,155	−0,076
Arauca	0,113	0,238	0,246	0,175	−0,071
Bolívar	0,176	0,298	0,182	0,115	−0,067
Atlántico	0,211	0,328	0,147	0,085	−0,062
Caldas	0,199	0,314	0,160	0,099	−0,060
Tolima	0,201	0,300	0,157	0,113	−0,044
Santander	0,234	0,332	0,124	0,081	−0,043
San Andrés	0,246	0,343	0,112	0,070	−0,043
Panel B. Los diez que menos la redujeron o la ampliaron					
Vichada	0,083	0,074	0,275	0,339	0,064
Casanare	0,195	0,231	0,163	0,182	0,020
Córdoba	0,153	0,188	0,206	0,225	0,019
Vaupés	0,098	0,136	0,260	0,277	0,017
Quindío	0,225	0,265	0,133	0,148	0,015
Nariño	0,163	0,213	0,196	0,200	0,004
Valle del Cauca	0,271	0,324	0,087	0,090	0,002
La Guajira	0,118	0,181	0,241	0,232	−0,008
Caquetá	0,132	0,196	0,226	0,217	−0,009
Cauca	0,138	0,206	0,221	0,207	−0,013

Notas: La brecha se define como la diferencia entre el ICAD de Bogotá D.C. y el del departamento en el año correspondiente. Valores negativos de Δ Brecha indican reducción de la distancia respecto de Bogotá.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Putumayo, Amazonas y Guaviare registran las mayores reducciones de la brecha frente a

Bogotá. Los tres partían de niveles relativamente bajos en 2018 y experimentaron una aceleración significativa a partir de 2021 (Gráfico 11).

Gráfico 11. Trayectorias del ICAD en Bogotá D.C. y departamentos seleccionados, 2018–2025



Notas: Medias departamentales ponderadas con el factor de expansión de la ECV. Las líneas grises corresponden a los demás departamentos. Se destacan Bogotá D.C., los tres que más redujeron su brecha (Putumayo, Amazonas y Guaviare) y tres de los que menos avanzaron (Vichada, Vaupés y Quindío), según el Cuadro 6.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Scheerder et al. (2017) muestran que las diferencias en educación y habilidades digitales son determinantes fundamentales de los beneficios que individuos y regiones obtienen de las tecnologías digitales. Es así como la difusión tecnológica alcanza a todos los departamentos sin eliminar las diferencias estructurales de capacidad de aprovechamiento, que son precisamente las que recogen las dimensiones intensivas del índice.

Además de los departamentos que partían de niveles bajos de apropiación digital, algunos de los que ocupaban posiciones relativamente favorables en 2018 también lograron reducir su distancia frente a Bogotá. Se destacan Atlántico, Caldas y San Andrés. En los tres casos, el avance no estuvo impulsado principalmente por la expansión de la dotación y la conectividad, sino por mejoras en las dimensiones intensivas del índice. Atlántico sobresale por el notable incremento de los usos transformadores, que aumentan más de 165 % entre 2018 y 2025, mientras que Caldas registra avances simultáneos en competencias digitales, usos transformadores y usos de comunicación e información. San Andrés, por su parte, muestra una recuperación significativa después de 2023, acompañada de mejoras en las competencias digitales y en los usos transformadores. En efecto, el proceso de reconstrucción de la isla tras los daños ocasionados por el huracán Iota en noviembre de 2020 pudo haber favorecido avances importantes en los niveles de apropiación digital. Estos resultados sugieren que los departamentos que ya contaban con niveles relativamente altos de acceso lograron seguir cerrando la brecha frente a Bogotá gracias a una utilización más intensiva y productiva de las tecnologías digitales (véase Apéndice D, Cuadros D.1 a D.5).

En contraste, Quindío y Valle del Cauca presentan una dinámica diferente. Aunque ambos departamentos mantienen niveles elevados de apropiación digital, su avance fue relativamente más lento que el observado en otros departamentos de referencia. En Quindío, el rezago relativo se explica principalmente por el estancamiento de las competencias digitales y por un crecimiento

moderado de los usos transformadores, especialmente a partir de 2022. Valle del Cauca, por su parte, mantiene una posición destacada a nivel nacional, pero registra incrementos relativamente modestos en las cuatro dimensiones del índice, lo que le impide conservar la ventaja relativa que exhibía al inicio del período. En ambos casos, el deterioro de su posición en el ordenamiento refleja más la aceleración observada en otros departamentos que una reducción absoluta de sus niveles de apropiación digital.

En síntesis, los resultados sugieren un proceso de convergencia parcial entre departamentos durante el período analizado. Los mayores avances corresponden a territorios que partían de niveles relativamente bajos de desarrollo digital, como Putumayo, Amazonas y Guaviare, que lograron reducir su distancia frente a Bogotá. En contraste, los departamentos con niveles iniciales más altos, como Quindío y Casanare, registraron incrementos más moderados, mientras que Vichada y Vaupés continuaron ocupando las posiciones más rezagadas. Aunque persisten diferencias importantes en los niveles del ICAD, la reducción observada de las brechas territoriales es consistente con la dinámica de ajuste descrita previamente y sugiere una disminución gradual de las disparidades digitales entre departamentos.

5. Factores asociados al ICAD

Como se señaló, la expansión de la apropiación digital en Colombia ha estado acompañada por importantes brechas territoriales, tanto en los niveles alcanzados como en las velocidades de crecimiento. Aunque los departamentos inicialmente más rezagados registran avances relativamente más rápidos y algunas diferencias se han reducido, persisten disparidades significativas en los niveles y las trayectorias de la apropiación digital. Asimismo, la heterogeneidad observada entre departamentos sugiere que estas diferencias responden a condiciones estructurales específicas de cada territorio. Por tanto, resulta pertinente analizar los factores asociados al ICAD, tanto a nivel individual como departamental, con el fin de identificar el papel que desempeñan variables como la educación, el ingreso, las características demográficas y las condiciones económicas locales en la configuración de las capacidades digitales de la población.

5.1. Factores asociados a nivel individual

5.1.1. Estrategia empírica

Para estimar la asociación entre el ICAD y un conjunto de características individuales, se estima la siguiente especificación:

$$E[\text{ICAD}_{it} \mid \mathbf{X}_{it}] = \Phi\big(\alpha + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}_{it} + \delta_t + \mu_d\big) \tag{4}$$

donde $ICAD_{it}$ es la variable dependiente para el individuo i en el año t; $\mathbf{X}_{it}$ corresponde al vector de variables explicativas para el individuo i en el año t (por ejemplo, educación, grupo etario, sexo, tamaño del hogar, ingreso, pertenencia étnica, condición laboral y área de residencia); δ_t representa los efectos fijos de año; μ_d denota los efectos fijos de departamento; y $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución normal estándar acumulada.

La ecuación 4 se estima mediante un modelo de respuesta fraccional de Papke y Wooldridge (1996) con función de enlace probit (*fracreg probit*). Además, se realizan dos ejercicios de robustez. En el primero se utiliza un modelo de fracción con enlace *logit*, y en el segundo, la estimación

se realiza por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) ponderado por los factores de expansión[11]. Todas las especificaciones incluyen efectos fijos de año, que capturan cambios comunes en el nivel del ICAD, pero no un cambio de medición que afecte de forma distinta a cada grupo, como el de la pregunta de competencias digitales en 2022. Los principales resultados se mantienen al corregir ese cambio[12]. Los errores estándar se estiman de forma robusta y se ajustan por agrupación a nivel de hogar. La muestra utilizada comprende 1.537.001 observaciones persona-año con información completa para todas las variables incluidas en el modelo, correspondientes a individuos de 15 años o más.

5.1.2. Resultados: Efectos marginales promedio

Las estimaciones se presentan en el Cuadro 7, que reporta los efectos marginales promedio obtenidos mediante los modelos de regresión fraccional tipo probit y logit, así como una especificación lineal por MCO como ejercicio de robustez. Las tres especificaciones coinciden en el signo y en la significancia de los coeficientes[13]. Las magnitudes, en cambio, difieren entre métodos, en parte porque MCO se pondera y los modelos fraccionales no, por lo que la robustez es cualitativa.

Los resultados muestran una asociación positiva entre la educación y la apropiación digital. A medida que aumenta el nivel educativo, también lo hace el nivel esperado del ICAD. En particular, según el probit fraccional (columna 1), las personas con educación superior presentan un nivel de apropiación digital 19,43 puntos porcentuales (pp) superior al de quienes no superaron la educación básica, categoría de referencia, mientras que quienes alcanzaron la educación media registran una ventaja de 8,43 pp[14]. Lo anterior sugiere que la apropiación digital constituye una capacidad fuertemente asociada con el capital humano acumulado. La literatura sobre desigualdades digitales ha mostrado que el acceso a internet representa apenas la primera etapa del proceso de inclusión digital, mientras que las competencias necesarias para utilizar las tecnologías de manera efectiva dependen de la acumulación de habilidades cognitivas y educativas (Scheerder et al., 2017). En este sentido, la educación no solo facilita el acceso a recursos tecnológicos, sino que también incrementa la capacidad de transformar dichos recursos en aprendizaje, productividad e ingresos.

El ingreso per cápita del hogar también presenta una asociación positiva y estadísticamente significativa con el ICAD. Aun después de controlar por nivel educativo y demás características observables, mayores niveles de ingreso se relacionan con mayores niveles de apropiación digital. Este resultado indica que los recursos económicos desempeñan un papel importante para financiar dispositivos, conectividad, servicios digitales y oportunidades de aprendizaje tecnológico. La

[11] Los modelos fraccionales se estiman sin ponderar, pues buscan relaciones condicionales y no promedios poblacionales (Solon, Haider, y Wooldridge, 2015); el MCO, las regresiones por cuantiles y la descomposición de Oaxaca-Blinder emplean los factores de expansión. Con ponderación, los efectos marginales del probit conservan su signo y significancia, salvo el del tamaño del hogar. El de la educación superior pasa de 0,194 a 0,234 y el de ser mujer, de 0,0064 a 0,0032.

[12] El modelo se estima también calculando la Dimensión B en todos los años solo para quienes usan computador o tableta, y excluyendo esa dimensión. Los efectos marginales de educación, ingreso, edad y condición laboral conservan su signo, su significancia y una magnitud similar (Apéndice A.3).

[13] Las excepciones son el tamaño del hogar, cuyo efecto es de magnitud reducida y bajo MCO ponderados es negativo y significativo solo al 10 %, y la pertenencia indígena, cuyo efecto no es significativo bajo MCO ponderados.

[14] Estos efectos son parciales, pues el modelo controla por el ingreso y la condición laboral, que pueden ser canales a través de los cuales opera la educación. Sin esos controles, los efectos de la educación superior y media son de 24,79 y 9,95 pp, respectivamente.

Cuadro 7. Factores asociados al ICAD a nivel individual

	(1) Frac. Probit EMP	(2) Frac. Logit EMP	(3) MCO pond. Coef.
Educación (ref. básica o menos)			
Media	0,0843***	0,0895***	0,0738***
	(0,0003)	(0,0003)	(0,0006)
Educación superior	0,1943***	0,1920***	0,2704***
	(0,0004)	(0,0004)	(0,0010)
Grupo de edad (ref. 15 a 19 años)			
20 a 64 años	−0,0416***	−0,0422***	−0,0445***
	(0,0004)	(0,0004)	(0,0012)
65 años o más	−0,1374***	−0,1447***	−0,1283***
	(0,0006)	(0,0007)	(0,0014)
Características demográficas			
Mujer	0,0064***	0,0053***	0,0048***
	(0,0002)	(0,0002)	(0,0006)
Log ingreso per cápita	0,0354***	0,0367***	0,0464***
	(0,0002)	(0,0002)	(0,0005)
Tamaño del hogar	0,0017***	0,0019***	−0,0005*
	(0,0001)	(0,0001)	(0,0003)
Pertenencia étnica (ref. sin autorreconocimiento)			
Indígena	−0,0169***	−0,0172***	−0,0000
	(0,0006)	(0,0007)	(0,0011)
Afrodescendiente	−0,0028***	−0,0029***	−0,0121***
	(0,0006)	(0,0006)	(0,0013)
Condición laboral (ref. inactivos)			
Ocupado formal	0,0590***	0,0582***	0,0890***
	(0,0004)	(0,0004)	(0,0011)
Ocupado informal	0,0217***	0,0235***	0,0319***
	(0,0003)	(0,0003)	(0,0008)
Buscando trabajo	0,0260***	0,0274***	0,0245***
	(0,0006)	(0,0006)	(0,0016)
Estudiando	0,1063***	0,1032***	0,1469***
	(0,0005)	(0,0005)	(0,0014)
Área de residencia (ref. centro poblado o rural)			
Cabecera municipal	0,0385***	0,0386***	0,0298***
	(0,0003)	(0,0003)	(0,0005)
Observaciones	1.537.001	1.537.001	1.537.001

Notas: Las columnas (1) y (2) reportan efectos marginales promedio (EMP) de modelos fraccionales de Papke y Wooldridge (1996), estimados sin ponderar; la columna (3), coeficientes de MCO ponderado por el factor de expansión. Errores estándar robustos agrupados por hogar entre paréntesis. Todas las especificaciones incluyen efectos fijos de año y departamento. $^{***}p < 0{,}01$, $^{**}p < 0{,}05$, $^{*}p < 0{,}10$.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

evidencia es consistente con los planteamientos del World Bank (2021) y la OECD (2024), según los cuales las restricciones económicas limitan la capacidad de los individuos para participar plenamente en la economía digital y aprovechar las oportunidades derivadas de la transformación tecnológica.

Los resultados también muestran la existencia de una brecha urbano-rural persistente. Incluso después de controlar por educación, ingreso y demás características observables, residir en una cabecera municipal aumenta significativamente el nivel esperado del ICAD. Sin embargo, la magnitud de esta diferencia es considerablemente menor que la brecha observada en las estadísticas descriptivas. Esto sugiere que gran parte de las desigualdades territoriales en apropiación digital reflejan diferencias en las dotaciones de capital humano y económico de la población, más que un efecto puramente geográfico.

En cuanto a la condición laboral, y tomando como grupo de referencia a la población inactiva, quienes se encuentran estudiando registran el mayor nivel esperado de apropiación digital (10,63 pp)[15], seguidos por los ocupados formales (5,90 pp). Por su parte, los ocupados informales y quienes buscan trabajo presentan efectos positivos de menor magnitud (2,17 y 2,60 pp, respectivamente). Estos hallazgos indican que la apropiación digital se encuentra asociada tanto a la inserción laboral como a la participación en procesos formativos. Específicamente, el empleo formal y la condición de estudiante presentan las asociaciones positivas más elevadas[16].

También se observan diferencias significativas asociadas a la pertenencia étnica. Las poblaciones indígenas y afrodescendientes presentan niveles inferiores de apropiación digital incluso después de controlar por educación, ingreso y localización. Las diferencias observadas podrían estar asociadas a mecanismos más amplios de desigualdad social y territorial. En contraste, el efecto asociado al sexo cambia de signo al pasar del análisis descriptivo al condicional. En el Cuadro 3 los hombres registran un ICAD levemente superior (0,251 frente a 0,246), pero una vez se controla por edad, educación, ingreso, condición laboral y área de residencia, las mujeres presentan un nivel esperado 0,64 pp superior.

