

El rol de las ciudades en la reducción de la brecha digital: Un análisis multinivel en los países de América Latina

The role of cities in bridging the digital divide: A multilevel analysis of Latin American countries

María Verónica Alderete

IIESS, CONICET- Universidad Nacional del Sur (Argentina)

<https://orcid.org/0000-0002-9617-7526>

mvalderete@iieess-conicet.gob.ar

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo analizar los factores que explican el desarrollo digital de las ciudades en América Latina. Se parte de la hipótesis de que en los últimos años hubo cambios significativos en el desarrollo digital de las ciudades, y que tales cambios se explican por variaciones en las características de las propias ciudades, así como de los países a los que pertenecen. Se propone estimar un modelo multinivel con tres niveles: tiempo, ciudad y país. Se analizan los efectos aleatorios como alternativa para evaluar la evolución de tal desarrollo digital en el tiempo. Con este fin, se utilizan datos en el período 2020-2023 de 27 ciudades pertenecientes a 16 países de la región de América Latina. Los resultados indican que existe una variación significativa en el desarrollo digital entre ciudades y entre países en los últimos años. Por otro lado, esta evolución en el desarrollo digital se explica principalmente por la brecha digital de nivel país y por las políticas urbanas que implementan las ciudades.

PALABRAS CLAVE

Brecha digital; ciudades inteligentes; América Latina; modelo multinivel.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the explanatory factors of the digital development of cities in Latin America. It is based on the hypothesis that in recent years there have been significant changes in the technological development of cities over time, and that such changes are explained by variations in the characteristics of the cities, as well as the countries to which they belong. We estimate a multilevel model with three levels: time, city and country. Random effects are analyzed as an alternative to evaluate the evolution of such digital development over time. For this purpose, data is used in the period 2020-2023 from 27 cities belonging to 16 countries in the Latin American region. The results indicate that there is significant variation in digital development over time between cities and between countries. On the other hand, this evolution in digital development is mainly explained by the digital divide at the country level and by the urban policies implemented by cities.

KEYWORDS

Digital gap; smart cities; Latin America; multilevel model.

Clasificación JEL: O18; O33; L91; R15.

MSC2010: 62J12; 62P25; 91D20.

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) tienen un impacto significativo en la vida diaria. Los ciudadanos deben tener acceso a las TIC y a capacidades digitales básicas para adaptarse a la nueva sociedad. A nivel local, muchas ciudades han implementado soluciones y proyectos para mejorar la calidad de vida de su población mediadas por las nuevas tecnologías. A tales ciudades se las conoce con el término de Ciudades Inteligentes.

La idea subyacente es que las ciudades sean más inteligentes para aprovechar los beneficios de la era digital. Las proyecciones indican que para 2050, alrededor del 90 % de la población de América Latina vivirá en áreas urbanas. Para que las ciudades sean motores de crecimiento, su futuro depende principalmente de cómo se gestionen. En este sentido, cobra relevancia la inclusión digital. Sin embargo, no basta con conseguir que las TIC estén disponibles, también es necesario tener en cuenta el entorno político, social, cultural e institucional, ya que son factores que influyen en el acceso a las TIC y en la capacidad de uso efectivo o brecha digital (Hargittai, 2003).

Si bien existe abundante literatura sobre los posibles determinantes de la difusión de las TIC en los países de la OCDE, se ha dedicado mucho menos trabajo a comprender los determinantes del desarrollo de las TIC o desarrollo digital en la región de América Latina (CEPAL 2023, Katz, 2012). A su vez, no se han encontrado trabajos que expliquen la brecha digital combinando datos de nivel ciudad y país.

El presente trabajo utiliza datos de libre acceso y disponibilidad correspondientes al periodo 2020-2023 para los países de América Latina combinados con datos a nivel ciudad. Con este fin, se emplea una muestra de 27 ciudades pertenecientes a 16 países de la región de América Latina. Se estima un modelo de regresión multinivel, con tres niveles: tiempo, ciudad y país. Se busca analizar el grado de desarrollo de las tecnologías digitales o de acceso a las TIC en las ciudades a lo largo de los últimos 3 años. El objetivo es examinar si existe variabilidad en el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo entre ciudades de un mismo país, y entre ciudades de diferentes países. En caso afirmativo, analizar si hay factores de nivel ciudad y de nivel país que explican esa variabilidad. Aunque en los últimos años se han encontrado numerosas publicaciones respecto de las ciudades inteligentes, su conceptualización y vinculación con alguna de las dimensiones de los proyectos de ciudad inteligente, no se han hallado estudios respecto de la relación entre la presencia de ciudades inteligentes y su contribución a incrementar o reducir la brecha digital.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se esboza el marco teórico en referencia a los conceptos estudiados y se revisa la literatura empírica vinculada al tema. En segundo lugar, se plantean los datos junto con la metodología que se utilizará para estimar el modelo multinivel. En tercer lugar, se presentan los resultados hallados y, finalmente, se discuten los resultados y comparten las conclusiones del trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ciudad inteligente

En los últimos años, la importancia del desarrollo de ciudades inteligentes ha llamado la atención en la investigación académica. Si bien la idea no es nueva y abarca varias definiciones, se pueden identificar dos perspectivas principales. La primera perspectiva enfatiza el aspecto tecnológico, centrándose en el papel de las TIC para mejorar la accesibilidad a la información pública y mejorar la eficiencia de los servicios de la ciudad (Belissent y Girón, 2013; Caragliu et al, 2011; Paskaleva, 2009). La segunda perspectiva adopta un enfoque más amplio, destacando

el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gobernanza participativa y la reducción de las emisiones de CO₂, todo ello centrado en el ciudadano (Albino et al, 2015; Winters, 2011; Anthopoulos y Fitsilis, 2010; Shapiro, 2006). Este punto de vista postula que “el espíritu de la gobernanza electrónica en una ciudad inteligente debería estar centrado en los ciudadanos e impulsado por los ciudadanos (Albino et al., 2015: p. 12)”. La mayoría de las definiciones de ciudades inteligentes bajo esta perspectiva más amplia convergen en cinco atributos clave: economía inteligente, gobernanza inteligente, movilidad inteligente, entorno inteligente y personas inteligentes. La construcción de ciudades inteligentes es un método importante ya que mejora la productividad económica y el nivel de vida de las personas (Cui et al, 2024).

En los países desarrollados, el impacto de las TIC para el Desarrollo se traduce en un aumento de productividad, mientras que en los países en desarrollo es mucho más significativo y puede, por ejemplo, ayudar a erradicar la pobreza, abordar problemas relacionados con cambio climático o permitir la inclusión de las personas en la vida económica, social y política (Heeks, 2009). Más recientemente, Joia & Kuhl (2019) aborda cómo las iniciativas de ciudades inteligentes pueden contribuir positivamente al desarrollo, con especial énfasis en los países en desarrollo.

