

Explicación socioespacial de la brecha digital en el espacio intrametropolitano de Toluca

Socio-spatial explanation of the digital divide in the intra-metropolitan area of Toluca

Tania Chávez-Soto*
Luis Cervera-Gómez**
Iván Vilchis-Mata***
Carlos Garrocho-Rangel*

**El Colegio Mexiquense, México*

***El Colegio de Chihuahua México*

****Conacyt-El Colegio Mexiquense, México*

Resumen

Exploramos *quiénes, dónde, cuánto y por qué* padecen Brecha Digital de primer nivel, en el espacio intrametropolitano de Toluca: a escala global y de cada una de sus 12,307 manzanas. La literatura no reporta trabajos que examinen estas preguntas con esta desagregación espacial. Se construyó un Índice Socioespacial de Brecha Digital, utilizando técnicas de autocorrelación espacial y un modelo de Regresión Geográficamente Ponderada, que explica el fenómeno en términos estadísticos, con significancia global y de manzana. Las variables explicativas más importantes fueron: escolaridad, religión, densidad de población, migración y etnicidad. Educación es la variable clave. Perfilamos una política de reducción de la Brecha Digital acorde a las realidades socioterritoriales de la ZMT.

Palabras clave: Brecha digital de primer nivel, Zona Metropolitana de Toluca, regresión geográficamente ponderada.

Abstract

We explore *who, where, how much and why* suffer from the first level Digital Divide in the intra-metropolitan area of Toluca. On a global scale and in each of its 12,307 blocks. The literature does not report works that examine these questions with this spatial disaggregation. We use a Socio-spatial Index of Digital Gap, spatial autocorrelation techniques, and a Geographically Weighted Regression model, explaining the phenomenon in statistical terms, with global and block significance. The most important explanatory variables were: schooling, religion, population density, migration, and ethnicity. Education is a crucial variable. We outline a policy to reduce the Digital Divide according to the socio-territorial realities of the ZMT.

Keywords: First level digital divide, Toluca Metropolitan Area, geographically weighted regression.

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) juegan un rol cada vez más importante en la vida de las personas (Alexander *et al.*, 2015). Son claves para aprovechar oportunidades fundamentales de bienestar y desarrollo: educación, salud y empleo (Hernández-García y Giménez-Júlvez, 2020); para realizar actividades básicas: abasto, trámites gubernamentales y bancarios (Fagerstrøm *et al.*, 2020); inciden en las interacciones interpersonales significativas (Serrano-Puche, 2020); modifican la organización social, económica, política de las sociedades (Khan *et al.*, 2020).¹

El acceso, uso y aprovechamiento de las TIC no son homogéneos, tienden a concentrarse en ciertos grupos socioeconómicos, sectores de actividad, organizaciones, territorios (Warf, 2020). Esto amplía las desigualdades estructurales de acceso a oportunidades de bienestar y desarrollo (Chiou y Tucker, 2020), que perjudican mayormente a la población más vulnerable, a los sectores y empresas menos rentables, a los territorios más pobres, y se manifiesta en la llamada brecha digital (Navarro *et al.*, 2018).

Existen diversas definiciones de brecha digital. En términos amplios, se refiere a las desigualdades de acceso, uso y aprovechamiento social de los beneficios de las TIC, en el contexto de la economía digital y la sociedad de la información y el conocimiento. Esto se registra a diferentes escalas: individuos, hogares, países (Toudert, 2019; Van Dijk, 2020; UIT, 2020; Pick *et al.*, 2020).

Una de las definiciones de brecha digital más citadas en la literatura es la de la OECD (2001: 9): “es la brecha entre individuos, hogares, negocios y áreas geográficas de diferentes niveles socioeconómicos, respecto a sus oportunidades de acceso a las TIC y su uso para una amplia variedad de actividades”.² Aunque esta definición no considera el tema del aprovechamiento, es interesante por su contenido espacial: quien dispone de TIC domina la virtualidad del espacio, reduce costos de movilidad y transporte e incrementa su accesibilidad a las oportunidades que ofrece el territo-

¹ Las TIC son herramientas y procesos que permiten acceder, manejar, modificar, guardar, recuperar, organizar, producir, intercambiar, presentar, generar información por medios electrónicos. Incluyen *hardware*, *software* y telecomunicaciones, (e.g. sistemas de información geográfica, aplicaciones multimedia, sistemas de bases de datos) (Sunkel, 2006: 8; Navarro *et al.*, 2018: 50).

² El concepto *sociedad de la información* proviene de finales de la década de los sesenta, el de *sociedad del conocimiento* de la de los años noventa y el de *sociedad de la información y el conocimiento* de principio del siglo XXI (Crovi, 2008). La *economía digital* (“economía en Internet” o “economía web”) es la que se basa en tecnología o dispositivos digitales: el término lo acuñó Don Tapscott (1995). Actualmente la mayor parte de la economía del mundo es digital.

rio (e.g. bienes, servicios, información en la ciudad, la región, el mundo) (Warf, 2020).

Coincidir en espacio y tiempo implica un costo alto que tiende a disminuir con las TIC (Hernández *et al.*, 2020; Schliephake, 2018). La brecha digital discrimina, amplía las desigualdades sociales que se reconfiguran en el territorio, generando una brecha *socioespacial* que fractura la sociedad, el espacio, la ciudad (Pérez-Tamayo *et al.*, 2017; Mueller, 2017; Van Dijk, 2020). Desintegra, divide, segrega a los que acceden, usan y aprovechan las TIC de los que no (Ortiz-Porras, 2021). La brecha digital está inmersa en un círculo vicioso de doble causalidad; por un lado, el rezago tecnológico y productivo fomenta la desigualdad; por el otro, la desigualdad constituye una barrera para la propagación tecnológica (CEPAL, 2020).

En un entorno que depende cada vez más del conocimiento y la información, la brecha digital es una de las formas más crueles de discriminación socioespacial (Bekerman y Rondanini, 2020): las TIC definen quién se beneficia, cuándo, cuánto, cómo y dónde de las oportunidades de bienestar y desarrollo, de la información, del conocimiento (Garrocho, 2013). Este trabajo parte de la hipótesis de que existen zonas intraurbanas víctimas de la brecha digital, a las que llamamos *desiertos digitales urbanos*.

Las TIC no sólo generan beneficios, también generan efectos negativos: *sicológicos* (e.g. aumenta el estrés debido a la presión para trabajar en casa, uso excesivo que afecta el trabajo escolar y laboral), *económicos y financieros* (e.g. compras de impulso, participación en juegos de azar), *culturales* (e.g. pornografía infantil, acoso, robo de identidad, *ciberbullying*), *sociales* (e.g. infodemia, debilitamiento de redes sociales, soledad, aislamiento), *personales* (e.g. ansiedad, hostilidad, problemas de sueño y de postura) (Ragnedda y Kreitem, 2018; Scheerder *et al.*, 2019). Estos aspectos negativos de las TIC son poco reportados en la literatura.

Las perspectivas dominantes para examinar la brecha digital son (Navarro *et al.*, 2018): i) *tecnológica*, enfatiza la provisión de infraestructura digital; ii) *socioeconómica*, se enfoca a las condiciones económicas de las familias e individuos para acceder, usar y aprovechar las TIC; iii) *socio-cultural*, analiza los procesos implicados en el uso, socialización y significados de las TIC entre grupos sociales; iv) *subjetivo-individual*, devela las actividades individuales en su interacción con las TIC: para qué se utilizan y cuán creativo es su uso; v) *praxiológica*, examina la práctica de los usuarios: los individuos no solo requieren acceso a las TIC, necesitan habilidades digitales para aprovecharlas; vi) *axiológica*, privilegia los valores implícitos en el uso de las TIC y la importancia del contexto en el que se

inscriben; vii) *política*, resalta el papel de las políticas públicas que promuevan la generación, acceso, uso y aprovechamiento de las TIC (Andrés, 2014; Alva de la Selva; 2015). En este trabajo predominan las perspectivas tecnológica y socioeconómica, desde un enfoque de *Ciencias Sociales Espacialmente Integradas* (CSEI: Garrocho, 2015).

El enfoque CSEI, permite considerar diversos enfoques analíticos, articulándolos mediante dos dimensiones básicas: espacio y tiempo.³ Esto facilita escapar de las tradiciones reduccionistas que fragmentan la ciencia mediante fronteras disciplinarias, a menudo arbitrarias, que conducen a análisis aislados unos de otros. En el mundo real, los procesos sociales interactúan dinámicamente entre sí, en entornos *espaciotemporales* concretos.⁴ Además, el CSEI permite utilizar nuevos instrumentos y métodos para incorporar explícitamente el espacio y el tiempo a los análisis sociales (e.g. estadística espacial), lo que fortalece la comprensión integral de procesos sociales interrelacionados y el diseño de políticas públicas y privadas más focalizadas (Garrocho, 2016). Este tema es clave: los análisis sobre brecha digital apenas inician en México, no se han diseñado abordajes multidisciplinarios y las investigaciones publicadas no consideran el espacio intraurbano (Márquez *et al.*, 2016; Navarro *et al.*, 2018: 55-57).

Nuestro enfoque permitirá cumplir los objetivos del trabajo: i) comprender las causas socioeconómicas que originan, refuerzan y reproducen la exclusión a las TIC al interior de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT); ii) identificar los grupos de población y espacios micropolitanos según su intensidad de exclusión; y, iii) Perfilar políticas que reduzcan la exclusión socioespacial a las TIC, uno de los problemas más desafiantes que enfrenta la sociedad de la información y el conocimiento, especialmente en el contexto del Covid-19. Existe evidencia de que en México la brecha digital se agravó con la pandemia (Lloyd, 2020).

La estrategia de exposición es como sigue. En la primera sección, se aborda el planteamiento teórico de la desigualdad con énfasis en los niveles fundamentales de brecha digital: de acceso, de uso, y de resultado. La segunda sección, describe las fuentes de información y variables conside-

³ Nuestro enfoque es multidisciplinario (en el sentido de Andrés, 2014; Alva de la Selva, 2015; Aroca y Osma, 2015; Navarro *et al.*, 2018: 56-57): “permite conjuntar múltiples visiones disciplinares y métodos cualitativos, cuantitativos y mixtos que abordan el objeto de estudio en su contexto y complejidad, respetando cada uno sus marcos teórico-conceptuales y metodológicos... La visión y trabajo multidisciplinario de investigación y desarrollo sustentada en la colaboración de conocimiento como una fuente de competitividad y respuesta a las complejas exigencias del mundo moderno, es un fenómeno que a la fecha se ha extendido a los distintos campos de la sociedad, de la ciencia y de la tecnología”.

⁴ De alguna manera lo anticipaba la OECD (2009) cuando recomendaba estudiar la brecha digital en el marco de múltiples variables, tecnologías y territorios.

radas en este trabajo, se detalla la metodología del análisis y se presenta la zona de estudio. En la tercera sección, se valora la fortaleza de nuestro instrumento estadístico, y se presentan y analizan los resultados. La cuarta sección, presenta las conclusiones del trabajo. Se cierra con el listado de las referencias bibliográficas consultadas.

LA BRECHA DIGITAL

En México, el coronavirus (Covid-19) ha mostrado la cara más descarnada de la brecha digital: su relación con el beneficio desigual que obtiene la población de servicios claves, como los educativos, de salud, abasto, bancarios o la posibilidad de trabajar desde casa, entre otros aspectos fundamentales de la vida cotidiana (López Pérez, 2020; Haider y Al-Salman, 2020). Gran parte de la población no ha podido aprovechar las oportunidades que ofrecen las TIC y mitigar los efectos de la crisis causada por el Covid-19 (Ortega *et al.*, 2020). Esto ha agudizado las desigualdades sociales y digitales de carácter estructural (Beaunoyer *et al.*, 2020; CEPAL, 2021).

La literatura reciente distingue tres niveles de la brecha digital: i) de acceso, ii) de uso, iii) de resultado (Lutz, 2019). Esto ha generado dos posturas predominantes en el estudio de la brecha digital: una privilegia el acceso y uso efectivo de las TIC, la otra apunta a la preponderancia de las habilidades digitales que permiten un mejor aprovechamiento de las tecnologías (Gladkova y Ragnedda, 2020; Van Dijk, 2020). Ambas posturas tratan de identificar los factores explicativos de la brecha digital. Los más estudiados son los socioeconómicos, usualmente a escalas macro: país y región (OECD, 2017; OECD *et al.*, 2020; Berrone y Ricart, 2020). Hay muy pocos estudios publicados sobre determinantes en el espacio intraurbano (e.g. Aysegul y Gunes, 2016; Otioma *et al.*, 2019): hasta donde sabemos, el que aquí presentamos es el primero a escala de manzana.

