

Adultos mayores y unidades de salud en el Área Metropolitana de Toluca 2020-2022: accesibilidad y localización

Elderly adults and health units in the Metropolitan Area of Toluca: accessibility and location

Karla Teresa Rojas Moreno

Doctora en Urbanismo. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, krojas@cmq.edu.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-0916-4429>

Tania Lilia Chávez Soto

Doctora en Educación. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ingeniería. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, tchavez@cmq.edu.mx

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

Carlos Garrocho Rangel

Doctor en Geografía. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, cgarrocho@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-001-9181-3151>

Alberto Mejía Reyes

Doctorado en Economía Aplicada. Instituto de Geografía, Estadística y Catastral del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, betmej@yahoo.com.mx

 <https://orcid.org/0000-0001-5749-8557>

Recibido: 10 de octubre 2022 | | Aprobado: 18 de abril 2023

DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.33-145>

Resumen

En esta investigación se estima la accesibilidad geográfica peatonal a unidades de atención médica de primer nivel con énfasis en los adultos mayores en el Área Metropolitana de Toluca (AMT), la quinta ciudad más poblada de México, y a partir de los resultados, se propone una solución locacional que mejore la accesibilidad, con eficiencia y equidad socioespacial. Para ello se utilizan dos métodos: el de área de cobertura flotante de dos pasos, y el de localización-asignación p-mediana. El análisis se realiza mediante la Estación de Inteligencia Territorial: CHRISTALLER®. Los problemas serios de accesibilidad entre los adultos mayores a las unidades médicas de primer nivel en el AMT, se pueden reducir notablemente si se combinan métodos sistemáticos de medición de accesibilidad y de localización-asignación.

Palabras clave: Accesibilidad; Adulto mayor; Cobertura

Abstract

This research estimates the spatial accessibility of the older adult population through walking tours to the first-level public medical units in the fifth most populous city in Mexico. In addition, a locational solution that improves accessibility with efficiency and socio-spatial equity was proposed. Two methods were used in the research: The two-Step Floating Coverage Area and the p-median location-allocation model. The results were computed in the CHRISTALLER®



project. Therefore severe problems of accessibility among older adults to first-level medical units in the AMT can be significantly reduced if systematic accessibility measurement and location-assignment methods are combined.

Keywords: Health services accessibility; Aged; Health services coverage

Introducción

La salud es un derecho universal y su atención debe ser oportuna, aceptable y asequible (Salud y derechos humanos, 2017). Con relación a este tema, México enfrenta un gran déficit con sus adultos mayores (población de 60 años y más) (Garrocho y Campos, 2016), en un entorno de envejecimiento acelerado. En 1970, cuatro de cada 100 personas eran adultos mayores; en 2021 se estimaba que, 12 de cada 100 estaban en esta condición, y para 2050 la proporción subirá a 23 de cada 100 (Consejo Nacional de Población [CONAPO], 2017). La gran mayoría de esta población envejecida vivirá en las principales ciudades del país, donde la proporción de adultos mayores podría superar el 20% y ser aún más elevada en ciertos espacios intraurbanos (Envejecimiento y Salud, 2022).

En el Área Metropolitana de Toluca ([AMT], la quinta ciudad más poblada de México con 2.2 millones de habitantes), la población mayor pasó de 4,9% a 6,8% del total de población en los últimos 20 años, lo que incrementó su demanda de servicios de salud (Garrocho y Vilchis Mata, 2021).

Para los adultos mayores es clave la accesibilidad espacial a los servicios mediante recorridos caminando, que es su principal modo de transporte (Garrocho y Vilchis Mata, 2021). Su base locacional es su vivienda, y con la edad sus traslados se compactan (Zamorano *et al.*, 2012). El entorno inmediato de la vivienda se convierte en su espacio cotidiano, que normalmente recorren caminando. En promedio, 70% de la población mayor de las grandes ciudades mexicanas (mayores a un millón de habitantes) vive, trabaja y se traslada sola (Montes de Oca Zavala, 2010).

La baja accesibilidad a unidades médicas que padecen muchos adultos mayores les dificulta recibir el servicio de manera adecuada, lo que afecta su calidad de consumo.

Para avanzar en la solución de este problema, primero se debe determinar cuánta población objetivo no disfruta de acceso adecuado a la atención médica, y luego tomar decisiones locacionales que eleven la accesibilidad a los servicios (Ngui y Apparicio, 2011).

Los objetivos de este trabajo son: 1). Estimar la accesibilidad espacial de la población adulta mayor del AMT (el área continua de la ciudad), a unidades médicas de primer nivel para población abierta de la Secretaría de Salud (SS), mediante recorridos caminando y; 2). Hacer recomendaciones de planeación locacional, para que las nuevas unidades maximicen la eficiencia y equidad de acceso de la población mayor al sistema de atención primaria de la SS.

La estimación de la accesibilidad se apoya en el método Área de Cobertura Flotante de Dos Pasos (2SFCA) (Fajardo-Dolci *et al.*, 2015; Luo y Whippo, 2012), el cual, debido a su consistencia interna, tiene una amplia aceptación en la literatura (desde Luo y Wang, 2003). Debido a que facilita develar diferencias socioespaciales de accesibilidad consistentes con los

alcances peatonales de los adultos mayores, descubrir zonas que requieren ser mejor atendidas (Guida y Carpentieri, 2021), así como que sus insumos son sencillos y económicos de conseguir (Tao *et al.*, 2020).

Por su parte, la solución locacional se apoya en el modelo de localización-asignación p-mediana con restricción en la distancia máxima recorrida (Radke y Mu, 2000; Yang *et al.*, 2006). Con el que se localizan las unidades de salud de primer nivel bajo un criterio de optimización y considerando un escenario de limitación presupuestal (Baray y Cliquet, 2013; Gwalani *et al.*, 2022; Murad *et al.*, 2021).

Accesibilidad, precio real y reducción de la pobreza

La «accesibilidad» es un concepto muy utilizado, pero difícil de definir y de medir (Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México [IGECEM], 2022). Aún más, no existe una definición generalmente aceptada (Garrocho y Campos, 2006). Se ha entendido como la facilidad con la que puede alcanzarse un cierto sitio (destino, servicio) desde un punto en el territorio (McGrail, 2012) o como las posibilidades que tiene una persona en una cierta localización para aprovechar un conjunto de oportunidades espacialmente distribuidas (Kanuganti *et al.*, 2016). En geografía de la salud se reconoce la diferencia clave entre «accesibilidad potencial» (que significa poder alcanzar espacialmente el servicio) y accesibilidad real (que implica la utilización efectiva del servicio) (Joseph y Phillips, 1984).