Este artículo sigue este segundo enfoque y, por tanto, distingue entre el término “inteligente” e “inteligente” o “digital”. Por lo tanto, en este trabajo se enfocará en el desarrollo digital como una condición necesaria pero no suficiente para la construcción de ciudades inteligentes, y en estudiar los determinantes tanto de nivel país como de nivel ciudad en el tiempo que contribuyen a explicar tal desarrollo digital. Se entiende por desarrollo digital el avance en las tecnologías de la información y la comunicación que constituye uno de los elementos críticos para mejorar la calidad de vida de las ciudades y sentar las bases para la consolidación de ciudades inteligentes.

2.2. Brecha digital

Es crucial diferenciar entre el acceso a las TIC y el uso efectivo de éstas para comprender el concepto de brecha digital. El acceso a las TIC implica la disponibilidad de tecnologías como computadoras, Internet y teléfonos móviles para los estudiantes y las escuelas. En cambio, el uso de las TIC se refiere a la capacidad de emplear estas tecnologías de manera eficaz, relacionado con los métodos y propósitos de su utilización.

Esta distinción da lugar a dos tipos de brechas digitales: la primera, de acceso, y la segunda, de uso o capacidad para aprovechar las TIC. La brecha digital representa la disparidad entre quienes tienen acceso adecuado a equipos digitales y quienes no lo tienen o lo tienen de forma limitada. Hargittai (2003, p.823) describe la brecha digital como “la diferencia entre quienes tienen acceso a tecnologías digitales y quienes no; o la diferencia entre quienes utilizan tecnologías digitales y quienes no, entendida de manera binaria para distinguir a los ‘ricos’ de los ‘pobres’”. Esta brecha es un problema complejo y multifacético.

La brecha digital puede ser clasificada en niveles global, regional o nacional (Rao, 2005). A nivel nacional, hay una disparidad que distingue entre las regiones urbanas y rurales dentro de los países. Por lo tanto, centrarse en las ciudades capitales o metropolitanas permite controlar las diferencias entre lo urbano y lo rural en términos de desarrollo humano y progreso económico, especialmente en los países en desarrollo (Furuholt y Kristiansen, 2007; Mwesige, 2004). Además, se pueden observar diferencias en cuanto a habilidades digitales y culturales (recursos (Van Deursen y Van Dijk, 2019; Van Dijk, 2006). Esta idea conduce a la tercera brecha digital o brecha de apropiación (Caragliu y Del Bo, 2023; Khan et al, 2020; Van Deursen y Van Dijk, 2019). La desigualdad digital no abarca únicamente la cuestión del acceso a las tecnologías, sino que también se vincula a sus usos y apropiaciones (Caragliu y Del Bo, 2023). El progreso en el desarrollo de las TIC está determinado por la combinación de tres elementos: disponibilidad de infraestructura y acceso, uso efectivo de las TIC y capacidad para utilizarlas, es decir, habilidades digitales (ITU, 2017).

2.3. Factores explicativos del desarrollo digital de las ciudades

Entre los determinantes de la brecha digital Caragliu y Del Bo (2023) discuten tres categorías de hallazgos (1) Económicos y tecnológicos relacionados con la prosperidad y la modernidad. Por ejemplo: niveles de ingresos, electricidad y telecomunicaciones. infraestructura. (2) Determinantes institucionales relacionados al sistema político y al Estado de derecho. Por ejemplo: regulaciones regionales y acuerdos sociales. (3) Determinantes Sociales centrados en procesos basados en las personas. Para ejemplo: demografía y niveles educativos.

La construcción de ciudades inteligentes es una ingeniería de sistemas compleja, esencialmente la aplicación de tecnología de la información y digital (Yue et al., 2024). En una ciudad verdaderamente inteligente, la adopción de nuevas tecnologías no es un fin en sí mismo, ya que la innovación en tecnología debe complementarse con la innovación en gestión y políticas (Nam y Pardo, 2011). Además, las iniciativas de ciudades inteligentes deben comenzar a centrarse en las personas, en sus derechos, en la interacción entre personas, conocimientos, habilidades y participación, en lugar de centrarse en la creencia de que las TIC pueden transformar y mejorar automáticamente las ciudades (Hollands, 2008).

Alderete (2022) ha estudiado a las ciudades inteligentes en América Latina. Con base en un análisis de cluster, observa que el grado de inteligencia no necesariamente está relacionado con el tamaño de la población y los recursos económicos disponibles. Hay ciudades inteligentes y de tamaño grande, así como ciudades inteligentes y pequeñas. Por otro lado, Alderete (2019a) observa que las ciudades mejor posicionadas en los índices de ciudad inteligente son de países desarrollados y las ciudades ubicadas en los últimos puestos son de países en desarrollo o no desarrollado.

Se han encontrado muchas investigaciones dedicadas a la identificación de los factores que impulsan la intensidad de la brecha digital, desentrañando los diferentes roles desempeñados por factores individuales de otros más agregados y estructurales (Caragliu y Del Bo, 2023). El desarrollo de las TIC es de gran importancia ya que reduce la brecha digital y promueve la urbanización. Wang et al. (2021) enfatiza el papel esencial del gobierno en la urbanización y el progreso tecnológico, y se espera que la urbanización basada en las TIC y dirigida por el gobierno puede aliviar la brecha digital y lograr un desarrollo regional equilibrado.

Entre los factores relevantes en el nivel geográfico que podría influir en el alcance de la tecnología digital, se enfatiza en la importancia de las diferencias en el ámbito físico o estructura de las redes de banda ancha, lo que implícitamente proporciona una ventaja para áreas urbanas bien conectadas (Song et al., 2020). Por otra parte, según los autores, los principales determinantes de la difusión de las TIC son el ingreso residencial urbano, la tasa bruta de matriculación y el ingreso residencial rural. Asimismo, hay conexiones de red más rápidas disponibles en áreas altamente pobladas en comparación con territorios de baja densidad, (Vicente y Lopez, 2011: p.223).

Mattoni et al (2015) analizan el tema de las ciudades inteligentes y presentan una metodología de planificación de acciones y estrategias que proporcionan un enfoque holístico y específico a territorios y ciudades teniendo en cuenta las particularidades del contexto multinivel. Una forma de integrar los diversos aspectos de una Smart City es a través de la definición de las relaciones existentes entre todos los subsistemas de la ciudad. Los resultados de su análisis cualitativo son que las redes de acciones y acoplamientos de ejes y temas son diferentes en base al nivel territorial.

No se encuentran muchos trabajos en la temática de brecha digital y ciudades inteligentes con este tipo de estructura multinivel. Por otro lado, la literatura empírica es más abundante en la relación de la brecha digital con otros temas como educación. Luego, una contribución del trabajo es abordar la temática de la brecha digital y las ciudades inteligentes mediante un modelo multinivel siguiendo una metodología cuantitativa.

Algunas de las ciudades analizadas tienen características propias ya que son sedes de los gobiernos provinciales y concentran la mayor parte de la actividad económica. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), por ejemplo, tiene la particularidad de cumplir además con la condición de ser un distrito equiparable a las provincias y de ser capital de Argentina. Ante esta situación, no es de extrañar que los gobiernos nacionales tengan repercusión sobre estas ciudades con planes o programas de digitalización. En el caso de Argentina, se encuentra el Programa Federal de Transformación Pública Digital.