Se acepta que la reducción de las desigualdades de acceso a las TIC es una condición *necesaria*, pero no *suficiente* para cerrar la brecha digital. Implica disminuir la desigualdad social y digital simultáneamente. La razón: el desarrollo tecnológico avanza todo el tiempo y la desigualdad digital refuerza la desigualdad social preexistente (Azariadis y Stachurski, 2005; Alva de la Selva, 2015; Van Dijk, 2020; Van Deursen, 2020).

Los países en desarrollo, como México, primero deben mejorar el acceso y la conectividad de hogares, empresas, administraciones públicas, universidades, con el fin de aprovechar al máximo las TIC e impulsar la digitalización (Navarro *et al.*, 2018; Mariscal *et al.*, 2016). No obstante,

también es importante desarrollar competencias digitales, mediante más y mejor formación y capacitación en aprovechamiento de TIC (Lutz, 2019).

BRECHA DIGITAL: LOS TRES NIVELES FUNDAMENTALES

La desigualdad digital existe en gran parte del mundo (Scheerder *et al.*, 2017; Karar, 2019; Hidalgo *et al.*, 2020; Gladkova y Ragnedda, 2020). Un problema para investigarla es que no existe un modelo único para su análisis y es compleja y dinámica, existen diversas definiciones, niveles, métricas y determinantes (Unwin, 2020).⁵

Primer nivel: brecha de acceso

La idea de brecha digital se origina en los estudios del Departamento de Comercio de Estados Unidos a finales del siglo pasado. Distinguían dos grupos sociales predominantes: los “info-ricos” (que tienen información) y los “info-pobres” (que carecen de información). El primer grupo tenía acceso a Internet, el segundo no (DC, 1995). Algunos académicos también limitaron la brecha digital a la desigualdad de acceso a Internet (Castells, 2002), otros incluyeron las computadoras (Van Dijk, 2006), recientemente se añadieron todas las TIC (Lutz, 2019).

Este *primer nivel* de la brecha digital se orienta a las disparidades en su dimensión material: problemas de acceso y equipamiento. Si este enfoque se lleva al extremo, la brecha digital se explica desde el determinismo tecnológico (Mariscal *et al.*, 2016). Para evitarlo, deben considerarse las desigualdades sociales estructurales, que provocan la distribución desigual de los recursos y las disparidades de acceso a las TIC. Esta perspectiva se conoce como teoría de los Recursos y Apropiación (Forenbacher *et al.*, 2019; Van Deursen y Van Dijk, 2018; Van Deursen y Andrade, 2018).

La literatura menciona factores explicativos claves del primer nivel de la brecha digital: acceso a TIC, diferencias de ingresos, edad, género, escolaridad, origen étnico, densidad de población (Hilbert, 2016, estudió 172 países; Srinuan *et al.*, 2012: Tailandia; Van Deursen y Van Dijk, 2018: Holanda; Pick *et al.*, 2020: América Latina y el Caribe).

Sin embargo, disponibilidad de infraestructura y equipo no significa uso eficaz, autónomo y eficiente de las TIC (Brotcorne y Valenduc, 2009). El valor asociado a las TIC se deriva de su *uso*: por lo regular, una persona con habilidades digitales y alta formación educativa, aprovechará mejor las TIC que una persona en la condición opuesta (Bowie, 2000). Superadas

⁵ Problema ya señalado por Rallet y Rochelandet (2004).

las dificultades materiales, surgen nuevas formas de brecha digital, ligadas a los modos de uso.

En los últimos años, la literatura internacional reporta pocos estudios sobre la brecha digital de primer nivel, privilegiando las desigualdades de uso y habilidades digitales, que son parte del *segundo nivel* de la brecha digital (Van Deursen y Van Dijk, 2018; Hilbert, 2016). La explicación: gran parte de la investigación sobre la brecha digital se hace en países avanzados con acceso generalizado a las TIC (OECD, 2017).

Como lo ha mostrado la pandemia de Covid-19, México está lejos de superar la brecha digital, que se deriva del acceso desigual a los elementos materiales básicos (López-Pérez, 2020). En la postpandemia será vital para la vida cotidiana acceder a las TIC. Por tanto, se debe resolver este primer nivel como condición *necesaria*, aunque *no suficiente*, para reducir la brecha digital (Navarro *et al.*, 2018). Esto justifica que en nuestro trabajo se investigue la brecha digital de primer nivel, con un alto grado de desagregación: en el espacio intraurbano y a escala de manzana.

Segundo nivel: brecha de uso

Las habilidades cognitivas y los conocimientos digitales son claves para optimizar el uso y aprovechamiento de las TIC (Van Deursen y Van Dijk, 2010). Esta perspectiva de la brecha digital, se denomina brecha de *segundo nivel* (bautizada así por Hargittai, 2002). Existen dos enfoques dominantes: uno se centra en las desigualdades socioeconómicas de los usuarios de Internet y cómo aprovechan las TIC (Guichard, 2004), y el segundo prioriza conceptualizaciones vinculadas a las habilidades digitales (Van Deursen y Van Dijk, 2015). Van Deursen *et al.* (2016) distinguen cuatro tipos de habilidades digitales: i) *operativas* (destrezas básicas para el uso de Internet), ii) *informativas* (capacidad de encontrar, seleccionar y evaluar fuentes de información en Internet), iii) *sociales* (habilidad para comunicar e interactuar en línea), iv) *creativas* (pericia para crear diferentes tipos de contenidos de calidad y publicarlos o compartirlos con otros usuarios de Internet).

La investigación empírica que mide la capacidad de los individuos para utilizar las TIC tiene limitaciones importantes (Van Deursen y Van Dijk, 2010): faltan definiciones operativas completas de las habilidades digitales y su forma de medición; y usualmente requieren trabajo de campo intensivo, lo que eleva el costo (Van Laar *et al.*, 2017). Algunos estudios recientes, resumen la brecha digital con indicadores sintéticos de acceso y uso de las TIC. Usualmente consideran la disponibilidad de las TIC fundamenta-

les: i) teléfono celular; ii) computadora, tablet o laptop; iii) Internet (Ojo *et al.*, 2019). Estas TIC son, en términos agregados, las más relevantes para la población en México (INEGI, 2020: ENDUTIH, 2019) y otras partes del mundo (Van Dijk, 2017).⁶

Tercer nivel: brecha de resultado

Los problemas de acceso, uso y competencia digital no explican el *tercer nivel* de la brecha digital y el impacto de resultados. El Covid-19 ha acelerado la necesidad de reducir las desigualdades de acceso y uso, y adquirir nuevas habilidades digitales (Lloyd, 2020). Esto requiere nuevas competencias en *Internet de las cosas* (IoT), inteligencia artificial (IA), Big Data, minería de datos, neurociencias, biotecnología, entre otras disciplinas (Cotter y Reisdorf, 2020). La brecha digital de tercer nivel deberá investigarse más a fondo, para perfilar estrategias de cómo reducirla (Van Deursen *et al.*, 2019).

A diferencia del primer y segundo nivel de la brecha digital, que se refieren al acceso y uso de las TIC, el tercer nivel apunta a las diferencias en la capacidad de movilizar recursos digitales, para *lograr objetivos* específicos. Incluso si los usuarios tienen el mismo nivel de acceso, equipamiento y habilidades, quizá no obtengan los mismos beneficios del uso de las TIC e Internet (Van Deursen y Helsper, 2015). Este tercer nivel aún carece de estudios teóricos sobre los resultados tangibles de la actividad digital (Helsper *et al.*, 2015).

Se pueden identificar dos niveles de análisis de la brecha digital de tercer nivel: el *agregado* y el *individual* (Hwang y Shin, 2017). A nivel agregado, una línea de investigación se enfoca a la contribución de las TIC a la productividad y el crecimiento económico, así como al problema de las divergencias territoriales (Katz, 2018). A nivel individual, hay dos líneas principales de investigación: una, se orienta a los efectos de las TIC en la desigualdad salarial entre trabajadores calificados y no calificados (Marouani y Nilsson, 2016); la otra, intenta comprender los efectos benéficos del uso de Internet (Scheerder *et al.*, 2017), en cinco esferas de actividad: económica, social, institucional, política y educativa (Van Deursen y Helsper, 2015).

La literatura sobre los factores claves de la brecha digital de tercer nivel es limitada (Scheerder *et al.*, 2017). Los estudios empíricos identifican tres

⁶ El celular puede ser vital para un trabajador independiente (e.g. albañil, profesionista liberal) o una persona mayor; la computadora para un profesor, estudiante de cualquier nivel educativo o para alguien que trabaje desde casa; el Internet en el hogar facilita la conectividad y ahorra costos.

categorías de factores: sociodemográficos, económicos y sociales (Castellaccia y Viñas-Bardolet, 2019).

MATERIALES Y MÉTODO

Zona de estudio

Constituida por 16 municipios, la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT: Figura 1 y Tabla 1) alberga 2.3 millones de habitantes, es la quinta más poblada de México, y tiene un grado de urbanización del 85.1 por ciento, que equivale a dos millones de habitantes asentados en 16,913 manzanas urbanas. Para nuestro análisis seleccionamos únicamente 12,307 manzanas urbanas (1.7 millones de habitantes: 74.1 por ciento del total de la ZMT), que cumplen con dos criterios: i) contener viviendas particulares habitadas; y, ii) disponer de información para el cálculo del Índice Socioespacial de Brecha Digital (ISBD).

Variables analizadas

Nuestra principal fuente de información cartográfica y de las variables empleadas, fue el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Para calcular el ISBD, utilizamos tres variables de disponibilidad de TIC: i) viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular; ii) viviendas que disponen de computadora, tablet o laptop; iii) viviendas que disponen de internet; y una cuarta variable de referencia: total de viviendas particulares habitadas. Las cuatro se desagregan a escala de manzana.

Método

Se siguieron tres fases para develar la dimensión espacial de la brecha digital, en el territorio intrametropolitano de la ZMT.

En la primera fase se responde la pregunta: ¿Dónde ocurre la brecha digital y con qué intensidades? Con información estadística y cartográfica desagregada a escala de manzanas (INEGI, 2021) se diseñó el Índice Socioespacial de Brecha Digital (ISBD). Su cálculo se muestra en la ecuación 1:

$$ISBD = 100 - \left[\frac{\left(\frac{VPH_{Cel} + VPH_{Pc} + VPH_{Int}}{TVPH} \right)}{3} \times 100 \right] \quad (\text{Ec. 1})$$

Tabla 1. Panorama por municipio de las variables empleadas en la ZMT

Municipio	Población			Variables de Disponibilidad				
	Población Total	Población analizada	%	Total de viviendas particulares habitadas	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con	Teléfono celular	Computadora, tablet o laptop	Internet
Toluca	910,608	819,581	90.0	218,309	49.0	90.5	49.0	61.8
Metepc	242,307	238,449	98.4	67,389	62.3	92.9	62.3	74.3
Zinacantepec	203,872	137,872	67.6	33,084	40.0	87.9	40.0	52.9
Lerma	170,327	96,121	56.4	24,844	49.1	91.1	49.1	61.3
San Mateo Atenco	97,418	94,028	96.5	22,237	38.3	90.0	38.3	55.3
Tenango del Valle	90,518	56,278	62.2	13,195	31.8	83.2	31.8	45.1
Ocoyoacac	72,103	50,747	70.4	11,868	38.6	88.2	38.6	53.7
Almoloya de Juárez	174,587	61,044	35.0	15,345	31.6	87.1	31.6	40.4
Otzolotepec	88,783	34,168	38.5	7,942	30.1	86.1	30.1	43.3
Temoaya	105,766	29,903	28.3	6,942	28.5	83.9	28.5	38.9
Calimaya	68,489	32,720	47.8	7,487	33.0	86.3	33.0	45.0
San Antonio la Isla	31,962	28,356	88.7	7,545	46.4	93.1	46.4	62.0
Xonacatlán	54,633	34,581	63.3	8,105	37.2	89.0	37.2	51.0
Chapultepec	12,772	11,441	89.6	3,075	44.6	89.9	44.6	63.3
Rayón	15,972	9,066	56.8	2,125	36.4	83.7	36.4	52.9
Mexicaltzingo	13,807	10,727	77.7	2,624	40.9	85.8	40.9	59.7
Total	2,353,924	1,745,082	74.1	452,116	39.9	88.0	39.9	53.8

