



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía



Especialidad en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Análisis del entorno urbano para el desplazamiento potencial del adulto mayor en el municipio de Toluca 2024

Reporte terminal que presenta

Carlos Misael Rivera Sánchez

Para obtener el diploma de:

Especialista en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Dr. Juan Campos Alanís
Tutor

Dr. Iván Vilchis Mata
Tutor externo

Junio 2024

Índice

Introducción.....	1
1. Envejecimiento y el entorno urbano.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2. Justificación	9
1.3. Antecedentes	17
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo general e hipótesis.....	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
2. Marco teórico. Envejecimiento y movilidad: las condiciones que otorga el entorno urbano.....	23
2.1. Envejecimiento en el lugar y urbanismo gerontológico	24
2.2. Envejecimiento activo.....	27
2.3. Movilidad potencial y su relación con la accesibilidad	29
2.4 Teorías del space syntax	30
3. Enfoque metodológico: operacionalizando la vejez y el entorno urbano	37
3.1 Condiciones sociodemográficas y espaciales	41
3.1.1. Estratificación por el método de Dalenius y Hodge	43
3.2. Entorno amigable para la población adulta mayor	44

3.2.1. Conformación de los estratos para el índice del Entorno Amigable para la Población Adulta Mayor	47
3.3. Accesibilidad potencial a servicios urbanos para el adulto mayor	49
3.3.1 Accesibilidad a servicios de salud	50
3.3.2 Accesibilidad hacia equipamiento de abastecimiento.....	51
3.3.3 Accesibilidad hacia servicios financieros	51
3.3.4 Accesibilidad hacia parques urbanos.....	51
3.3.5 Índice resumen de accesibilidad potencial a servicios del sistema.....	52
3.3.6 Clasificación de resultados mediante el método del valor índice medio	53
3.4. Space syntax.....	53
4. Envejecimiento en Toluca: resultados de las condiciones demográficas y análisis espacial	55
4.1 Contextualización de las condiciones demográficas y distribución espacial.....	56
4.2. índice resumen de entorno amigable para el adulto mayor.....	69
4.3. Accesibilidad potencial del sistema de servicios	74
4.4. Elección e integración. Aplicación del space syntax.	79
5. Impacto del entorno urbano en el desplazamiento del adulto mayor: discusión mediante el análisis espacial y demográfico	85
6. Conclusiones y reflexiones.....	88

7. Bibliografía	90
-----------------------	----

Índice de figuras

Figura 1 Dimensiones del envejecimiento en el lugar y urbanismo gerontológico	25
Figura 2 Factores del envejecimiento activo	28
Figura 3 Clasificación de un sistema vial	30
Figura 4 Conceptos principales del space syntax	32
Figura 5 principios de centralidad y extensión	34
Figura 6 Principio de contigüidad y compacidad	35
Figura 7 Triada de la configuración, atractores y movimiento	36
Figura 8 Flujo de trabajo.....	41
Figura 9 Pirámides de población de Toluca.....	56
Figura 10 índice de Sundbarg para los años 2010 y 2020	57
Figura 11 Porcentaje de manzanas por grado del entorno amigable	71
Figura 12 índice de Moran.....	72
Figura 13 Clúster LISA del índice del entorno amigable	73
Figura 14 índice de accesibilidad y desempeño urbano de los servicios de salud, financieros, de recreación y abastecimiento.....	76
Figura 15 Porcentajes de población y manzanas del índice de accesibilidad potencial	77

Figura 16 integración y elección.....	84
---------------------------------------	----

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de trayectorias demográficas para los años 2030, 2050 y 2070 por entidad federativa.....	13
Tabla 2 Variables del índice del Entorno Amigable para la Población Adulta Mayor.....	46
Tabla 3 Matriz de la varianza total explicada	47
Tabla 4 Método de estratificación de Dalenius y Hodge para el índice de Entorno Amigable	48
Tabla 5 Mercados del municipio de Toluca.....	51
Tabla 6 Superficie y clasificación de los parques urbanos	52
Tabla 7 Matriz de la varianza total explicada del índice de accesibilidad potencial	53
Tabla 8 Tasa y duplicación de crecimiento del municipio y del adulto mayor	58
Tabla 9 Razón de dependencia (RD)	58
Tabla 10 índice de envejecimiento	59
Tabla 11 Envejecimiento interno.....	59
Tabla 12 Características de los adultos mayores en Toluca, 2020	60