En años recientes, los municipios de Argentina incorporaron en su normativa los lineamientos de gobierno digital y Transformación Pública Digital. Aproximadamente el 33% de los municipios replica las normas provinciales y/o nacionales o las introduce como referencia. Tal es el caso en la ciudad de Córdoba de la App Ciudadano Digital (González Chmielewski y Peralta, 2024). En el caso de CABA, la ciudad ha sido pionera no solo en el tema de acceso a la información pública, sino en cuanto a la promoción de empresas de base tecnológica y en protección de datos personales.

2.4. La posición de las ciudades latinoamericanas según el índice de sustentabilidad de las ciudades Cities in Motion (CIMI)

El índice Cities in Motion o Ciudades en Movimiento (CIMI) es un indicador que publica anualmente el IESE Business School de la Universidad de Navarra (IESE Business School, 2023; 2022; 2020). El CIMI se ha construido con el objetivo principal de permitir la medición de la sostenibilidad de las ciudades. Además, el índice CIMI proporciona información sobre la calidad de vida de los ciudadanos. El índice apoya la comprensión de los gobiernos y el público midiendo el desempeño de las ciudades en función de 9 dimensiones principales: gobernanza, planificación urbana, gestión pública, medio ambiente, alcance internacional y tecnología, cohesión social, movilidad y transporte, capital humano y economía.

Si se divide a las ciudades incluidas en el CIMI en 4 grupos de acuerdo al puesto del ranking que ocupan, puede evidenciarse que las ciudades latinoamericanas incluidas no se encuentran en las posiciones de mayor desarrollo en cuanto a la calidad de vida actual y futura de los ciudadanos. Esto surge porque ninguna de las ciudades de Latinoamérica contempladas se encuentra dentro del 25% de las ciudades que muestran mejor desempeño y solo el 4,55% de las ciudades que se encuentran en el segundo escalafón son de dicha zona del continente americano. A la hora de considerar el tercer escalón, que nuclea las ciudades que se encuentran entre el puesto 87 y 130 del ranking, pueden hallarse un 16,28% de ciudades latinoamericanas. En cambio, si se evalúan las ciudades que se encuentran en la cuarta porción del ordenamiento, se encuentra que el 39,53% de ellas son latinoamericanas.

En el informe del ICIM 2023 se analiza la trayectoria de las cinco ciudades que mejor desempeño presentan en la región durante los últimos tres años. Puede verse que las dos localidades que han liderado el ranking de ciudades latinoamericanas en este período son Santiago (Chile) y Buenos Aires (Argentina). Durante el periodo analizado es Santiago la ciudad que se encuentra en la cima, a causa de su buen desempeño en las dimensiones de planificación urbana y medioambiente. Buenos Aires, por su parte, también muestra buenos resultados en esas dos dimensiones y en las esferas proyección internacional y gobernanza, pero su mal desempeño económico es la causa de que no pueda liderar la región y haya empeorado su posición relativa en la región. Las tres ciudades que completan los 5 mejores lugares en Latinoamérica son Montevideo (Uruguay), Ciudad de México (México) y Panamá (Panamá). Por otro lado, las ciudades con peor desempeño son La Paz (Bolivia), Santa Cruz (Bolivia), Guatemala (Guatemala) y Caracas (Venezuela).

A continuación, se comparte una Tabla comparativa de las ciudades que han estado liderando el ranking del CIMI en la región para el año 2020 y 2023.

Tabla 1: Comparación de las ciudades según CIMI

Ciudades	Año 2020	Año 2023
Mejor posicionadas del ranking CIMI	Santiago (CH) Buenos Aires (ARG) Montevideo (URU)	Santiago (CH) Buenos Aires (ARG) Montevideo (URU)
Peor posicionadas del ranking CIMI	Guayaquil (ECU) Caracas (VEN) San Salvador (El Salv.)	Santa Cruz (BOL) Guatemala (GUA) Caracas (VEN)

Fuente: Elaboración propia.

3. METODOLOGÍA Y DATOS

3.1. Datos y variables

Se analiza el periodo 2020-2023, datos en el tiempo de variables de nivel país y de nivel ciudad. Para cada país, se estudian las ciudades de las cuales se dispone de información en el ranking de Ciudades CIMI, explicado a continuación.

En 2020, CIMI incorporó 27 ciudades latinoamericanas de 16 países diferentes: Argentina (Buenos Aires, Córdoba y Rosario), Bolivia (La Paz y Santa Cruz), Brasil (Belo Horizonte, Brasilia, Curitiba, Río de Janeiro, Salvador y San Paulo), Chile (Santiago), Colombia (Bogotá, Cali y Medellín), Costa Rica (San José), Ecuador (Guayaquil y Quito), Guatemala (Guatemala), México (Ciudad de México), Panamá (Panamá), Paraguay (Asunción), Perú (Lima), República Dominicana (Santo Domingo), Uruguay (Montevideo) y Venezuela (Caracas). Por otro lado, no hay datos publicados en 2021.

Se usará el ranking para los distintos años de las ciudades latinoamericanas en los diferentes subíndices o subcomponentes del CIMI. Como la metodología no es exactamente igual en algunos años (por ejemplo, en 2023 se incorporaron algunos indicadores nuevos a ciertas dimensiones) así como tampoco la cantidad de ciudades analizadas en total, se calcula el ranking del subíndice CIMI/ total de ciudades consideradas*100 para cada uno de los subíndices utilizados como variables del modelo.

Variable dependiente:

Tecnología: Corresponde al subíndice Tecnología del índice CIMI. Este subíndice representa un pilar fundamental en la estructura de las ciudades, y resulta esencial para que una sociedad pueda aspirar a ser reconocida como inteligente. Tecnología es un indicador básicamente de Digitalización de las ciudades o acceso a las TIC. No es muy representativo del resto de las brechas digitales de uso y apropiación.

Variables independientes

Nivel Ciudad

Economía: Corresponde al subíndice Economía del índice CIMI. Entre los indicadores utilizados para representar el desempeño de las ciudades en esta dimensión se encuentran la cantidad de empresas unicornio, es decir, startups con una valoración superior a mil millones de dólares; el número de corporaciones incluidas en la lista Fortune Global 500, lo cual refleja la presencia de grandes empresas en la ciudad; y el Global Startup Ecosystem Ranking, que es un indicador que mide la salud y el dinamismo del ecosistema de startups de la metrópoli, entre otras. Luego, una ciudad con un PBI alto, si no se desempeña adecuadamente en otros ítems económicos, puede alcanzar un mal puesto en el ranking.

Urbana: Corresponde al subíndice Planeamiento Urbano del índice CIMI, está compuesto por indicadores que abordan temas referidos a los esquemas de planificación urbana, la calidad de las infraestructuras sanitarias y las políticas de vivienda.