La accesibilidad se relaciona directamente con el concepto de «precio real» de los bienes y servicios que enfrentan los consumidores (Garrocho *et al.*, 2002). El precio real es la suma del precio de mercado del bien o servicio en el punto de oferta, más el costo de transporte para acceder al punto de oferta (costos objetivos y subjetivos: monetarios, de riesgo, energía física si el modo de transporte es caminando). El precio real varía en el territorio porque el costo de transporte al punto de oferta no es el mismo para todos, sino que se modifica de acuerdo con la relación espacial (localización) entre oferentes y consumidores (O'Sullivan, 2019). Usualmente, es menor para los que se localizan más cerca del servicio y mayor para los que se localizan a mayor distancia. Considerando todas las variables constantes cuando el costo del servicio es gratuito o cercano a cero, el único costo que enfrenta el consumidor es el del transporte (incluso si el modo de transporte es caminando), uno de los más importantes para la población mayor (Garrocho y Campos, 2016; Zamorano *et al.*, 2012).

Para los adultos mayores es estratégico para su bienestar tener accesibilidad a servicios de salud en su entorno inmediato, que debe entenderse como extensión de su vivienda (Montes de Oca Zavala, 2010).

A escala individual y agregada, conforme bajan los costos de accesibilidad a los servicios de salud se liberan recursos (energía, tiempo, dinero) para consumir otros bienes y servicios, y para realizar otras actividades (cuidado del hogar, socializar, leer, descansar). Es decir, se reduce la pobreza del adulto mayor y se incrementa su bienestar (O'Sullivan, 2019). Aún más, si bajan los costos de accesibilidad se eleva la «calidad del consumo» de los servicios de salud. Por calidad de consumo nos referimos a la adecuada cantidad, frecuencia y oportunidad del consumo. Cantidad adecuada significa que el bien o servicio se consume en la cantidad

correcta o necesaria, de acuerdo con las condiciones del consumidor (edad, sexo, peso, estado de salud) y a los estándares de los especialistas. Frecuencia adecuada se refiere a evitar la sub o sobreutilización (servicios, medicamentos). Oportunidad adecuada implica que se recibe el servicio o bien (atención médica, abasto, servicios bancarios) en el momento más conveniente para el consumidor. El concepto de «calidad de consumo» matiza el principio de la microeconomía que dice «a menor precio mayor consumo y viceversa» y expresarlo como: «a menor precio mayor calidad de consumo y viceversa» (Ramos Pérez y Garrocho, 2019).

Dimensionamiento de la accesibilidad y distribución de unidades de salud

Para una distribución que permita la adecuada cantidad, frecuencia y oportunidad del consumo de los servicios de salud se han planteado estimaciones que permiten dimensionar la relación entre oferta, demanda e impedancia geográfica, con una perspectiva espacial. Tal es el caso de los modelos de disponibilidad regional (Khan y Bhardwaj, 1994), modelos de densidad de Kernel (Guagliardo, 2004; Silverman, 1986) y los modelos de gravedad espacial (Joseph y Phillips, 1984; Luo y Wang, 2003).

Los modelos de gravedad espacial se consideran los más apropiados, puesto que asumen que el acceso de la población a los servicios se reduce en la medida que la distancia hacia la unidad de servicio se incrementa, lo que genera áreas de cobertura (Delamater, 2013; Garrocho *et al.*, 2002; Shao y Luo, 2022; Wang, 2018). El modelo gravitacional de cobertura flotante de dos pasos (2SFCA) determina primero, un nivel de servicio del proveedor de atención médica en función de los recursos ofertados y la demanda estimada de la población circundante dentro de alguna zona de captación. En el segundo paso se agrega el nivel de servicio de diferentes proveedores de atención médica, por cada núcleo de población, operativizando la accesibilidad en términos de demanda y nivel de servicio (Luo y Wang, 2003; Paez *et al.*, 2019).

En años recientes se han publicado trabajos con modificaciones al modelo de cobertura flotante de dos pasos, que buscan una mayor precisión para reducir la sobrestimación que genera incorporar multimodalidad en los desplazamientos, ajustarse a perfiles de usuario distintos y a diversas escalas territoriales de atención (Delamater, 2013; Luo y Qi, 2009; Paez *et al.*, 2019; Shao y Luo, 2022; Wan *et al.*, 2012; Wang, 2018).

Tal es el caso del modelo de cobertura flotante de tres pasos (3SFCA) en el que se generan pesos de decaimiento dentro del área de cobertura flotante (Paez *et al.*, 2019; Wan *et al.*, 2012). Otra alternativa es la del modelo modificado de cobertura flotante de dos pasos (M2SFCA) propuesto por Delamater (2013), en el que se estima la distancia específica por pares de localizaciones entre demanda y oferta, que condiciona la oportunidad de acceso y no considera radios de cobertura. No obstante, estos métodos requieren gran cantidad de información, complican los cálculos y generan resultados muy similares a los del 2SFCA en zonas urbanas.

Por su parte, el modelo invertido de cobertura flotante de dos pasos (I2SFCA) se acota a la capacidad de la oferta y no a la necesidad de las personas, por lo que la aplicabilidad de este modelo para el presente estudio es inválida, ya que la población adulta mayor en países como México, no coincide forzosamente con la oferta (Wang, 2018; 2021). Un modelo adicional, el modelo jerárquico de cobertura flotante de dos pasos (H2SFCA), considera distintos niveles de provisión, con los cuales pondera las distancias de decaimiento en escalas regionales. Sin embargo, sus autores recomiendan su aplicación en áreas mayores a 100 kilómetros (Tao *et*

al., 2020), por lo que tampoco es adecuado a nuestra zona de estudio.

La investigación que se presenta aquí se enfoca al primer nivel de atención médica de la Secretaría de Salud en el Área Metropolitana de Toluca y a la población adulta mayor de 60 años. Tomar en cuenta la movilidad de la población mayor, permite considerar umbrales de movilidad más equitativos. Nuestra propuesta metodológica permite incorporar información más detallada, para analizar diversos grupos de edad: desde población más joven, hasta grupos de adultos mayores más específicos y con necesidades más particulares (población de 70 u 80 años y más, por ejemplo). En todos los casos, nuestra propuesta contribuye a proporcionar una visión futura de las necesidades asociadas a la planeación de equipamientos según grupos de edad.

La escala del área de estudio, el grupo poblacional que se examina y el nivel de atención considerado, hacen adecuado el uso del modelo de cobertura flotante de dos pasos, sin ninguna modificación. Esto, bajo las consideraciones de su sencillez matemática (que lo hace altamente replicable) y la alta correlación de sus resultados en áreas urbanas, con cualquiera de las versiones modificadas recientes (Delamater, 2013; Luo y Qi, 2009; Shao y Luo, 2022; Wang, 2021).