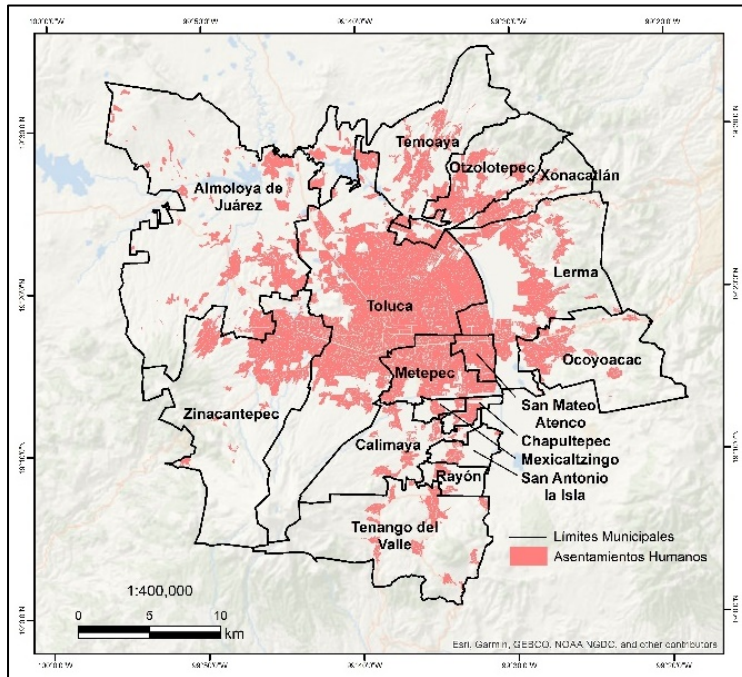
Fuente: elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Tabla 1: Continuación

Municipio	Variables Socioeconómicas				
	Grado promedio de escolaridad	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	Población con grupo religioso protestantes/cristianos evangélicos	Densidad de población (hab/ha)	Población nacida en otra entidad
Toluca	11.4	18,669	56,735	168.4	100,794
Metepec	12.8	439	16,513	341.4	54,397
Zinacantepec	10.6	208	5,758	100.7	9,134
Lerma	11.1	492	6,592	142.4	19,295
San Mateo Atenco	10.8	247	5,105	116.9	13,775
Tenango del Valle	9.8	99	3,808	121.9	3,348
Ocoyoacac	10.3	884	2,499	121.3	4,527
Almoloya de Juárez	10.2	221	2,721	128.8	5,800
Otzolotepec	9.4	1,184	1,990	133.0	1,794
Temoaya	9.0	6,659	2,639	83.5	3,200
Calimaya	10.0	31	921	109.5	1,348
San Antonio la Isla	11.0	68	1,862	166.3	5,227
Xonacatlán	10.1	419	5,844	103.2	2,225
Chapultepec	10.8	26	687	106.5	2,004
Rayón	10.3	3	244	135.5	456
Mexicalcingo	10.4	20	570	118.2	429
Total	10.5	29,669	114,488	137.3	227,753

Fuente: elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Figura 1: Conformación municipal de la Zona Metropolitana de Toluca



Fuente: elaboración propia.

Dónde:

ISBD = Índice Socioespacial de Brecha Digital.

VPHCel = Número de viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular.

VPHPc = Número de viviendas particulares habitadas que disponen de computadora, tablet o laptop.

VPHInt = Número de viviendas particulares habitadas que disponen de Internet.

TVPH = Número total de viviendas particulares habitadas en cada una de las manzanas.

El ISBD es el valor promedio de viviendas que no tienen acceso a las TIC para cada una de las manzanas, expresado en porcentaje. Es nuestra variable dependiente a escala de cada manzana de la ZMT.⁷

En la segunda fase se exploran los patrones de distribución y aglomeración/dispersión espacial del ISBD. Así podemos contestar la pregunta: ¿Cuál es la prioridad de atención para los diversos espacios intrametropolitanos? Estimamos los índices de Autocorrelación Espacial Local de Moran y de Getis-Ord (G_i^*) para identificar, con significancia estadística, el grado de dependencia espacial individual del ISBD por manzana, e identificamos clústers o agrupamientos espaciales de manzanas. Clasificamos las áreas estadísticamente significativas en cinco categorías (Lloyd, 2010):

1. *Alto-Alto*. Grupo de manzanas con valores altos del ISBD (superiores a la media) rodeadas de manzanas que también registran valores altos. Se trata de espacios intraurbanos segregados negativamente: prioritarios en materia de atención, por su alta brecha digital. Son *desiertos digitales urbanos*.
2. *Bajo-Bajo*. Grupo de manzanas con valores bajos del ISBD (inferiores a la media) que son vecinas de manzanas que también registran valores bajos. Son espacios segregados positivamente, no-prioritarios para atención, por su baja brecha digital: *vergeles digitales urbanos*.
3. *Alto-Bajo*. Grupo de manzanas con valores altos del ISBD rodeadas de manzanas con valores bajos. Espacios de *segregación mixta positiva*: pueden recibir ventajas de manzanas vecinas de bajo ISBD.
4. *Bajo-Alto*. Grupo de manzanas con valores bajos del ISBD rodeadas de manzanas con valores altos. Espacios de *segregación mixta negativa*: pueden recibir desventajas de manzanas vecinas con alto ISBD.
5. *Estadísticamente no significativas*. Grupo de manzanas con valores no-significativos en términos estadísticos, respecto a la configuración de clústers o agrupamientos.

En la tercera fase, se contesta la pregunta: ¿Cómo se explica estadísticamente la brecha digital desde un análisis genuinamente espacial? Para esto, estimamos la *Regresión Geográficamente Ponderada* (RGP, acrónimo en español; GWR por sus siglas en inglés). La RGP es una herramienta que modela procesos heterogéneos (i.e. no estacionarios): mide las variaciones espaciales de las relaciones entre variables dependientes e independientes de manera local (i.e. modelo local), dentro de un área

⁷ Estas TIC son las más relevantes en México y, en términos agregados, igualmente importantes para la población (INEGI, 2020: ENDUTIH, 2019). Además, el Censo 2020 informa su disponibilidad en el hogar a escala de manzana (INEGI, 2021).

determinada en función de la *localización* de cada unidad espacial (e.g. manzana): crea una ecuación para cada una. La RGP considera la heterogeneidad espacial en los modelos de regresión con datos georeferenciados (Brunsdon *et al.*, 1996; Fotheringham *et al.*, 2002; Wheeler y Tiefelsdor, 2005; Charlton *et al.*, 2009; Fábían, 2014; Bivand *et al.*, 2017).

Así, la variable dependiente utilizada fue el ISBD por manzana. Las independientes: escolaridad, etnicidad, religión, densidad de población y migración, que la literatura asocia a la brecha digital (ISBD) y que resultan de nuestros análisis estadísticos exploratorios (ver Resultados).⁸ No utilizamos estadística estándar, porque en este caso se violaría uno de sus supuestos fundamentales: la independencia de las observaciones. La brecha digital registra al menos un tipo de dependencia entre las observaciones: la dependencia espacial (ver Resultados), aspecto poco considerado en la literatura nacional e internacional.

El modelo RGP local se expresa de la forma siguiente:

$$y_i = \alpha(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{i1} + \beta_2(u_i, v_i)x_{i2} + \dots + \beta_n(u_i, v_i)x_{in} + e_i \text{ (Ec. 2)}$$

Dónde:

y_i = Variable dependiente en la localización o manzana i .

α = Valor y en la manzana i , cuando todas las variables explicativas son iguales a 0.

x_{in} = Valor de la variable explicativa p en la manzana i .

β = Coeficientes de los predictores estimados por el modelo.

(u_i, v_i) = Coordenadas de localización de la manzana i .

e_i = Error observado, debido a variables no controladas en la manzana i .

La RGP supera a la regresión tradicional (no-espacial) por su nivel de detalle y precisión: ejecuta tantas ecuaciones de regresión como unidades de análisis se tengan (i.e. manzanas). En este trabajo genera una regresión para cada manzana, en función de su localización geográfica y los valores de las manzanas vecinas dentro de un ancho de banda (i.e. número óptimo de vecinos dentro de una distancia establecida: fijo o adaptativo). Por tanto, tienen mayor peso las manzanas concentradas a menor distancia, que las dispersas más lejanas (Fotheringham *et al.*, 2001).

Otra ventaja de la RGP sobre la estadística tradicional (no-espacial), es que realiza un ajuste específico que permite reconocer *cuánto y dónde*

⁸ i) *Escolaridad*: Grado promedio de escolaridad; ii) *Etnicidad*: Porcentaje de población de tres años y más que habla alguna lengua indígena; iii) *Religión*: Porcentaje de población con grupo religioso protestantes/cristianos evangélicos; iv) *Densidad de población* (calculada en habitantes/hectárea); y v) *Migración*: Porcentaje de población nacida en otra entidad. Todo a escala de manzana.

varia el poder explicativo de las variables independientes, ya que estima coeficientes de determinación locales (R^2) para cada unidad espacial (i.e. manzana), explicando la variación según su localización espacial (Fotheringham *et al.*, 2002).

Cuando se trata de analizar procesos que operan en el territorio, la RGP ofrece mejores resultados en comparación con métodos tradicionales de regresión lineal múltiple (e.g. Mínimos Cuadrados Ordinarios: OLS), que omiten la heterogeneidad espacial. Es decir: los métodos tradicionales no consideran la *estructura espacial* del fenómeno al analizar las relaciones entre variables. Como si ocurriera en un *no-lugar*: una hoja de cálculo o un programa de cómputo vacíos de contenido geográfico (Zhang *et al.*, 2017).⁹ En cambio, la RGP sí incluye la estructura espacial de los procesos que analiza.

RESULTADOS

Pregunta 1. ¿Dónde se detecta brecha digital y con qué intensidades?

El Índice Socioespacial de Brecha Digital (ISBD) expresa el porcentaje de *no acceso* a TIC en las viviendas, para cada una de las 12,307 manzanas analizadas. Es decir: es un acercamiento micro a la brecha digital, que permite focalizar acciones de política pública y privada. No obstante, puede resultar demasiado desagregado para ciertas acciones macro, como las de conectividad, por ejemplo.

Para facilitar el análisis, clasificamos las manzanas según su ISBD, a partir de la Desviación Estándar, que es un método menos arbitrario que otros, ya que genera cuatro categorías en función de la distribución estadística de sus valores.

Los rangos de valores de intensidad del ISBD son: *Brecha Digital Baja* de 0.0 a 16.8 por ciento, con 2,313 manzanas en esta categoría (equivalen a 18.8 por ciento del total); *Media Baja* de 16.9 a 33.7, con 3,902 manzanas (31.7 por ciento); *Media Alta* de 33.8 a 50.6, con 4,062 manzanas (33 por ciento); y *Alta* de 50.7 a 100, con 2,030 (16.5 por ciento) (Tabla 2 y Figura 2).

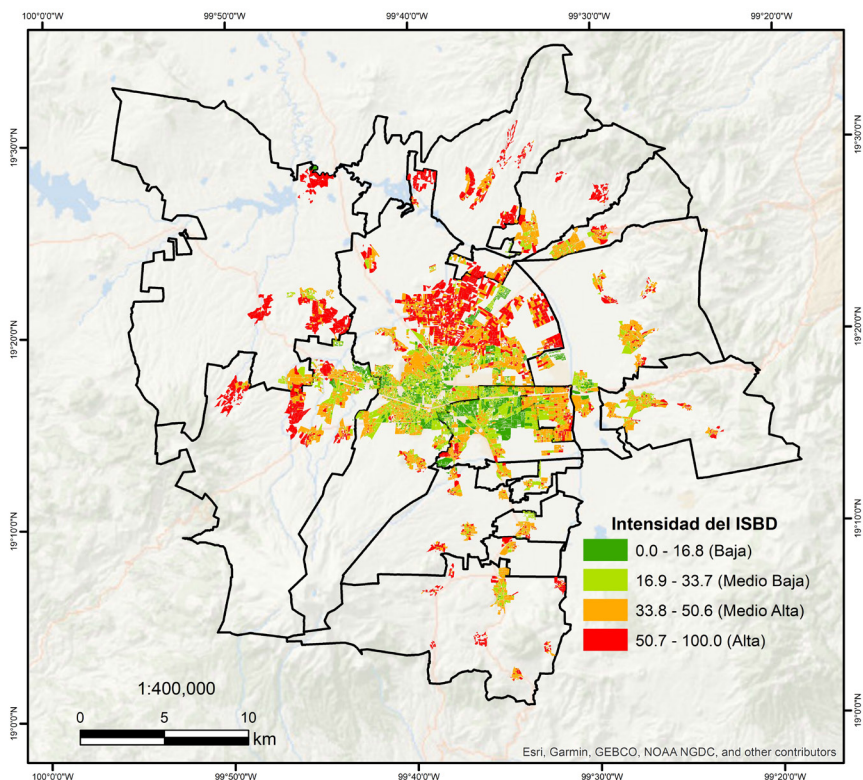
⁹ La Regresión Geográficamente Ponderada no se debe considerar una panacea, y por lo tanto, como primera opción en un ejercicio de modelación, se recomienda explorar el ajuste con Mínimos Cuadrados Ordinarios: ÓLS (Charlton *et al.*, 2009)