Índice de mapas

Mapa 1 Localización de localidades urbanas del municipio de Toluca, 2020.....	39
Mapa 2 Índice de envejecimiento de las localidades urbanas de Toluca.....	64
Mapa 3 Razón de dependencia	66

Mapa 4 Envejecimiento interno por manzana	68
Mapa 5 Índice de Entorno Amigable para el Adulto Mayor	70
Mapa 6 índice resumen de accesibilidad al sistema de servicios urbanos	78
Mapa 7 Integración de la zona urbana de Toluca	80
Mapa 8 Elección de movimiento de la zona urbana de Toluca	82

Introducción

El crecimiento urbano ha traído consigo diversas consecuencias, las esenciales para este proyecto es el aumento de las distancias entre la vivienda y la oferta comercial o de servicios para satisfacer alguna necesidad. En relación con la expansión de las ciudades aumenta la población urbana, el problema es que, ante este incremento desigual de zonas, difícilmente se contará con una oferta de servicios adecuado para la población, problema que se hace más agudo cuando en esas nuevas áreas de expansión se localiza grupos vulnerables que reside en zonas alejadas al sistema de servicios de la ciudad.

El aumento de las personas mayores cobra más importancia en la agenda de política pública y urbana a nivel mundial. Pues esta transición demográfica implica modificaciones en las esferas socioeconómicas y territorial. Datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022) señalan que El Caribe, es donde hay un acelerado crecimiento de adultos mayores esto se debe a la baja fecundidad y alta emigración de la región lo que han provocado que los países caribeños tengan un porcentaje mayor al 20% de envejecimiento.

En México, particularmente en el Estado de México, es notable la transición demográfica porque según Campos (2023) desde la década de los setenta este estado se posicionaba en el puesto número 29 de transición demográfica, notablemente ha tenido un incremento en las últimas décadas, por lo que se prevé que para el 2030 ocupe el octavo lugar en esta transición. De ahí se deriva la necesidad de tomar acciones para atender las necesidades de las personas adultas mayores, porque cada año más, será un grupo de edad predominante en nuestras ciudades.

Ahora bien, el estudio del envejecimiento se ha tratado por múltiples enfoques, uno de ellos es mediante el análisis espacial, el cuál diversos autores combinan índices demográficos y espaciales para identificar la distribución de la población, sus características y patrones espaciales. Algunos autores como Florencio y Real (2019), Trujillo et al. (2022) y Mesillas (2021) proponen sus propios índices para evaluar diversas condiciones de infraestructura urbana y condiciones del entorno urbano para la población objetivo.

Estos estudios previos motivan el análisis de la estructura urbana y su impacto en la movilidad de la población adulta mayor en Toluca, es por ello que el objetivo general de este proyecto es el

análisis de estos elementos mediante una propuesta metodológica que combine indicadores locales y globales de la estructura urbana. Partiendo de la premisa que las condiciones del entorno urbano intervienen en el desplazamiento de las personas mayores.

Con los resultados y discusiones de este proyecto, se puede contemplar que existe una concentración de los servicios urbanos en áreas con mejor infraestructura. La estructura urbana actual afecta significativamente la movilidad de los adultos mayores, y se observa un reemplazo de este grupo demográfico por población más joven en áreas céntricas o bien por actividades económicas.

1. Envejecimiento y el entorno urbano

En este capítulo se aborda diversos apartados que encaminan el estudio de los adultos mayores y el entorno urbano. Donde se parte con el planteamiento del problema, dando una revisión del envejecimiento y temas urbanos, así como la condición del adulto mayor en el municipio de Toluca. La justificación del proyecto engloba la situación del envejecimiento en la región de América Latina y el Caribe, así como la normativa pertinente en el país. En antecedentes se demuestra cómo se ha aplicado el tema con distintos enfoques de estudio. Finalmente, con la información detallada de apartados anteriores se establecen los objetivos e hipótesis de la investigación.