Para realizar la propuesta de localización de nuevas unidades de atención médica de primer nivel se apela al modelo de localización-asignación de p-mediana. Este tipo de modelos es considerablemente utilizado en la bibliografía internacional para la asignación espacial de unidades de atención para la salud en sus distintos niveles, ya que permite una distribución bajo criterio de optimización de servicios de emergencia y con un desplazamiento peatonal o mediante transporte público (Baray y Cliquet, 2013; Gwalani *et al.*, 2022; Murad *et al.*, 2021).

Materiales y métodos

Fuentes de información

La base cartográfica y los datos de población adulta de 60 años y más, a escala de manzana del AMT, provienen del Censo de Población y Vivienda (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). La información de las unidades de salud de primer nivel se obtuvo del Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud, que incluye el nombre de la unidad de atención y los médicos totales en contacto con el paciente (Secretaría de Salud [SSA], 2021). En el método 2SFCA, el número de doctores se utilizó como indicador *proxy* del tamaño de las unidades de salud. Los costos de transporte se equipararon con la distancia lineal entre la población objetivo (en este caso el centroide de cada manzana del AMT) y las unidades de salud (Ngui y Apparicio, 2011). En el AMT, la correlación entre la distancia lineal y la distancia por la red de vialidades es 0,87, que en términos prácticos da lo mismo usar una o la otra.

En el modelo de localización-asignación p-mediana, los lotes baldíos con dimensiones adecuadas para localizar unidades de salud los suministró el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECM) de su base de datos de catastro de 2022.

Métodos y software

Se aplicó el método 2SFCA (Garrocho y Campos, 2006; Kanuganti *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2006), mejorado por Luo y Whippo (2012). El método 2SFCA se instrumentó así:

Paso 1. Para cada localización de unidades de salud (j), estimar la población (k) que está dentro del radio de cobertura (d_0) de la localización (j) y calcular la proporción de médicos en contacto con el paciente/población (R_j) dentro del área de influencia:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} P_k},$$

Donde: P_k es la población de la unidad espacial k (en nuestro caso la unidad espacial es la manzana) cuyo centroide está dentro del área de cobertura d_0 (esto es: $d_{kj} \leq d_0$) de la unidad de salud j , S_j es el número de médicos en contacto con el paciente en la localización j y d_{kj} es la distancia entre el centroide de k y j .

Paso 2. Para cada localización de población (i) identificar todas las localizaciones de unidades de salud y médicos en contacto con el paciente (j) que estén dentro del Radio de Alcance (d_0) desde la localización (i) y sumar las proporciones de médicos en contacto con el paciente/población (R_j) para todas las localizaciones:

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} R_j = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} P_k},$$

Donde: A_i^F representa la accesibilidad en la unidad espacial i (en nuestro caso: cada manzana del AMT), R_j es la proporción de médicos en contacto con el paciente/población en la localización de la unidad de salud j que está dentro del área de Alcance de i (esto es, $d_{ij} \leq d_0$) y d_{ij} es el área de Cobertura y Alcance entre i y j .

Mientras más alto el valor de A_i^F mejor será la accesibilidad de cada unidad espacial (manzana) donde radica la población objetivo.

El método 2SFCA considera umbrales de movilidad de los usuarios (la población de adultos mayores). Aquí usamos un umbral derivado de una velocidad preferida de marcha de 1.05 m/s (metros/segundo). Investigaciones en Latinoamérica y México demuestran que la velocidad cómoda de marcha de una persona de 60 años en buenas condiciones de salud corresponde a 0.98 m/s +/- 0.78 m/s en Chile (Rybertt *et al.*, 2015); a 1.31 m/s +/-1.03 m/s en Uruguay (Sgaravatti *et al.*, 2018); 0.92 m/s +/- 0.24 m/s en Perú (Varela Pinedo *et al.*, 2009); y a 1.00 +/-0.24. m/s en Monterrey, México (Enríquez-Reyna *et al.*, 2013).

Por otro lado se posiciona la idea sobre la conveniencia de que los desplazamientos a equipamientos básicos en la ciudad sean de alrededor de quince minutos caminando (Murad *et al.*, 2021; Sansão Fontes y Espósito Galarce, 2021). Esto podría ser recomendable para los adultos mayores (Wu *et al.*, 2021). Aquí la distancia o radio de cobertura de las unidades de salud es:

$$15 \text{ minutos} * 60 \text{ segundos} * 1.05 \text{ m/s} = 945 \text{ m}$$

Este umbral es una guía, su utilidad radica en el orden de magnitud que establece, no en su valor preciso. En este trabajo, 945 metros es el límite aproximado para considerar que una persona que se traslada caminando puede acceder a alguna unidad de salud, respetando su velocidad cómoda de marcha.

Para la localización de nuevas unidades se aplicó el método localización-asignación p-mediana con restricción de distancia igual a 945 metros. Esto permite optimizar la distribución de servicios con equidad (Baray y Cliquet, 2013; Jia *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2011; Murad *et al.*, 2021).

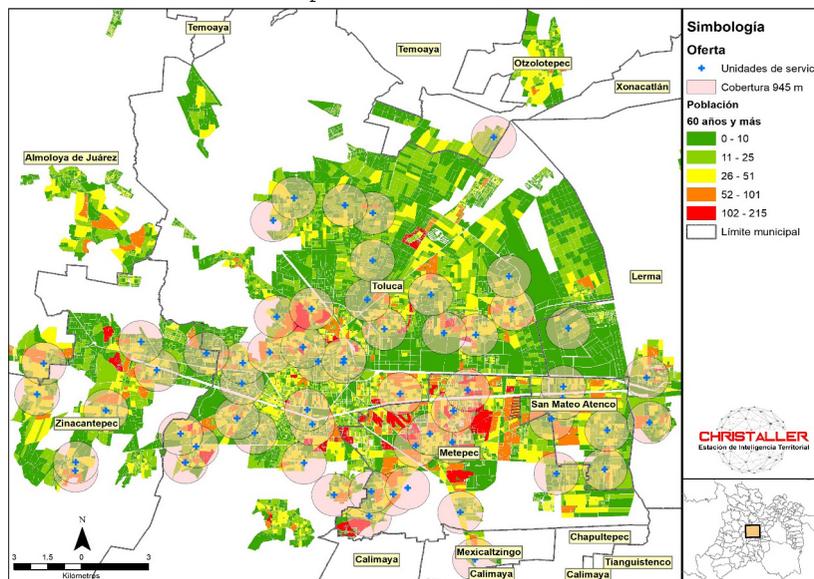
Los lotes baldíos con dimensiones iguales o superiores a 500 m², adecuados para localizar una unidad de salud, se filtraron según su uso de suelo, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano de cada municipio, dando un total de 807 predios aptos como localizaciones potenciales (IGECEM, 2022). Se utilizó la Estación de Inteligencia Territorial CHRISTALLER® de El Colegio Mexiquense, para operar el método 2SFCA y el modelo p-mediana.