Tabla 2: Clasificación de las manzanas en función de las categorías del ISBD

Municipio	Total de manzanas analizadas	Categorías de Brecha Digital							
		Baja		Medio Baja		Medio Alta		Alta	
		Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%
Toluca	6,097	1,226	20.1	2,205	36.2	1,783	29.2	883	14.5
Metepec	1,601	635	39.7	622	38.9	302	18.9	42	2.6
Zinacantepec	949	134	14.1	250	26.3	348	36.7	217	22.9
Lerma	705	170	24.1	161	22.8	265	37.6	109	15.5
San Mateo Atenco	543	73	13.4	111	20.4	275	50.6	84	15.5
Tenango del Valle	405	11	2.7	80	19.8	159	39.3	155	38.3
Ocoyoacac	380	9	2.4	106	27.9	194	51.1	71	18.7
Almoloya de Juárez	367	15	4.1	96	26.2	142	38.7	114	31.1
Otzolotepec	233	5	2.1	38	16.3	108	46.4	82	35.2
Temoaya	225	12	5.3	26	11.6	49	21.8	138	61.3
Calimaya	209	3	1.4	26	12.4	125	59.8	55	26.3
San Antonio la Isla	206	17	8.3	82	39.8	85	41.3	22	10.7
Xonacatlán	173	0	0.0	36	20.8	107	61.8	30	17.3
Chapultepec	89	1	1.1	35	39.3	44	49.4	9	10.1
Rayón	67	1	1.5	12	17.9	40	59.7	14	20.9
Mexicaltzingo	58	1	1.7	16	27.6	36	62.1	5	8.6
Total	12,307	2,313	18.8	3,902	31.7	4,062	33.0	2,030	16.5

Fuente: elaboración propia.

Figura 2: Intensidades del Índice Socioespacial de Brecha Digital (ISBD)



Fuente: elaboración propia.

En una primera aproximación visual del ISBD, observamos un patrón espacial *Centro-Periferia*, que vincula el crecimiento histórico de la ciudad con la distribución de manzanas por categoría de *Brecha Digital*:

Baja. Manzanas con distribución Poniente-Centro-Oriente, predominan en cuatro municipios donde se concentra 93.6 por ciento del total de esta categoría: Toluca (1,226 manzanas, sobre todo en las colonias Colón, Morelos, Ciprés, La Mora, Independencia), Metepec (635: San Carlos, La Virgen, La Asunción), Lerma (170: Los Encinos, El Cerrillo, La Merced), y Zinacantepec (134: Zamarrero, Nueva Serratón, San Jorge). Se caracterizan por su alto nivel socioeconómico y educativo. Llama la atención que el municipio de Xonacatlán no registra ninguna manzana en este rango.

Medio Baja. El patrón de distribución de manzanas se expande en dirección Poniente-Centro-Oriente, predominan en seis municipios que agrupan

88.5 por ciento del total de esta categoría, cuatro de ellos también aparecían en la categoría Brecha Digital Baja: Toluca (2,205 manzanas, sobre todo en colonias como El Calvario, Universidad), Metepec (622 manzanas: Casa Blanca, La Pilita, Barrio San Miguel), Zinacantepec (250: Transfiguración, Lindavista), y Lerma (161: Valle de Lerma, La Ciénega); aparecen dos municipios: San Mateo Atenco (111 manzanas: Santa Elena, Barrios Santa María, San Isidro y La Magdalena), y Ocoyoacac (106 manzanas: Santiaguito, Santa María). Estas manzanas también presentan condiciones socioeconómicas favorables.

Estas categorías de Brecha Digital *Baja* y *Medio Baja*, son inferiores a la media metropolitana, concentran 50.5 por ciento del total de manzanas (6,215) y se localizan principalmente en los municipios de Toluca y Metepec (75.4 por ciento). Este patrón espacial se vincula al núcleo central de Toluca: la parte de la ciudad más antigua y *consolidada*, y con Metepec, donde se concentra la expansión moderna de la metrópoli.

Medio Alta. Con la mayor cantidad de manzanas (33 por ciento), se distribuye en once municipios que aglomeran 93.7 por ciento del total de este rango: tiene un patrón Poniente-Centro-Oriente, repiten seis municipios que aparecían en las categorías de Brecha Digital *Baja* y *Muy Baja*: Toluca (1,783: sobre todo en las colonias La Teresona, Santa Cruz Azcapotzaltongo), Zinacantepec (348: San Luis Mextepec), Metepec (302: La Unión, Ocotitlán), San Mateo Atenco (275: Barrios La Concepción y San Juan), Lerma (265: Adolfo López Mateos, San Pedro Tultepec) y Ocoyoacac (194: San Pedro Cholula). Se suma el municipio de Almoloya de Juárez (142: San Francisco Tlalcilcalpan). Con patrón Norte-Sur se detectan cuatro municipios: dos al Norte, Otzolotepec (108: Santa María Tetitla) y Xonacatlán (107: Santa María Zolotepec); y dos al Sur, Calimaya (125: Santa María Nativitas, San Lorenzo Cuauhtenco) y Tenango del Valle (159: Santiaguito Cuaxustenco). Predominan las condiciones socioeconómicas bajas y medio bajas.

Alta. Las manzanas en esta categoría predominan en seis municipios (79.6 por ciento del total de esta categoría), con distribución Poniente-Centro-Oriente: repiten cuatro de las categorías anteriores, Toluca (883: San Cristóbal Huichochitlán, San Andrés Cuexcontitlán, San Pablo Autopan que tiene la mayor población hablante de lengua indígena de la ZMT), Zinacantepec (217: Santa María del Monte, San Antonio Acahualco), Almoloya de Juárez (114: Santiaguito Tlalcilcalli, San Miguel Almoloyan, Mayorazgo de León) y Lerma (109: San Nicolás Peralta). Con patrón Norte-Sur hay dos municipios, Temoaya (138: San Pedro de Arriba, San Pe-

dro de Abajo que ocupa el segundo sitio en población hablante de lengua indígena de la ZMT); y Tenango del Valle (155: Santa María Jajalpa, San Bartolomé Atlatlahuca). En estas las condiciones socioeconómicas son desfavorables.

Las categorías de Brecha Digital *Medio Alta* y *Alta*, se ubican por encima de la media, concentran 49.5 por ciento del total de manzanas de la ZMT (6,092) y predominan en el espacio intrametropolitano. Los patrones espaciales se vinculan con el crecimiento y expansión hacia las periferias, donde se integran-absorben pueblos originarios, lo que genera una estructura periurbana *segregada-fragmentada*.

Pregunta 2. ¿Cuál es la prioridad de atención para los diversos espacios intrametropolitanos?

La intensidad del ISBD por manzana, ofrece información para alimentar políticas microfocalizadas. Sin embargo, puede ser demasiado fina para políticas de amplio espectro, lo que justifica clasificar las manzanas por prioridad de atención.

Para establecer prioridades de atención en el territorio, aplicamos la técnica de autocorrelación espacial local Getis-Ord (G_i^*), que identifica clústers o agrupamientos de manzanas y los clasifica por categorías de atención (ver metodología) (Tabla 3 y Figura 3):

Alto-Alto (Desiertos Digitales)

Prioridad de atención 1: máxima prioridad. Son áreas integradas por manzanas con Alta Brecha Digital, rodeadas de manzanas que presentan también Brecha Digital Alta. Lo conforman 3,736 manzanas (30.4 por ciento del total de la ZMT). Tienden a localizarse en las periferias de la ciudad y sus condiciones socioeconómicas son las más desfavorables y de mayor exclusión.

Alto-Bajo (Clústers con Segregación Mixta Positiva)

Prioridad de atención 2. Son agrupamientos de manzanas con Alta Brecha Digital, rodeadas de manzanas con Brecha Digital Baja. Los llamamos de segregación mixta *positiva*, porque las manzanas de Brecha Digital Baja (en estos entornos son más numerosas) pueden trasladar ventajas o externalidades *positivas* a las que registran Brecha Digital Alta (e.g. conectividad). Estos clústers suman 841 manzanas (6.8 por ciento de la ZMT), se distribuyen de manera dispersa hacia periferias de la ciudad.

Tabla 3: Clústers de manzanas clasificadas por categorías de atención de Brecha Digital

Municipio	Total de manzanas analizadas	Clústers de manzanas						Estadísticamente No Significativos
		Alto-Alto (Desiertos Digitales) Prioridad de atención 1		Alto-Bajo (Segregación Mixta Positiva) Prioridad de atención 2		Número de Manzanas	%	
		Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%			
Toluca	6,097	1,496	24.5	171	2.8	858	14.1	
Metepec	1,601	114	7.1	90	5.6	86	5.4	
Zinacantan	949	387	40.8	65	6.8	250	26.3	
Lerma	705	259	36.7	110	15.6	60	8.5	
San Mateo Atenco	543	208	38.3	52	9.6	112	20.6	
Tenango del Valle	405	205	50.6	9	2.2	191	47.2	
Ocoyoacac	380	148	38.9	98	25.8	134	35.3	
Almoloya de Juárez	367	205	55.9	19	5.2	101	27.5	
Otzolotepec	233	127	54.5	44	18.9	60	25.8	
Temoaya	225	190	84.4	3	1.3	3	1.3	
Calimaya	209	161	77.0	24	11.5	24	11.5	
San Antonio la Isla	206	88	42.7	31	15.0	12	5.8	
Xonacatlán	173	92	53.2	2	1.2	79	45.7	
Chapultepec	89	0	0.0	63	70.8	15	16.9	
Rayón	67	55	82.1	8	11.9	4	6.0	
Mexicaltzingo	58	1	1.7	52	89.7	5	8.6	
Total	12,307	3,736	30.4	841	6.8	1,994	16.2	

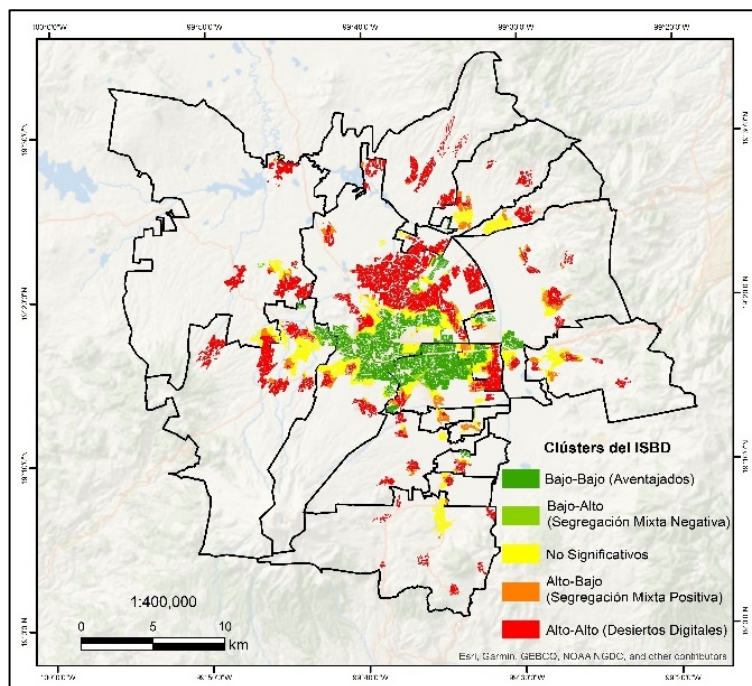
Fuente: elaboración propia.

Tabla 3: Continuación

Municipio	Total de manzanas analizadas	Clústers de manzanas					
		Bajo-Alto (Segregación Mixta Negativa) Prioridad de atención 3		Bajo-Bajo (Aventajados) Prioridad de atención 4		Estadísticamente No Significativos	
		Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%	Número de Manzanas	%
Toluca	6,097	283	4.6	3,289	53.9	858	14.1
Metepc	1,601	53	3.3	1,258	78.6	86	5.4
Zinacantepec	949	13	1.4	234	24.7	250	26.3
Lerma	705	7	1.0	269	38.2	60	8.5
San Mateo Atenco	543	23	4.2	148	27.3	112	20.6
Tenango del Valle	405	0	0.0	0	0.0	191	47.2
Ocoyoacac	380	0	0.0	0	0.0	134	35.3
Almoloya de Juárez	367	41	11.2	1	0.3	101	27.5
Oizolotepec	233	2	0.9	0	0.0	60	25.8
Temoaya	225	0	0.0	29	12.9	3	1.3
Calimaya	209	0	0.0	0	0.0	24	11.5
San Antonio la Isla	206	3	1.5	72	35.0	12	5.8
Xonacatlán	173	0	0.0	0	0.0	79	45.7
Chapultepec	89	11	12.4	0	0.0	15	16.9
Rayón	67	0	0.0	0	0.0	4	6.0
Mexicaltzingo	58	0	0.0	0	0.0	5	8.6
Total	12,307	436	3.5	5,300	43.1	1,994	16.2

Fuente: elaboración propia.