5.1.3. Resultados: Regresión por cuantiles

Para explorar la heterogeneidad entre individuos o a lo largo de la distribución del ICAD, el Cuadro 8 presenta los resultados de una regresión por cuantiles estimada mediante el método de momentos de Machado y Santos Silva (2019) (MM-QR), que permite incorporar efectos fijos de año y departamento en muestras de gran tamaño[17].

Los resultados muestran una heterogeneidad significativa en la distribución del ICAD. En particular, la asociación entre educación y apropiación digital aumenta gradualmente hacia los cuantiles más altos. El coeficiente de educación superior pasa de 0,1437 en el percentil 10 a

[15] Parte de esta asociación es mecánica, pues el ICAD incluye el acceso a internet desde la institución educativa y desde el trabajo, y el uso de internet para educación. Al excluir esos tres ítems del índice, el efecto de estar estudiando se reduce a 5,43 pp, similar al de los ocupados formales (5,66 pp), mientras que los de educación, ingreso y área de residencia cambian poco.

[16] Si la Dimensión B se calcula en todos los años solo para quienes usan computador o tableta, o si se excluye esa dimensión (Apéndice A.3), el efecto de estar estudiando es de 10,98 y 9,58 pp, respectivamente, frente a 10,63 pp en la estimación principal, y el de la educación superior, de 18,60 y 17,52 pp, frente a 19,43 pp.

[17] El MM-QR impone una estructura de localización y escala, por lo que la monotonicidad de los coeficientes entre cuantiles es en parte una propiedad del modelo. Con regresiones por cuantiles sin esa restricción, estimadas sobre una submuestra aleatoria de 200.000 observaciones, el coeficiente de educación superior también crece a lo largo de la distribución, de 0,11 en p10 a 0,43 en p90. En los cuantiles bajos el modelo no garantiza que los cuantiles predichos respeten el mínimo del índice, por lo que los coeficientes de p10 y p25 deben leerse con cautela.

Cuadro 8. Factores asociados al ICAD por cuantiles condicionales, estimador MM-QR

	Cuantil condicional del ICAD				
	p10	p25	p50	p75	p90
Educación (ref. básica o menos)					
Media	0,0214***	0,0406***	0,0677***	0,1033***	0,1384***
	(0,0006)	(0,0006)	(0,0006)	(0,0009)	(0,0012)
Educación superior	0,1437***	0,1900***	0,2557***	0,3420***	0,4271***
	(0,0011)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0013)	(0,0017)
Grupo de edad (ref. 15 a 19 años)					
20 a 64 años	−0,0101***	−0,0226***	−0,0405***	−0,0639***	−0,0870***
	(0,0013)	(0,0012)	(0,0012)	(0,0015)	(0,0020)
65 años o más	−0,0718***	−0,0925***	−0,1218***	−0,1602***	−0,1981***
	(0,0015)	(0,0013)	(0,0013)	(0,0018)	(0,0024)
Características demográficas					
Mujer	0,0135***	0,0103***	0,0058***	−0,0002	−0,0061***
	(0,0006)	(0,0006)	(0,0006)	(0,0008)	(0,0010)
Log ingreso per cápita	0,0362***	0,0399***	0,0452***	0,0521***	0,0589***
	(0,0004)	(0,0004)	(0,0004)	(0,0006)	(0,0008)
Tamaño del hogar	0,0020***	0,0010***	−0,0003	−0,0020***	−0,0036***
	(0,0003)	(0,0003)	(0,0003)	(0,0004)	(0,0005)
Pertenencia étnica (ref. sin autorreconocimiento)					
Indígena	−0,0011	−0,0007	−0,0001	0,0006	0,0014
	(0,0011)	(0,0010)	(0,0011)	(0,0014)	(0,0019)
Afrodescendiente	−0,0097***	−0,0106***	−0,0118***	−0,0135***	−0,0151***
	(0,0012)	(0,0011)	(0,0012)	(0,0016)	(0,0022)
Condición laboral (ref. inactivos)					
Ocupado formal	0,0620***	0,0719***	0,0858***	0,1042***	0,1223***
	(0,0011)	(0,0010)	(0,0010)	(0,0013)	(0,0018)
Ocupado informal	0,0210***	0,0250***	0,0307***	0,0381***	0,0455***
	(0,0008)	(0,0007)	(0,0008)	(0,0010)	(0,0014)
Buscando trabajo	0,0214***	0,0225***	0,0241***	0,0262***	0,0283***
	(0,0015)	(0,0014)	(0,0015)	(0,0020)	(0,0028)
Estudiando	0,1563***	0,1529***	0,1480***	0,1416***	0,1352***
	(0,0016)	(0,0014)	(0,0014)	(0,0017)	(0,0023)
Área de residencia (ref. centro poblado o rural)					
Cabecera municipal	0,0127***	0,0189***	0,0278***	0,0394***	0,0509***
	(0,0005)	(0,0004)	(0,0005)	(0,0007)	(0,0009)
Efectos fijos de año y departamento	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones			1.537.001		

Notas: Estimador de regresión por cuantiles con efectos de momentos Machado y Santos Silva (2019), con efectos fijos absorbidos de año y departamento. Se reportan los coeficientes del componente de cuantil (*qtile*). Errores estándar robustos agrupados por hogar entre paréntesis. $^{***}p < 0{,}01$, $^{**}p < 0{,}05$, $^{*}p < 0{,}10$.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

0,4271 en el percentil 90, mientras que el de educación media aumenta de 0,0214 a 0,1384. También se muestra que la educación adquiere una importancia creciente en los niveles más altos de apropiación digital. Una vez superadas las barreras mínimas de acceso y uso básico, las diferencias educativas se traducen en ventajas cada vez mayores para el aprovechamiento de las tecnologías. Este patrón es coherente con la literatura sobre la tercera brecha digital desarrollada por van Deursen y Helsper (2015a) y Ragnedda (2017), según la cual las desigualdades más relevantes se desplazan progresivamente desde el acceso hacia la capacidad de generar beneficios económicos y sociales a partir de la tecnología.

El ingreso per cápita del hogar exhibe el mismo patrón ascendente, aunque de manera más moderada que la educación. Su coeficiente pasa de 0,0362 en el percentil 10 a 0,0589 en el percentil 90. Estos resultados no permiten identificar los mecanismos específicos mediante los cuales opera la asociación entre ingreso y apropiación digital.

La asociación entre residencia urbana y apropiación digital también se intensifica a lo largo de la distribución. El efecto de residir en una cabecera municipal aumenta de 0,0127 en el percentil 10 a 0,0509 en el percentil 90. Este resultado indica que la ventaja asociada al entorno urbano es relativamente reducida en los niveles bajos de apropiación digital y aumenta progresivamente a medida que se avanza hacia niveles más altos, donde las ciudades ofrecen mayores oportunidades para desarrollar capacidades digitales avanzadas y realizar usos más complejos de la tecnología.

Lo anterior es consistente con la evidencia obtenida mediante la descomposición Oaxaca-Blinder de la brecha urbano-rural (véase Apéndice E). Dicha descomposición atribuye el 81,3 % de la diferencia observada a desigualdades en las dotaciones observables, frente a un 38,0 % asociado a diferencias en los retornos y un -19,3 % al componente de interacción. La educación explica por sí sola el 45,8 % de la brecha total y el ingreso per cápita un 25,1 % adicional. Así, la brecha rural parece originarse principalmente en diferencias de capital humano y recursos económicos más que en la localización geográfica en sí misma.

En relación con las demás características, la brecha asociada a la población afrodescendiente se mantiene a lo largo de toda la distribución y se intensifica progresivamente hacia los cuantiles superiores, pasando de -0,0097 en el percentil 10 a -0,0151 en el percentil 90. En contraste, el efecto asociado a la población indígena no es estadísticamente significativo en ningún cuantil, al igual que en la estimación por MCO ponderados del Cuadro 7.

La asociación con el sexo presenta un comportamiento distinto. En los niveles más bajos de apropiación digital las mujeres registran niveles esperados superiores a los de los hombres, pero esta diferencia se reduce gradualmente a medida que se avanza en la distribución y termina invirtiéndose en los cuantiles superiores. Mientras que el coeficiente correspondiente a las mujeres es de 0,0135 en el percentil 10, alcanza un valor de -0,0061 en el percentil 90. De esta forma, la brecha a favor de las mujeres observada en los efectos marginales promedio se concentra principalmente en la parte inferior de la distribución, mientras que en los niveles más altos de apropiación digital se observa una leve brecha a favor de los hombres.

5.2. Factores asociados a nivel departamental

Esta sección analiza los factores asociados al ICAD a nivel departamental, con el fin de identificar los determinantes estructurales de su evolución y de la dinámica regional documentada en la Sección 4. Se emplea un modelo de panel dinámico que explota conjuntamente la variación

temporal y transversal de la información disponible[18].

La especificación estimada es la siguiente:

$$\text{ICAD}_{it} = \rho \cdot \text{ICAD}_{i,t-1} + \gamma' X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

donde $\mathbf{X}_{it}$ incluye un conjunto de características estructurales de los departamentos, que incluyen variables socioeconómicas, de conectividad digital, de capacidad institucional y de estructura productiva, para el departamento i en el año t; μ_i son efectos fijos departamentales y δ_t los efectos fijos de año. La estimación se realiza en niveles[19] mediante el estimador LSDVC de Bruno (2005) y Kiviet (1995)[20]. El panel es balanceado y comprende 33 departamentos durante ocho años (231 observaciones tras incorporar un rezago).

Las variables incluidas en $\mathbf{X}_{it}$ buscan capturar los principales factores asociados al ICAD departamental. En particular, se consideran variables relacionadas con el capital humano, como los años promedio de escolaridad. Asimismo, se incorpora el ingreso per cápita, que refleja la disponibilidad de recursos para financiar dispositivos, conectividad y procesos de aprendizaje digital. Por su parte, el porcentaje de hogares con internet fijo y la cobertura 4G representan la disponibilidad y calidad de la infraestructura digital. La inclusión de la tasa de urbanización permite capturar economías de aglomeración y ventajas de localización asociadas a una mayor oferta de servicios, conectividad y oportunidades de interacción digital. A su vez, el gasto del Sistema General de Participaciones (SGP) en educación per cápita se incorpora como una medida del esfuerzo público orientado a la formación de capacidades, mientras que el número de sucursales bancarias sirve como indicador del grado de desarrollo institucional y financiero del departamento. Por último, la composición sectorial de la economía departamental recoge diferencias en la estructura productiva que pueden influir en la intensidad y sofisticación de la demanda de tecnologías digitales.

El Cuadro 9 presenta los resultados de las estimaciones del panel dinámico departamental para el ICAD durante el período 2018–2025. Se consideran cuatro especificaciones que incorporan progresivamente controles socioeconómicos, educativos, de infraestructura, financieros y de estructura productiva, manteniendo efectos fijos de departamento y de año. Los resultados muestran, en primer lugar, una persistencia significativa de la apropiación digital. El coeficiente del ICAD rezagado es positivo y estadísticamente significativo en todas las especificaciones. En el modelo sin controles (Columna 1) alcanza 0,402, mientras que al incorporar las características departamentales se reduce y se estabiliza alrededor de 0,175. En la especificación completa (Columna 4), el coeficiente es 0,174, lo que sugiere que los niveles actuales de apropiación digital dependen parcialmente de los alcanzados en períodos anteriores, aunque una proporción importante de la persistencia inicialmente observada está asociada con las características socioeconómicas y estructurales incorporadas posteriormente al modelo.

[18] Dado que los estimadores dinámicos identifican los parámetros principalmente a partir de la variación temporal intradepartamental, el elevado nivel de apropiación digital de la capital no genera la influencia desproporcionada que justificó su exclusión de los ejercicios de dispersión territorial. Por esta razón, Bogotá puede incluirse en la estimación sin afectar de manera significativa las conclusiones del análisis.

[19] A diferencia de la Sección 4, se omite la transformación logit para que los coeficientes se lean directamente en unidades del ICAD. Al estimar la especificación completa con el logit del ICAD, la escolaridad se mantiene significativa al 1 %, el ingreso per cápita y las sucursales bancarias resultan significativos al 5 % y las demás variables continúan sin ser significativas.

[20] El LSDVC corrige el sesgo asociado al rezago de la variable dependiente, pero supone que los controles son estrictamente exógenos. Dado que variables como el ingreso o la infraestructura pueden responder a la propia apropiación digital, los coeficientes de $\mathbf{X}_{it}$ deben leerse como asociaciones condicionales y no como efectos causales.

Entre las características consideradas, la escolaridad promedio constituye el resultado más robusto. Su coeficiente es positivo y estadísticamente significativo al 1 % en todas las especificaciones en las que se incluye y permanece relativamente estable tras la incorporación de controles adicionales. En la especificación completa, un año adicional de escolaridad promedio está asociado con un aumento de aproximadamente 0,023 unidades en el ICAD. Este resultado es consistente con la hipótesis de que el capital humano desempeña un papel importante en los procesos de apropiación digital. Dado que tanto el ICAD como la escolaridad promedio se calculan a partir de la misma fuente de información para cada departamento y año, no puede descartarse completamente que parte de la asociación estimada refleje variaciones muestrales comunes entre ambas medidas. Al utilizar la escolaridad del año anterior, que proviene de una muestra independiente, el coeficiente se mantiene positivo, aunque se reduce y deja de ser estadísticamente significativo[21]. Asimismo, aunque las variables de infraestructura y conectividad no presentan coeficientes estadísticamente significativos en las especificaciones estimadas, los resultados no permiten descartar completamente su relevancia para la apropiación digital.

La tasa de urbanización, el ingreso per cápita, la proporción de hogares con internet fijo, la cobertura 4G, el gasto del SGP en educación per cápita y la disponibilidad de sucursales bancarias no presentan coeficientes estadísticamente significativos en las especificaciones estimadas. No obstante, dado que el modelo incorpora efectos fijos departamentales, los coeficientes se identifican exclusivamente a partir de la variación temporal dentro de cada departamento, mientras que las diferencias territoriales persistentes son absorbidas por dichos efectos. Por ende, para variables que evolucionan lentamente en el tiempo, como la urbanización o ciertos componentes de la infraestructura digital, la falta de significancia puede reflejar una limitada variación intradepartamental durante el período analizado, más que la ausencia de una asociación relevante con la apropiación digital. Una vez incorporada la composición sectorial de la economía departamental, las participaciones de la industria y de los otros sectores, con servicios como categoría de referencia, tampoco presentan coeficientes estadísticamente significativos (Columna 4).

[21] En la especificación completa, el coeficiente pasa de 0,0235 (error estándar de 0,0082) a 0,0142 (0,0086), con un valor p de 0,101. Parte de esta reducción puede obedecer a que la escolaridad rezagada mide con menor precisión la del año corriente.