Resultados

Oferta y demanda: primer acercamiento

La Figura 1 representa la magnitud de la demanda (color verde el más bajo, rojo el más alto), y la oferta cubierta por las unidades de salud (diámetro de los círculos). Demanda (la población mayor) y oferta (unidades de servicio) deben coincidir en el espacio para facilitar su interacción funcional.

Figura 1. Cobertura de la oferta de Unidades Médicas de primer en el Área Metropolitana de Toluca, México, 2020



Nota: cobertura estimada en 945 metros lineales y demanda total por manzana de adultos mayores
Fuente: elaboración personal sobre la base de datos de INEGI (2020); recursos en Salud-Datos Abiertos de la Secretaría de Salud (2021).

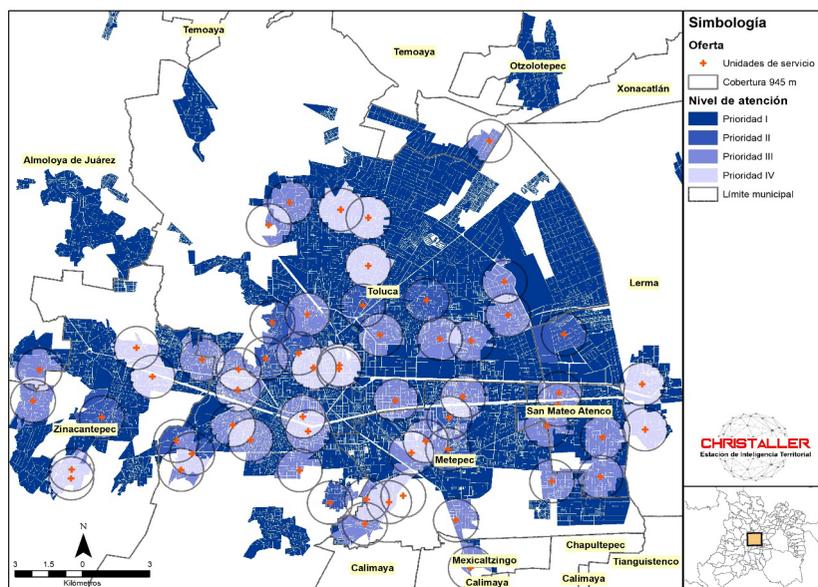
La demanda registra algunas concentraciones en el territorio, las razones se exponen en Garrocho y Campos (2006). Muchas de esas concentraciones son localización de unidades de salud o disponen de alguna unidad más o menos próxima. Sin embargo, se detectan otras que requieren, aparentemente, mayor atención. Destaca un «desierto» de unidades de salud en el noreste del AMT (al sur de Otzolotepec y al oeste de Lerma). No obstante, analizar la accesibilidad con el puro sentido de la vista es insuficiente, se requiere analizar y medir la accesibilidad con instrumentos más ordenados y sistemáticos, como el método 2SFCA.

Accesibilidad con el método 2SFCA

Se estimó la accesibilidad a escala de manzana para Radios de Cobertura-Alcance de 945 m para 169.552 adultos mayores que residían en 2020 en 13.829 manzanas del AMT. Los resulta-

dos se muestran en la Figura 2. Debe notarse que son numerosas las manzanas que no tienen accesibilidad a unidades de salud, incluso en Toluca y Metepec, los dos municipios más consolidados del AMT. Según los datos de 2020, en estas manzanas sin accesibilidad, residían 80.808 adultos mayores (47,7% del total de la población mayor). Para el mismo año se identificó que los municipios con mayor cantidad de adultos mayores viviendo en «desiertos de atención» se localizaban al noreste del AMT, en dirección a Otzolotepec.

Figura 2. Índice de accesibilidad espacial para el Área Metropolitana de Toluca, México, 2020



Nota: se presenta por prioridad de atención a escala de manzana con radios de Cobertura-Alcance de 945 m
Fuente: elaboración personal sobre la base de datos de INEGI (2020); recursos en Salud-Datos Abiertos de la Secretaría de Salud (2021)

Alrededor del 8% tenía accesibilidad debajo de la media, sin llegar a ser desiertos de atención, y solo el 16,8% disfrutaba de un nivel de accesibilidad aceptable. Con base en estos resultados se plantea un escenario operativo de atención de acuerdo con las siguientes prioridades:

Prioridad I.

Desiertos de Atención ($A_i^F = 0.0$): 7.682 manzanas; 80.808 adultos mayores, 47,7% del total de los adultos mayores del AMT.

Prioridad II.

Manzanas por encima de los desiertos de atención ($A_i^F > 0.0$), pero abajo del promedio de accesibilidad municipal ($A_i^F = 1.5$): 912 manzanas; 13.535 adultos mayores, 8% del total de los adultos mayores del AMT.

Prioridad III.

Manzanas arriba del promedio de accesibilidad municipal ($A_i^F > 1.5$) hasta la Desviación Estándar superior ($A_i^F = 3.7$): 3.169 manzanas; 46.627 adultos mayores, 27,5% del total de los adultos mayores del AMT.

Prioridad IV.

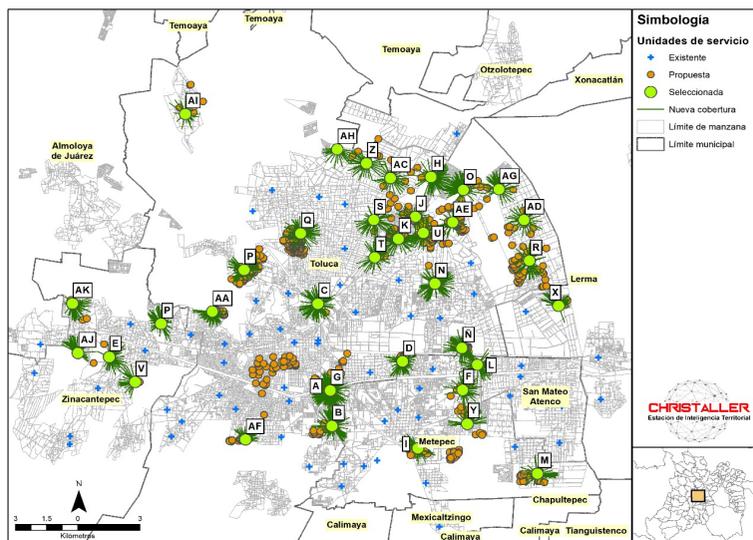
Arriba de la Desviación Estándar superior ($A_i^F > 3.7$): 2.066 manzanas; 28.582 adultos mayores, 16,8% del total de los adultos mayores del AMT.