Figura 3: Clústers del ISBD clasificado por categorías de atención de Brecha Digital



Fuente: elaboración propia.

Bajo-Alto (Clústers con Segregación Mixta Negativa)

Prioridad de atención 3. Son entornos de manzanas con Baja Brecha Digital, rodeadas de manzanas con Alta Brecha Digital. Los llamamos de segregación mixta *negativa*, porque las manzanas de Brecha Digital Alta (que son más numerosas en estos clústers) pueden trasladar desventajas o externalidades *negativas* a las de Brecha Digital Baja (e.g. robo de señal, daños a la red de conectividad), suman 436 manzanas (3.5 por ciento de la ZMT), que tienden a aglomerarse en dirección Poniente-Centro-Oriente.

Bajo-Bajo (Clústers Aventajados)

Prioridad de atención 4. Entornos privilegiados no-prioritarios por su Baja Brecha Digital, constituidos por 5,300 manzanas (43.1 por ciento de la ZMT: poco menos de la mitad del espacio intrametropolitano). Su localiza-

ción predominante es Poniente-Centro-Oriente: Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Zinacantepec.

Clústers estadísticamente no significativos

Estas manzanas no se agrupan en forma estadísticamente significativa. Sin embargo, muchas requieren atención. La intensidad de las acciones las define el ISBD de cada manzana, que se estimó para responder la pregunta 1. Suman 1,994 manzanas, 16.2 por ciento de la ZMT (Tabla 3 y Figura 3).

Pregunta 3. ¿Cómo se explica estadísticamente la brecha digital con un modelo RGP?

Selección de las variables independientes. Se realizaron análisis estadísticos espaciales y no espaciales para seleccionar las variables. Los criterios de selección fueron diversos, destacan: pruebas de no *multicolinealidad*, de *homocedasticidad* en los valores residuales, de *heterogeneidad*, dependencia espacial (I de Morán y G_i^* de Getis-Ord: incluyendo la variable dependiente) y capacidad de explicación (R^2) (Anselin, 1995, 2017). Todas las variables explicativas del ISBD presentaron autocorrelación espacial estadísticamente significativa (99 por ciento). Las variables que integran el modelo RGP son: escolaridad, etnicidad, religión, densidad de población y migración.

Fortaleza del Modelo RGP

Se construyeron cinco modelos RGP y se eligió el que registró el *Criterio de Información de Akaike* (AIC, por sus siglas en inglés) más bajo: indica el mejor ajuste a los datos de modelos con la misma variable independiente (Fotheringham *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2009). Se registra una leve diferencia de la bondad de ajuste entre el modelo RGP que seleccionamos ($R^2 = 0.77$) y el modelo *global* de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO: $R^2 = 0.75$). Sin embargo, el modelo RGP ofrece información *local* a escala de manzana, considera procesos no estacionarios y la estructura espacial de la Brecha Digital (ISBD) en la ZMT, lo que lo hace superior al modelo (MCO) que es no-espacial: no considera la heterogeneidad de la Brecha Digital en el territorio (Fotheringham *et al.*, 2002).¹⁰

Los residuales del modelo RGP seleccionado muestran que se cumple el supuesto de *homocedasticidad* (i.e. cualquier muestra al azar de los resi-

¹⁰ El modelo RGP es *local* y se enfoca en medir las relaciones entre variables dependientes e independientes de unidades espaciales (e.g. manzanas) dentro de un área de estudio determinada (e.g. ZMT). Es apropiado para incluir en la correlación la variación espacial de los procesos a analizar (Fabián, 2014; Mitchell, 2005).

duales tendrá la misma media y varianza). Esto lo indican los valores bajos de: Índice de Moran (0.143), Z (1.61) y p (0.106). Se acepta la hipótesis de que la autocorrelación espacial no radica en los valores de los residuales. Además, el valor del estadístico P de Jarque-Bera es 0.00, lo que confirma que los residuales están normalmente distribuidos. Esto implica que nuestro modelo RGP de la Brecha Digital en la ZMT, sí incluye la heterogeneidad espacial del fenómeno.

El modelo RGP que seleccionamos tiene un nivel de significancia de 99.0 por ciento, para cada variable independiente, lo que revela que la heterogeneidad espacial es significativa para los parámetros de las variables explicatorias (para explicar el fenómeno de la Brecha Digital en el territorio). Lo mismo indican los interceptos locales, de acuerdo a los valores p derivados del test formal de Montecarlo (Wheeler y Tiefelsdor, 2005; Sánchez-Peña, 2012).

No existen problemas de *multicolinealidad* o conflicto entre las variables que explican el ISBD. Lo corroboran valores menores a 10.0 del *factor de inflación de la varianza* (VIF por sus siglas en inglés), que indica la fortaleza de la correlación entre el ISBD y las variables explicatorias: escolaridad (1.68), etnicidad (1.13), religión (1.03), densidad de población (1.04) y migración (1.58).

Bondad de ajuste Global y Local del modelo RGP

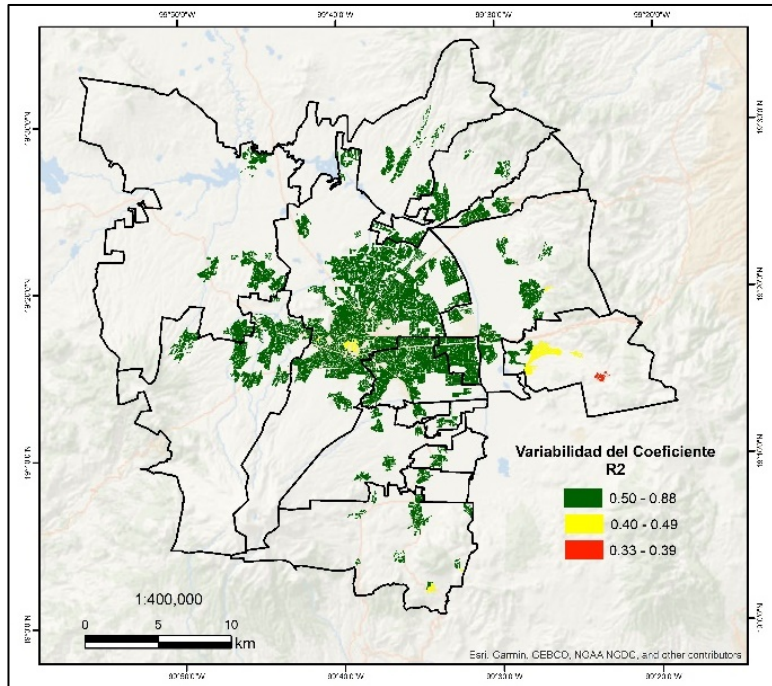
La bondad de ajuste global del modelo RGP arroja un coeficiente de determinación (R^2) de 0.78, indica un alto nivel explicativo de la brecha digital con las cinco variables seleccionadas. El mapa de los ajustes locales (R^2), permite visualizar la variación espacial del poder explicativo del modelo.

Respecto al ajuste local, la variabilidad del coeficiente R^2 oscila entre 0.88 y 0.33, refleja que de las 12,307 unidades espaciales analizadas (i.e. manzanas): 11,654 manzanas presentan un buen nivel explicativo (R^2 entre 0.88 y 0.50); 620 manzanas regular (R^2 entre 0.49 y 0.40); y 33 manzanas malo (R^2 entre 0.39 y 0.33). Es muy importante interpretar el comportamiento y significado espacial del ajuste (R^2) entre las variables explicativas y el ISBD observado en la Figura 4.

Explicar la variabilidad espacial de la R^2 local es complicado, ya que las relaciones entre la variable dependiente y las independientes no es constante ni homogénea en el territorio: las relaciones son *no-estacionarias* con cambios de magnitud para cada unidad espacial (e.g. manzanas) en función de su ubicación geográfica y los valores o condiciones de las unidades vecinas, que influyen de manera positiva (disminuyen) o negativa (incremen-

tan) la brecha digital de cada unidad espacial en el espacio intrametropolitano. De cualquier manera, se puede concluir que la R^2 se incrementa con la distancia, partiendo de la parte central del municipio de Toluca hacia el noroeste y suroeste donde los niveles explicativos más bajos corresponden a regiones rurales.

Figura 4: Bondad de ajuste local (R^2) del modelo RGP



Fuente: elaboración propia.

La alternativa para explicar estadísticamente la variabilidad espacial de la R^2 local, consiste en aprovechar el modelo RGP y analizar el efecto de cada una de las variables independientes en el ISBD.

Explicación estadística del modelo RGP

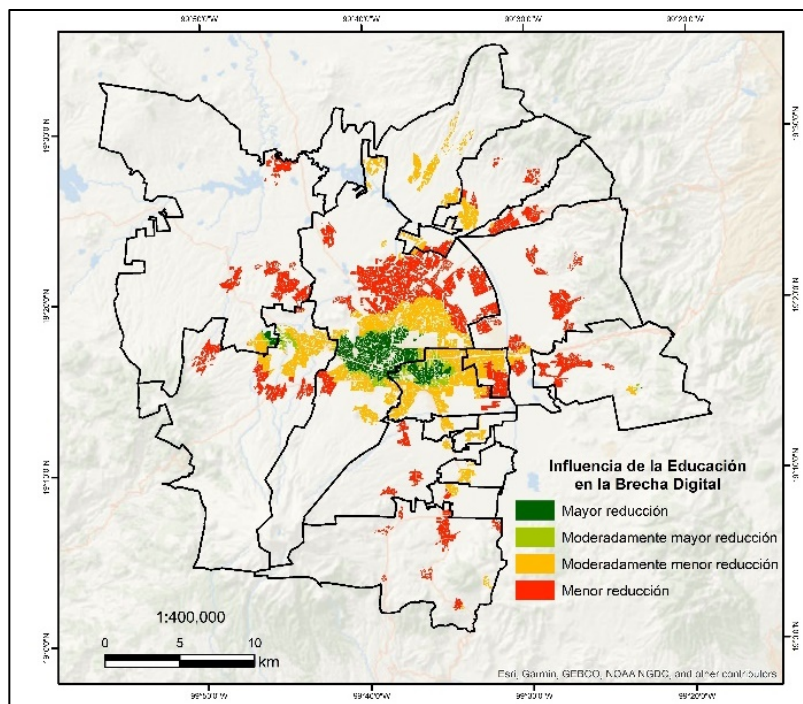
Explicamos la influencia de las variables independientes y la dirección de la relación (i.e. signo positivo o negativo), respecto del comportamiento de

la variable dependiente ISBD en el espacio intrametropolitano, a escala de manzana.¹¹

Escolaridad

La variable *grado promedio de escolaridad* resultó ser la más significativa. Los coeficientes presentan valores entre -11.98 y -4.38 (rango de elasticidad: 7.6), ambos con signo negativo. Es decir, la escolaridad es el mayor contrapeso de la brecha digital, su comportamiento siempre tiende a reducir el ISBD: *a mayor grado de escolaridad, menor brecha digital* (Figura 5a).

Figura 5a: Comportamiento y relación de influencia de las variables en la brecha digital



Fuente: elaboración propia.

El modelo RGP muestra que la influencia de la variable escolaridad afecta de manera diferencial cada localización. Con mayor efecto a reducir

¹¹ Respecto al sentido de la regresión, el modelo arroja que es negativo para cuatro variables: escolaridad, religión, densidad de población y migración, es decir, a mayor valor de la variable independiente, mayor será el ISBD; y positivo para una variable: etnicidad, a mayor valor, menor será el ISBD.

el ISBD en Metepec (12.8 años: Licenciatura) y Toluca (11.4 años: Preparatoria). Menor efecto de reducción en Oztolotepec (9.4 años: Secundaria) y Temoaya (9.0 años: Secundaria). La variabilidad espacial respecto a unidades vecinas, enfatiza diferencias territoriales: segregación mixta negativa o positiva a las TIC, una delgada línea entre las categorías de Brecha Digital (ver pregunta 2).