Cuadro 9. Factores asociados al ICAD departamental: panel dinámico 2018–2025

	(1) Sin controles	(2) Base	(3) + Sucursales	(4) Completa (+ Sectores)
ICAD_{t-1}	0,4023***	0,1833***	0,1785***	0,1741***
	(0,0589)	(0,0684)	(0,0674)	(0,0674)
Tasa de urbanización		0,1021	0,0917	0,0802
		(0,2066)	(0,2145)	(0,2126)
Escolaridad promedio (años)		0,0234***	0,0230***	0,0235***
		(0,0082)	(0,0082)	(0,0082)
Log del ingreso per cápita		0,0214	0,0232	0,0235
		(0,0155)	(0,0162)	(0,0164)
Hogares con internet fijo (%)		0,0068	0,0086	0,0108
		(0,0205)	(0,0200)	(0,0196)
Cobertura 4G (% centros poblados)		0,0066	0,0065	0,0071
		(0,0176)	(0,0177)	(0,0179)
Log del gasto del SGP en educación per cápita		−0,0535	−0,0567	−0,0578
		(0,0422)	(0,0439)	(0,0441)
Sucursales bancarias por 10.000 habitantes			−0,0097	−0,0083
			(0,0240)	(0,0247)
Participación sectores productivos (ref. servicios)				
Industria (% del valor agregado)				−0,0016
				(0,0029)
Otros sectores (% del valor agregado)				0,0003
				(0,0007)
Efectos fijos de departamento	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de año	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	231	231	231	231
Departamentos	33	33	33	33

Notas: Estimaciones de la ecuación (5) sobre un panel balanceado de 33 departamentos entre 2018 y 2025. La variable dependiente es el ICAD departamental. Estimador LSDVC corregido por sesgo (Bruno, 2005; Kiviet, 1995), con estimador de arranque Blundell y Bond y errores estándar por *bootstrap* con 50 repeticiones (Judson y Owen, 1999). Las sucursales bancarias corresponden al total de oficinas de establecimientos de crédito por cada 10.000 habitantes. Las participaciones sectoriales se calculan sobre el valor agregado departamental a precios corrientes y suman 100. Con base en el valor agregado nacional del período, la industria manufacturera representa el 11,8 %; los servicios el 63,7 %; y los otros sectores el 24,5 %. Errores estándar entre paréntesis. $^{***}p < 0{,}01$, $^{**}p < 0{,}05$, $^{*}p < 0{,}10$.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025, CRC, Sistema General de Participaciones, Superintendencia Financiera de Colombia y cuentas nacionales departamentales del DANE.

En el caso del ingreso, la diferencia frente a los resultados obtenidos a nivel individual, donde esta variable presenta una asociación significativa con el ICAD, puede atribuirse a que la estimación departamental con efectos fijos se basa exclusivamente en la variación temporal del ingreso promedio dentro de cada departamento. Al agregar la información a este nivel se pierde la heterogeneidad observada entre hogares, y la variación remanente del ingreso medio departamental resulta relativamente reducida, lo que limita la precisión con la que puede estimarse su asociación con la apropiación digital.

Los resultados muestran que, una vez controladas las características departamentales no observadas y los choques comunes a cada período, la escolaridad presenta la asociación más significativa con la evolución de la apropiación digital durante el período analizado. Por tanto,

las políticas orientadas exclusivamente a ampliar la infraestructura digital difícilmente lograrán reducir las brechas territoriales si no están acompañadas por inversiones en educación, desarrollo de capacidades digitales e inclusión económica.

6. Portafolio digital y usos transformadores

La literatura sobre desigualdades digitales ha evolucionado desde una preocupación inicial por las diferencias en el acceso a las tecnologías hacia el estudio de las brechas en competencias, patrones de uso y beneficios derivados de la participación digital. Mientras los primeros trabajos se concentraron en identificar quiénes tenían acceso a internet, investigaciones posteriores mostraron que la capacidad para aprovechar las oportunidades digitales depende también de las habilidades de los usuarios y de las actividades que realizan en línea (Hargittai, 2002; DiMaggio et al., 2004). En este contexto, diversos autores han destacado que el uso de internet no constituye un fenómeno homogéneo. Blank y Groselj (2014), por ejemplo, distinguen entre cantidad de uso, variedad de actividades y tipos de uso, y argumentan que el análisis de las desigualdades digitales requiere examinar la composición de las actividades realizadas por los usuarios y no únicamente la intensidad de conexión. Desde esta perspectiva, los individuos desarrollan repertorios diferenciados de uso que reflejan tanto sus recursos socioeconómicos como las oportunidades a las que tienen acceso.

Esta sección se inscribe en dicha tradición analítica y utiliza el concepto de *portafolio digital* para referirse a la composición de las actividades digitales realizadas por los individuos y a la distribución de su tiempo y esfuerzos entre usos con diferentes capacidades para generar valor económico y social. Más que enfocarse exclusivamente en la cantidad o diversidad de actividades realizadas, el interés radica en la orientación de dichas actividades y en su potencial para ampliar las oportunidades de las personas. Esta perspectiva es consistente con la literatura sobre la segunda y tercera brecha digital. La primera enfatiza que las diferencias en habilidades y competencias condicionan la capacidad de utilizar efectivamente las tecnologías digitales (Hargittai, 2002; DiMaggio et al., 2004), mientras que la segunda muestra que individuos con niveles similares de acceso pueden obtener beneficios muy distintos de la tecnología según sus recursos previos, competencias y patrones de uso (van Deursen y Helsper, 2015b). Por tanto, las desigualdades digitales no dependen únicamente de la disponibilidad de infraestructura o de la frecuencia de uso, sino también de la composición de las actividades realizadas y de los resultados que estas generan.

A partir de este marco conceptual, el artículo interpreta la apropiación digital como un proceso en el que los individuos combinan distintos usos tecnológicos dentro de un portafolio. Algunos usos están orientados principalmente al entretenimiento y la comunicación interpersonal, mientras que otros poseen un mayor potencial transformador al facilitar la adquisición de conocimientos, el acceso a oportunidades laborales, la realización de transacciones económicas, el aprovechamiento de servicios públicos o la interacción con organizaciones e instituciones. Las diferencias en la composición de estos portafolios constituyen uno de los mecanismos mediante los cuales las desigualdades en educación, ingreso y capital humano se traducen en diferencias en los beneficios obtenidos de la transformación digital.

Aplicado al contexto colombiano, este enfoque permite analizar no solo las diferencias en dotación y conexión efectiva o en competencias digitales, sino también la forma en que estas se traducen en patrones diferenciados de uso. Mientras algunos individuos concentran una ma-

yor proporción de sus actividades digitales en usos de bajo impacto económico y social, otros desarrollan portafolios orientados hacia usos transformadores asociados con el aprendizaje, las transacciones económicas, el acceso a servicios, la interacción con instituciones y el aprovechamiento de oportunidades productivas.

Esta sección busca determinar si los usos transformadores se comportan como un bien de lujo dentro del portafolio de actividades digitales. En analogía con las curvas de Engel, se analiza si su participación aumenta a medida que se expande el portafolio digital y mejora la posición económica de los individuos, o si, por el contrario, permanece aproximadamente constante. Un aumento sistemático de dicha participación sería consistente con la idea de que los usos transformadores poseen una elasticidad-ingreso superior a la de los usos digitales básicos y concentran una fracción creciente de la actividad digital conforme aumentan los recursos disponibles.

El portafolio digital de cada persona se construye con base en las diez actividades dicotómicas que reporta la ECV y que conforman las dimensiones de uso del índice, esto es, los cuatro usos transformadores de la Dimensión C y los seis usos de comunicación e información de la Dimensión D. La variable de interés es la proporción de usos transformadores dentro del total de actividades digitales declaradas por cada individuo. De manera análoga a una participación presupuestal en una curva de Engel, esta medida permite caracterizar la composición del repertorio digital de las personas, aunque no informa sobre la frecuencia, intensidad o tiempo dedicado a cada actividad. Dado que esa participación solo está definida para quienes declaran al menos un uso, la muestra se restringe a las personas con al menos una actividad digital e ingreso per cápita válido (976.782 observaciones persona-año), de modo que los resultados describen la composición de los portafolios digitales entre quienes participan en la economía digital.

El Gráfico 12 presenta la relación entre el ingreso per cápita real[22] y la participación de los usos transformadores dentro del portafolio digital para 2018 y 2025. En ambos años se observa una relación positiva y no lineal. La participación de los usos transformadores permanece relativamente estable en los niveles bajos e intermedios de ingreso, pero aumenta de manera pronunciada en la parte superior de la distribución. Por quintiles de ingreso, esta participación pasa de 9,7 % a 20,1 % entre el primer y el quinto quintil en 2018, mientras que en 2025 aumenta de 11,2 % a 27,1 %[23]. Estos resultados indican que los individuos de mayores ingresos no solo realizan más actividades digitales, sino que además concentran una proporción significativamente mayor de sus actividades en usos asociados con educación, banca digital, comercio electrónico e interacción con el Estado[24] Estos usos se comportan, por tanto, como un bien de lujo dentro del portafolio digital, es decir, su participación crece con el ingreso en los dos años.

La comparación entre 2018 y 2025 muestra además un desplazamiento ascendente de toda la curva. Este resultado sugiere una mayor importancia relativa de los usos transformadores dentro del conjunto de actividades digitales realizadas por la población. El número total promedio de actividades digitales declaradas se mantiene prácticamente estable entre ambos años (3,98 usos en 2018 y 3,96 en 2025), y se observa una modificación en la composición agregada del portafolio

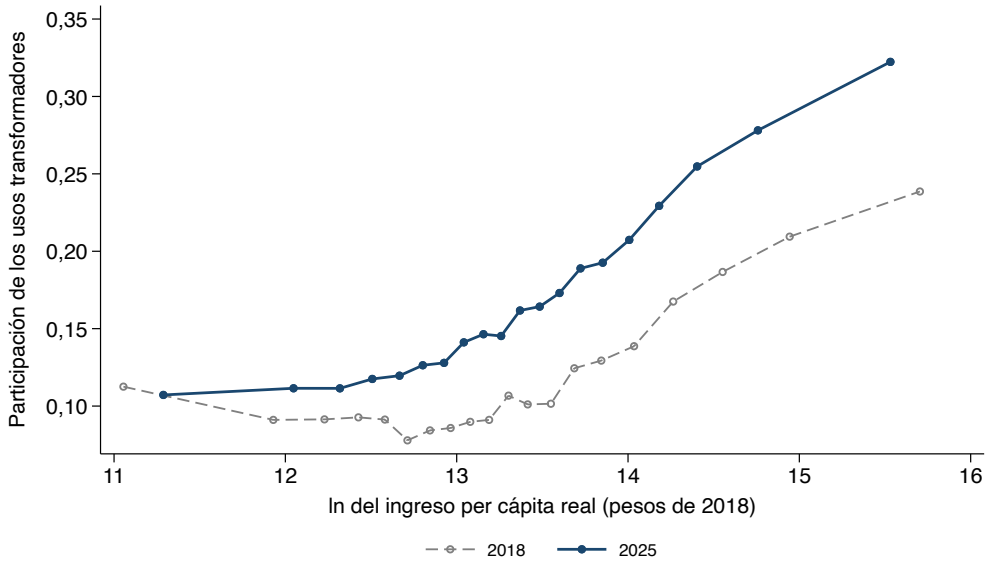
[22] El ingreso per cápita del hogar se deflacta a pesos constantes de 2018 con el IPC del Banco de la República.

[23] El 2,3 % de la muestra no usa internet y entra en ella solo por el envío de mensajes desde el celular, con una participación de usos transformadores nula; esta proporción es mayor en el primer quintil (5,3 % en 2018 y 2,3 % en 2025). Al excluir a estas personas, la participación pasa de 10,2 % a 20,2 % entre el primer y el quinto quintil en 2018, y de 11,4 % a 27,4 % en 2025.

[24] Al comparar personas con el mismo número total de usos, la asociación entre el logaritmo del ingreso per cápita y la participación de los usos transformadores se reduce de 0,042 a 0,005, aunque sigue siendo estadísticamente significativa. La mayor parte del gradiente refleja, por tanto, que las personas de mayores ingresos tienen portafolios más amplios.

digital, ya que el número promedio de usos transformadores aumenta de 0,68 a 0,93, mientras que el de usos de comunicación e información se reduce de 3,30 a 3,03[25].

Gráfico 12. Composición del portafolio digital e ingreso, 2018 y 2025



Notas: Participación de los usos transformadores en el total de usos digitales declarados por la persona, que incluye además los seis usos de comunicación e información. El eje horizontal es el logaritmo del ingreso per cápita del hogar, deflactado a pesos constantes de 2018 con el IPC del Banco de la República. Muestra: personas de 15 años o más con al menos un uso digital declarado e ingreso válido (976.782 observaciones persona-año).
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

7. Conclusiones

Este artículo analiza la apropiación digital como una dimensión de la desigualdad económica en Colombia. Para ello, se construye el Índice Compuesto de Apropiación Digital (ICAD). El índice adopta la distinción entre los márgenes extensivo e intensivo de la adopción tecnológica para medir no solo el acceso a las tecnologías digitales, sino también los usos asociados a la generación de capacidades y oportunidades económicas y sociales. Los resultados muestran que el ICAD aumentó cerca de un 33 % durante el período analizado, con una aceleración significativa a partir de 2022, que se da en un contexto internacional caracterizado por la consolidación de los procesos de digitalización impulsados por la pandemia de COVID-19 y por la rápida difusión de herramientas de inteligencia artificial generativa. Sin embargo, este avance no se ha distribuido de manera homogénea entre individuos y departamentos.

La evidencia indica que las brechas digitales contemporáneas no se concentran únicamente en el acceso a la tecnología, sino también en las capacidades y usos que determinan la posibilidad de obtener beneficios económicos y sociales de ella. En términos absolutos, las mayores diferencias corresponden a las competencias digitales, seguidas por las asociadas a la conectividad y la dotación tecnológica y a los usos transformadores. No obstante, dado el menor nivel promedio alcanzado en estos últimos, las disparidades relativas en los usos transformadores continúan

[25]Dado el carácter transversal de la comparación, los resultados no permiten establecer si estos obedecen a modificaciones en el comportamiento de los mismos individuos o a cambios en la composición de la población participante.

siendo especialmente relevantes. Los resultados muestran que la apropiación digital puede interpretarse como una capacidad complementaria al capital humano, cuya acumulación condiciona la participación efectiva de los individuos en la economía digital.

La educación constituye el principal factor asociado a la apropiación digital, ya que explica una parte sustancial de las brechas observadas entre individuos. Además, representa la principal contribución a la diferencia urbano-rural y es el factor estructural con la asociación más robusta en el análisis departamental. Asimismo, las estimaciones por cuantiles muestran que su importancia aumenta significativamente en los niveles más altos de apropiación digital. Por otro lado, el ingreso también presenta una asociación positiva y estadísticamente significativa con la apropiación digital. Aunque es plausible que los recursos económicos faciliten el acceso a dispositivos, conectividad y oportunidades de formación tecnológica, los ejercicios empíricos realizados no permiten distinguir de forma directa entre sus efectos sobre el acceso y sobre otros componentes de la apropiación digital. Adicionalmente, el análisis del portafolio digital sugiere que el ingreso también se relaciona con la composición y diversificación de los usos realizados una vez que las personas participan en el entorno digital.

En el ámbito regional, se encuentra que las diferencias urbano-rurales y departamentales continúan siendo significativas. Sin embargo, este artículo muestra que la mayor parte de la brecha urbano-rural se explica por diferencias en educación e ingreso, más que por factores geográficos. De igual forma, aunque los departamentos inicialmente rezagados registraron tasas de crecimiento superiores a las observadas en los departamentos líderes y la brecha promedio frente a Bogotá se redujo durante el período, las diferencias en niveles absolutos continúan siendo importantes. Este hallazgo es consistente con una dinámica de ajuste y cierre parcial de brechas, pero no con su eliminación. La persistencia de diferencias en capital humano, condiciones económicas y capacidades institucionales ha impedido una reducción más sustancial de las desigualdades departamentales en apropiación digital.