1.1 Planteamiento del problema

Después de 1940, México tuvo un incremento en el proceso de urbanización. Según Breese (1966, citado por Unikel, 1968) en esta década, el nivel de urbanización del país era mayor que los países en vías de desarrollo. También, como explica el autor el crecimiento demográfico de las ciudades existentes fue 80.8 % y, 86.2 % para el siguiente decenio. Además, continuando con lo que describe el autor, el incremento por integración física, ocasionado por la descentralización de población del centro hacia la periferia de las grandes ciudades, representó el crecimiento 12.7 % en el primer decenio y, 8.3 % en el segundo.

Además, según Unikel (1976), el crecimiento urbano se ha visto influenciado por diversos procesos como la concentración, centralización, descentralización, invasión, sucesión y segregación. Estos fenómenos son facilitados por las vías de comunicaciones y transportes que permiten que la población de altos ingresos se distribuya hacia la periferia urbana. Actualmente, el crecimiento urbano según Montejano-Escamilla et al., (2023) aumenta sin una continuidad espacial, lo que se refiere a una dispersión de las áreas urbanas. Asimismo, el crecimiento no es uniforme en las regiones del país. Por ejemplo, el Estado de México, pasó de un 26% de población urbana en 1950 a un 87% en el 2020 (Montoya et al., 2024, p. 37. Superior al porcentaje que ofrece el Banco Mundial para el año 2022, donde el 81% de la población en el país son urbanos¹) estas cifras le otorgarían al envejecimiento demográfico una connotación eminentemente urbana. Los cambios en la dinámica urbana pueden alterar significativamente las condiciones de vida de grupos vulnerables, entre los que se hayan los adultos mayores.

El crecimiento urbano y la población son conceptos relacionados, para este estudio se detalla el envejecimiento demográfico, el cual es factor de disminución en la fecundidad, en la mortalidad y de la migración interna, y el incremento de la esperanza de vida (Montoya y Montes de Oca, 2006). Este es un hecho reflejado a nivel mundial, nacional y local que se intensifica gradualmente. A nivel internacional existen iniciativas globales como la Agenda 2030 la cual establece 17 objetivos para que los países aborden un camino para la mejora de calidad de vida de sus ciudadanos al 2030, buscando la accesibilidad de las mujeres, niños, adultos mayores y personas con discapacidad

¹ Información del banco mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=MX>

(ONU 2018, pp. 51 - 53). Otro documento es la Nueva Agenda Urbana (NUA) que otorga principios y acciones referentes a: transporte y movilidad, planificación sensible a la edad y sostenibilidad espacial (ONU-Hábitat, 2021).

En cuanto a la progresiva aglomeración de población mayor en las metrópolis demanda una planeación en cada nivel de agregación sin generalizar el fenómeno (Montes de Oca, 2003;Partida-Bush, 2005). A su vez, las autoridades municipales son quienes atienden las necesidades de la población adulta mayor, no obstante, al ser un problema complejo se requieren diversos enfoques de investigación para distintas escalas que fomenten el desarrollo social y asistencia a los adultos mayores (Sánchez, 2007).

El tema del envejecimiento de la población es un asunto de actualidad y, cada vez más, se debatirá. Según la Comisión Nacional de Población (CONAPO, 2017) México se encuentra en un aumento en volumen y proporción de las personas mayores a 60 años, en relación con los grupos de edad de niños, niñas, jóvenes y personas adultas.