Por tanto, para el espacio intrametropolitano de la ZMT: *el incremento en un nivel de escolaridad (i.e. primaria, secundaria, preparatoria, licenciatura, y posgrado), equivale a reducir en 17 por ciento, en promedio, la brecha digital.* Esto varía para cada manzana.

Etnicidad

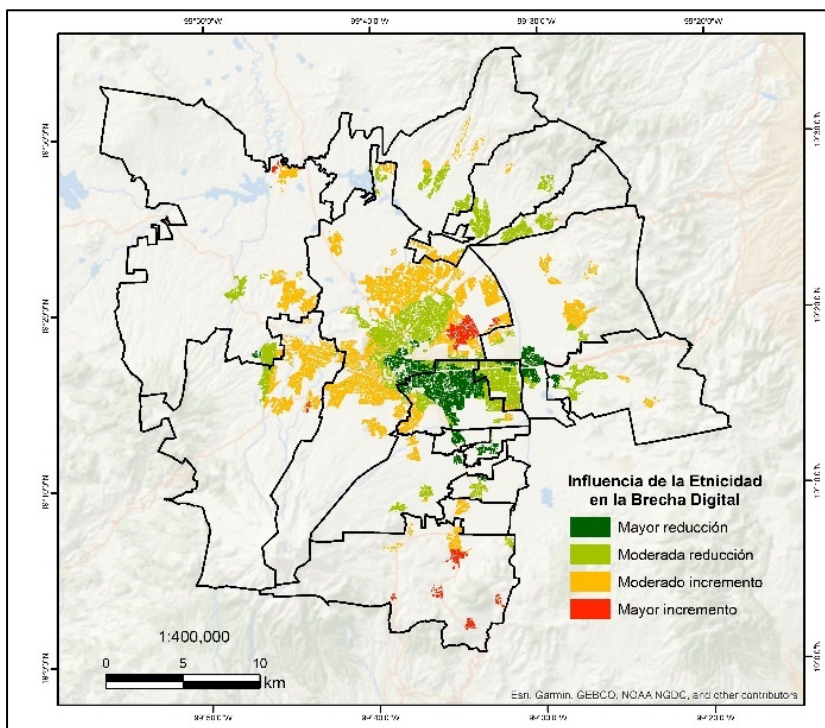
El porcentaje de *población de tres años o más que habla alguna lengua indígena* es muy significativo, ya que es la única variable que afecta positivamente el modelo RGP. Los coeficientes presentan valores entre -2.21 y 2.49 (rango: 4.69), ambos extremos con signo diferente, la relación etnicidad y Brecha Digital puede incrementar o reducir el ISBD a escala de manzana. Como lo indica su coeficiente positivo, en general: *a mayor porcentaje de población hablante de lengua indígena, mayor brecha digital* (Figura 5b).

La influencia de la población hablante de lengua indígena se concentra en Toluca (18,669 habitantes: San Pedro, Santa María y San Miguel Totoltepec) que se ubican en la categoría *Alta Brecha Digital*. Temoaya (6,659 habitantes: San Pedro de Arriba, San Pedro de Abajo) y Oztolotepec (1,184 habitantes: San Mateo Capulhuac, Santa Ana Jilotzingo) clasifican en la categoría *Media Alta*, ambos con notable población hablante de lengua indígena.

La influencia de esta variable se revela incluso en municipios con poca población indígena: Almoloya de Juárez (221 habitantes: Mayorazgo de León) y Tenango del Valle (99 hablantes: San Bartolomé Atlatlahuca, San Francisco Tepexoxuca), que están en la categoría de *Alta Brecha Digital*. Aunque la población hablante de lengua indígena se ha asociado con exclusión, analfabetismo y bajo nivel educativo, no registra correlación significativa al interior de la ZMT.

La escala de análisis revela que *una cuarta parte de población hablante de lengua indígena en una manzana, incrementa en 10.6 por ciento la brecha digital.*

Figura 5b: Comportamiento y relación de influencia de las variables en la brecha digital



Fuente: elaboración propia.

Religión

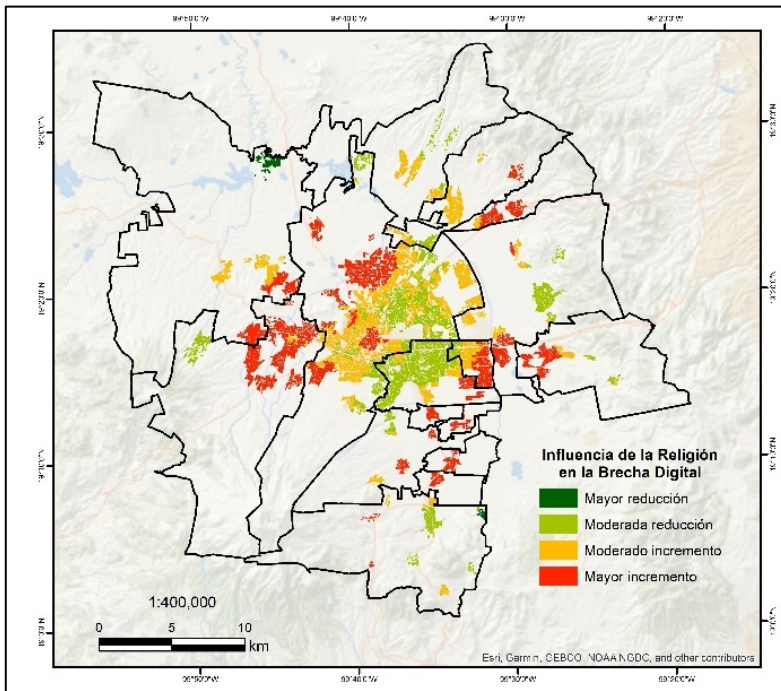
El porcentaje de *población perteneciente a grupos religiosos protestantes/cristianos evangélicos*, es una variable que no ha sido considerada en trabajos sobre Brecha Digital. Los coeficientes de este predictor registran valores entre -0.20 y 0.46 (rango: 0.66), ambos con signo diferente, esta relación puede incrementar o reducir el ISBD a escala de manzana. En general: *a mayor porcentaje de población perteneciente a grupos religiosos protestantes/cristianos evangélicos, menor brecha digital* (Figura 5c).

La mayor cantidad de población identificada con estos grupos religiosos, se encuentra en: Toluca (56,735: Capultitlán, Santa María Totoltepec), Metepec (16,513: San Bartolomé Tlaltelulco), Lerma (6,592: Santiago Analco), Xonacatlán (5,844: San Francisco Xonacatlán), Zinacantepec (5,758: San Luis Mextepec) y San Mateo Atenco (5,105: Santa María la

Asunción). Almoloya de Juárez (2,721: Mayorazgo de León) llama la atención, por ser el único espacio que presenta la mayor reducción de brecha digital asociada a esta variable: esta comunidad merece un análisis más profundo.

La escala del modelo RGP permite asumir que una cuarta parte de la *población perteneciente a grupos religiosos protestantes/cristianos evangélicos en una manzana, disminuye en 5.7 por ciento la brecha digital.*

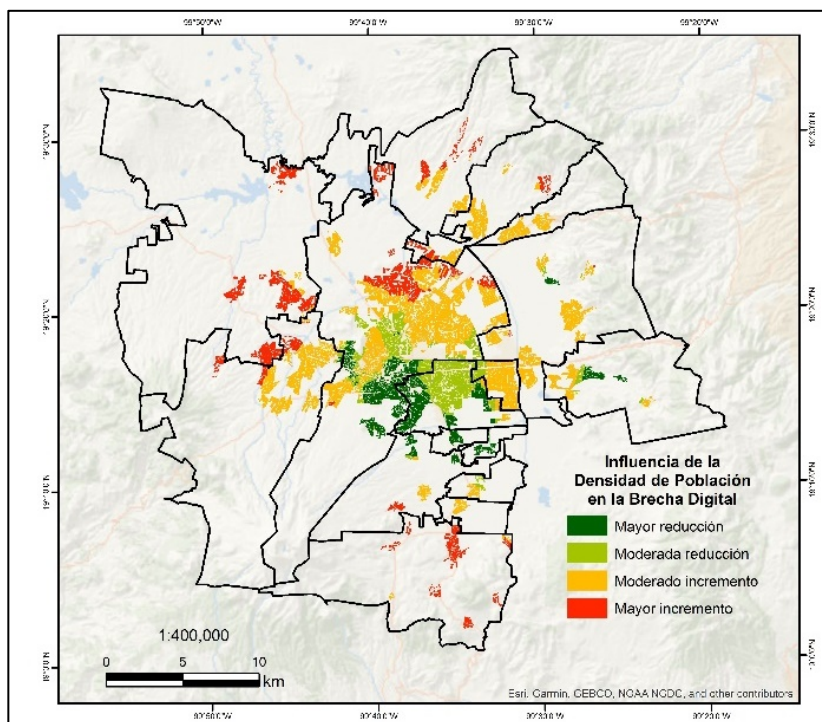
Figura 5c: Comportamiento y relación de influencia de las variables en la brecha digital



Densidad de población

La variable *densidad de población* también es importante, por razones técnicas de conectividad y de difusión de valores e ideas. Los coeficientes tienen valores entre -0.10 y 0.009 (rango: 0.11), ambos con signo diferente, esta relación puede incrementar o reducir el ISBD. No obstante, en general: *a mayor densidad de población, menor brecha digital* (Figura 5d).

Figura 5d: Comportamiento y relación de influencia de las variables en la brecha digital



Fuente: elaboración propia.

Manzanas con una densidad de población mayor a mil habitantes por hectárea, se localizan en los municipios de: Metepec, Toluca, Otzolotepec, San Mateo Atenco, Tenango del Valle y Lerma. Esto es atribuible al crecimiento poblacional de la ciudad en las últimas cuatro décadas. El resto de los municipios posee una estructura poblacional menos aglomerada.

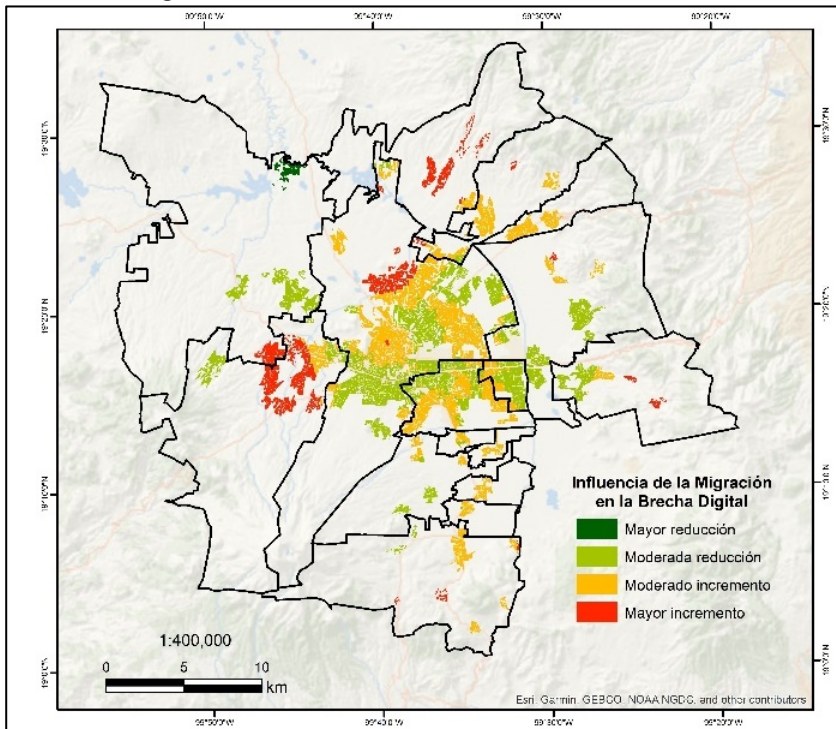
A escala intrametropolitana se aprecia que las variaciones de densidad se asemejan a las disparidades entre zonas rurales y urbanas. De acuerdo al modelo RGP: una *densidad promedio de población de mil habitantes por hectárea, puede reducir hasta en 5.0 por ciento la brecha digital.*

Migración

La variable *población nacida en otra entidad* también es significativa. Los coeficientes tienen valores entre -0.49 y 1.52 (rango: 2.01), ambos con signo diferente, la relación puede incrementar o reducir el ISBD. De acuerdo

al modelo RGP: *a mayor porcentaje de población nacida en otra entidad, menor brecha digital* (Figura 5e).

Figura 5e: Comportamiento y relación de influencia de las variables en la brecha digital



Fuente: elaboración propia.