Variables de nivel país

PBI per cápita. Variable que representa el nivel de producto del país j en el periodo t asignado a la ciudad i . Se recurre a datos del Banco Mundial sobre PBI a valores constantes 2015. Fuente: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

Brecha de Acceso a Internet en el hogar por quintil de ingreso. Brecha en puntos porcentuales 2020–2023. Fuente: <https://desarrollodigital.cepal.org/en/indicators?id=413>

Uso Internet: En este caso los datos disponibles de usuarios a internet por quintil de ingreso están calculados para pocos países de AL. Luego, se utilizará la variable Usuarios de Internet 2020–2022. Fuente: <https://desarrollodigital.cepal.org/en/indicators?id=432>

Calidad regulatoria: Los datos corresponden al Banco Mundial, es un indicador en percentil. Los Indicadores Mundiales de Gobernanza (WGI) son un conjunto de datos de investigación que resumen las opiniones sobre la calidad de la gobernanza proporcionadas por un gran número de empresas, ciudadanos y expertos encuestados en países industrializados y en desarrollo. Fuente: disponible en la base de datos del Banco Mundial. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

En la Tabla 2 se resumen las variables del modelo así como se presentan los estadísticos descriptivos de cada una de ellas.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos

		Variable	Obs	Media	Desvio St.	Min	Max
Dependiente		Tecnología	80	835.075	108.115	52.46	98.91
	Nivel 2 (ciudad)	Economía	80	81.496	1.550.813	28.96	100
		Urbana	80	7.405.375	2.348.504	10.38	100
Independientes		PBI per cap	69	1.13e+11	1.40e+11	2.920.197	3.48e+11
		Regulación	53	9.105.924	9.909.679	1.75	3.333.333
	Nivel 3 (país)	brecha_ acceso_ hogares	68	6.481.912	2.650.571	3.5	90.2
		uso_Internet_ individuos	70	7.106.537	4.580.833	59.9	18214.81

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Modelo multinivel

Con estos datos, se estima un modelo de regresión multinivel. La ventaja de estos modelos es que las observaciones individuales se agrupan en unidades más grandes, de manera tal que se incorpora información extra vinculada al anidamiento de datos (Diez Roux, 2002; OCDE, 2003). De esta manera, se obtienen mejores estimadores de los coeficientes de regresión y de su variación (De la Cruz, 2008). Este tipo de modelo multinivel es útil para estudiar los determinantes del desarrollo digital en las ciudades, teniendo en cuenta que el desarrollo digital entre las ciudades de un mismo país es heterogéneo, así como también existen heterogeneidades entre los países.

Los modelos multinivel pueden ser simples o complejos. En los modelos simples, se asume que las diferencias entre los grupos (países) solo se manifiestan en la constante o intercepto. Por lo tanto, los efectos de cada variable explicativa sobre la variable dependiente son constantes entre países. Las líneas de regresión de cada país son paralelas y solo varían en el punto de intersección con el eje Y. Estos se conocen como modelos de efectos fijos. En los modelos complejos, se consideran diferencias entre países tanto en el intercepto como en los coeficientes de algunas variables explicativas. Gráficamente, esto significa que las rectas de regresión no solo difieren en el punto de intersección con el eje Y, sino también en la pendiente. Estos se conocen como modelos de efectos aleatorios.

La razón de la importancia del modelo multinivel se debe principalmente a la determinación de constructos de investigación que consideran la existencia de estructuras de datos anidadas, en las que ciertas variables muestran variación entre unidades distintas que representan grupos pero no evalúan la variación entre observaciones que pertenecen al mismo grupo. Mientras que en estructuras anidadas de datos agrupados ciertas variables explicativas no presentan variación entre observaciones (que representan un nivel de análisis) provenientes de un determinado grupo (que representa otro nivel de análisis), en estructuras de datos con medidas repetidas también existe la evolución temporal, un hecho que permite al investigador examinar las razones individuales que pueden llevar a cada una de las observaciones a presentar diferentes comportamientos de la variable dependiente, para el mismo grupo o para distintos grupos, a lo largo del tiempo (Hair & Fávero, 2019; Martins & Terra, 2015). Surge la dimensión temporal como un nivel adicional para el análisis. El objetivo principal es verificar si existen discrepancias en la evolución temporal de los datos de la variable dependiente y si esto ocurre como consecuencia de las características de nivel país y ciudad. De esta manera, se pueden estudiar las heterogeneidades individuales (de las ciudades), y las heterogeneidades entre grupos a los que pertenecen las ciudades (países), así como especificar si existen componentes aleatorios en cada nivel de análisis. Los componentes de efectos aleatorios pueden estar representados por la combinación de variables explicativas y efectos aleatorios no observados.

Cuando a las ciudades se les toma muestras de corte transversal, pero son estudiadas longitudinalmente, es decir, con valores de la variable dependiente observados en distintos puntos del tiempo para cada ciudad, se presenta una estructura jerárquica con las observaciones en diferentes momentos del tiempo anidadas dentro de las ciudades (Nivel 1 tiempo, Nivel 2 ciudad, Nivel 3 país).

Se introducen diferencias entre países tanto en el intercepto como en los coeficientes de algunas variables explicativas. Gráficamente, las rectas de regresión difieren en la ordenada pero también en la pendiente. Estos modelos se conocen como modelos con efectos aleatorios. En este trabajo se introducirá el tiempo como una variable con efectos aleatorios de nivel país. Por lo tanto, las variables explicativas del desarrollo digital de las ciudades en el tiempo son agrupadas en tres niveles de análisis: tiempo (nivel 1), ciudad (nivel 2) y país (nivel 3).

3.2.1 Modelo a estimar

Se asume que existe un modelo que explica el desarrollo digital en las ciudades conformado por tres niveles Nivel 1: tiempo (medido en años), Nivel 2: Ciudad y Nivel 3: País. El modelo completo incluye cinco variables explicativas, una temporal, dos de nivel ciudad y cuatro de nivel país.

El planteamiento teórico de un modelo multinivel de tres niveles es:

Nivel 1 (Tiempo):

$$Y_{tjk} = p_{0jk} + p_{1jk} * periodo_{jk} + e_{tjk}$$

¹ Donde p_{0jk} representa el intercepto (constante) del modelo que corresponde a la evolución temporal de la variable dependiente de la unidad de Nivel 2 j anidada en la unidad de Nivel 3 k , y p_{1jk} corresponde a la evolución promedio (pendiente) de la variable dependiente para la misma unidad a lo largo del período analizado. Las subestructuras correspondientes a los Niveles 2 y 3 se mantienen con las mismas especificaciones que ésta respectivamente.