Una contribución adicional del artículo consiste en mostrar que las desigualdades digitales también operan a través de la composición de los usos realizados. El análisis del portafolio digital muestra que, a medida que aumenta el ingreso, crece la participación de los usos transformadores dentro del conjunto de actividades digitales realizadas. Mientras los individuos de mayores ingresos registran una mayor proporción de actividades vinculadas con educación, inclusión financiera, comercio electrónico e interacción con el Estado, los individuos de menores ingresos presentan portafolios digitales relativamente más orientados hacia actividades de comunicación e información. En consecuencia, las diferencias entre grupos sociales no se limitan al acceso o a las capacidades digitales, sino también al tipo de actividades que conforman sus repertorios digitales y a los beneficios potenciales asociados a ellas.

Los resultados también indican que la infraestructura digital, aunque constituye una condición necesaria, resulta insuficiente para garantizar procesos inclusivos de transformación digital. Una vez se consideran las diferencias en educación e ingreso, las variables de conectividad incluidas en los modelos departamentales no presentan coeficientes estadísticamente significativos. Sin embargo, este resultado no permite descartar la contribución potencial de la infraestructura al proceso de apropiación digital. Más bien, la evidencia sugiere que las diferencias en capital humano mantienen una asociación más robusta y sistemática con los niveles observados de apropiación digital. Ello sugiere que los retornos económicos de la digitalización dependen no solo del acceso tecnológico, sino también de la capacidad de individuos y departamentos para transformar dicho acceso en competencias, usos efectivos y oportunidades de acumulación. La apropiación

digital debe entenderse, por tanto, no solo como un objetivo de política sectorial, sino también como un componente fundamental de las estrategias de crecimiento inclusivo, productividad y reducción de desigualdades.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la política pública. La evidencia sugiere que las estrategias de transformación digital deben evolucionar desde un enfoque centrado exclusivamente en la expansión de la infraestructura de conectividad hacia una agenda más amplia de desarrollo de capacidades digitales. El fortalecimiento de las competencias digitales a lo largo del ciclo educativo, la alfabetización digital de la población adulta, la promoción de usos transformadores y la articulación entre política digital, política educativa y desarrollo productivo aparecen como elementos fundamentales para garantizar una transformación digital más inclusiva. De igual forma, las intervenciones dirigidas a las zonas rurales y a los departamentos más rezagados deben combinar infraestructura, formación de capital humano y fortalecimiento institucional para evitar que la expansión de la conectividad reproduzca desigualdades económicas preexistentes y contribuya al aumento de la productividad, el empleo y el bienestar.

La principal conclusión de este artículo es que la reducción de la brecha digital en Colombia exige abordar simultáneamente las brechas de educación, ingreso y territorio. La transformación digital no constituye únicamente un desafío tecnológico, sino también un desafío de desarrollo económico y social, en la medida en que las capacidades necesarias para aprovechar las nuevas tecnologías se encuentran distribuidas de forma desigual entre individuos y regiones. De este modo, las políticas orientadas exclusivamente a expandir la infraestructura de conectividad serán insuficientes para garantizar una transformación digital inclusiva. Las intervenciones más efectivas serán aquellas capaces de combinar infraestructura, fortalecimiento del capital humano e inclusión económica, con el fin de asegurar que los beneficios de la digitalización y de las nuevas tecnologías se distribuyan de manera más equitativa entre personas, hogares y regiones.

Una limitación de este estudio es que los datos disponibles no permiten identificar de manera separada la contribución de eventos que transformaron el entorno digital durante el período analizado, entre ellos la pandemia de COVID-19 y la rápida difusión de la inteligencia artificial generativa. Futuras investigaciones podrían analizar si la asociación entre las características socioeconómicas de los individuos y la apropiación digital experimentó cambios a partir de estos acontecimientos. En particular, sería relevante determinar si factores como la educación, el ingreso y las características departamentales modificaron su importancia relativa desde 2022, cuando las herramientas de inteligencia artificial generativa comenzaron a expandirse masivamente.

En síntesis, este artículo muestra que la apropiación digital constituye una dimensión relevante de la desigualdad económica en Colombia. Las diferencias observadas no reflejan únicamente desigualdades en el acceso a las tecnologías, sino también en las capacidades necesarias para utilizarlas de manera efectiva y en los usos que permiten convertirlas en oportunidades de aprendizaje, productividad, inclusión financiera y bienestar. En este sentido, la apropiación digital no debe entenderse simplemente como una consecuencia de las desigualdades existentes. También constituye uno de los mecanismos mediante los cuales dichas desigualdades pueden reproducirse en una economía crecientemente digitalizada. Comprender cómo se distribuyen las capacidades digitales y los usos transformadores de la tecnología resulta, por tanto, fundamental para entender las nuevas formas de desigualdad que emergen en el contexto de la transformación digital.

Referencias

Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, *33*(2), 3–30. Descargado de https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.33.2.3 doi: 10.1257/jep.33.2.3

Akerman, A., Gaarder, I., y Mogstad, M. (2015). The skill complementarity of broadband internet. *The Quarterly Journal of Economics*, *130*(4), 1781–1824. Descargado de https://doi.org/10.1093/qje/qjv028 doi: 10.1093/qje/qjv028

Autor, D. H., Levy, F., y Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, *118*(4), 1279–1333. Descargado de https://doi.org/10.1162/003355303322552801 doi: 10.1162/003355303322552801

Barrios Ordóñez, J. F. (2026). Brecha digital en Colombia: ¿quiénes se conectan, cómo y para qué? *Cuadernos de Economía*, *45*(97), 87–131. Descargado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/106184 doi: 10.15446/cuad.econ.v45n97.106184

Barro, R. J., y Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, *100*(2), 223–251. Descargado de https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/261816 doi: 10.1086/261816

Blank, G., y Groselj, D. (2014). Dimensions of internet use: Amount, variety, and types. *Information, Communication & Society*, *17*(4), 417–435. Descargado de https://doi.org/10.1080/1369118X.2014.889189 doi: 10.1080/1369118X.2014.889189

Blinder, A. S. (1973). Wage discrimination: Reduced form and structural estimates. *The Journal of Human Resources*, *8*(4), 436–455. Descargado 2026-07-16, de http://www.jstor.org/stable/144855

Boerkamp, L. G. P., van Deursen, A. J. A. M., van Laar, E., van der Zeeuw, A., y van der Graaf, S. (2024). Exploring barriers to and outcomes of internet appropriation among households living in poverty: A systematic literature review. *Sage Open*, *14*(1), 21582440241233047. Descargado de https://doi.org/10.1177/21582440241233047 doi: 10.1177/21582440241233047

Bollen, K. A., y Lennox, R. (1991). Conventional wisdom on measurement: A structural equation perspective. *Psychological Bulletin*, *110*(2), 305–314. doi: https://doi.org/10.1037/0033-2909.110.2.305

Bonet, J. (2026). *Una revisión histórica sobre los estudios de convergencia regional en Colombia.* (Ponencia presentada para el ingreso como Miembro Correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Económicas, Bogotá, 14 de mayo de 2026)

Bruno, G. S. F. (2005). Estimation and inference in dynamic unbalanced panel-data models with a small number of individuals. *The Stata Journal*, *5*(4), 473–500.

Brynjolfsson, E., Li, D., y Raymond, L. (2025). Generative AI at work. *The Quarterly Journal of Economics*, *140*(2), 889–942. Descargado de https://doi.org/10.1093/qje/qjae044 doi: 10.1093/qje/qjae044

Brynjolfsson, E., y McAfee, A. (2017). El negocio de la inteligencia artificial. *Harvard Business Review*, *7*, 3–11. Descargado de https://hbr.org/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence

Centro Nacional de Consultoría, y CAF–Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe.

(2025). *Estudio de apropiación digital 2025: Colombia, Chile y Perú.* Descargado de https://www.centronacionaldeconsultoria.com/apropiacion-digital

Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., y Van Puyenbroeck, T. (2007). An introduction to 'benefit of the doubt' composite indicators. *Social Indicators Research*, *82*(1), 111–145.

Comin, D., y Hobijn, B. (2010). An exploration of technology diffusion. *American Economic Review*, *100*(5), 2031–2059. Descargado de https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.100.5.2031 doi: 10.1257/aer.100.5.2031

Comin, D., y Mestieri, M. (2018). If technology has arrived everywhere, why has income diverged? *American Economic Journal: Macroeconomics*, *10*(3), 137–178. Descargado de https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/mac.20150175 doi: 10.1257/mac.20150175

Contraloría General de la República. (2026). *Propuesta metodológica para el nuevo Índice de Brecha Digital de la Contraloría General de la República (IBD-CGR)* (Inf. Téc.). Bogotá, Colombia: Contraloría General de la República, Contraloría Delegada para el sector TIC.

Couture, V., Faber, B., Gu, Y., y Liu, L. (2021). Connecting the countryside via e-commerce: Evidence from China. *American Economic Review: Insights*, *3*(1), 35–50. Descargado de https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aeri.20190382 doi: 10.1257/aeri.20190382

Departamento Nacional de Planeación. (2025). *Índice de pobreza digital para Colombia* (Inf. Téc.). Bogotá, Colombia: Dirección de Desarrollo Digital, DNP. Descargado de https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-desarrollo-digital/Paginas/pobreza-digital.aspx (Versión del 17 de marzo de 2026)

Diamantopoulos, A., y Winklhofer, H. M. (2001). Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. *Journal of Marketing Research*, *38*(2), 269–277. doi: https://doi.org/10.1509/jmkr.38.2.269.18

DiMaggio, P., Hargittai, E., Celeste, C., y Shafer, S. (2004). Digital inequality: From unequal access to differentiated use. En K. M. Neckerman (Ed.), *Social inequality* (pp. 355–400). New York: Russell Sage Foundation.

Friedman, M. (1992). Do old fallacies ever die? *Journal of Economic Literature*, *30*(4), 2129–2132. Descargado 2026-07-16, de http://www.jstor.org/stable/2727976

Goldfarb, A., y Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, *57*(1), 3–43. Descargado de https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jel.20171452 doi: 10.1257/jel.20171452

Gutiérrez, L. H., y Gamboa, L. F. (2010). Determinants of ICT usage among low-income groups in Colombia, Mexico, and Peru. *The Information Society*, *26*(5), 346–363. Descargado de https://doi.org/10.1080/01972243.2010.511559 doi: 10.1080/01972243.2010.511559

Hargittai, E. (2002). Second-level digital divide: Differences in people's online skills. *First Monday*, *7*(4).

Hart, P. E. (1995). Galtonian regression across countries and the convergence of productivity. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *57*(3), 287–293. Descargado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-0084.1995.mp57003001.x doi: https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1995.mp57003001.x

Islam, N. (1995). Growth empirics: A panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(4), 1127–1170.

Jensen, R. (2007). The digital provide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector. *The Quarterly Journal of Economics*, *122*(3), 879–924. Descargado 2026-07-16, de http://www.jstor.org/stable/25098864

Judson, R. A., y Owen, A. L. (1999). Estimating dynamic panel data models: A guide for macroeconomists. *Economics Letters*, *65*(1), 9–15.

Kiviet, J. F. (1995). On bias, inconsistency, and efficiency of various estimators in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, *68*(1), 53–78.

Machado, J. A., y Santos Silva, J. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, *213*(1), 145–173.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2026). *Índice de brecha digital: resultados 2025* (Inf. Téc.). Bogotá, Colombia: Observatorio Nacional TIC, MinTIC. Descargado 2026-09-01, de https://ontic.mintic.gov.co/857/w3-article-384050.html

Nickell, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica*, *49*(6), 1417–1426. Descargado 2026-07-16, de http://www.jstor.org/stable/1911408

Noy, S., y Zhang, W. (2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. *Science*, *381*(6654), 187–192. Descargado de https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.adh2586 doi: 10.1126/science.adh2586

Oaxaca, R. (1973). Male-female wage differentials in urban labor markets. *International Economic Review*, *14*(3), 693–709. Descargado 2026-07-16, de http://www.jstor.org/stable/2525981 doi: 10.2307/2525981

OECD. (2023). *OECD skills outlook 2023: Skills for a resilient green and digital transition*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2024). *OECD digital economy outlook 2024 (Volume 1): Embracing the technology frontier*. Paris: OECD Publishing. Descargado de https://doi.org/10.1787/a1689dc5-en doi: 10.1787/a1689dc5-en

OECD, European Commission, y EC-JRC. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. Paris: OECD Publishing. doi: https://doi.org/10.1787/9789264043466-en

Papke, L. E., y Wooldridge, J. M. (1996). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. *Journal of Applied Econometrics*, *11*(6), 619–632. Descargado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291099-1255%28199611%2911%3A6%3C619%3A%3AAID-JAE418%3E3.0.CO%3B2-1 doi: https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6<619::AID-JAE418>3.0.CO;2-1

Ragnedda, M. (2017). *The third digital divide: A Weberian approach to digital inequalities*. Routledge. doi: https://doi.org/10.4324/9781315606002

Salemink, K., Strijker, D., y Bosworth, G. (2017). Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. *Journal of Rural Studies*, *54*, 360–371. Descargado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016715300176 doi: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.09.001

Scheerder, A., van Deursen, A., y van Dijk, J. (2017). Determinants of internet skills, uses and outcomes. A systematic review of the second- and third-level digital divide. *Telematics and Informatics*, *34*(8), 1607–1624. Descargado de https://www.sciencedirect.com/

science/article/pii/S0736585317303192 doi: https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.07.007

Solon, G., Haider, S. J., y Wooldridge, J. M. (2015). What are we weighting for? *Journal of Human Resources*, *50*(2), 301–316.

United Nations Development Programme. (2024). *Missed connections: An incomplete digital revolution in Latin America and the Caribbean* (Inf. Téc.). United Nations Development Programme. Descargado de https://www.undp.org/latin-america/blog/missed-connections-incomplete-digital-revolution-latin-america-and-caribbean-0

van Deursen, A. J. A. M., y Helsper, E. J. (2015a). A nuanced understanding of internet use and non-use among the elderly. *European Journal of Communication*, *30*(2), 171–187. doi: 10.1177/0267323115578059

van Deursen, A. J. A. M., y Helsper, E. J. (2015b). The third-level digital divide: Who benefits most from being online? En *Communication and information technologies annual*. Emerald Group Publishing Limited. Descargado de https://doi.org/10.1108/S2050-206020150000010002 doi: 10.1108/S2050-206020150000010002

van Deursen, A. J. A. M., y van Dijk, J. (2019). The first-level digital divide shifts from inequalities in physical access to inequalities in material access. *New Media & Society*, *21*(2), 354–375.

van Dijk, J. A. G. M. (2005). *The deepening divide: Inequality in the information society*. Sage Publications. doi: https://doi.org/10.4135/9781452229812

van Dijk, J. A. G. M. (2006). Digital divide research, achievements and shortcomings. *Poetics*, *34*(4), 221–235. Descargado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304422X06000167 (The digital divide in the twenty-first century) doi: https://doi.org/10.1016/j.poetic.2006.05.004

Whitacre, B., Gallardo, R., y Strover, S. (2014). Broadband's contribution to economic growth in rural areas: Moving towards a causal relationship. *Telecommunications Policy*, *38*(11), 1011–1023. Descargado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596114000949 doi: https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.05.005

World Bank. (2021). *World development report 2021: Data for better lives*. Washington, DC: World Bank. (License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO) doi: 10.1596/978-1-4648-1600-0

World Bank. (2023). *Digital progress and trends report 2023*. World Bank.