La mayor cantidad de población nacida en otra entidad, se ubica en los municipios de: Toluca (100,794 personas: Saucos, San Pedro Totoltepec), Metepec (54,397: San Salvador Tizatlalli, San Francisco Coaxusco), Lerma (19,295: Lerma de Villada, Los Cedros), San Mateo Atenco (13,775: Santa María la Asunción), Zinacantepec (9,134: San Luis Mextepec) y Almoloya de Juárez (5,800: Conjunto SUTEYM).

La atracción poblacional de la ZMT es alta desde el sismo de 1985 en la Ciudad de México. Actualmente, el principal atractor de población de la ZMT es su cercanía a la CDMX (40 kilómetros) y la oferta de vivienda. Entre los inmigrantes predomina la población con alto nivel de escolaridad, sobre todo al municipio de Metepec.

El modelo RGP indica que a escala de manzana: una cuarta parte de la *población nacida en otra entidad*, que migre a la ZMT y además cuente con altos niveles educativos, *disminuye en un 4.5 por ciento la brecha digital*.

CONCLUSIONES

Este texto ofrece información sobre *quiénes, cuánto, dónde y por qué* padecen Brecha Digital en el espacio interior de la ZMT, a escala de manzana. Hasta donde sabemos, la literatura no reporta trabajos que exploren la brecha digital con esta desagregación espacial.

Nuestro trabajo se orienta a la brecha digital de primer nivel que se deriva de la falta de acceso a TIC básicas. La pandemia de Covid-19 ha demostrado que México está lejos de superar este nivel de la brecha digital (López-Pérez, 2020). En la pospandemia será clave mejorar el acceso a las TIC. Resolver este primer nivel es condición *necesaria*, aunque *no suficiente*, para reducir la brecha digital (Navarro *et al.*, 2018).

Reducir la brecha digital no es la panacea para disminuir desigualdades e impulsar el desarrollo personal y colectivo. Incluso, puede generar consecuencias negativas inesperadas (e.g. favorecer el ocio de baja calidad, degradar el aprendizaje, trasladar costos de operación a los trabajadores). Para lograr los impactos deseados, la reducción de la brecha digital debe apoyarse en una mejor educación, el desarrollo de competencias digitales y capacitación en aprovechamiento de TIC.

El análisis empírico para la ZMT se organizó en torno a tres preguntas: ¿Dónde se detecta brecha digital y con qué intensidades? ¿Cuál es la prioridad de atención para los espacios intrametropolitanos? ¿Cómo se explica estadísticamente la brecha digital?

La primera pregunta se respondió con un Índice Socioespacial de Brecha Digital (ISBD), que expresa el porcentaje de *no acceso* a TIC en las viviendas, para cada una de las 12,307 manzanas analizadas. Es un acercamiento micro a la brecha digital, que permite focalizar acciones de política pública y privada. La segunda pregunta se examinó con técnicas de autocorrelación espacial, que identifican clústers de manzanas y los clasifica según su necesidad de atención. Finalmente, explicamos la brecha digital de primer nivel en la ZMT y exploramos la tercera pregunta, mediante un modelo RGP que considera la heterogeneidad espacial en los modelos de regresión con datos georreferenciados.

Explicamos cómo seleccionamos las variables independientes del modelo, demostramos su fortaleza, estimamos su bondad de ajuste (R^2) global

y local (a escala de manzana) y analizamos el peso, influencia y patrón espacial de la bondad de ajuste de las cinco variables claves. Cuatro variables con correlación global negativa: Escolaridad (siempre tiende reducir la exclusión de las TIC), Religión (variable poco explorada en la literatura), Densidad de Población (variable netamente intraurbana) y Migración (muy importante en la ZMT); y una variable con signo positivo, Etnicidad (porcentaje de población hablante de lengua indígena, grupo en gran desventaja que sistemáticamente tiende a incrementar la exclusión). Sin duda, Educación (i.e. grado promedio de escolaridad) es la variable clave, que puede marcar la diferencia en la reducción de la brecha digital.

Desde nuestro enfoque de *Ciencias Sociales Espacialmente Integradas*, se acepta que lo único que refleja exactamente la realidad es la realidad misma. El modelo RGP, como todos los modelos, está lejos de ser perfecto: no captura el proceso completo o todas las variables explicativas (Fotheringham *et al.*, 2002). No obstante, nuestro modelo mostró ser robusto, tiene una elevada bondad de ajuste y genera resultados consistentes, sistemáticos y útiles.

De acuerdo a sus realidades socioterritoriales, los ejes de una política de reducción integral de la brecha digital en la ZMT, son, al menos:

Elevar la escolaridad de la población. Cumplir la reforma constitucional del 2021 en materia educativa, de fomento al derecho de inclusión, permanencia y continuidad de la educación superior, gradual y gratuita en México, a partir del año 2022.¹² Equipar los centros de todos los niveles educativos con TIC, elevar las habilidades cognitivas y los conocimientos digitales de los estudiantes y los docentes para optimizar el uso y aprovechamiento de las TIC, movilizar recursos digitales, lograr objetivos específicos de impacto. Este y los demás ejes de la política de reducción de la brecha digital, deberían tener en el centro la igualdad e inclusión de las comunidades indígenas.

Incrementar la asequibilidad de las TIC. Para amplios grupos de población de la ZMT, las TIC son costosas. Una alternativa es formar alianzas entre organizaciones privadas y públicas, para financiar a la población con ingresos más bajos para adquirir o actualizar sus herramientas tecnológicas. También se deberían explorar las compras consolidadas y los microcréditos para TIC.

Desarrollar infraestructura. Las alianzas público-privadas serían útiles para contar con infraestructura de internet adecuada: ampliar y mejorar

¹² Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2021.

la conectividad, ofrecer internet de mayor ancho de banda, velocidad y confiabilidad.

Reducir las diferencias socioespaciales. La brecha digital se registra entre grupos de población y territorios. Afecta grupos sociales, ocurre en territorios concretos. No basta un enfoque social, se requiere incluir la dimensión territorial. Es clave pensar la inclusión digital de forma más holística, donde se fortalezcan tanto las capacidades individuales y colectivas, como las territoriales. Debe adoptarse un enfoque socioespacial de políticas públicas y privadas, que genere capital sinérgico y social en los territorios para reducir la brecha digital.

Mejorar los contenidos y aplicaciones en internet. Desarrollar contenidos y aplicaciones con relevancia local, entendibles y útiles para la población de la ZMT. Impulsar iniciativas de protección de datos y actividad en línea. Mejorar la privacidad, seguridad y confianza de los usuarios con el manejo de sus datos.

Empoderar a los usuarios. Todos los programas de reducción de brecha digital, deben de contar con el acompañamiento de la población: participación de actores claves de cada territorio, toma de decisión consensuada, visión de largo plazo, acciones orientadas las necesidades propias de cada territorio.

Aunque el reto para la ZMT es complejo, puede verse como una oportunidad de desarrollo que sube en la agenda de prioridades público-privadas, en la postpandemia del Covid-19.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, J.A., van Deursen, A.J. and Helsper, E.J., 2015, "The third-level digital divide: who benefits most from being online?", in *Communication and Information Technologies Annual*, vol. 10, pp. 29-52.

Alva de la Selva, R., 2015, "Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital", en *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 60(223), 265-285.

Andrés, G., 2014, "Una aproximación conceptual a la "apropiación social" de TIC", en *Question*, 1 (43), 17-31.

Anselin, L., 2017, *A local indicator of Multivariate Spatial Association: Extending Geary's c.* *. Center for Spatial Data Science, University of Chicago.

Anselin, L., 1995, "Local indicators of spatial association LISA", in *Geographical Analysis*, 27(2). 93-115. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

- Aroca, M., and Osmá, J. F., 2015, “Metodologías para el desarrollo de grupos de investigación multidisciplinares”, en *Novos Saberes* (2).
- Aysegul, O. B., and Gunes, K. K., 2016, *Spatial Distribution of Intra-Urban Digital Divide in Istanbul*, 2nd International Congress of Technology, Management and Social Sciences, 25th to 26th June 2016. Toronto, Ontario, Canadá.
- Azariadis, C., and Stachurski, J., 2005, “Poverty traps”, in *Handbook of economic growth*, 1, pp. 295-384.
- Beaunoyer, E., Dupéré, S. and Guitton, M., 2020, “Covid-19 and digital inequalities: reciprocal impacts and mitigation strategies”, in *Computers in Human Behavior*, vol. 111, 106424.
- Bekerman, U., and Rondanini, A., 2020, “El Acceso a Internet como garantía del derecho a la educación (Internet Access as a Guarantee of the Right to Education)”, en *Diario DPI Suplemento Salud Nro*, 58-14.
- Berrone, P. y Ricart, J. E., 2020, Índice *IESE Cities in Motion 2020*. IESE Business School, Universidad de Navarra. Disponible en DOI: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0542.pdf>, consultado el 18/02/2021.
- Bivand, R., Yu, D., Nakaya, T., and Garcia-Lopez, M. A., 2017, *spgwr: Geographically weighted regression*. R package version 0.6-32.
- Bowie, N.A., 2000, “The digital divide: making knowledge available in a global context”, in *Schooling for Tomorrow: learning to Bridge the Digital Divide*, OECD, París, Francia.
- Brotcorne, P. and Valenduc, G., 2009, “Les compétences numériques et les inégalités dans les usages d’Internet. Comment réduire ces inégalités?”, in *Les Cahiers du Numérique*, vol. 5 No. 1, pp. 45-68.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., and Charlton, M. E., 1996, “Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity”, in *Geographical analysis*, 28(4), pp. 281-298.
- Castellaccia, F. and Viñas-Bardolet, C., 2019, “Internet use and job satisfaction”, in *Computers in Human Behavior*, vol. 90, pp. 141-152.
- Castells, M., 2002, *The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business, and Society*, Oxford University Press, Oxford.
- CEPAL, 2020, *Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL, 2021, *Panorama Social de América Latina, 2020*. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Charlton, M., Fotheringham, A. S., and Brunsdon, C., 2009, “Geographically weighted regression white paper”, in *Kildare: National University of Ireland Maynooth*, pp. 1-14.

Chiou, L., and Tucker, C., 2020, *Social distancing, internet access and inequality*. National Bureau of Economic Research.

Cotter, K. and Reisdorf, B., 2020, "Algorithmic knowledge gaps: a new dimension of (digital) inequality", in *International Journal of Communication*, vol. 14, pp. 745-765.

Crovi, D., 2008, "Dimensión social del acceso, uso y apropiación de las TIC", in *Contratexto*, 16, 65-79.

Department of Commerce, 1995, *Falling Through the Net: A Survey of the 'Have Nots' in Rural and Urban America*, Department of Commerce, National Telecommunications and Information Administration (DOC), Washington, USA.

Fábián, Z., 2014, "Method of the Geographically Weighted Regression and an example for its application", in *Regional Statistics: journal of the Hungarian Central Statistical Office*, 4(1), 61-75.

Fagerström, A., Eriksson, N., & Sigurdsson, V., 2020, "Investigating the impact of Internet of Things services from a smartphone app on grocery shopping", in *Journal of Retailing and Consumer Services*, 52, 101927.

Forenbacher, I., Husnjak, S., Cvitic, I. and Jovovic, I., 2019, "Determinants of mobile phone ownership in Nigeria", in *Telecommunication Policy*, vol. 43 No. 7.

Fotheringham, A. S., Brunson, C., and Charlton, M., 2002, *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*. John Wiley and Sons.

Fotheringham, A. S., Charlton, M. E., and Brunson, C., 2001, "Spatial variations in school performance: a local analysis using geographically weighted regression", in *Geographical and environmental Modelling*, 5(1), pp. 43-66.

Garrocho, C., 2013, *Dinámica de las ciudades de México en el siglo XXI: cinco vectores clave para el desarrollo sostenible*, United Nations Population Fund-Coinapo-El Colegio Mexiquense, Ciudad de México.

Garrocho, Carlos, 2015, "Ciencias sociales espacialmente integradas", en *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(50), pp. 1-20.

Garrocho, C., 2016, "Ciencias sociales espacialmente integradas: la tendencia de Economía, Sociedad y Territorio", en *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(50), i-xx.

Gladkova, A. and Ragnedda, M., 2020, "Exploring digital inequalities in Russia: an interregional comparative analysis", in *Online Information Review*, vol. 44 No. 4, pp. 767-786.

Guichard, E., 2004, *Mesures de L'Internet, Les Canadiens en Europe*, Paris.

Haider, A. S., and Al-Salman, S., 2020, "Dataset of Jordanian university students' psychological health impacted by using e-learning tools during Covid-19", in *Data in Brief*, 32, 106104.