Nivel 2 (Ciudad):

$$p_{0jk} = b_{00k} + b_{01k} * X_{jk} + r_{0jk}$$

$$p_{1jk} = b_{10k} + b_{11k} * X_{jk} + r_{1jk}$$

Nivel 3 (País):

$$b_{00k} = g_{000} + g_{001} * W_k + u_{00k}$$

$$b_{01k} = g_{010} + g_{011} * W_k + u_{01k}$$

$$b_{10k} = g_{100} + g_{101} * W_k + u_{10k}$$

$$b_{11k} = g_{110} + g_{111} * W_k + u_{11k}$$

Si el modelo pretende combinar efectos fijos con aleatorios el modelo completo se convierte en:

$$Y_{tjk} = g_{000} + g_{001} * W_k + g_{010} * X_{jk} + g_{011} * W_k * X_{jk}$$

$$+ g_{100} * \text{periodo}_{jk} + g_{101} * W_k * \text{periodo}_{jk} + g_{110} * X_{jk} * \text{periodo}_{jk} + g_{111} * W_k * X_{jk} * \text{periodo}_{jk}$$

(Efectos fijos)

$$+ u_{00k} + u_{01k} * X_{jk} + u_{10k} * \text{periodo}_{jk} + u_{11k} * X_{jk} * \text{periodo}_{jk} + r_{0jk} + r_{1jk} * \text{periodo}_{jk} + e_{tjk}$$

(Efectos aleatorios)

donde Y_{tjk} es la variable dependiente (tecnología) de la ciudad “j” en el país “k” en el período t.

g_{000} representa el valor esperado de la variable dependiente en el momento inicial y cuando $X=W=0$ (intercepto general), g_{001} representa el aumento en el valor esperado de la variable dependiente en el momento inicial (cambio en el intercepto) para una determinada unidad j de Nivel 2 que pertenece a una Unidad k de nivel 3 cuando hay un cambio unitario en la característica W de k, ceteris paribus.

Además de eso, g_{010} representa el aumento en el valor esperado de la variable dependiente en el Momento inicial para una determinada unidad jk cuando hay un cambio unitario en la característica X de j, ceteris paribus, y g_{011} representa el aumento en el valor esperado de la variable dependiente en el momento inicial para una determinada unidad jk cuando hay una alteración unitaria en W.X, ceteris paribus. Además, u_{00k} y u_{01k} representan los términos de error que indican que hay aleatoriedad en las intersecciones, y el último impacta las alteraciones en la variable X.

Además, g_{100} representa el cambio en el valor esperado de la variable dependiente ante una alteración unitaria en el periodo de análisis (cambio en la pendiente debido a una evolución temporal unitaria), ceteris paribus, g_{101} representa el cambio en el valor esperado de la variable dependiente debido a una evolución temporal unitaria para una determinada unidad jk cuando hay un cambio unitario en la característica W, ceteris paribus.

Finalmente, g_{110} representa el cambio en el valor esperado de la variable dependiente debido a una evolución temporal unitaria para una determinada unidad jk cuando hay un cambio unitario en la característica X, ceteris paribus, y g_{111} representa el cambio en el valor esperado de la variable dependiente debido a una evolución temporal unitaria para una determinada unidad jk cuando hay una alteración unitaria en W.X, ceteris paribus.

Los términos u_{10k} y u_{11k} representan errores que indican que hay aleatoriedad en las pendientes, y el último impacta las alteraciones en la variable X.

A continuación, se presentan las hipótesis a ser evaluadas para cada uno de los respectivos modelos (Tabla 3):

Tabla 3: Modelos a estimar

Modelo	Hipótesis
Modelo nulo	H1: La variabilidad en el desarrollo digital se explica debido al efecto de las diferencias tanto dentro como entre ciudades y países.
Modelo nulo de tendencia lineal sin efectos aleatorios	H2: El desarrollo digital de las ciudades sigue una tendencia lineal a lo largo del periodo comprendido entre 2020-2023.
Modelo nulo de tendencia lineal con efectos aleatorios	H3: Existe una diferencia en el desarrollo digital entre las ciudades a lo largo del periodo comprendido entre 2020-2023.
Modelo completo con efectos fijos	H4: Las características de las ciudades (ej. nivel económico) como de los países (ej. el PBI per capita) explican el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo.
Modelo completo con efectos fijos y aleatorios	H5: Las características de las ciudades (ej. nivel económico) como de los países (ej. PBI per capita) explica el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo. Las características de las ciudades (como la política urbana) explican la variación en el desarrollo digital entre las ciudades a lo largo del tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

Por medio del software Stata 14 se aplicó en primer lugar el modelo nulo, siguiendo la metodología multinivel de Raudenbush & Bryk (2002) y Hox (2002). Este modelo permite determinar si existe variabilidad en el desarrollo digital entre ciudades de un mismo país y entre ciudades de distintos países. No hay ninguna variable explicativa inserta en este modelo nulo (Tabla 4).

Tabla 4: Modelo nulo sin efecto tiempo

tecnologia	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_cons	84.70949	2.64934	31.97	0.000	79.51688	89.9021

Random-effects Parameters	Estimate	Std. Err.	[95% Conf. Interval]			
pais: Identity						
var(_cons)	79.98122	44.75606	26.70981	239.4998		
ciudad: Identity						
var(_cons)	37.97105	18.96432	14.26682	101.0597		
var(Residual)	12.57691	2.442473	8.595437	18.40263		

LR test vs. linear model: chi2(2) = 94.25					Prob > chi2 = 0.0000	

Fuente: Elaboración propia con Stata14

Con respecto al componente de efectos fijos se puede observar que el parámetro o coeficiente estimado para Tecnología (variable dependiente) es de 84,70 que corresponde al promedio de desarrollo digital de las ciudades esperado en el año. Es el intercepto general de la línea horizontal estimada para el modelo nulo.

A su vez, las varianzas de los términos de error estimadas son 79,98 y 37,97 para los niveles de país y ciudad respectivamente; y una varianza del error de 12,57. Dado que los valores de las varianzas estimadas son superiores a los valores de sus respectivos errores estándar sugiere que existe una variación significativa en el desarrollo digital anual entre ciudades y entre países.

Por otro lado, se pueden definir dos correlaciones intraclase, dada la existencia de dos varianzas. La primera se refiere a la correlación entre la variable desarrollo digital entre dos periodos de tiempo diferentes de una ciudad correspondiente a cierto país (correlación intraclase de nivel 2). Por otro lado, otra correlación se refiere al desarrollo digital en dos periodos de tiempo de dos ciudades pertenecientes a un mismo país (correlación intraclase de nivel 3).

Luego, la correlación entre los desarrollos digitales anuales es igual a 61,27% para el mismo país, y la correlación entre los desarrollos digitales anuales de la misma ciudad de un cierto país es de 90,36%. De esta manera, mientras que el desarrollo digital anual está levemente correlacionado entre países, esta correlación es más fuerte cuando se calcula para la misma ciudad de un mismo país. Esta información es fundamental para justificar la estimación mediante un modelo multinivel.

Por lo tanto, hay variabilidad significativa en el desarrollo digital entre ciudades de un mismo país, y por último, hay variabilidad significativa en el desarrollo digital entre ciudades de diferentes países. Por lo tanto, se confirma la hipótesis H1 del modelo nulo.

4.1. Modelo nulo: modelo con efecto aleatorio tiempo (nivel país)

Posteriormente, se introduce el tiempo (t) como variable con efectos fijos y aleatorios. Se obtiene que el tiempo no tiene efectos fijos significativos (se rechaza la hipótesis 2)², aunque sí ejerce efectos aleatorios (se acepta la hipótesis 3). Es decir, hay una varianza significativa en las pendientes entre las ciudades de un mismo país y entre las ciudades de diferentes países. Luego, se decide introducir el tiempo con efectos aleatorios de nivel país (Modelo 1) teniendo en cuenta la bondad de ajuste del modelo.