Solución locacional con el modelo *p*-mediana

La solución locacional considera la instalación de 37 nuevas unidades de salud, un incremento de entre 25% y 30% respecto a las 125 unidades de salud existentes. Las localizaciones potenciales son los 841 predios ya identificados. El reto es develar los 37 predios que minimizan la distancia total recorrida por los 169.552 adultos mayores, desde los orígenes donde residen (los centroides de las 13.829 manzanas) a los destinos más cercanos (las 125 unidades de salud existentes, más las 37 que se instalarían) (d_{ij}), asegurando que nadie tenga que recorrer más de 945 metros (S) para llegar a una unidad de salud. La demanda se asigna al servicio más próximo, minimizando las desigualdades espaciales.

Las 37 localizaciones que mejor cumplen la función objetivo se muestran en la Figura 3. La mayor parte de las nuevas localizaciones se proponen en la zona central del AMT y en municipios urbanos y rururbanos con dinámicas de crecimiento aceleradas. Los municipios claves son Toluca, Metepec y Zinacantepec. En el resto de los municipios del AMT, la población se aglutina en las cabeceras municipales, donde la localización y cobertura actual de equipamiento son satisfactorias y solo requieren consolidarse.

Figura 3. Predios identificados y seleccionados para posibles ubicaciones por el método *p*-mediana. Área Metropolitana de Toluca, México, 2020



Fuente: elaboración personal sobre la base de datos de INEGI (2020); recursos en Salud-Datos Abiertos de la Secretaría de Salud (2021)

Toluca es el municipio receptor de más unidades nuevas: 24. Destaca como localización su parte nororiente con dirección hacia Otzolotepec. Es una zona en expansión, impulsada por el Aeropuerto Internacional de Toluca y la carretera federal 134 que conecta con el norte de la Ciudad de México. Las demás localizaciones propuestas están en zonas de expansión o consolidación, que requieren atender la demanda actual y prever la demanda futura de servicios de salud para adultos mayores en recorridos caminables.

El municipio de Metepec es el segundo receptor de propuestas de localización: siete unidades localizadas de manera dispersa en la periferia del municipio, que atenderían asentamientos consolidados rodeados por fraccionamientos. En el municipio de Zinacantepec se

localizaron cinco unidades de salud, dos en zonas consolidadas donde no existe el servicio y tres en zonas de expansión urbana; mientras que, en el municipio de Lerma se localizó una nueva unidad en la periferia con Toluca en una zona consolidada.

Análisis de la solución locacional

Las 37 nuevas unidades de salud privilegiarían a la población en situación de Prioridad de atención Muy Alta. Incrementarían los adultos mayores con accesibilidad a unidades de salud, de 88.744 en la situación actual, a 122.158: un incremento absoluto de 33.414 personas (37,7% más de cobertura: Tabla 1).

Tabla 1. Situación Actual y Escenario Planeado con solución locacional para el Área Metropolitana de Toluca, México, 2020

Situación Actual, Nuevas Unidades y Escenario Planeado	Adultos Mayores con accesibilidad	Diferencia con la situación actual		Distancia recorrida total por todos los Adultos Mayores para acceder a una unidad de salud*	Distancia recorrida promedio por Adulto Mayor	Desviación Estándar	Diferencia con la situación actual			
		Absoluta	% respecto de la situación actual				Distancia recorrida absoluta total	% de la distancia recorrida total	Promedio por Adulto Mayor	Desviación Estándar
Situación Actual	88.744	N.A	N.A	204.242.339,2	1.204,6	862,5	N.A	N.A	N.A.	N.A.
Nuevas unidades acumuladas**										
A	92.987	4.243	4,8	174.146.859,2	1.027,1	802,2	-30.095.480,0	-14,7	177,5	60,3
B	96.537	7.793	8,8	172.264.832,0	1.016,0	794,6	-31.977.507,2	-15,7	188,6	67,9
C	98.496	9.752	11,0	170.840.595,2	1.007,6	789,9	-33.401.744,0	-16,4	197,0	72,6
D	100.304	11.560	13,0	169.789.372,8	1.001,4	785,9	-34.452.966,4	-16,9	203,2	76,6
E	101.824	13.080	14,7	169.145.075,2	997,6	784,1	-35.097.264,0	-17,2	207,0	78,4
F	103.109	14.365	16,2	168.738.150,4	995,2	782,9	-35.504.188,8	-17,4	209,4	79,6
G	104.531	15.787	17,8	168.449.912,0	993,5	781,7	-35.792.427,2	-17,5	211,1	80,8
H	105.636	16.892	19,0	168.246.449,6	992,3	780,0	-35.995.889,6	-17,6	212,3	82,5
I	106.615	17.871	20,1	167.754.748,8	989,4	776,9	-36.487.590,4	-17,9	215,2	85,6
J	107.624	18.880	21,3	167.483.465,6	987,8	775,3	-36.758.873,6	-18,0	216,8	87,2
K	108.617	19.873	22,4	167.296.958,4	986,7	774,4	-36.945.380,8	-18,1	217,9	88,1
L	109.601	20.857	23,5	166.991.764,8	984,9	772,9	-37.250.574,4	-18,2	219,7	89,6
M	110.488	21.744	24,5	166.720.481,6	983,3	771,4	-37.521.857,6	-18,4	221,3	91,1
N	111.321	22.577	25,4	166.500.064,0	982,0	770,0	-37.742.275,2	-18,5	222,6	92,5
Ñ	112.073	23.329	26,3	166.042.273,6	979,3	766,3	-38.200.065,6	-18,7	225,3	96,2
O	112.827	24.083	27,1	165.584.483,2	976,6	764,9	-38.657.856,0	-18,9	228,0	97,6
P	113.566	24.822	28,0	165.262.334,4	974,7	762,5	-38.980.004,8	-19,1	229,9	100,0
Q	114.297	25.553	28,8	164.770.633,6	971,8	760,8	-39.471.705,6	-19,3	232,8	101,7
R	114.977	26.233	29,6	164.380.664,0	969,5	758,8	-39.861.675,2	-19,5	235,1	103,7
S	115.612	26.868	30,3	164.194.156,8	968,4	757,5	-40.048.182,4	-19,6	236,2	105,0
T	116.157	27.413	30,9	164.024.604,8	967,4	756,2	-40.217.734,4	-19,7	237,2	106,3
U	116.736	27.992	31,5	163.821.142,4	966,2	754,9	-40.421.196,8	-19,8	238,4	107,6
V	117.198	28.454	32,1	163.600.724,8	964,9	753,9	-40.641.614,4	-19,9	239,7	108,6
X	117.693	28.949	32,6	163.482.038,4	964,2	753,1	-40.760.300,8	-20,0	240,4	109,4
Y	118.197	29.453	33,2	163.075.113,6	961,8	751,9	-41.167.225,6	-20,2	242,8	110,6
Z	118.686	29.942	33,7	163.024.248,0	961,5	750,9	-41.218.091,2	-20,2	243,1	111,6