- Hargittai, E., 2002, “Second-level digital divide: differences in people’s online skills”, in *First Monday*, vol. 7, No. 4
- Helsper, E.J., van Deursen, A.J. and Eynon, R., 2015, *Tangible Outcomes of Internet Use. From Digital Skills to Tangible Outcomes Project Report*, Oxford Internet Institute, Oxford.
- Hernández, F. A. L., Ortiz, P. J. M., and Navarro, J. G. C., 2020, “Spatial Interaction in Spending on Public Services by Local Governments. A Panel Approach Using SUR Models”, in *Studies of Applied Economics*, 33(1), pp. 81-100.
- Hernández-García, I., and Giménez-Júlvez, T., 2020, “Assessment of health information about Covid-19 prevention on the internet: infodemiological study”, in *JMIR public health and surveillance*, 6(2), e18717.
- Hidalgo, A., Gabaly, S., Alonso, G. and Uruena, A., 2020, “The digital divide in light of sustainable development: an approach through advanced machine learning techniques”, in *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 150.
- Hilbert, M., 2016, “The bad news is that the digital access divide is here to stay: domestically installed bandwidths among 172 countries for 1986–2014”, in *Telecommunications Policy*, 40(6), pp. 567-581.
- Hwang, W.S. and Shin, J., 2017, “ICT-specific technological change and economic growth in Korea”, in *Telecommunications Policy*, 41(4), pp. 282-294.
- INEGI, 2020, *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019*, INEGI, México.
- INEGI, 2021, *Censo de Población y Vivienda, 2020*. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/Default?ev=10> , consultado el 18/02/2021.
- Karar, H., 2019, “Algorithmic capitalism and the digital divide in the digital divide in sub-Saharan Africa”, in *Journal of Developing Societies*, 35(4), pp. 514-537.
- Katz, R., 2018, “The impact of the broadband internet on employment”, in Pupillo, L., Noam, E. and Waverman, L. (eds.), *Digitized Labor*, Springer, NY, pp. 95-108
- Khan, M. L., Welsch, H. T., Cisneros, C., Manatong, G., and Idris, I. K., 2020, “Digital inequality in the Appalachian Ohio: Understanding how demographics, internet access, and skills can shape vital information use (VIU)”, in *Telematics and Informatics*, 50, pp.101-380.
- Lloyd, C. D., 2010, “Exploring population spatial concentrations in Northern Ireland by community background and other characteristics: an application of geographically weighted spatial statistics”, in *International Journal of Geographical Information Science*, 24(8), pp. 1193-1221.
- Lloyd, M., 2020, “Desigualdades educativas y la brecha digital en tiempos de Covid-19”, en Casanova Cardiel, H. (coord.), *Educación y pandemia: una visión académica* (pp. 115-121). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación.

- López Pérez, E., 2020, “La industria 4.0 y las nuevas formas de trabajar: una perspectiva desde el caso mexicano en tiempos del Covid-19”, en *Lan Harremanak: Revista de Relaciones Laborales*, 43, pp. 244-263.
- Lutz, C., 2019, “Digital inequalities in the age of artificial intelligence and big data”, in *Human Behavior and Emerging Technologies*, vol. 1, pp. 141-148.
- Mariscal, J., Larghi, B., y Aguayo, M., 2016, “The informational life of the poor: A study of digital access in three Mexican towns”, in *Telecommunications Policy*, 40(7), pp. 661-672.
- Marouani, M.A. and Nilsson, B., 2016, “The labor market effects of skill-biased technological change in Malaysia”, in *Economic Modelling*, vol. 57, pp. 55-75.
- Márquez, M., Acevedo, A., y Castro, D., 2016, “Brecha digital y desigualdad social en México”, en *Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas*, 1(2), pp. 89-136.
- Martínez, D. R., Albin, J., Cabaleiro, J., Pena, T., Rivera, F., and Blanco, V., 2009, “El Criterio de Información de Akaike en la Obtención de Modelos Estadísticos de Rendimiento”, en *Conference: XX Jornadas de Paralelismo*.
- Mitchell, Andy, 2005, *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics*, CA. ESRI Press, Redlands.
- Mueller, M., 2017, *Will the Internet fragment?* John Wiley and Sons.
- Navarro, D. A. G., López, R. A. A., Domínguez, M. M., y de León Castañeda, C. D., 2018, “La brecha digital una revisión conceptual y aportaciones metodológicas para su estudio en México”, en *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 6(16), pp. 49-64.
- OECD, 2001, *Understanding the digital divide*. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), París, Francia.
- OECD, 2009, *Guide for Measuring Information Society*, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), París, Francia.
- OECD, 2017, *Aid for Trade at a Glance 2017-Promoting Trade, Inclusiveness and Connectivity for Sustainable Development*, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), París, Francia.
- OECD et al., 2020, *Perspectivas económicas de América Latina 2020: Transformación digital para una mejor reconstrucción*, OECD Publishing, París, <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>. OCDE/NACIONES UNIDAS/CAF/UNIÓN EUROPEA.
- Ojo, A.O., Arasanmi, C.N., Raman, N. and Tan, C.N., 2019, “Ability, motivation, opportunity and sociodemographic determinants of internet usage in Malaysia”, in *Information Development*, 35(5), pp. 819-830.
- Ortega, G., Rodriguez, A., Maurer, R., Witt, E., Perez, N., Reich, A. and Bates, W., 2020, “Telemedicine, Covid-19, and disparities: policy implications”, in *Health Policy and Technology*, 9(33), pp. 368-371,

- Ortiz-Porras, S., 2021, *Comunidad postmoderna*. Trabajo Fin de Grado.
- Otioma, C., Madureira, A. M., and Martinez, J., 2019, “Spatial analysis of urban digital divide in Kigali, Rwanda”, in *GeoJournal*, 84(3), pp. 719-741.
- Pérez-Tamayo, B. N., Gil-Alonso, F., y Bayona-i-Carrasco, J., 2017, “La segregación socioespacial en Culiacán, México (2000-2010): ¿de la ciudad dual a la ciudad fragmentada?”, en *Estudios demográficos y urbanos*, 32(3), pp. 547-591.
- Pick, J. B., Sarkar, A., and Parrish, E., 2020, “The Latin American and Caribbean digital divide: a geospatial and multivariate analysis”, in *Information Technology for Development*, pp. 1-28.
- Ragnedda, M., and Kreitem, H., 2018, “The three levels of digital divide in East EU countries”, in *World of Media. Journal of Russian Media and Journalism Studies*, 1(4), pp. 5-26.
- Rallet, A. and Rochelandet, F., 2004, “La fracture numérique: une faille sans fondement?”, en *Réseaux*, 5(127-128), pp. 19-54
- Sánchez-Peña, L. L., 2012, “Alcances y límites de los métodos de análisis espacial para el estudio de la pobreza urbana”, en *Papeles de Población*, 18(72), pp. 147-180.
- Scheerder, A., van Deursen, A. and van Dijk, J., 2017, “Determinants of internet skills, use and outcomes. A systematic review of the second- and third-level digital divide”, in *Telematics and Informatics*, 34 (8), pp. 1607-1624
- Scheerder, A., van Deursen, A.J. and van Dijk, A.G., 2019, “Negative outcomes of internet use: a qualitative analysis in the homes of families with different educational backgrounds”, in *The Information Society*, 35 (5), pp. 286-298.
- Schliephake, K., 2018, “Transport Costs in Space—Geographical Models and Contradictions”, in *Locational Analysis of Firms' Activities from a Strategic Perspective* (pp. 3-18). Springer, Singapore.
- Serrano-Puche, J., 2020, “Affect and the expression of emotions on the Internet: an overview of current research”, in *Second international handbook of internet research*, pp. 529-547.
- Srinuan, C., Srinuan, P. and Bohlin, E., 2012, “An analysis of mobile internet access in Thailand: implications for bridging the digital divide”, in *Telematics and Informatics*, 29 (3), pp. 254-262.
- Sunkel, G., 2006, *Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación en América Latina: una exploración de indicadores*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Tapscott, D., 1995, *La Economía Digital*. NY, McGraw-Hill.
- Toudert, D., 2019, “Brecha digital, uso frecuente y aprovechamiento de Internet en México”, en *Convergencia*, 26(79).
- UIT, 2020, *Manual para la medición del acceso y el uso de las TIC en los hogares y por las personas*. Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra, Suiza.

- Unwin, T., 2020, "Digital inequalities", in Kobayashi, A. (ed.), *International Encyclopedia of Human Geography*, Elsevier, New York, NY, pp. 347-355.
- Van Deursen, A. J., and Helsper, E. J., 2015, "The third-level digital divide: Who benefits most from being online?", en *Communication and Information Technologies Annual, Digital Distinctions and Inequalities*. Studies in Media and Communications, 10, 29-53. Emerald Group Publishing Limited.
- Van Deursen, A.J. and Andrade, L.S., 2018, "First- and second-level digital divides in Cuba: differences in the internet motivation, access, skills and usage", in *Peer-Reviewed Journal of the Internet*, 23 (8).
- Van Deursen, A.J. and Van Dijk, J.A., 2010, "Measuring internet skills", in *International Journal of Human-Computer Interaction*, 26 (10), pp. 891-916.
- Van Deursen, A.J. and Van Dijk, J.A., 2015, "Internet skill levels increase, but gaps widen: a longitudinal cross-sectional analysis (2010–2013) among the Dutch population", in *Information, Communication and Society*, 18 (7), pp. 782-797.
- Van Deursen, A.J. and Van Dijk, J.A., 2018, "The first-level digital divide shifts from inequalities in physical access to inequalities in material access", in *New Media and Society*, 21(2), pp. 354-375.
- Van Deursen, A.J., 2020, "Digital Inequality During a Pandemic: Differences in COVID-19-Related Internet Uses and Outcomes among the General Population", in *Journal of Medical Internet Research* (in press). Disponible en doi:10.2196/20073
- Van Deursen, A.J., Helsper, E.J. and Eynon, R., 2016, "Development and validation of the internet skills scale (ISS)", in *Information, Communication and Society*, 19 (6), pp. 804-823
- Van Deursen, J.A., Van der Zeeuw, A., Boer, P., Jansen, G. and Van Rompay, T., 2019, "Digital inequalities in the internet of things: differences in attitudes, material access, skills, and usage", in *Information, Communication and Society*, 24(2), pp. 258-276.
- Van Dijk, J., 2006, "Digital divide research, achievements and shortcomings", in *Poetics*, 34(4-5), pp. 221-235.
- Van Dijk, J. A., 2017, "Digital divide: Impact of access", in *The international encyclopedia of media effects*, 1-11.
- Van Dijk, J., 2020, *The digital divide*. John Wiley & Sons.
- Van Laar, E., Van Deursen, A.J., Van Dijk, J.A. and De Haan, J., 2017, "The relation between 21st century skills and digital skills: a systematic literature review", in *Computers in Human Behavior*, 72, pp. 577-588
- Warf, B., 2020, *Geographies of the Internet*. Routledge.
- Wheeler, D., and Tiefelsdorf, M., 2005, "Multicollinearity and correlation among local regression coefficients in geographically weighted regression", in *Journal of Geographical Systems*, 7(2), 161-187.

Zhang, Z., Chen, R. J., Han, L. D., and Yang, L., 2017, “Key factors affecting the price of Airbnb listings: A geographically weighted approach”, in *Sustainability*, 9(9), 1635.

RESUMEN CURRICULAR DE LOS AUTORES

Tania Chávez Soto

Doctora en Ciencias de la Educación por el Centro de Estudios Superiores en Educación, profesora investigadora de medio tiempo / Jefa de la Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones de El Colegio Mexiquense A.C., es miembro del SNI.

Dirección electrónica: tchavez@cmq.edu.mx

Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6884-0415>

Luis Cervera Gómez

Doctor en Investigación por El Colegio de Chihuahua, profesor investigador de El Colegio de Chihuahua, es miembro del SNI.

Dirección electrónica: lcervera@colechedu.onmicrosoft.com

Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0495-7590>

Iván Vilchis Mata

Doctor en Ciencias del Agua por la UAEMéx. Investigador Cátedras Conacyt adscrito a El Colegio Mexiquense A.C., es miembro del SNI.

Dirección electrónica: ivilchis@cmq.edu.mx

Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3275-585X>

Carlos Garrocho Rangel

Doctor en Geografía Social por la Universidad de Exeter Inglaterra, profesor investigador de El Colegio Mexiquense A.C. Es miembro del SNI.

Dirección electrónica: cgarrocho@gmail.com

Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9181-3151>

Artículo recibido el 23 de junio de 2021 y aprobado el 25 de octubre de 2021