El modelo nulo (Modelo 1) nos permite establecer que hay una variabilidad significativa en el desarrollo digital a lo largo de los 3 años de análisis (Tabla 5). Además, hay variabilidad significativa en el desarrollo digital a lo largo del tiempo entre ciudades de un mismo país, y por último, hay variabilidad significativa en el desarrollo digital en el tiempo entre ciudades de diferentes países. Por lo tanto, se confirma la hipótesis H3 del modelo nulo.

Tabla 5: Modelo 1 (modelo nulo con efecto tiempo)

tecnologia	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_cons	85.10187	2.577274	33.02	0.000	80.05051	90.15324

Random-effects Parameters Estimate Std. Err. [95% Conf. Interval]						

pais: Independent						
var(t)	1.814115	1.497524			.3597586	9.147839
var(_cons)	69.08926	43.33625			20.20665	236.2256

ciudad: Identity						
var(_cons)	38.95286	19.21986			14.80966	102.4551
var(Residual)	10.43923	2.196079			6.911991	15.76645

LR test vs. linear model: chi2(3) = 98.22					Prob > chi2 = 0.0000	

Fuente: Elaboración propia con Stata

² Los resultados de este modelo arrojaron que el tiempo no es una variable significativa ($p=0,242$, se rechaza la hipótesis de significancia del tiempo con efectos fijos). Si es necesario puede consultar al autor por los resultados de tal modelo.

La inclusión de efectos aleatorios ayuda a verificar la existencia de variabilidad significativa en el desarrollo de digital a lo largo del tiempo, entre ciudades de un mismo país (nivel 2) y entre ciudades que se localizan en diferentes países (nivel 3). Como el efecto aleatorio de la dimensión temporal resulta significativa en el nivel país (hipótesis 3), se puede interpretar que hay diferencias en lo que los países hacen en relación con las diferencias de origen de las ciudades (por ejemplo, podría ser en términos de diferencias de presupuesto asignado o de financiamiento).

4.2. Modelo completo con efectos fijos y aleatorios

Por otro lado, los modelos 2 y 3 incluyen como predictores a las variables tanto de nivel país como de nivel ciudad con efectos fijos (Tabla 6). Las variables de nivel país que resultan significativas para explicar el desarrollo digital de las ciudades son la brecha de acceso a Internet en los hogares por quintil de ingreso y el uso de internet de la población. Es decir, a medida que se reducen las diferencias de acceso según nivel de ingreso, o hay mayor igualdad en el acceso, mejora el nivel de desarrollo digital en las ciudades. En el caso de Uruguay, por ejemplo, reducir la brecha de conectividad de 40.90 puntos porcentuales a 38 puntos porcentuales en el período le implicaría una mejora en la dimensión Tecnología a la ciudad de Montevideo de aproximadamente 26 puntos.

También resulta significativa la variable de uso de internet. Luego, cuanto mayor acceso y uso de las tecnologías de la información tenga un país a lo largo del tiempo, mejor será el posicionamiento digital de las ciudades y la posibilidad de sentar las bases para el desarrollo de una ciudad inteligente. Estas variables de nivel país se introducen con efectos fijos (Hipótesis 4).

En el modelo 3, a diferencia del modelo 2, se incorpora la variable Urbana con efectos aleatorios de nivel ciudad. De esta manera, interesa analizar cómo se relaciona la varianza del intercepto y su grado de significatividad estadística. Como el signo de urbana es significativo y positivo, las ciudades que están mejor posicionadas en planeamiento urbano y políticas urbanas consiguen, en promedio, un mejor desarrollo digital o posicionamiento en tecnología (se acepta la Hipótesis 5). No resultan significativas las variables relacionadas con los recursos económicos ni de nivel ciudad (Economía) ni de nivel país (PBI per cápita). Tampoco la calidad regulatoria resultó ser estadísticamente significativa.

Tabla 6: Resultados de la estimación de los modelos

Variable	Modelo 1 (nulo)	Modelo 2	Modelo 3
Economía		.0514566	.0493812
PBI per cap		-1.36e-11	-1.31e-11
Brecha_acceso_hogares		.2709263 **	.2725897 **
Uso_Internet_individuos		-.0020174***	-.002013 ***
Calidad regulatoria		-.1825781	-.1823702
Constante	84.70949***	78.30401***	78.25484 ***
Log likelihood	-256.3337	-132.41995	-132.40823
Prob > Chi cuadrado	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia con Stata14. Nota: ***, ** estadísticamente significativas al 1% y 5% respectivamente.

En la tabla 7 se indica el porcentaje de varianza explicada en los modelos estimados respectivamente. Se compara cada modelo con el modelo nulo para determinar los porcentajes de varianza explicados en cada modelo. Como se puede observar, el Modelo 3 es el que alcanza una mejor bondad de ajuste ya que consigue explicar el 72% de la diferencia en el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo. De esta manera, se explica un 74% de las diferencias originadas por diferencias o heterogeneidades a nivel países y un 40% de las diferencias generadas por heterogeneidades entre ciudades.

Tabla 7: Bondad de ajuste de los modelos

		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Modelo nulo sin nivel 1 (tiempo)	Modelo nulo con nivel 1 (efecto tiempo)	Modelo Completo (con efectos fijos de variables explicativas de nivel país y ciudad)	Modelo completo (con efectos fijos y efectos aleatorios nivel ciudad)
Varianza temporal		1,814115	1,49E-14	0,0003438
Varianza constante	117,95227	108,04212	29,01835	27,34195
varianza residual	12,57691	10,43923	6,370163	6,240158
Varianza total	130,52918	120,2954	35,388513	33,5824518
Porcentaje de la varianza sobre el modelo nulo				
temporal			100	99,9810
constante (países)			73,1416322	74,6932
residual (ciudades)			38,9786124	40,2239
Total			70,5820057	72,0833

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados predichos por el modelo, las ciudades que estarían mejor en cuanto a la brecha digital en el año 2023 serían Montevideo, San José de Costa Rica y México. Mientras que las ciudades peor situadas serían La Paz, Quito y Guayaquil. Si se compara con la dimensión Tecnología del CIMI, los resultados son consistentes con la posición privilegiada de Montevideo en la región, respecto del resto de las ciudades.

En la siguiente tabla se puede observar el valor predicho de Tecnología según el modelo, para los distintos años (Tabla 8)

Tabla 8: Valores predichos de Tecnología

	Media	Desvío St.	Min	Max
2023	80.67924	.0181512	80.60114	80.75734
2022	83.85022	1101919	81.55865	86.14178
2020	84.41905	1137615	82.04603	86.79208

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN

Los resultados encontrados sugieren que cuanto menor es la brecha digital en los países (tanto de acceso como de uso), mayor es el nivel de digitalización de las ciudades (más posibilidades de convertirse en ciudades inteligentes). En esta línea, Caragliu y Del Bo (2023) destacan que la desigualdad en el acceso y uso de las TIC repercute negativamente en el potencial de digitalización urbana. Esto refuerza la idea de que una menor brecha digital nacional favorece entornos urbanos más digitalizados. Alderete (2022) analiza cómo ciudades pequeñas en Argentina enfrentan desafíos particulares, lo cual enfatiza en la idea de que el entorno digital nacional (como el acceso y uso de TIC) es un factor clave para el éxito local.