AA	119.112	30.368	34,2	162.820.785,6	960,3	749,6	-41.421.553,6	-20,3	244,3	112,9
AB	119.540	30.796	34,7	162.193.443,2	956,6	748,1	-42.048.896,0	-20,6	248,0	114,4
AC	119.948	31.204	35,2	161.684.787,2	953,6	746,7	-42.557.552,0	-20,8	251,0	115,8
AD	120.346	31.602	35,6	161.430.459,2	952,1	745,7	-42.811.880,0	-21,0	252,5	116,8
AE	120.742	31.998	36,1	161.243.952,0	951,0	744,7	-42.998.387,2	-21,1	253,6	117,8
AF	121.076	32.332	36,4	161.125.265,6	950,3	744,1	-43.117.073,6	-21,1	254,3	118,4
AG	121.369	32.625	36,8	160.769.206,4	948,2	742,7	-43.473.132,8	-21,3	256,4	119,8
AH	121.599	32.855	37,0	160.548.788,8	946,9	741,1	-43.693.550,4	-21,4	257,7	121,4
AI	121.821	33.077	37,3	160.396.192,0	946,0	740,3	-43.846.147,2	-21,5	258,6	122,2
AJ	122.001	33.257	37,5	160.209.684,8	944,9	739,7	-44.032.654,4	-21,6	259,7	122,8
AK	122.158	33.414	37,7	160.006.222,4	943,7	738,7	-44.236.116,8	-21,7	260,9	123,8
Total Escenario Planeado	122.158	33.414	37,7	160.006.222,4	943,7	738,7	-44.236.116,8	-21,7	260,9	123,8

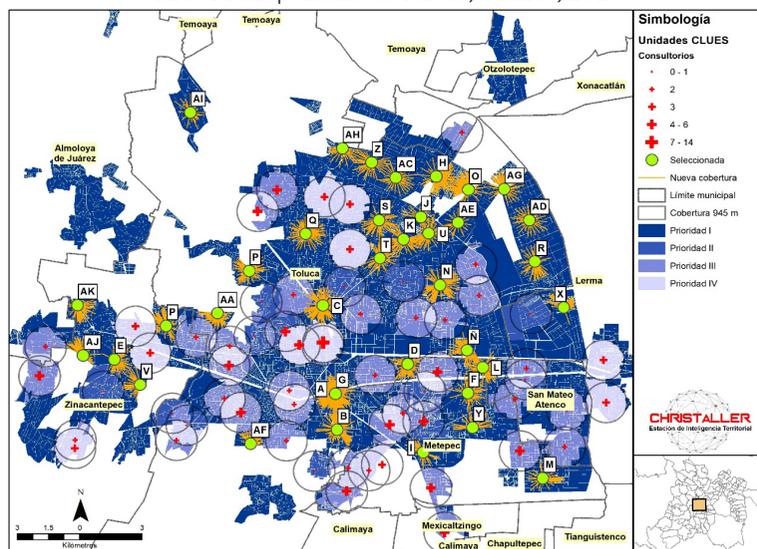
* Es la suma de los recorridos de todos los adultos mayores para acceder a una unidad de salud.

** Las unidades se añaden al sistema de salud en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca por la magnitud de la población que cubren

Fuente: elaboración personal

Además, reducirían el costo total de los adultos mayores para acceder a alguna unidad de salud, en términos de distancia recorrida agregada. En la situación actual, el costo colectivo es de 204 mil kilómetros recorridos, la solución locacional bajaría el costo en 44 mil kilómetros (21,7%). El promedio de distancia recorrida por adulto mayor para acceder a un punto de oferta se reduciría de 1.205 metros a 944 metros, lo que significa una disminución de 261 metros (mayor a 21%) (Figura 4).

Figura 4. Situación actual y escenario planeado con treinta y siete nuevas Unidades de Salud. Área Metropolitana de Toluca, México, 2020



Fuente: elaboración personal sobre la base de datos de INEGI (2020); recursos en Salud-Datos Abiertos de la Secretaría de Salud (2021)

La desviación estándar de los recorridos indica que la solución locacional no solo sería más eficiente (reduciría los costos de traslado y ampliaría la cobertura de adultos mayores), también sería más igualitaria: la desviación estándar bajaría de 862 metros en la situación actual a 739 metros en el escenario planeado.

Conclusiones

Este trabajo registra varios aspectos innovadores. Primero, combina un método para medir la accesibilidad (2SFCA) con uno que genera una solución locacional más eficiente y equitativa (modelo p-mediana con restricción de distancia). Hasta donde sabemos, esta estrategia (útil, práctica y económica) no se ha aplicado en México. Segundo, se enfoca al grupo protagonista del envejecimiento poblacional de México, el fenómeno demográfico más importante que vivirá el país el siglo XXI (Ordorica-Mellado, 2012). Se anticipa que será más agudo en sus grandes ciudades (por ejemplo en el AMT) donde la población mayor ya registra elevados niveles de segregación socioespacial (Garrocho y Campos, 2016). Tercero, adopta una visión micropolitana que llega a escala de manzana, lo que permite apreciar y entender mejor las diferencias de accesibilidad de los adultos mayores, ya que se analizan en términos del entorno inmediato de la vivienda: el llamado espacio cotidiano, estratégico para diseñar políticas más efectivas para mejorar la «accesibilidad local» del adulto mayor a los servicios de salud. Calidad, capacidad y accesibilidad son dimensiones complementarias de los subsistemas de salud (García-Peña *et al.*, 2022).

Si bien el modelo es replicable para cualquier grupo de población, el presente estudio busca generar una perspectiva futura de la planeación de las ciudades, atendiendo necesidades de la población que envejece. En los próximos años se espera la consolidación de patrones de localización de adultos mayores, ante su inminente incremento en las localizaciones identificadas por esta investigación.

Aquí se propuso ubicar 37 nuevas unidades de salud en los lugares que maximizan la eficiencia y equidad locacional del sistema de salud de la SS, pero no existe seguridad de que esta solución locacional sea la mejor. Asimismo, se consideraron, únicamente, médicos en unidades de primer nivel que representan un primer contacto con el sistema de salud y contribuyen a un control primario de la salud. No obstante, bajo una visión prospectiva, es indispensable considerar que se deben fortalecer las unidades médicas existentes y propuestas con personal médico con conocimientos geriátricos, así como adecuar el diseño arquitectónico de las unidades médicas, para facilitar el acompañamiento y la accesibilidad de los pacientes.