A. Apéndice: Especificación matemática del ICAD

Este apéndice describe la construcción matemática del ICAD en sus dos niveles de agregación. Primero, explica cómo las variables originales de la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) se combinan para conformar cada dimensión y sus respectivos subcomponentes. Posteriormente, presenta el procedimiento utilizado para integrar las cuatro dimensiones en el índice final.

A.1. Cálculos intra-dimensionales

Dimensión A. Dotación y conexión efectiva

La Dimensión A se construye como el promedio simple de seis sub-componentes:

$$\text{DIM}_{A,i} = \frac{A1_i + A2_i + A3_i + A4_i + A5_i + A6_i}{6} \tag{A.1}$$

A1. Conectividad ponderada. Mide el acceso a internet distinguiendo la calidad del tipo de conexión. A partir de las variables de la ECV P1075 (acceso a internet), P1075S1 (internet fijo en el hogar) y P1075S2 (internet móvil), se construye:

$$A1_i = \begin{cases} 0 & \text{si } P1075_i = 0 \quad \text{(sin acceso)} \\ 0,6 & \text{si } P1075_i = 1,\ P1075S2_i = 1,\ P1075S1_i = 0 \quad \text{(solo móvil)} \\ 0,8 & \text{si } P1075_i = 1,\ P1075S1_i = 1,\ P1075S2_i = 0 \quad \text{(solo fijo)} \\ 1 & \text{si } P1075_i = 1,\ P1075S1_i = 1,\ P1075S2_i = 1 \quad \text{(fijo y móvil)} \end{cases} \tag{A.2}$$

La ponderación diferenciada refleja que la conexión fija ofrece mayor ancho de banda, estabilidad y potencial para usos productivos que la conexión exclusivamente móvil.

A2. Tenencia de dispositivos. Promedio de indicadores binarios de tenencia (1 = tiene, 0 = no tiene) de cuatro dispositivos de uso tecnológico, a partir de las variables P1077S21 (computador de escritorio), P1077S22 (computador portátil), P1077S23 (tableta) y P1082S2 (teléfono inteligente)[26].

$$A2_i = \frac{P1077S21_i + P1077S22_i + P1077S23_i + P1082S2_i}{4} \tag{A.3}$$

A3. Diversidad de dispositivos de acceso. Promedio de indicadores binarios de uso efectivo de cinco tipos de dispositivos para conectarse a internet, a partir de las variables P765S1 (computador de escritorio), P765S2 (computador portátil), P765S3 (tableta), P765S4 (teléfono celular) y P765S6 (televisor inteligente).

$$A3_i = \frac{P765S1_i + P765S2_i + P765S3_i + P765S4_i + P765S6_i}{5} \tag{A.4}$$

Este subcomponente captura la diversidad de dispositivos que el individuo utiliza efectivamente para acceder a internet, independientemente de su propiedad o tenencia.

[26] En la ECV, P1082S2 solo se pregunta a quienes declaran tener teléfono celular. El dato faltante correspondiente a las personas que no tienen teléfono celular se recodifica como 0, ya que la ausencia de un teléfono implica la ausencia de un teléfono inteligente.

A4. Diversidad de contextos de acceso (ponderada). Este subcomponente distingue las modalidades de acceso según el grado de autonomía que confieren al individuo. A aquellas que ofrecen mayor autonomía se les asigna la ponderación más alta ($\omega = 1$): P1085S1 (hogar), P1085S2 (trabajo), P1085S3 (institución educativa) y P1085S7 (en desplazamiento). Por su parte, las modalidades compartidas o públicas reciben una ponderación de $\omega = 0{,}5$: P1085S4 (sitio público gratuito), P1085S5 (café internet) y P1085S6 (vivienda de otra persona). El puntaje se normaliza respecto de los cuatro entornos de acceso autónomo y se acota superiormente en la unidad:

$$A4_i = \text{mín}\Bigg\{1,\ \frac{1}{4}\Big[P1085S1_i + P1085S2_i + P1085S3_i + P1085S7_i + \omega\,(P1085S4_i + P1085S5_i + P1085S6_i)\Big]\Bigg\} \tag{A.5}$$

con $\omega = 0{,}5$.

La ponderación diferenciada sigue la misma lógica de calidad aplicada en A1. El acceso desde sitios públicos, cafés internet o viviendas de terceros constituye acceso real, pero menos autónomo, dado que implica un costo por uso, límites de tiempo o dependencia de terceros.

A5. Regularidad de la conexión. La variable P1084 registra la frecuencia de uso de internet en cinco categorías (1 = todos los días; 2 = al menos una vez a la semana, pero no cada día; 3 = al menos una vez al mes, pero no cada semana; 4 = al menos una vez al año, pero no cada mes; 5 = no utiliza internet). Se recodifica a una escala decreciente en $[0, 1]$ mediante la asignación:

$$A5_i = \begin{cases} 1 & \text{si } P1084_i = 1 \quad \text{(diario)} \\ 0{,}80 & \text{si } P1084_i = 2 \quad \text{(semanal)} \\ 0{,}50 & \text{si } P1084_i = 3 \quad \text{(mensual)} \\ 0{,}20 & \text{si } P1084_i = 4 \quad \text{(anual)} \\ 0 & \text{si } P1084_i = 5 \quad \text{(no utiliza)} \end{cases} \tag{A.6}$$

La escala asigna explícitamente $A5 = 0$ a quienes no utilizan internet y mantiene una penalización progresiva del uso esporádico. Este subcomponente mide la intensidad de participación y refleja con qué frecuencia una persona se incorpora al entorno digital, más que las actividades que realiza en él. Por esa razón corresponde al margen extensivo.

A6. Telefonía móvil básica. Indicador binario construido a partir de P1080S1, que registra el uso del teléfono celular para realizar llamadas personales o familiares:

$$A6_i = P1080S1_i \tag{A.7}$$

La prevalencia de este indicador alcanza 0,967 entre los usuarios de internet, de modo que informa sobre la disponibilidad efectiva de un dispositivo y no sobre una práctica diferenciada, lo que justifica su ubicación en la dimensión de dotación.

Los indicadores de la Dimensión A provienen de tres tipos de pregunta con codificación distinta en la ECV. Las de respuesta dicotómica (P1075, P1075S1, P1075S2, P1077S21–S23 y P1082S2) se registran como 1 = Sí y 2 = No, y se recodifican a 1/0. Las preguntas de respues-

ta múltiple (P765, P1085 y P1080) registran las opciones seleccionadas por el encuestado. La variable P1084 es ordinal de cinco categorías y se recodifica según la escala de la ecuación (A.6).

Dimensión B. Competencias digitales

La Dimensión B se construye como el promedio simple de ocho indicadores binarios de habilidades digitales (1 = realiza la actividad, 0 = no la realiza):

$$\text{DIM}_{B,i} = \frac{1}{8}\sum_{j=2}^{9} P1710S_{j,i} \tag{A.8}$$

donde, según el enunciado del formulario, P1710S2 corresponde a usar las funciones de copiar y pegar para duplicar o mover información entre documentos; P1710S3 a enviar correos electrónicos con archivos adjuntos; P1710S4 a conectar o instalar dispositivos adicionales; P1710S5 a usar fórmulas matemáticas básicas en una hoja de cálculo; P1710S6 a crear presentaciones mediante un programa especializado; P1710S7 a transferir archivos entre dispositivos; P1710S8 a descargar o instalar programas computacionales; y P1710S9 a utilizar un lenguaje de programación especializado.

Universo de la pregunta. La pregunta P1710 no se formula a toda la población. Entre 2018 y 2021 se aplica a un universo de personas que difiere a partir de 2022. Como consecuencia, los niveles de la dimensión no son estrictamente comparables entre ambos regímenes de aplicación. Por tanto, las comparaciones temporales que comprenden ambos regímenes de aplicación deben interpretarse con cautela, dado que parte de las variaciones observadas puede reflejar cambios en el universo de referencia y no únicamente cambios reales en las competencias digitales. La Sección A.3 de este apéndice documenta este cambio metodológico, cuantifica su efecto sobre el índice agregado y discute sus implicaciones para la comparabilidad temporal de los resultados.

Dimensión C. Usos transformadores

La Dimensión C promedia cuatro indicadores binarios de actividades cuya función económica consiste en vincular a la persona con un mercado o con una institución del Estado, o bien en acumular capacidad productiva (1 = realiza la actividad, 0 = no la realiza):

$$\text{DIM}_{C,i} = \frac{P1083S4_i + P1083S5_i + P1083S6_i + P1083S7_i}{4} \tag{A.9}$$

donde P1083S4 corresponde a comprar u ordenar productos o servicios; P1083S5 a banca electrónica y otros servicios financieros; P1083S6 a educación y aprendizaje; y P1083S7 a trámites con entidades del gobierno (nacional, departamental o municipal).

Dimensión D. Usos de comunicación e información

La Dimensión D promedia seis indicadores binarios de prácticas de sociabilidad, comunicación interpersonal y consumo de información mediadas por tecnología digital (1 = realiza la actividad, 0 = no la realiza):

$$\text{DIM}_{D,i} = \frac{P1083S1_i + P1083S2_i + P1083S3_i + P1083S8_i + P1083S9_i + P1080S3_i}{6} \tag{A.10}$$

donde P1083S1 corresponde a obtener información (excluida la búsqueda con fines de educación y aprendizaje); P1083S2 a enviar o recibir correos electrónicos; P1083S3 a redes sociales; P1083S8 a descargar software, imágenes, juegos o música; P1083S9 a consulta de medios de comunicación; y P1080S3 al uso del teléfono celular para mensajes de texto, mensajería instantánea o chat.

A.2. Cálculo inter-dimensional: agregación CES

Una vez calculados los puntajes de las cuatro dimensiones $\mathrm{DIM}_{k,i} \in [0,1]$ para $k \in \{A,B,C,D\}$, el ICAD se agrega mediante una función de elasticidad de sustitución constante (CES):

$$\mathrm{ICAD}_i = \left(\sum_{k \in \{A,B,C,D\}} w_k \cdot (\mathrm{DIM}_{k,i} + \varepsilon)^{\rho} \right)^{1/\rho} \tag{A.11}$$

con los siguientes parámetros:

- $\rho = 0{,}5$: parámetro de sustituibilidad, con elasticidad de sustitución $\sigma = 1/(1-\rho) = 2$. Con $\rho \in [0,1]$, la función CES se ubica entre la media aritmética ($\rho = 1$, sustitutos perfectos) y la media geométrica ($\rho = 0$, Cobb-Douglas[27], $\sigma = 1$), permitiendo sustituibilidad parcial entre dimensiones.
- $w_A = 0,25,\ w_B = 0,20,\ w_C = 0,30,\ w_D = 0,25$
- $\varepsilon = 10^{-6}$: constante de estabilización numérica.

A.3. Ruptura de serie en la Dimensión B

La pregunta utilizada para construir la Dimensión B no se aplica a toda la población, sino únicamente a quienes cumplen un criterio de elegibilidad previo. Entre 2018 y 2021, este criterio correspondía a las personas que utilizaban computador de escritorio, portátil o tableta; a partir de 2022, la ECV lo amplía para incluir también a quienes utilizan internet. A quienes quedan fuera del universo de aplicación se les asigna un valor de cero en la dimensión. En consecuencia, la Dimensión B a nivel poblacional puede descomponerse en dos componentes. El primero se refiere a la probabilidad de pertenecer al universo de la pregunta (cobertura) y el segundo, el nivel promedio de habilidades entre quienes efectivamente la responden (intensidad). El Cuadro A.1 presenta la descomposición.

Si bien la evidencia sugiere que la ruptura metodológica no altera las tendencias agregadas del indicador, sus efectos no son necesariamente homogéneos entre grupos poblacionales. Al recalcular el índice excluyendo la Dimensión B y renormalizando las ponderaciones de las tres dimensiones restantes, el crecimiento acumulado entre 2018 y 2025 aumenta de 32,8 % a 36,4 %. Si, en cambio, se aplica en todos los años el universo de 2018–2021, el crecimiento es de 21,8 %; la magnitud del crecimiento depende así del tratamiento de la ruptura, aunque en las tres versiones se observa un bajo crecimiento entre 2018 y 2021 y una aceleración posterior. Además, la correlación de Spearman entre ambas versiones del índice alcanza 0,981, lo que indica que la clasificación relativa de los individuos permanece en gran medida estable. Estos resultados respaldan la robustez del patrón general de aceleración observado en el período pospandemia. No obstante, dado que la ampliación del universo de referencia en 2022 incorporó usuarios con

[27] Los complementos perfectos corresponden al caso Leontief ($\rho \to -\infty$, $\sigma = 0$), fuera del rango considerado.

Cuadro A.1. Ruptura de universo en la Dimensión B y su efecto sobre el ICAD

Año	Descomposición de la Dimensión B			Índice agregado		
	Cobertura Pr(universo)	Intensidad $E[h \mid \text{univ.}]$	Dim. B (producto)	ICAD (CES)	ICAD (univ. homog.)	ICAD sin B (CES renorm.)
Universo de usuarios de computador de escritorio, portátil o tableta						
2018	0,415	0,651	0,270	0,228	0,228	0,237
2019	0,364	0,675	0,246	0,217	0,217	0,230
2020	0,329	0,693	0,228	0,208	0,208	0,225
2021	0,309	0,698	0,216	0,219	0,219	0,245
Universo ampliado a quienes además utilizan internet						
2022	0,742	0,359	0,266	0,251	0,231	0,264
2023	0,789	0,368	0,290	0,273	0,249	0,286
2024	0,814	0,357	0,291	0,279	0,255	0,295
2025	0,844	0,362	0,306	0,303	0,278	0,323
Variación 2018–2021	−25,4 %	+7,3 %	−20,0 %	−4,0 %	−4,0 %	+3,4 %
Variación 2021–2025	—	—	—	+38,3 %	+26,8 %	+31,9 %
Variación 2018–2025	—	—	—	+32,8 %	+21,8 %	+36,4 %

Notas: La cobertura es la proporción de la población dentro del universo de la pregunta de habilidades digitales; la intensidad, el promedio de habilidades entre quienes pertenecen a ese universo. La Dimensión B es el producto de ambas. La columna de universo homogéneo recalcula el ICAD aplicando en todos los años el universo de 2018–2021; es una cota inferior, pues asigna cero en la Dimensión B a quienes desde 2022 responden la pregunta por utilizar internet. La última columna recalcula el ICAD excluyendo la Dimensión B y renormalizando los pesos restantes. Estimaciones ponderadas con el factor de expansión de la ECV.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

perfiles socioeconómicos y demográficos distintos, las comparaciones temporales de la Dimensión B y de algunas brechas asociadas a variables como educación, edad, sexo y zona pueden reflejar efectos de composición de la muestra además de variaciones reales en las competencias digitales. Con todo, la ampliación de la brecha por sexo, la reducción de las razones urbano-rural y educativa y los coeficientes del Cuadro 7 se mantienen en las tres versiones del índice[28]; la comparación más sensible es la de la Dimensión B entre grupos de edad.