Por otra parte, los indicadores del país según CONAPO (2022) indican que el 38.1% de adultos mayores se atiende en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el 10.2% lo hace en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), 1.5% en Pemex, Defensa o Marina. 15.5% en consultorios u hospital privado, 7.5% en consultorio de farmacia, 25.8% en hospitales de la Secretaría de Salud y Seguro Popular, 1.4% en otro lugar. La atención de salud para los mayores se distribuye en distintos espacios para satisfacer esta necesidad. Ahora, el porcentaje de la población afiliada es la siguiente: 52.6 % afiliada al IMSS, 14.76 % a ISSSTE, 3.5 % instituciones privadas u otra institución, 1.9 % a Pemex, Defensa o Marina y 28.4% en instituciones de Seguro Popular. Demostrando que no precisamente el total de población afiliada a una institución atiende su salud en la misma, esto puede deberse a la gravedad de salud de la persona mayor. Adicionando que la calidad del servicio es cuestionable, aunque los servicios de entrega de medicamentos y del personal médico son los de mayor impacto en la satisfacción del paciente (Vera y Trujillo, 2016), el adulto mayor sufre de maltratos tanto por el personal de salud y del personal administrativo de los servicios médicos, siendo la negligencia y el maltrato psicológico los principales tipos de agravios (Ruelas-González et al., 2014).

Con respecto al Estado de México, el Consejo Estatal de Población (COESPO, 2019) publicó datos demográficos que incluyen el índice de envejecimiento, este mide el número de adultos mayores por cada 100 menores de 15 años, dando el resultado de 27.53, una proporción considerable de individuos en edad avanzada. Para el 2019, la población de 60 años o más era de 1,807,074 habitantes, es decir, 13 de cada 100 mexiquenses. Se espera que el porcentaje aumente en los próximos años.

En cuanto a la relación de la población adulta mayor y sus desplazamientos la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMSV) la denomina grupo vulnerable cuya *“población que enfrenta barreras para ejercer su derecho a la movilidad con seguridad vial como resultado de la desigualdad (...) y demás personas que por su condición particular enfrenten algún tipo de exclusión”* (LGMSV, 2022, Art. 3).

Aparte, incorporar el tema del envejecimiento hacia la temática urbana es altamente relevante, como mencionan Cárdenas et al (2012) y Garrocho (2013) porque las ciudades concentrarán progresivamente la población del país y la población envejecida producto de la inmigración ocurrida algunas décadas atrás, al que se le suma el envejecimiento de la población nativa.

En el municipio de Toluca a causa del desarrollo de la industria provocó un acelerado proceso de migración de campo-ciudad (García-González et al., 2015). Aranda (2000) señala que, en el comienzo de la industrialización, los técnicos especializados y obreros calificados provenían del Distrito Federal y, para finales de los setenta, los obreros que se establecieron y trabajadores locales demandaban vivienda, educación, servicios básicos y complementarios. Esto, implicó una transformación territorial reflejada en vialidades y transportes, iniciando la consolidación de colonias y barrios obreros. Adicionalmente, expone que los empleados de alto rango y funcionarios trajeron consigo un cambio en la sociedad y expresión espacial, desarrollándose una segregación de los usos de suelo habitacionales por estratos socioeconómicos, convirtiéndose este sector en la clase media de la reciente metrópoli. Asimismo, la expansión urbana creció hacia los municipios de Metepec y Zinacantepec, desplazando a los habitantes con menores ingresos hacia la periferia urbana.

A su vez, con la actividad industrial en el corredor Toluca-Lerma, según García-González et al (2015) comenzó el proceso de metropolización con los municipios circunvecinos de Toluca y Lerma. Así, desde la década de los ochenta, se reconoció la conformación de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), la cual, como apunta Hoyos Castillo (2005) las localidades pequeñas de la zona metropolitana sostienen una relación funcional de alta dependencia con el núcleo central.

Por otra parte, la cercanía con la ciudad de México con la construcción de la autopista México-Toluca en 1980 ocasionó el aumento de flujos migratorios. Un ejemplo es después de los sismos de 1985, donde los migrantes que radican en la ZMT mantienen sus lugares de trabajo en la zona metropolitana de la ciudad de México (Aranda, 2000). Así, la emigración fue de corta distancia sin perder nexos de trabajo y bienestar social que ofrece la megaurbe. Se estima que la ciudad de México expulsó alrededor de 400,000 personas, y los polos de atracción fueron Toluca, Cuernavaca, Monterrey y Puebla; siendo Toluca y Cuernavaca destacaron entre las áreas metropolitanas por su crecimiento por encima del promedio, sumando la primera 230 mil personas a su total de habitantes (Sobrino, 1995; Garza, 2010).