Por otra parte, si se busca precisar las necesidades de accesibilidad de los adultos mayores, el método que presentamos puede adaptarse para estimar, de forma diferenciada, la velocidad preferida de marcha para la población de 60 a 70 años y de 85 y más.

En lo inmediato, otra opción sería contar con unidades móviles de salud que operarían en los predios aquí identificados. Un análisis de costos y beneficios daría más luz sobre cuál de las dos opciones es más conveniente, si se implementa una mezcla de las dos, o se deriva otra.

En la solución locacional habría que incorporar el tiempo y adoptar una visión de corto, mediano y largo plazo. La demanda en el AMT se anticipa muy dinámica (Ordorica-Mellado, 2012), por lo que sería útil tener modelos de simulación que anticipen la evolución de la demanda en cantidad y localización en el territorio (Garrocho *et al.*, 2021).

Referencias

Baray, J., & Cliquet, G. (2013). Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: Maternity hospitals in France. *Journal of Business Research*, 66(1),

- 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.09.003>
- Consejo Nacional de Población. (2017, 2 de junio). *Envejecimiento en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conapo/articulos/envejecimiento-en-mexico>
- Delamater, P. L. (2013). Spatial accessibility in suboptimally configured health care systems: A modified two-step floating catchment area (M2SFCA) metric. *Health & Place*, 24, 30-43. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.07.012>
- Enríquez-Reyna, M. C., Cruz-Quevedo, J. E., Celestino-Soto, M. I., Garza-Elizondo, M. E. y Salazar-González, B. C. (2013). Función ejecutiva, velocidad de marcha y tarea doble en adultos mayores mexicanos. *Revista Iberoamericana de Psicología Del Ejercicio y El Deporte*, 8(2), 345-357. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=311128824006>
- Envejecimiento y Salud (2022, 1 de octubre). *Organización Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Fajardo-Dolci, G., Gutiérrez, J. P. y García-Saisó, S. (2015). Acceso efectivo a los servicios de salud: operacionalizando la cobertura universal en salud. *Salud Pública de México*, 57(2), 180-186.
- García-Peña, C., Bello-Chavolla, O. Y., Castrejón-Perez, R. C., Jácome-Maldonado, L. D., & Lozano-Juárez, L. R. (2022). Variability in case fatality rate risk due to Covid-19 according to health services provider in Mexico City hospitals. *Salud Pública de México*, 64(2), 119-130. <https://doi.org/10.21149/12995>
- Garrocho C. y Vilchis Mata, I. (2021). Las Age-Friendly cities facilitan la movilidad de los adultos mayores. *Korpus21*, 1(2), 295-316.
- Garrocho, C. y Campos, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI, 61. <https://doi.org/10.22136/est002006262>
- Garrocho, C. y Campos, J. (Eds.). (2016). *Segregación socioespacial de la población mayor en la Ciudad de México* (1a. Edición). El Colegio Mexiquense.
- Garrocho, C., Chávez, T. y Álvarez, J. A. (Eds.). (2002). *La Dimensión espacial de la competencia comercial* (1st. Edition). El Colegio Mexiquense A.C.
- Garrocho, C., Chávez, T. y Jiménez, E. (2021). Autómata Celular Metro-NASZ: laboratorio experimental de expansión urbana. En CONAPO, *La situación demográfica de México* (pp. 149-175). Consejo Nacional de Población.
- Guagliardo, M. F. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-3-3>
- Guida, C., & Carpentieri, G. (2021). Quality of life in the urban environment and primary health services for the elderly during the Covid-19 pandemic: An application to the city of Milan (Italy). *Cities*, 110, 103038. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103038>
- Gwalani, H., Helsing, J., Alshammari, S. M., Tiwari, C., & Mikler, A. (2022). *A Distributed Algorithm for Solving Large-scale p-median Problems Using Expectation Maximization*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2003020/v1>
- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México. (2022). *Catastro de predios Baldíos*. IGCEM.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Microdatos>
- Jia, T., Tao, H., Qin, K., Wang, Y., Liu, C., & Gao, Q. (2014). Selecting the optimal healthcare

- centers with a modified P-median model: a visual analytic perspective. *International Journal of Health Geographics*, 13(1), 42. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-42>
- Joseph, A. E., & Phillips, D. R. (Eds.). (1984). *Accessibility and utilization: geographical perspectives on health care delivery* (1st. Edition). Harper & Row.
- Kanuganti, S., Sarkar, A. K., & Singh, A. P. (2016). Quantifying Accessibility to Health Care Using Two-step Floating Catchment Area Method (2SFCA): A Case Study in Rajasthan. *Transportation Research Procedia*, 17, 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.080>
- Khan, A. A., & Bhardwaj, S. M. (1994). Access to Health Care. *Evaluation & the Health Professions*, 17(1), 60–76. <https://doi.org/10.1177/016327879401700104>
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., & Wyatt, T. (2011). Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: a review. *Mathematical Methods of Operations Research*, 74(3), 281–310. <https://doi.org/10.1007/s00186-011-0363-4>
- Luo, W., & Wang, F. (2003). Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 865–884. <https://doi.org/10.1068/b29120>
- Luo, W., & Whippo, T. (2012). Variable catchment sizes for the two-step floating catchment area (2SFCA) method. *Health & Place*, 18(4), 789–795. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2012.04.002>
- Luo, W., y Qi, Y. (2009). An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health & Place*, 15(4), 1100–1107. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2009.06.002>
- McGrail, M. R. (2012). Spatial accessibility of primary health care utilising the two step floating catchment area method: an assessment of recent improvements. *International Journal of Health Geographics*, 11, 50. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-50>
- Montes de Oca Zavala, V. (2010). Pensar la vejez y el envejecimiento en el México contemporáneo. *Renglones*, (62), 159–180. https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/235/art_8_Pensar_la_vejez-Veronica_Montes_de_Oca.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Murad, A., Faruque, F., Naji, A., & Tiwari, A. (2021). Using the location-allocation p-median model for optimising locations for health care centres in the city of Jeddah City, Saudi Arabia. *Geospatial Health*, 16(2). <https://doi.org/10.4081/GH.2021.1002>
- Ngui, A. N., & Apparicio, P. (2011). Optimizing the two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility to medical clinics in Montreal. *BMC Health Services Research*, 11, 166. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-11-166>
- O’Sullivan, A. (2019). *Urban Economics* (1st. Edition). McGraw-Hill.
- Paez, A., Higgins, C. D., & Vivona, S. F. (2019). Demand and level of service inflation in Floating Catchment Area (FCA) methods. *PLOS ONE*, 14(6), e0218773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218773>
- Radke, J., & Mu, L. (2000). Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. *Geographic Information Sciences*, 6(2), 105–112. <https://doi.org/10.1080/10824000009480538>
- Ramos Pérez, D. y Garrocho, C. (2019). Análisis de la accesibilidad a servicios de la población mayor: el caso de los consultorios adyacentes a farmacias en la Ciudad de México mediante el método de cobertura flotante de dos pasos [Tesis de maestría, El Colegio de México]. <https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/d504rk866?locale=es>
- Rybertt, C., Cuevas, S., Winkler, X., Lavados, P., y Martínez, S. (2015). Parámetros funcio-