B. Apéndice: Análisis de robustez del ICAD

B.1. Alcance del ejercicio

La construcción de un indicador compuesto involucra dos decisiones discrecionales que el manual de la OCDE identifica como las principales fuentes de incertidumbre (OECD et al., 2008). Estas son la función de agregación (cuánto puede una dimensión alta compensar una baja) y el esquema de ponderación (cuánto pesa cada dimensión en el total). Este apéndice documenta la sensibilidad del ICAD a ambas. En materia de agregación, el índice se recalcula para valores alternativos del parámetro de sustituibilidad de la función CES. Asimismo, la estructura de ponderaciones propuesta teóricamente se contrasta con seis esquemas alternativos.

El criterio de robustez, definido *ex ante*, establece que la correlación de rangos de Spearman entre el ICAD-CES y cada especificación alternativa debe ser superior a 0,95. La atención se centra en la preservación del ordenamiento relativo de los individuos, más que en la similitud de

[28]Entre 2018 y 2025, la razón urbano-rural pasa de 3,2 a 2,0 en la serie publicada, de 3,2 a 2,1 con universo homogéneo y de 2,9 a 1,8 sin la Dimensión B; la razón entre educación superior y básica o menos, de 6,3 a 4,2, de 6,3 a 4,6 y de 4,8 a 3,2. La brecha por sexo pasa de valores negativos en 2020 a cerca de 0,01 en 2025 en las tres versiones. El efecto marginal de la educación superior es 0,19, 0,19 y 0,18, respectivamente.

los niveles del índice, puesto que el propósito es evaluar la robustez de las comparaciones.

B.2. Sensibilidad a la función de agregación

El parámetro ρ de la función CES (ecuación A.11) determina el grado de sustituibilidad entre las dimensiones. La especificación principal adopta $\rho = 0{,}5$, lo que implica una sustituibilidad parcial (elasticidad $\sigma = 2$). Como referencia, se consideran también dos casos extremos del rango $\rho \in [0, 1]$: la media geométrica ponderada ($\rho = 0$) y la media aritmética ponderada ($\rho = 1$). El índice se recalcula bajo ambas especificaciones, manteniendo inalteradas las ponderaciones teóricas.

El Cuadro B.1 presenta los resultados. La media geométrica genera los valores más bajos (media de 0,155 y mediana de 0,001), ya que penaliza fuertemente los perfiles desbalanceados y una sola dimensión nula es suficiente para reducir el índice a valores cercanos a cero. En el extremo opuesto, la media aritmética produce el valor promedio más alto (0,317), al permitir una compensación completa entre dimensiones. La especificación CES arroja un valor intermedio (0,248), coherente con su posición entre ambos extremos del rango considerado.

Cuadro B.1. Sensibilidad a la función de agregación (pesos teóricos)

Especificación	ρ	Media	DE	p25	Mediana	Spearman vs. CES
Media geométrica	0	0,155	0,271	0,000	0,001	0,996
CES (principal)	0,5	0,248	0,247	0,044	0,149	1,000
Media aritmética	1	0,317	0,236	0,102	0,273	0,995

Notas: Las tres especificaciones emplean los pesos teóricos $w_A = 0{,}25$, $w_B = 0{,}20$, $w_C = 0{,}30$ y $w_D = 0{,}25$, y difieren únicamente en el parámetro ρ. La última columna reporta la correlación de rangos de Spearman con el ICAD principal.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Estas diferencias en los niveles del índice no se traducen en cambios significativos en el ordenamiento de los individuos. Las correlaciones de Spearman con respecto al ICAD-CES son de 0,996 para la especificación geométrica y de 0,995 para la aritmética. Incluso entre ambos casos extremos, la correlación alcanza 0,984.

Las tres especificaciones reproducen la misma trayectoria temporal (Cuadro B.2): un período de estancamiento entre 2018 y 2021, seguido de una aceleración sostenida desde 2022.

Cuadro B.2. Evolución anual del ICAD bajo funciones de agregación alternativas, 2018–2025

	ICAD promedio								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Var. %
Media geométrica	0,137	0,124	0,113	0,123	0,159	0,181	0,186	0,211	+53,5
CES (principal)	0,228	0,217	0,208	0,219	0,251	0,273	0,279	0,303	+32,8
Media aritmética	0,297	0,287	0,281	0,295	0,317	0,339	0,346	0,369	+24,2

Notas: Las tres especificaciones son las del Cuadro B.1. La última columna reporta la variación acumulada entre 2018 y 2025, calculada sobre valores sin redondear.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

B.3. Sensibilidad al esquema de ponderación

La especificación teórica se contrasta con seis esquemas alternativos de ponderación, manteniendo fija la agregación CES con $\rho = 0{,}5$:

1. **Ponderación igual.** Asigna 0,25 a cada dimensión. Aísla el efecto de la decisión de pesos sin imponer estructura alguna.

2. **PCA-Pearson y PCA-Spearman.** Utilizan las cargas del primer componente principal de las cuatro dimensiones estandarizadas, normalizadas en valor absoluto para sumar uno.

3. **Validez predictiva.** Pondera cada dimensión según su contribución a dos resultados del mercado laboral: el logaritmo del ingreso laboral (MCO) y la ocupación formal (probit), con controles de año, departamento, sexo y área.

4. **MIMIC.** Considera las cuatro dimensiones como indicadores formativos de una variable latente y emplea el logaritmo del ingreso per cápita del hogar y la ocupación formal como indicadores reflectivos. La estimación se basa en la forma reducida y los coeficientes resultantes se normalizan. Supone que ambos indicadores reflejan un mismo factor latente. La carga estimada de la Dimensión D es negativa ($-0{,}071$) y se trunca en cero, dado que un índice formativo no admite pesos negativos.

5. ***Benefit-of-the-doubt* (BOD).** Mediante programación lineal de tipo DEA, asigna a cada unidad las ponderaciones que maximizan su propio puntaje, sujeto a que ningún puntaje exceda la unidad bajo esos mismos pesos (Cherchye, Moesen, Rogge, y Van Puyenbroeck, 2007). Se implementa a nivel departamental.

B.3.1. Concordancia de ordenamiento

El Cuadro B.3 reúne los esquemas alternativos junto con sus pesos implícitos y su concordancia con el ICAD-CES. Todos superan el umbral de robustez de 0,95. Con los vectores de pesos del Cuadro B.3, el crecimiento del ICAD entre 2018 y 2025 varía entre 27,1 % y 32,8 %, la razón urbano-rural entre 2,0 y 2,5, y la razón entre educación superior y básica o menos entre 3,4 y 5,3[29]. En todas las especificaciones el índice crece, el ICAD urbano al menos duplica el rural y la brecha educativa supera la territorial.

[29] Con los pesos teóricos y ρ entre 0 y 1 (Cuadro B.1), los rangos son 24,2 %–53,5 %, 2,0–3,9 y 3,4–15,0; los extremos corresponden a la media geométrica, que lleva a valores cercanos a cero el índice de quienes no registran actividad en alguna dimensión.

Cuadro B.3. Concordancia de ordenamiento entre el ICAD-CES y esquemas alternativos de ponderación

	Teórico (CES)	Ponderación igual	PCA Pearson	PCA Spearman	Validez predictiva	MIMIC
Panel A. Pesos implícitos por dimensión						
w_A (Dotación)	0,250	0,250	0,254	0,263	0,503	0,582
w_B (Competencias)	0,200	0,250	0,248	0,247	0,264	0,146
w_C (Usos transformadores)	0,300	0,250	0,233	0,225	0,149	0,272
w_D (Comunicación)	0,250	0,250	0,266	0,266	0,084	0,000
Panel B. Correlación de rangos de Spearman con el ICAD-CES						
Nivel individual	1,000	0,999***	0,999***	0,999***	0,990***	0,983***
Ordenamiento departamental	1,000	1,000***	1,000***	1,000***	0,996***	0,997***
Criterio ($> 0{,}95$)	—	✓	✓	✓	✓	✓
Panel C. Varianza explicada por el primer componente principal						
Proporción (%)	—	—	71,1	71,3	—	—

Notas: Todas las especificaciones emplean la agregación CES con $\rho = 0{,}5$ y difieren únicamente en el vector de pesos. Las correlaciones de nivel individual se calculan sobre el conjunto de observaciones del *pool* 2018–2025; las de ordenamiento departamental, sobre las medias departamentales ponderadas por el factor de expansión de la ECV ($n = 33$).

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Los esquemas anclados en resultados laborales (validez predictiva y MIMIC) asignan a la Dimensión A una ponderación mayor que la teórica, lo que no contradice la mayor ponderación de la Dimensión C. Por un lado, la Dimensión A es condición previa de las demás, e incluye la tenencia de dispositivos y conexión del hogar, que se financian con el mismo ingreso empleado como resultado, por lo que su ponderación recoge así parte de la posición socioeconómica del hogar. Por otro, la baja ponderación de C proviene de la ocupación formal, que responde al tipo de vínculo laboral más que a los usos digitales. Si se toma el ingreso laboral como único resultado, C recibe una ponderación de 0,277, cercana a la teórica[30]. Además, C aporta información sobre el ingreso laboral adicional a la de las demás dimensiones, la educación y la edad[31]. Por ello, estos esquemas se emplean para evaluar la robustez del ordenamiento y no como criterio para fijar las ponderaciones.

El esquema *benefit-of-the-doubt* se reporta por separado, dado que, por construcción, no produce un único vector de pesos comparable con los demás, sino que asigna uno específico a cada departamento. El Cuadro B.4 resume este contraste.

El Gráfico B.1 compara los ordenamientos departamentales bajo el esquema teórico y el MIMIC, cuyos pesos son los más alejados de los teóricos.

[30] Las ponderaciones por resultado son $(w_A, w_B, w_C, w_D) = (0{,}536;\ 0{,}154;\ 0{,}277;\ 0{,}033)$ para el ingreso laboral y $(0{,}470;\ 0{,}375;\ 0{,}020;\ 0{,}135)$ para la ocupación formal.

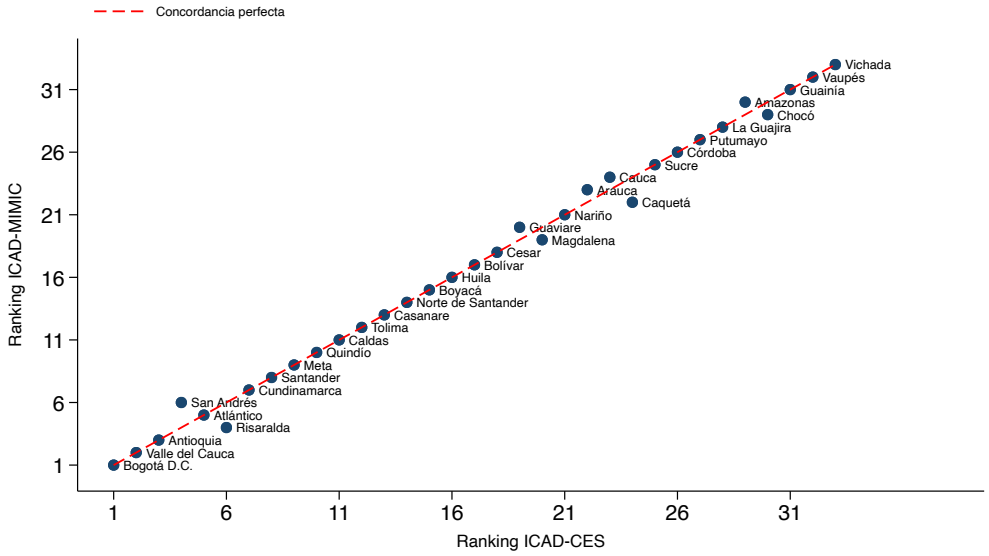
[31] Una desviación estándar adicional en la Dimensión C se asocia con un ingreso laboral cerca de 12 % mayor. Excluirla reduce el R^2 en 0,0170, frente a 0,0238 para A, 0,0035 para B y 0,0018 para D.

Cuadro B.4. Concordancia con pesos endógenos, *benefit-of-the-doubt* departamental

	ICAD-CES vs. ICAD-BOD
Correlación de rangos (Spearman)	0,966***
Correlación de Pearson	0,948
Criterio de robustez (Spearman > 0,95)	✓
Departamentos	33

Notas: Medias departamentales ponderadas con el factor de expansión de la ECV.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Gráfico B.1. Concordancia de ordenamiento departamental: ICAD-CES frente a ICAD-MIMIC



Notas: Cada punto corresponde a un departamento. El eje horizontal reporta la posición en el ordenamiento según el ICAD-CES y el eje vertical según el ICAD-MIMIC. La línea punteada indica concordancia perfecta. La correlación de rangos de Spearman entre ambos ordenamientos es de 0,997. Medias departamentales ponderadas con el factor de expansión de la ECV.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

C. Apéndice: ICAD por dimensión y grupo etario

Cuadro C.1. Dimensión A. Dotación y conexión efectiva por grupo de edad, 2018–2025

Año	15 a 19 años	20 a 64 años	65 años o más	Brecha	Razón
2018	0,5062	0,4876	0,2846	0,2217	1,779
2019	0,4994	0,4845	0,2839	0,2155	1,759
2020	0,4975	0,5015	0,3138	0,1837	1,585
2021	0,5201	0,5182	0,3303	0,1898	1,575
2022	0,5246	0,5249	0,3301	0,1945	1,589
2023	0,5507	0,5505	0,3554	0,1953	1,549
2024	0,5594	0,5650	0,3798	0,1797	1,473
2025	0,6041	0,5981	0,4124	0,1917	1,465
Pool	0,5325	0,5299	0,3408	0,1917	1,563

Notas: Brecha corresponde a la diferencia entre el grupo de 15 a 19 años y el de 65 años o más. Razón es el cociente entre ambos grupos. *Pool* corresponde al promedio del periodo 2018–2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro C.2. Dimensión B. Competencias digitales por grupo de edad, 2018–2025

Año	15 a 19 años	20 a 64 años	65 años o más	Brecha	Razón
2018	0,4430	0,2757	0,0556	0,3874	7,972
2019	0,4116	0,2518	0,0531	0,3586	7,758
2020	0,3354	0,2417	0,0513	0,2841	6,539
2021	0,3156	0,2298	0,0510	0,2646	6,193
2022	0,4003	0,2833	0,0594	0,3409	6,735
2023	0,4311	0,3121	0,0616	0,3695	6,999
2024	0,4348	0,3135	0,0669	0,3680	6,504
2025	0,4460	0,3310	0,0777	0,3683	5,741
Pool	0,4025	0,2806	0,0603	0,3421	6,671

Notas: Brecha corresponde a la diferencia entre el grupo de 15 a 19 años y el de 65 años o más. Razón es el cociente entre ambos grupos. *Pool* corresponde al promedio del periodo 2018–2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro C.3. Dimensión C. Usos transformadores por grupo de edad, 2018–2025

Año	15 a 19 años	20 a 64 años	65 años o más	Brecha	Razón
2018	0,1323	0,1241	0,0249	0,1074	5,305
2019	0,1286	0,1133	0,0231	0,1055	5,572
2020	0,1459	0,1079	0,0236	0,1223	6,187
2021	0,1513	0,1267	0,0334	0,1179	4,526
2022	0,1592	0,1574	0,0365	0,1227	4,358
2023	0,1704	0,1786	0,0406	0,1298	4,198
2024	0,1773	0,1880	0,0496	0,1277	3,572
2025	0,1921	0,2210	0,0612	0,1308	3,136
Pool	0,1569	0,1531	0,0379	0,1190	4,135