Estas dinámicas poblacionales y urbanas han traído consigo distintas problemáticas territoriales. De acuerdo con Aranda (2000) y Adame et al (2020) desde los setenta empieza la intranquilidad de la población a causa de la expansión urbana, pues comienzan a incrementarse los costos del transporte, así como la demanda del servicio, accidentes viales, implantación de almacenes comerciales y equipamientos de salud que alteraron los patrones de desplazamiento y la estructura urbana.

Aparte, explica Miralles-Guasch (2002) que algo cuestionable en las ciudades es la distancia entre la localización de las actividades cotidianas, que continúa creciendo y aumenta así el tiempo dedicado al desplazamiento. A su vez, esto ha generado el incremento de la jornada laboral, a partir de la duración del tiempo de recorrido entre la casa y el trabajo; un tiempo extraído destinado al ocio. Esto se refleja actualmente en el tiempo perdido a causa de la congestión, según el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2019), que estima que Toluca pierde 116 horas per cápita al año, posicionándola como una de las tres principales ciudades con mayor tiempo perdido en el tránsito.

Por otro lado, Aranda (2000) dice que Toluca tuvo un crecimiento lineal por la vía de Paseo Tollocan, que funcionó como eje articulador en los setenta y que conectó con el corredor industrial Toluca-Lerma, aparte que da acceso a diferentes direcciones de la configuración de la ciudad y salidas a otros municipios (Naucalpan, Atlacomulco, Zinacantepec, Tejupilco y Tenango del Valle), por lo que, permite una movilidad interna de la entidad federativa.

Conforme a lo expuesto, gracias a la migración que se desarrolló en las décadas de los setenta y ochenta, alteró artificialmente la transición demográfica de la ZMT, alentando el proceso de envejecimiento pero que incrementalmente con el tiempo se está identificando este fenómeno en múltiples zonas de la metrópoli, Aunado con la deficiente planeación urbana está provocando una segregación residencial de los adultos mayores. Entiendo este término como:

la aglomeración de un cierto grupo de población en determinados entornos urbanos (e.g., definidos por los espacios físico y social), a diversas escalas geográficas (e.g., manzanas, barrios, vecindarios, ageb, conjuntos de ageb, municipios, o la ciudad completa), en los que los individuos del grupo residen mucho más cerca unos de otros de lo que se registraría en un patrón aleatoriamente distribuido, y ello los conduce a experimentar diferentes entornos socioespaciales respecto al resto de la población. (Garrocho y Campos, 2016, p. 22)

En resumen, la problemática anteriormente formulada se relaciona en cómo la expansión de la ciudad ha provocado que la distancia entre las zonas habitacionales con las áreas de servicio esté alejada entre sí. Asimismo, en que esta elasticidad espacial, es decir, la magnitud del recorrido repercute en el desplazamiento eficaz de las personas mayores.

Lo anterior implica formular nuevas políticas públicas que puedan atender las necesidades de la población en un futuro. Además, con este panorama, se plantea la pregunta principal de investigación: ¿cuáles son las limitaciones del adulto mayor en la ciudad derivadas de la estructura urbana y la proximidad de servicios? con el crecimiento urbano generado por la urbanización de Toluca, actualmente, ¿el entorno urbano cumple con las características necesarias para la residencia y el desplazamiento de las personas mayores?, ¿la estructura urbana se vuelve un obstáculo para la movilidad de la población?

1.2. Justificación

En la actualidad, el envejecimiento demográfico es un asunto que cobra cada vez más importancia en los asentamientos humanos de las regiones de América Latina y el Caribe. En donde se experimenta una transición demográfica marcada por un aumento de la proporción de adultos mayores, lo cual conlleva desafíos en las oportunidades para la sociedad, al requerir una comprensión de sus implicaciones en diversos aspectos como la economía, la salud pública y la planificación urbana. Por esta razón, este apartado contextualiza el crecimiento de población adulta mayor en diversos países de la región, mecanismos internacionales y nacionales de la planificación urbana, que señalan aspectos fundamentales para abordar la movilidad, así como de la situación de México, Estado de México y se concretará en la ciudad de Toluca.