Los resultados obtenidos también permiten observar que la política urbana de las ciudades es una variable estadísticamente significativa para explicar los mayores niveles de digitalización de las ciudades. Es decir, ambos niveles de desarrollo digital (ciudad y país) se complementan para dar lugar al desarrollo de las ciudades inteligentes. De igual modo, los estudios de Wang et al. (2021) y Song et al. (2020) centrados en ciudades chinas, evidencian que la infraestructura digital y la reducción de la brecha digital están positivamente correlacionadas con la urbanización y la transformación hacia ciudades más inteligentes.

Este trabajo brinda evidencia cuantitativa sobre la naturaleza multinivel del problema de desarrollo de las ciudades inteligentes como describen Mattoni et al (2015) quienes a diferencia del presente trabajo siguen una metodología cualitativa. Por otro lado, la significatividad de la variable tiempo como explicativa del desarrollo digital de las ciudades plantea la relevancia de un conjunto de factores individuales o de nivel ciudad tales como el entorno político, social, cultural e institucional, que inciden en la reducción de la brecha digital (Hargittai, 2003), especialmente en lo que se conoce como la tercera brecha digital o brecha de apropiación. Las diferencias de los ciudadanos y de las ciudades en cuanto a la capacidad de aprovechamiento de las nuevas tecnologías frente a las diferencias en sus capacidades o habilidades digitales se reflejan en el tiempo. De esta manera el resultado también concuerda con Khan et al. (2020) ante la importancia de cerrar no solo la brecha de acceso, sino también la de uso, para fomentar ciudades más digitales e inclusivas.

El nivel de desarrollo económico de las ciudades no resultó ser una variable estadísticamente significativa para explicar el desarrollo digital de las mismas. Este resultado, al controlar por las variables de nivel país y en el tiempo, contradicen los resultados encontrados por otros autores como Caragliu y Del Bo (2023). Este resultado está en línea con lo hallados por Alderete (2022) en cuanto a la falta de una relación clara entre el nivel de inteligencia de las ciudades y los recursos económicos disponibles. Del mismo modo, los resultados muestran que el PBI per cap como variable de nivel país tampoco resultó ser estadísticamente significativo. Luego, el desarrollo digital a nivel ciudades y en el tiempo se explica principalmente por la brecha digital de nivel país; la brecha de acceso en hogares según quintil de ingresos es estadísticamente significativa. Sin embargo, teniendo en cuenta que la variable de brecha digital de acceso de-

pende del quintil de ingresos en el hogar, las desigualdades de ingresos están indirectamente relacionadas con la brecha digital. Luego, se verifica la importancia del ingreso residencial urbano como determinantes de la difusión de las TIC tal como indica Song et al. (2020).

Por otro lado, dado que la variable urbana resultó significativa para explicar las diferencias entre ciudades en el desarrollo digital a lo largo del tiempo (modelo 3), este resultado está alineado con la importancia de los determinantes institucionales relacionados al sistema político y al estado de derecho mencionados por Caragliu y Del Bo (2023), como políticas urbanas y regulaciones específicas. Tal como indican Nam y Pardo (2011), innovar en tecnología se debe complementar con innovar en gestión y políticas necesarias para tal fin.

Los resultados hallados importan ya que el desarrollo digital de las ciudades y la posible construcción de ciudades inteligentes contribuyen positivamente en el desarrollo de los países especialmente en desarrollo tal como sugieren Joia & Kuhl (2019).

6. CONCLUSIONES

Aunque existe cierto consenso en que para mejorar el desarrollo económico de los países se requiere reducir la brecha digital, no hay estudios que combinen los diferentes niveles de análisis (tiempo, ciudad y país) para explicar la brecha digital de las ciudades. Por otro lado, existen muy pocos estudios cuantitativos sobre el rol de las ciudades inteligentes en Latinoamérica. El objetivo de este trabajo es examinar la relación entre las brechas digitales de nivel ciudad y de nivel país durante los últimos años en los países de América Latina. El trabajo combina datos en el tiempo tanto de nivel ciudad, como la brecha digital y el desempeño económico de las ciudades, así como datos a nivel país como PBI per cápita, marco regulatorio y brecha digital.

Se amplía el análisis sobre las causas de la brecha digital en los países de América Latina a partir de la relación ciudad-país. Se plantea el papel que cumplen los diferentes niveles de análisis para explicar la brecha digital. Las características de las ciudades y de los países pueden influir en el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo. Luego, existe una relación significativa entre las características de las ciudades y el desarrollo digital de las ciudades a lo largo del tiempo.

Dado que los efectos aleatorios de la política urbana de las ciudades resultan ser estadísticamente significativos, hay discrepancias en lo que las ciudades hacen en el tiempo. Los resultados obtenidos permiten observar que la brecha digital de nivel país es una variable estadísticamente significativa para explicar la digitalización de las ciudades. Este resultado se complementa al mayormente estudiado sobre el rol de la brecha digital a nivel países. Se confirma el rol de los actores y gobiernos locales para enfrentar los desafíos que las nuevas tecnologías introducen y la necesidad de coordinación entre las políticas nacionales y locales en la materia. Ya que las ciudades inteligentes se focalizan en el rol participativo de sus habitantes, el éxito de las políticas públicas estará ligado a la gobernanza. Por lo tanto, es crucial mejorar las capacidades de los gobiernos locales para coordinar y ejecutar estas políticas, centrado en el bienestar de sus habitantes.

Una implicancia práctica que sugieren los resultados es que no es suficiente para el desarrollo digital de las ciudades, y por ende para convertirse en una ciudad inteligente, que mejore el acceso y uso de las nuevas tecnologías a nivel local si no hay un contexto tecnológico a nivel país que acompañe. Las implicancias prácticas apuntan a promover la implementación de políticas que combinen las dimensiones una ciudad inteligente con las políticas de conectividad a nivel de los países. Los resultados también sugieren que las ciudades inteligentes al reducir las brechas de acceso e incrementar el uso digital entre los ciudadanos podrían mejorar el crecimiento económico.

Este trabajo se puede replicar tanto para el grupo de países desarrollados como para otras regiones en desarrollo. Por otro lado, se pueden utilizar datos sobre ciudades inteligentes de otros índices internacionales (aunque se eligió CIMI por la mayor proporción de ciudades de la región respecto de otros como el Smart City Index). Sería incluso posible analizar datos sobre ciudades no metropolitanas, ya que la mayoría de las ciudades contempladas en índices internacionales

son ciudades metropolitanas. Esto requeriría explorar índices nacionales de ciudad inteligente (como el Connected Smart Cities en Brasil), que aún no existen en varios países de la región. Asimismo, sería deseable replicar el trabajo con datos en el tiempo para otros períodos futuros.