Notas: Brecha corresponde a la diferencia entre el grupo de 15 a 19 años y el de 65 años o más. Razón es el cociente entre ambos grupos. *Pool* corresponde al promedio del periodo 2018–2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro C.4. Dimensión D. Usos de comunicación e información por grupo de edad, 2018–2025

Año	15 a 19 años	20 a 64 años	65 años o más	Brecha	Razón
2018	0,4597	0,3923	0,1074	0,3523	4,280
2019	0,4557	0,3905	0,1136	0,3421	4,011
2020	0,4107	0,3685	0,1276	0,2831	3,218
2021	0,4424	0,3977	0,1455	0,2969	3,040
2022	0,4576	0,4171	0,1477	0,3099	3,098
2023	0,4840	0,4435	0,1538	0,3302	3,147
2024	0,4778	0,4468	0,1749	0,3029	2,732
2025	0,4851	0,4590	0,1921	0,2930	2,526
Pool	0,4592	0,4152	0,1483	0,3109	3,097

Notas: Brecha corresponde a la diferencia entre el grupo de 15 a 19 años y el de 65 años o más. Razón es el cociente entre ambos grupos. *Pool* corresponde al promedio del periodo 2018–2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

D. Apéndice: ICAD por departamento y dimensión

Cuadro D.1. ICAD por departamento, 2018–2025

Departamento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	*Pool*	Cambio	Cambio %	Pos. 2018	Pos. 2025	Δ pos.
Bogotá D.C.	0,358	0,330	0,321	0,365	0,386	0,419	0,380	0,413	0,372	0,055	15,3	1	1	0
San Andrés	0,246	0,201	0,236	0,267	0,239	0,186	0,331	0,343	0,257	0,097	39,6	3	2	1
Santander	0,234	0,226	0,217	0,190	0,230	0,281	0,265	0,332	0,248	0,098	41,8	4	3	1
Atlántico	0,211	0,213	0,209	0,208	0,267	0,276	0,324	0,328	0,256	0,117	55,4	9	4	5
Valle del Cauca	0,271	0,252	0,258	0,234	0,271	0,286	0,293	0,324	0,274	0,053	19,4	2	5	−3
Antioquia	0,233	0,234	0,195	0,234	0,249	0,284	0,329	0,320	0,262	0,086	37,0	5	6	−1
Risaralda	0,228	0,213	0,236	0,249	0,235	0,258	0,272	0,317	0,252	0,089	39,1	6	7	−1
Caldas	0,199	0,187	0,202	0,216	0,256	0,253	0,245	0,314	0,235	0,115	57,9	12	8	4
Tolima	0,201	0,184	0,181	0,184	0,233	0,229	0,256	0,300	0,221	0,099	49,1	10	9	1
Bolívar	0,176	0,182	0,175	0,155	0,186	0,214	0,222	0,298	0,202	0,122	69,3	16	10	6
Cundinamarca	0,199	0,212	0,194	0,220	0,266	0,291	0,300	0,288	0,250	0,089	44,8	11	11	0
Meta	0,213	0,215	0,187	0,198	0,265	0,297	0,269	0,288	0,243	0,075	35,2	8	12	−4
Boyacá	0,192	0,143	0,187	0,193	0,204	0,224	0,213	0,282	0,205	0,091	47,2	14	13	1
Huila	0,184	0,162	0,158	0,200	0,203	0,227	0,214	0,267	0,203	0,083	44,8	15	14	1
Quindío	0,225	0,197	0,216	0,209	0,241	0,279	0,250	0,265	0,236	0,039	17,5	7	15	−8
N. de Santander	0,175	0,189	0,189	0,182	0,216	0,225	0,217	0,259	0,207	0,085	48,4	17	16	1
Guaviare	0,127	0,159	0,157	0,160	0,164	0,199	0,270	0,258	0,187	0,131	103,5	26	17	9
Cesar	0,165	0,162	0,166	0,142	0,192	0,209	0,240	0,257	0,194	0,091	55,4	18	18	0
Putumayo	0,115	0,115	0,119	0,124	0,134	0,164	0,181	0,254	0,153	0,139	121,3	28	19	9
Arauca	0,113	0,135	0,130	0,163	0,155	0,197	0,175	0,238	0,165	0,125	111,3	29	20	9
Magdalena	0,156	0,163	0,136	0,134	0,163	0,203	0,215	0,238	0,177	0,082	52,2	20	21	−1
Casanare	0,195	0,180	0,216	0,187	0,250	0,237	0,256	0,231	0,220	0,035	18,1	13	22	−9
Sucre	0,148	0,127	0,118	0,119	0,176	0,177	0,200	0,217	0,161	0,069	46,6	22	23	−1
Nariño	0,163	0,161	0,144	0,153	0,184	0,187	0,168	0,213	0,172	0,051	31,3	19	24	−5
Cauca	0,138	0,131	0,128	0,134	0,173	0,176	0,204	0,206	0,162	0,068	49,6	23	25	−2
Amazonas	0,071	0,061	0,089	0,093	0,145	0,173	0,189	0,204	0,132	0,133	187,4	33	26	7
Chocó	0,128	0,112	0,092	0,098	0,128	0,117	0,158	0,199	0,130	0,071	55,2	25	27	−2
Caquetá	0,132	0,129	0,165	0,129	0,179	0,169	0,192	0,196	0,162	0,064	48,0	24	28	−4
Córdoba	0,153	0,142	0,121	0,142	0,155	0,175	0,195	0,188	0,159	0,036	23,4	21	29	−8
La Guajira	0,118	0,109	0,114	0,097	0,157	0,169	0,166	0,181	0,140	0,063	53,9	27	30	−3
Guainía	0,081	0,102	0,084	0,087	0,112	0,163	0,166	0,156	0,121	0,075	92,4	32	31	1
Vaupés	0,098	0,065	0,069	0,074	0,074	0,101	0,132	0,136	0,096	0,038	38,4	30	32	−2
Vichada	0,083	0,056	0,051	0,046	0,039	0,041	0,053	0,074	0,054	−0,009	−10,8	31	33	−2
Promedio simple	0,174	0,165	0,166	0,169	0,198	0,215	0,229	0,254	0,197	0,080	52,7			

Notas: Pool corresponde al promedio del periodo 2018–2025. Cambio es la diferencia entre 2025 y 2018 y Cambio % su variación porcentual. Los departamentos se ordenan según su posición en 2025. Los errores estándar de los promedios departamentales, agrupados por hogar, se ubican entre 0,003 y 0,006 en 2018 y entre 0,003 y 0,008 en 2025; los mayores corresponden a San Andrés, el departamento con menos observaciones (2.395 y 1.727). Las variaciones interanuales más marcadas, como la de San Andrés entre 2023 y 2024, superan ampliamente estos márgenes, aunque los errores no incorporan la estratificación del diseño muestral.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro D.2. Dimensión A. Dotación y conexión efectiva por departamento, 2018–2025

Departamento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	*Pool*	Cambio	Cambio %	Pos. 2018	Pos. 2025	Δ pos.
Valle del Cauca	0,540	0,531	0,556	0,558	0,552	0,574	0,565	0,629	0,564	0,089	16,6	2	1	1
Bogotá D.C.	0,604	0,593	0,600	0,615	0,610	0,620	0,638	0,618	0,613	0,014	2,4	1	2	−1
San Andrés	0,476	0,390	0,471	0,539	0,488	0,462	0,566	0,615	0,501	0,139	29,3	8	3	5
Risaralda	0,510	0,520	0,534	0,543	0,509	0,529	0,557	0,607	0,539	0,097	19,0	4	4	0
Santander	0,490	0,484	0,499	0,495	0,515	0,547	0,545	0,599	0,523	0,109	22,2	5	5	0
Cundinamarca	0,459	0,468	0,487	0,521	0,532	0,562	0,560	0,591	0,527	0,132	28,7	10	6	4
Meta	0,478	0,480	0,495	0,513	0,541	0,560	0,565	0,590	0,529	0,112	23,4	7	7	0
Antioquia	0,482	0,497	0,492	0,510	0,506	0,546	0,568	0,588	0,525	0,105	21,8	6	8	−2
Atlántico	0,465	0,455	0,486	0,490	0,493	0,520	0,542	0,584	0,506	0,119	25,5	9	9	0
Quindío	0,510	0,482	0,494	0,513	0,530	0,563	0,530	0,582	0,526	0,071	13,9	3	10	−7
Tolima	0,445	0,440	0,476	0,485	0,492	0,512	0,547	0,580	0,498	0,134	30,2	11	11	0
Caldas	0,443	0,443	0,486	0,507	0,517	0,523	0,550	0,575	0,507	0,133	30,0	12	12	0
N. de Santander	0,406	0,428	0,462	0,459	0,474	0,488	0,508	0,572	0,477	0,166	40,8	15	13	2
Huila	0,399	0,386	0,427	0,472	0,477	0,516	0,539	0,562	0,473	0,163	40,7	17	14	3
Boyacá	0,423	0,367	0,446	0,474	0,462	0,479	0,492	0,555	0,463	0,132	31,2	14	15	−1
Bolívar	0,376	0,390	0,381	0,425	0,440	0,452	0,488	0,544	0,439	0,168	44,6	18	16	2
Magdalena	0,373	0,378	0,382	0,402	0,411	0,464	0,444	0,535	0,426	0,162	43,4	19	17	2
Casanare	0,441	0,417	0,475	0,462	0,489	0,490	0,525	0,535	0,481	0,095	21,5	13	18	−5
Cesar	0,403	0,374	0,425	0,416	0,448	0,482	0,522	0,532	0,454	0,129	32,0	16	19	−3
Guaviare	0,304	0,326	0,359	0,394	0,380	0,456	0,486	0,532	0,405	0,227	74,7	26	20	6
Caquetá	0,341	0,347	0,404	0,440	0,430	0,478	0,501	0,522	0,433	0,181	53,0	24	21	3
Arauca	0,320	0,345	0,391	0,430	0,411	0,428	0,431	0,519	0,413	0,199	62,1	25	22	3
Nariño	0,368	0,367	0,383	0,408	0,431	0,440	0,439	0,512	0,419	0,144	39,3	20	23	−3
Putumayo	0,282	0,292	0,326	0,358	0,364	0,414	0,402	0,509	0,372	0,228	80,8	28	24	4
Cauca	0,342	0,357	0,367	0,380	0,397	0,430	0,463	0,504	0,407	0,162	47,4	23	25	−2
Sucre	0,349	0,329	0,334	0,366	0,399	0,417	0,429	0,490	0,391	0,141	40,5	21	26	−5
Córdoba	0,346	0,348	0,339	0,372	0,351	0,426	0,442	0,465	0,387	0,118	34,2	22	27	−5
La Guajira	0,279	0,293	0,293	0,301	0,341	0,345	0,360	0,441	0,333	0,161	57,8	29	28	1
Chocó	0,293	0,279	0,279	0,300	0,327	0,292	0,347	0,405	0,317	0,112	38,3	27	29	−2
Amazonas	0,184	0,192	0,239	0,260	0,298	0,305	0,390	0,386	0,287	0,202	109,6	31	30	1
Guainía	0,171	0,216	0,226	0,241	0,247	0,335	0,292	0,337	0,261	0,166	97,1	32	31	1
Vaupés	0,160	0,121	0,150	0,162	0,153	0,197	0,267	0,289	0,193	0,128	80,1	33	32	1
Vichada	0,193	0,147	0,133	0,120	0,109	0,115	0,157	0,203	0,145	0,010	5,4	30	33	−3
Promedio simple	0,384	0,378	0,403	0,422	0,428	0,454	0,474	0,518	0,434	0,135	40,5			

Notas: Pool corresponde al promedio del periodo 2018–2025. Cambio es la diferencia entre 2025 y 2018 y Cambio % su variación porcentual. Los departamentos se ordenan según su posición en 2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro D.3. Dimensión B. Competencias digitales por departamento, 2018–2025

Departamento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	*Pool*	Cambio	Cambio %	Pos. 2018	Pos. 2025	Δ pos.
Bogotá D.C.	0,458	0,379	0,390	0,414	0,404	0,430	0,389	0,472	0,417	0,014	3,0	1	1	0
Risaralda	0,263	0,241	0,249	0,236	0,280	0,347	0,292	0,354	0,284	0,091	34,5	5	2	3
San Andrés	0,302	0,258	0,286	0,307	0,234	0,181	0,343	0,343	0,283	0,041	13,6	3	3	0
Meta	0,249	0,238	0,221	0,174	0,336	0,352	0,338	0,328	0,281	0,079	31,8	9	4	5
Caldas	0,231	0,208	0,246	0,228	0,281	0,313	0,255	0,327	0,262	0,096	41,7	13	5	8
Valle del Cauca	0,308	0,267	0,272	0,222	0,271	0,309	0,323	0,324	0,287	0,016	5,3	2	6	−4
Santander	0,268	0,247	0,228	0,189	0,261	0,297	0,275	0,320	0,261	0,053	19,6	4	7	−3
Antioquia	0,241	0,265	0,225	0,219	0,243	0,311	0,343	0,316	0,272	0,076	31,5	11	8	3
Atlántico	0,250	0,230	0,225	0,171	0,289	0,292	0,353	0,316	0,267	0,065	26,1	8	9	−1
Casanare	0,237	0,214	0,232	0,208	0,281	0,235	0,263	0,289	0,245	0,053	22,3	12	10	2
Guaviare	0,164	0,192	0,182	0,152	0,198	0,217	0,292	0,282	0,211	0,118	72,0	25	11	14
Boyacá	0,245	0,196	0,188	0,206	0,222	0,255	0,261	0,280	0,232	0,035	14,1	10	12	−2
Cundinamarca	0,229	0,254	0,207	0,219	0,279	0,297	0,294	0,277	0,259	0,048	21,2	14	13	1
Putumayo	0,157	0,140	0,134	0,121	0,126	0,169	0,185	0,269	0,164	0,112	70,9	27	14	13
Bolívar	0,206	0,202	0,170	0,121	0,196	0,216	0,223	0,266	0,201	0,060	29,2	16	15	1
Quindío	0,252	0,231	0,223	0,223	0,272	0,261	0,260	0,257	0,247	0,005	2,1	7	16	−9
Arauca	0,131	0,130	0,097	0,117	0,142	0,195	0,197	0,254	0,160	0,123	94,5	31	17	14
Tolima	0,252	0,211	0,193	0,194	0,272	0,243	0,262	0,250	0,235	−0,003	−1,1	6	18	−12
Huila	0,224	0,188	0,179	0,164	0,232	0,250	0,195	0,248	0,211	0,024	10,9	15	19	−4
N. de Santander	0,195	0,211	0,182	0,160	0,269	0,268	0,233	0,240	0,221	0,045	23,2	17	20	−3
Cesar	0,189	0,179	0,124	0,132	0,200	0,240	0,221	0,238	0,192	0,048	25,6	18	21	−3
Amazonas	0,141	0,093	0,108	0,102	0,186	0,188	0,255	0,235	0,167	0,094	66,7	30	22	8
Chocó	0,180	0,125	0,080	0,096	0,120	0,120	0,172	0,231	0,141	0,051	28,2	22	23	−1
Magdalena	0,173	0,187	0,135	0,097	0,184	0,201	0,239	0,216	0,180	0,043	24,8	24	24	0
Cauca	0,176	0,159	0,125	0,117	0,183	0,176	0,223	0,209	0,171	0,034	19,2	23	25	−2
Caquetá	0,143	0,156	0,187	0,118	0,204	0,163	0,204	0,182	0,170	0,039	27,4	29	26	3
Vaupés	0,163	0,126	0,110	0,114	0,122	0,141	0,195	0,181	0,146	0,018	11,1	26	27	−1
La Guajira	0,147	0,121	0,103	0,087	0,175	0,186	0,181	0,178	0,148	0,031	21,1	28	28	0
Sucre	0,180	0,157	0,113	0,091	0,176	0,160	0,199	0,178	0,157	−0,002	−1,2	21	29	−8
Nariño	0,188	0,182	0,168	0,141	0,199	0,193	0,152	0,175	0,175	−0,013	−7,0	19	30	−11
Guainía	0,115	0,144	0,128	0,108	0,128	0,186	0,197	0,174	0,149	0,059	51,3	33	31	2
Córdoba	0,181	0,155	0,106	0,124	0,157	0,166	0,182	0,163	0,154	−0,018	−9,9	20	32	−12
Vichada	0,122	0,077	0,064	0,049	0,055	0,046	0,060	0,084	0,067	−0,038	−30,8	32	33	−1
Promedio simple	0,211	0,193	0,178	0,164	0,218	0,230	0,244	0,256	0,213	0,045	24,0			