Según (Spijker, 2023) el envejecimiento en América Latina y el Caribe se caracteriza por un aumento en la temporalidad de años por vivir gracias al incremento de la esperanza de vida en edades avanzadas. Este fenómeno demográfico está influenciado por las bajas tasas de fertilidad y mortalidad de la población, factores que determinan la velocidad de la vejez. Para demostrar esta transición demográfica la CEPAL (2022) indica que en 1950 habitaban 8.7 millones de personas mayores en la región (equivalente al 5.2 % del total); en el año 2022, aumentó a 88.6 millones de personas de 60 años y más, correspondiendo a 13.4% de la proporción total. La organización internacional estima que la población incrementará a 16.5% para el 2030 y, para el año 2060 la población envejecida conforme el 30 % del total poblacional.

También CEPAL (2022) demuestra que en la región del Caribe es el territorio donde hay un incremento acelerado del envejecimiento. Principalmente Martinica, Guadalupe, Cuba y Puerto Rico que contaban con un porcentaje por encima del 20 % en el 2022 y que, superará el 30 % en la siguiente década. Esto se debe a que además de contar con una baja fecundidad, han pasado por intensos procesos de emigración. En la región del sur, Uruguay es el país con un envejecimiento alto. Se prevé que Chile se agregue para la siguiente década con un elevado envejecimiento. Por último, en Centroamérica, Costa Rica encabeza la transición demográfica en la región con un aumento al 20 % en esta década.

En el caso argentino, Manzano (2018) apunta que desde 1990 al 2010 las estructuras de edad se decantan al envejecimiento poblacional, donde las bases de las pirámides se angostan y la cúspide

se engrosa debido al descenso de la mortalidad adulta y el incremento a la sobrevivencia femenina. Por otra parte, en Cuba, explica Conde et al. (2022) que, en tan solo 34 años, ha habido un incremento de 9.5 % de población mayor. Lo que se ha vuelto un tema prioritario en el país, porque incide directamente en las políticas laborales, económicas, de salud, pensiones, de servicios, atención a la familia, transporte, vivienda entre otros (Menéndez 2021, citado en Conde et al., 2022).

En el marco internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) publicó en el 2015 la Agenda 2030 que establece 17 objetivos. Uno de ellos es el objetivo 11 enfocado a las ciudades y asentamientos humanos; en donde su meta 11.2 y 11.7 declara en otorgar acceso a sistemas de transporte y mejora de seguridad vial a través del transporte público tomando en cuenta la necesidad del adulto mayor (ONU 2018, pp. 51 - 53).

No obstante, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2023) presenta que el acceso al transporte público cuenta con una gran variación en ciudades de la región al punto de que, en algunas ciudades se tenga el 5 % de acceso al transporte, mientras que otras urbes lo universalizaron. A este se suma que la falta de un transporte público eficiente restringe la movilidad aún más de grupos vulnerables como las personas mayores, también afecta a distintos tipos de traslados, como los trayectos del hogar hacia el trabajo (Ortiz y Peña, 2023).

En cuanto a la Nueva Agenda Urbana (NUA por sus siglas en inglés), del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat, 2021) , se busca un cambio de modelo urbano justificado en las ciencias de ciudades, estableciendo principios de planificación, construcción, desarrollo, gestión y mejora de las áreas urbanas, a través de los pilares: políticas urbanas, legislación y regulaciones, planificación y diseño urbano, economía local y finanzas, al igual que la implementación local.

En resumen, en cuanto a la temática de estudio, la NUA establece principios y acciones enfocados a la planificación de la ciudad por grupos de edad. El primero se refiere a la conectividad (el acceso a los servicios), desarrollo económico, usos de suelo, equidad del transporte (atiende necesidades de grupos desatendidos) y áreas rurales (cobertura del transporte urbano a estas zonas). El segundo, se refiere a lograr la sostenibilidad mediante la forma física de los entornos urbanos para crear un

acceso equitativo a la vivienda, la interacción social y el empleo teniendo control del crecimiento urbano, otorgar acceso a los servicios y la asequibilidad en la vivienda.