ANEXO

Tabla A: Tabla de correlaciones

	Tecnología	Economía	Urbana	PBI per cap	Uso_Interne	Brecha_acce
Tecnología	1					
Economía	0.3160*	1				
Urbana	0.4972*	0.2185	1			
PBI per cap	-0.0970	0.0222	-0.1049	1		
Uso_Interne	-0.3005*	-0.4299*	-0.0793	0.3448*	1	
Brecha_acce	0.0417	-0.3069*	0.2439*	0.4724*	0.8153*	1

Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

- Albino, V., Umberto, B. & Dangelico, R. M. (2015): Smart cities: definitions, dimensions, and performance. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21.
- Alderete, M.V. (2019a) ¿Qué factores influyen en la construcción de Ciudades Inteligentes? Un modelo multinivel con datos a nivel ciudades y países. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 41 (14), 71–89.
- Alderete, M.V. (2019b). ¿Las ciudades inteligentes ayudan a combatir el desempleo? *Un análisis multinivel. Estudios demográficos y urbanos*, 34 (1), 43–70.
- Alderete, M.V. (2022). Can small cities from developing countries be smart cities? The case of Argentina. *Theoretical and empirical researches in urban management- TERUM journal*, 17(4), 36–51.
- Anthopoulos, L. & Fitsilis, P. (2010). From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban Development. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Environments IE10, Malasia, IEEE, pp. 301–306.
- Belissent, J. & Giron, F. (2013). *Service Providers Accelerate Smart City Projects*. Forrester Research Report, Cambridge, Forrester Publication.
- Caragliu, A., & Del Bo, C. F. (2023). Smart cities and the urban digital divide. *Urban Sustainability*, 43, 3(1), 1–11.
- Caragliu, A., Del Bo, C. & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18 (2), 65–82.
- CEPAL (2023). *La Sociedad digital en América Latina*. Informe publicado en <https://www.fundaciontelefonica.com.pe/cultura-digital/publicaciones/sociedad-digital-en-america-latina-2023/791/>
- Cui, S., Li, G., & Liu, J. (2024). Can the construction of smart cities promote the capital allocation efficiency: Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 208, 123677.
- De La Cruz, F. (2008). Modelos Multinivel. *Revista Peruana de Epidemiología*, 12 (3), 1–8.
- Diez Roux, A. (2002). A glossary for multilevel analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, 588–594.
- Furuholt, B. & Kristiansen, S. (2007). A rural-urban digital divide? Regional aspects of internet use in Tanzania. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 31(6), 1–15.

- González Chmielewski, D. y Peralta, A. (2024). *Transformación pública digital: la agenda municipal*. Documento de políticas públicas #246. Programa de estado y gobierno. Buenos Aires: CIPPEC. <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2024/07/DPP-246-EyG-Transformacion-publica-digital-la-agenda-municipal-07.24.pdf>
- Hair Jr, J. F., & Fávero, L. P. (2019). Multilevel modeling for longitudinal data: concepts and applications. *RAUSP Management Journal*, 54, 459–489.
- Hargittai, E. (2003). The digital divide and what to do about it. In C. Jones (ed), *New economy handbook*, 821–39. New York: Elsevier.
- Heeks, R. (2009). *The ICT4D 2.0 manifesto: where next for ICTs and international development?* Institute for Development Policy and Management, Manchester.
- Hollands, R.G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City* 12(3), 303–320.
- Hox, J. (2002). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- IESE Business School (2023). *Índice IESE Cities in Motion 2023*.
- IESE Business School (2022). *Índice IESE Cities in Motion 2022*.
- IESE Business School (2020). *Índice IESE Cities in Motion 2020*.
- ITU (2017) *Measuring the Information Society Report: Volume 2*, International Telecommunication Union, Geneva.
- Joia, L. A., & Kuhl, A. (2019). Smart city for development: A conceptual model for developing countries. *International conference on social implications of computers in developing countries* (pp. 203–214). Cham: Springer International Publishing.
- Katz, R. (2012). Banda ancha, digitalización y desarrollo en América Latina. *Conectados a la banda ancha: tecnología, políticas e impacto en América Latina y España (LC/W.495)*, E. F. Rojas (ed.), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Khan, M. L., Welser, H. T., Cisneros, C., Manatong, G. & Idris, I. K. (2020). Digital inequality in the Appalachian Ohio: understanding how demographics, internet access, and skills can shape vital information use (VIU). *Telematics & Informatics* 50, 101380.
- Martins, H. C., & Terra, P. R. S. (2015). Maturidade do endividamento, desenvolvimento financeiro e instituições legais: Análise multinível em empresas latino-americanas [Debt maturity, financial development and legal institutions: a multilevel analysis in Latin American companies]. *Revista de Administração*, 50, 381–394.
- Mattoni, B., Gugliermetti, F., & Bisegna, F. (2015). A multilevel method to assess and design the renovation and integration of Smart Cities. *Sustainable Cities and Society*, 15, 105–119.
- Mwesige, P. (2004). Cyber elites: A survey of internet café user in Uganda. *Telematics and Informatics*, 21(1), 83–101.
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011). Smart city as urban innovation: focusing on management, policy and context. *ICEGOV2011*, 26–28 de septiembre, Tallinn.
- OCDE (2003): *PISA 2003. Manual de análisis de datos*, Madrid, OCDE.
- Paskaleva, K. A. (2009). Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe. *International Journal of Innovation and regional development*, 1(4), 405–422.
- Rao, S. (2005). Bridging digital divide: Efforts in India. *Telematics and Informatics*, 22(4), 361–375.
- Raudenbush, S. & Bryk, A. (2002). *Hierarchical linear models: applications and data analysis methods*. 2 ed. Sage, Thousand Oaks, California.
- Shapiro, J. M. (2006). Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effects of Human Capital. *Review of Economics and Statistics*, 88, 324–335.
- Song, Z., Wang, C. & Bergmann, L. (2020). China's prefectural digital divide: spatial analysis and multivariate determinants of ICT diffusion. *International journal of information management*. 52, 102072.
- Van Deursen, A.J.A.M. & Van Dijk. J.A.G.M. (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. (2006). Digital divide research, achievements and shortcomings. *Poetics*, 34 (4-5), 221-235.
- Vicente, M. R. & López, A. J. (2011). Assessing the regional digital divide across the European Union-27. *Telecommunication Policy* 35, 220-237.
- Wang, D., Zhou, T., & Wang, M. (2021). Information and communication technology (ICT), digital divide and urbanization: Evidence from Chinese cities. *Technology in Society*, 64, 101516.
- Winters, J. V. (2011). Why are Smart cities growing: who moves and who stays. *Journal of Regional Science*, 51 (2), 253-270.
- Yue, A., Mao, C., Wang, Z., Peng, W., & Zhao, S. (2024). Finding the pioneers of China's smart cities: From the perspective of construction efficiency and construction performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 204, 123410.