Notas: Pool corresponde al promedio del periodo 2018–2025. Cambio es la diferencia entre 2025 y 2018 y Cambio % su variación porcentual. Los departamentos se ordenan según su posición en 2025. Los valores de 2018–2021 y de 2022–2025 provienen de universos distintos de la pregunta de competencias digitales, por lo que el cambio entre 2018 y 2025 combina variaciones en las habilidades con el cambio de universo (véase el Apéndice A.3). Con el universo de 2018–2021 en todos los años, la correlación de Spearman entre los cambios departamentales de la Dimensión B es 0,81, mientras que la del crecimiento del ICAD por departamento (Cuadro D.1) es 0,96 y los cinco departamentos de mayor crecimiento son los mismos.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro D.4. Dimensión C. Usos transformadores por departamento, 2018–2025

Departamento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	*Pool*	Cambio	Cambio %	Pos. 2018	Pos. 2025	Δ pos.
Bogotá D.C.	0,209	0,187	0,170	0,235	0,277	0,309	0,257	0,313	0,246	0,103	49,3	1	1	0
San Andrés	0,132	0,101	0,106	0,127	0,145	0,098	0,226	0,248	0,148	0,116	87,8	3	2	1
Atlántico	0,083	0,102	0,097	0,105	0,156	0,159	0,227	0,222	0,146	0,138	165,5	13	3	10
Antioquia	0,123	0,109	0,088	0,130	0,150	0,156	0,210	0,221	0,150	0,098	79,5	4	4	0
Tolima	0,078	0,085	0,072	0,086	0,105	0,117	0,143	0,212	0,113	0,134	172,2	16	5	11
Bolívar	0,084	0,084	0,114	0,078	0,086	0,117	0,115	0,209	0,112	0,125	148,2	12	6	6
Caldas	0,097	0,087	0,095	0,102	0,141	0,133	0,125	0,206	0,124	0,110	113,7	7	7	0
Santander	0,116	0,104	0,099	0,078	0,109	0,168	0,151	0,205	0,130	0,090	77,6	5	8	−3
Valle del Cauca	0,139	0,121	0,131	0,113	0,140	0,158	0,167	0,186	0,145	0,046	33,3	2	9	−7
Risaralda	0,113	0,098	0,116	0,132	0,118	0,121	0,150	0,177	0,129	0,064	56,4	6	10	−4
Cundinamarca	0,087	0,089	0,087	0,105	0,141	0,162	0,190	0,176	0,133	0,088	101,4	11	11	0
Boyacá	0,087	0,060	0,103	0,092	0,097	0,111	0,095	0,171	0,103	0,084	95,9	10	12	−2
Cesar	0,063	0,068	0,091	0,063	0,093	0,088	0,153	0,161	0,100	0,098	155,8	21	13	8
Guaviare	0,050	0,079	0,076	0,085	0,078	0,099	0,175	0,154	0,100	0,105	210,4	27	14	13
Meta	0,094	0,113	0,072	0,094	0,112	0,161	0,118	0,145	0,114	0,051	55,0	9	15	−6
N. de Santander	0,060	0,081	0,090	0,088	0,084	0,113	0,112	0,144	0,098	0,084	140,0	23	16	7
Putumayo	0,047	0,051	0,054	0,053	0,054	0,068	0,102	0,142	0,073	0,095	200,0	28	17	11
Quindío	0,096	0,081	0,107	0,097	0,114	0,164	0,149	0,140	0,119	0,045	46,9	8	18	−10
Magdalena	0,066	0,079	0,070	0,068	0,065	0,092	0,124	0,135	0,089	0,069	104,3	18	19	−1
Amazonas	0,021	0,016	0,043	0,036	0,065	0,113	0,082	0,135	0,067	0,114	548,1	33	20	13
Huila	0,077	0,065	0,056	0,110	0,084	0,095	0,090	0,133	0,089	0,056	72,4	17	21	−4
Sucre	0,064	0,053	0,054	0,056	0,091	0,090	0,105	0,131	0,081	0,067	105,3	20	22	−2
Arauca	0,039	0,064	0,051	0,089	0,072	0,101	0,070	0,124	0,078	0,085	220,8	31	23	8
Nariño	0,078	0,073	0,060	0,075	0,092	0,085	0,088	0,113	0,083	0,035	44,3	15	24	−9
Chocó	0,044	0,048	0,037	0,039	0,058	0,055	0,072	0,107	0,058	0,064	146,0	30	25	5
Córdoba	0,061	0,062	0,060	0,068	0,084	0,085	0,098	0,102	0,078	0,041	67,2	22	26	−4
Cauca	0,058	0,042	0,049	0,056	0,077	0,086	0,105	0,099	0,072	0,041	71,2	24	27	−3
La Guajira	0,053	0,046	0,058	0,049	0,080	0,095	0,085	0,095	0,071	0,042	78,8	26	28	−2
Casanare	0,079	0,069	0,105	0,093	0,139	0,125	0,143	0,086	0,106	0,007	9,3	14	29	−15
Caquetá	0,065	0,052	0,084	0,050	0,083	0,075	0,069	0,083	0,070	0,018	27,4	19	30	−11
Guainía	0,045	0,051	0,030	0,030	0,055	0,093	0,100	0,069	0,060	0,024	53,6	29	31	−2
Vaupés	0,056	0,025	0,036	0,035	0,030	0,042	0,058	0,062	0,044	0,006	9,9	25	32	−7
Vichada	0,035	0,022	0,023	0,022	0,012	0,013	0,027	0,030	0,023	−0,005	−13,3	32	33	−1
Promedio simple	0,079	0,075	0,078	0,083	0,100	0,114	0,127	0,150	0,101	0,071	107,1			

Notas: Pool corresponde al promedio del periodo 2018–2025. Cambio es la diferencia entre 2025 y 2018 y Cambio % su variación porcentual. Los departamentos se ordenan según su posición en 2025.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

Cuadro D.5. Dimensión D. Usos de comunicación e información por departamento, 2018–2025

Departamento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	*Pool*	Cambio	Cambio %	Pos. 2018	Pos. 2025	Δ pos.
Santander	0,390	0,393	0,381	0,350	0,358	0,399	0,399	0,494	0,396	0,104	26,8	5	1	4
Bogotá D.C.	0,511	0,510	0,490	0,524	0,522	0,562	0,532	0,493	0,518	−0,018	−3,5	1	2	−1
Huila	0,311	0,289	0,290	0,379	0,351	0,397	0,394	0,479	0,362	0,168	54,0	15	3	12
Valle del Cauca	0,425	0,438	0,428	0,413	0,452	0,425	0,431	0,467	0,435	0,042	9,9	2	4	−2
Risaralda	0,350	0,324	0,411	0,427	0,361	0,393	0,410	0,447	0,391	0,096	27,5	11	5	6
Meta	0,362	0,355	0,328	0,365	0,451	0,447	0,430	0,445	0,399	0,082	22,7	8	6	2
Atlántico	0,386	0,360	0,358	0,401	0,398	0,404	0,421	0,438	0,397	0,052	13,4	6	7	−1
San Andrés	0,373	0,323	0,403	0,476	0,354	0,302	0,443	0,431	0,388	0,058	15,6	7	8	−1
Antioquia	0,393	0,418	0,315	0,404	0,379	0,432	0,484	0,431	0,408	0,037	9,5	4	9	−5
Caldas	0,312	0,313	0,313	0,376	0,377	0,364	0,373	0,429	0,358	0,117	37,5	14	10	4
Bolívar	0,287	0,322	0,279	0,278	0,306	0,323	0,358	0,425	0,323	0,138	48,2	18	11	7
Quindío	0,401	0,333	0,375	0,341	0,403	0,440	0,355	0,422	0,384	0,021	5,2	3	12	−9
Tolima	0,352	0,283	0,323	0,307	0,382	0,357	0,378	0,421	0,351	0,068	19,4	10	13	−3
Boyacá	0,296	0,201	0,293	0,311	0,333	0,347	0,318	0,417	0,316	0,121	40,7	17	14	3
Cundinamarca	0,346	0,379	0,328	0,393	0,431	0,463	0,438	0,408	0,401	0,062	17,8	12	15	−3
N. de Santander	0,342	0,336	0,343	0,333	0,355	0,334	0,321	0,398	0,345	0,057	16,6	13	16	−3
Putumayo	0,176	0,191	0,197	0,217	0,237	0,270	0,285	0,390	0,248	0,214	121,5	29	17	12
Cesar	0,303	0,301	0,309	0,248	0,321	0,343	0,355	0,382	0,322	0,079	25,9	16	18	−2
Arauca	0,208	0,249	0,266	0,320	0,277	0,337	0,286	0,376	0,293	0,168	80,8	26	19	7
Casanare	0,353	0,341	0,379	0,303	0,391	0,409	0,401	0,366	0,368	0,013	3,7	9	20	−11
Nariño	0,257	0,273	0,236	0,269	0,291	0,309	0,268	0,362	0,283	0,104	40,6	21	21	0
Magdalena	0,281	0,263	0,217	0,244	0,271	0,355	0,307	0,353	0,287	0,072	25,5	19	22	−3
Guaviare	0,227	0,274	0,268	0,289	0,262	0,324	0,390	0,349	0,298	0,121	53,4	24	23	1
Sucre	0,247	0,206	0,213	0,221	0,290	0,298	0,325	0,343	0,269	0,096	39,1	22	24	−2
Cauca	0,213	0,238	0,235	0,259	0,287	0,292	0,307	0,325	0,271	0,113	53,0	25	25	0
Caquetá	0,203	0,218	0,267	0,215	0,274	0,272	0,325	0,315	0,261	0,113	55,6	27	26	1
Córdoba	0,276	0,250	0,217	0,266	0,256	0,295	0,336	0,300	0,275	0,025	9,0	20	27	−7
Chocó	0,232	0,190	0,180	0,177	0,229	0,199	0,268	0,285	0,221	0,053	22,7	23	28	−5
Amazonas	0,107	0,106	0,156	0,171	0,224	0,246	0,302	0,268	0,202	0,161	150,8	33	29	4
La Guajira	0,197	0,194	0,209	0,166	0,254	0,260	0,256	0,266	0,226	0,068	34,7	28	30	−2
Guainía	0,124	0,165	0,137	0,158	0,188	0,244	0,248	0,262	0,194	0,138	111,0	32	31	1
Vaupés	0,132	0,105	0,098	0,116	0,116	0,166	0,197	0,213	0,147	0,080	60,9	31	32	−1
Vichada	0,145	0,105	0,093	0,087	0,066	0,077	0,070	0,125	0,093	−0,020	−13,6	30	33	−3
Promedio simple	0,288	0,280	0,283	0,297	0,316	0,336	0,346	0,373	0,316	0,085	37,5			

Notas: Pool corresponde al promedio del periodo 2018–2025. Cambio es la diferencia entre 2025 y 2018 y Cambio % su variación porcentual. Los departamentos se ordenan según su posición en 2025.
Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.

E. Apéndice: descomposición Oaxaca-Blinder de la brecha urbano-rural

Con el fin de descomponer la brecha urbano-rural en apropiación digital, se utiliza la metodología de Oaxaca-Blinder (Oaxaca, 1973; Blinder, 1973), que permite distinguir entre la parte atribuible a diferencias observables en las características de la población y la parte asociada a diferencias en los retornos de tales características.

El Cuadro E.1 presenta los resultados de la descomposición. La brecha total de apropiación digital entre las áreas urbanas y rurales asciende a 0,1691 puntos del ICAD, de los cuales el 81,3 % se asocia a diferencias en las características observables incluidas en el modelo[32]. La educación registra la mayor contribución dentro del componente de dotaciones, al representar el 45,8 % de la brecha total, seguida por el logaritmo del ingreso per cápita, con una contribución del 25,1 %.

[32]La descomposición es triple y parte de regresiones lineales estimadas por separado para cada área; las dotaciones se valoran con los coeficientes del área urbana. Con los coeficientes del área rural (dotaciones más interacción), las dotaciones explican el 62,0 % de la brecha.

La condición laboral aporta un 9,2 % adicional y la pertenencia étnica un 1,6 %. En contraste, el grupo de edad contribuye en sentido opuesto (−0,6 %), lo que refleja que la población rural es, en promedio, más joven que la urbana. Por su parte, el sexo, el tamaño del hogar y los efectos de año presentan contribuciones cuantitativamente reducidas. Estos resultados indican que una proporción importante de la brecha urbano-rural está asociada a diferencias en las dotaciones observables de los individuos y hogares. Sin embargo, dado que dichas características pueden estar vinculadas a las condiciones territoriales, la descomposición no permite aislar la contribución total de la localización geográfica ni establecer una jerarquía causal entre ambos tipos de factores. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como una descomposición contable de las asociaciones observadas y no como una identificación del peso relativo de las dotaciones frente a los efectos propios del territorio.

Cuadro E.1. Descomposición Oaxaca-Blinder de la brecha urbano-rural en el ICAD

Componente	Coeficiente	Error estándar	Participación (%)
ICAD medio rural (grupo 1)	0,1166***	(0,0003)	
ICAD medio urbano (grupo 2)	0,2857***	(0,0009)	
Diferencia (rural − urbano)	−0,1691***	(0,0009)	100,0
Descomposición agregada			
Dotaciones	−0,1374***	(0,0010)	81,3
Retornos	−0,0643***	(0,0008)	38,0
Interacción	+0,0326***	(0,0008)	−19,3
Contribución al componente de dotaciones			
Educación	−0,0775***	(0,0006)	45,8
Log ingreso per cápita	−0,0424***	(0,0007)	25,1
Condición laboral	−0,0156***	(0,0004)	9,2
Pertenencia étnica	−0,0027***	(0,0004)	1,6
Grupo de edad	+0,0010***	(0,0001)	−0,6
Efectos de año	−0,0002***	(0,0001)	0,1
Sexo y tamaño del hogar	+0,0001	(0,0001)	−0,0

Notas: Errores estándar robustos agrupados por hogar (691.790 conglomerados). $^{***}p < 0{,}01$, $^{**}p < 0{,}05$, $^{*}p < 0{,}10$.

Fuente: Cálculos de los autores con base en ECV-DANE 2018–2025.