- nales y su relación con la velocidad de marcha en adultos mayores chilenos residentes en la comunidad. *Biomédica*, 35(2), 212–218. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i2.2571>
- Salud y derechos humanos (2017, 29 de diciembre). *Organización Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/human-rights-and-health>
- Sansão Fontes, A. y Espósito Galarce, F. (2021). Urbanismo de Proximidad en Barcelona. Una ciudad saludable a 15 minutos del hogar. *Planeo*, 48, 1–13.
- Secretaría de Salud. (2021). *CLUES Recursos en Salud Datos Abiertos*. SSA. http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da_recursos_gobmx.html
- Sgaravatti, A., Santos, D., Bermúdez, G. y Barboza, A. (2018). Velocidad de marcha del adulto mayor funcionalmente saludable. *AnFaMed*, 5(2), 93–101. <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/anfamed/article/view/531>
- Shao, Y., & Luo, W. (2022). Supply-demand adjusted two-steps floating catchment area (SDA-2SFCA) model for measuring spatial access to health care. *Social Science & Medicine*, 296, 114727. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.114727>
- Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman and Hall.
- Tao, Z., Cheng, Y., & Liu, J. (2020). Hierarchical two-step floating catchment area (2SFCA) method: measuring the spatial accessibility to hierarchical healthcare facilities in Shenzhen, China. *International Journal for Equity in Health*, 19, 164. <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01280-7>
- Varela Pinedo, L., Ortiz Saavedra, P. J. y Chávez Jimeno, H. (2009). Velocidad de la marcha como indicador de fragilidad en adultos mayores de la comunidad en Lima, Perú. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 45(1), 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2009.07.011>
- Wan, N., Zou, B., & Sternberg, T. (2012). A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(6), 1073–1089. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.624987>
- Wang, F. (2018). Inverted Two-Step Floating Catchment Area Method for Measuring Facility Crowdedness. *The Professional Geographer*, 70(2), 251–260. <https://doi.org/10.1080/00330124.2017.1365308>
- Wang, F. (2021). From 2SFCA to i2SFCA: integration, derivation and validation. *International Journal of Geographical Information Science*, 35(3), 628–638. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1811868>
- Wu, C., Smith, D., & Wang, M. (2021). Simulating the urban spatial structure with spatial interaction: A case study of urban polycentricity under different scenarios. *Computers, Environment and Urban Systems*, 89, 101677. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2021.101677>
- Yang, D.-H., Goerge, R., & Mullner, R. (2006). Comparing GIS-Based Methods of Measuring Spatial Accessibility to Health Services. *Journal of Medical Systems*, 30(1), 23–32. <https://doi.org/10.1007/s10916-006-7400-5>
- Zamorano, C., de Alba, M., Capron, G., y González, S. (2012). Ser viejo en una metrópoli segregada: adultos mayores en la ciudad de México. *Nueva Antropología*, XXV(76), 83–102. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15924294005>

Karla Teresa Rojas Moreno es Doctora en Urbanismo. Maestra en Estudios de Población y Desarrollo Regional por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias UNAM y Licenciada en Diseño Urbano Ambiental por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. sus temas y áreas de interés son: Pobreza urbana, salud, accesibilidad y adultos mayores en la ciudad. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, krojas@cmq.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-0916-4429>

Tania Lilia Chávez Soto es Doctora y Maestra en Educación. Maestría en computación. Ingeniero en Computación. Profesora de la Facultad de Ingeniería de la UAEMex. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SIN) con la categoría de candidato. Integrante del Seminario de Estudios Estratégicos del Estado de México de El Colegio Mexiquense. Entre sus últimas publicaciones destaca en coautoría: Vilchis-Mata, Iván; Chávez-Soto, Tania y Garrocho, Carlos “*Análisis Espacio-Sectorial del Empleo en Sectores Intensivos en Uso del Conocimiento: Red-Bajo, México, 2015-2020*”. Estudios de Economía Aplicada, 40 (1), (2022). Sus temas y áreas de interés son: Especialista en el manejo de Sistemas de Información Geográfica y en el desarrollo de modelos matemáticos integrados a los SIG para el análisis espacial. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ingeniería. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, tchavez@cmq.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-6884-0415>

Carlos Garrocho Rangel es Doctor en Geografía Socioeconómica por la Universidad de Exeter (Inglaterra). Profesor-investigador de El Colegio Mexiquense e Investigador Nacional (SNI) nivel III. Ganador del Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del EdoMex (2011). Entre sus últimas publicaciones destacan en coautoría: Campos, Juan; Ramírez-Sánchez, Luis Giovanni y Garrocho, Carlos. “*Inclusión de la variable espacial en la medición de las condiciones relativas de vida en ciudades mexicanas*”, Papeles de Población, 26(103), Toluca, UAEMex (2020). Vilchis-Mata, Iván; Chávez-Soto, Tania y Garrocho, Carlos “*Análisis Espacio-Sectorial del Empleo en Sectores Intensivos en Uso del Conocimiento: Red-Bajo, México, 2015-2020*”. Estudios de Economía Aplicada, 40 (1), (2022). Sus temas y áreas de interés son: Ciencias sociales espacial y temporalmente integradas. El Colegio Mexiquense A.C. Seminario de estudios estratégicos del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, cgarrocho@gmail.com, <https://orcid.org/0000-001-9181-3151>

Alberto Mejía Reyes es Doctor en Economía Aplicada, Mención en Estudios Regionales por la Universidad Católica del Norte, Chile. Magíster en Economía Aplicada por la misma Universidad y Magíster en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es Licenciado en Relaciones Económicas Internacionales por la Universidad Autónoma del Estado de México. Coautor del capítulo: “*Dinámica del empleo manufacturero después de la Gran Recesión en los estados mexicanos*”, 2018 (coautoría con P. Mejía y L. Rendón); y “*Deseconomías de aglomeración, contaminación y sus efectos en la salud de la Zona Metropolitana del Valle de México. Un análisis con econometría espacial*”, Atlantic Review of Economics, 2nd Vol., 2017 (coautoría con M. A. Mendoza y L. Quintana). Sus temas y áreas de interés son: Economía de la Salud, Análisis espacial, Econometría espacial y Economía urbana. Instituto de Geografía, Estadística y Catastral del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Ex-Hacienda Santa Cruz de los Patos, S/N, (51350), Zinacantepec, Estado de México, betmej@yahoo.com.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5749-8557>