Por último, la NUA resalta la planificación sensible a la edad en que menciona la participación de adultos mayores y jóvenes para el desarrollo urbano. Una de sus acciones es desarrollar indicadores que midan el impacto del envejecimiento en la sociedad, especialmente en cuanto al acceso a servicios (ONU-Hábitat, 2021).

Con el marco internacional se contextualiza que la transición poblacional exige una modificación en distintas esferas socioeconómicas, nuevos desafíos para satisfacer las demandas de una población dependiente (Spijker, 2023). En México, el país no se queda atrás, se anticipa un aumento notable en la población conformada por adulto mayores, donde en el primer quinquenio de la siguiente década tendrá más adultos mayores que jóvenes, quienes serán más longevos y serán un grupo demográfico cada vez más importante (Cárdenas, 2022; Álvarez-Lobato et al., 2018; CEPAL, 2022). Esto implica retos en la investigación como en la generación de políticas públicas que sean económicas y socialmente sostenibles a largo plazo, atendiendo las demandas del adulto mayor junto en armonía con los demás grupos de edad (Ham, citado por Giraldo, 2019).

Uno de los retos es el acceso a servicios de apoyo para las personas para este grupo de edad (López-Ortega y Aranco, 2019). Pues existe una desadaptación de la población mayor la cual está determinada por capacidades personales y de obstáculos urbanos (García-Valdez et al., 2019). A su vez, este grupo prefiere la cercanía a sus hogares, por lo que atienden sus necesidades en proximidad (Sánchez-Vázquez y González-Gómez, 2021).

Recientemente se ha publicado la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, esta nueva ley tiene como objeto asentar las bases y principios para garantizar la movilidad, en condiciones de seguridad vial, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad y accesibilidad (LGMSV, 2022, art. 1). A su vez expone que, para la planeación, así como en el diseño e implementación de políticas, planes y programas en materia de movilidad, debe de favorecer a las personas, los grupos en situación de vulnerabilidad al igual que sus necesidades, asegurando la prioridad del uso y distribución de la vía a través de la jerarquía de movilidad, la cual se establece en su artículo seis (LGMSV, 2022):

- I. Personas peatonas, con un enfoque equitativo y diferenciado en razón de género, personas con discapacidad y movilidad limitada.
- II. Personas ciclistas y personas usuarias de vehículos no motorizados.
- III. Personas usuarias y prestadoras del servicio de transporte público de pasajeros, con un enfoque equitativo pero diferenciado.
- IV. Personas prestadoras de servicios de transporte y distribución de bienes y mercancías.
- V. Personas usuarias de vehículos motorizados particulares.

Este mecanismo busca el cambio de paradigma en la movilidad, dando reconocimiento a los desplazamientos a grupos vulnerables. No obstante, aunque existan documentos nacionales e internacionales que mencionan la población mayor como objetivo principal, el diseño del espacio urbano y su conformación, según Rosel (2003, citado por Garrocho y Campos, 2016) puede afectar en la integración social de las personas, por sus edades, culturas y lugares de origen.

En diversas ciudades mexicanas se visualiza el aumento de adultos mayores, por ejemplo, en la ciudad de Mérida que ha tenido un aumento de 4 % en diez años. Esto se debe al flujo migratorio de residentes en la ciudad, pues el 75 % de la población que radica en Mérida proviene de los estados de Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Campeche, Ciudad de México, Puebla, Estado de México y del extranjero como lo son Estados Unidos y Canadá (Cárdenas, 2022). En los hallazgos que identifica Cárdenas (2022) son que con el aumento de adultos mayores también incrementa el porcentaje de personas con discapacidad, por lo que esto implica una adaptación del entorno para facilitar la actividad independiente de las personas mayores y no perjudicarlos en agravios a su salud, autonomía, interacción social.

En la Ciudad de México, para el año 2020, su relación de dependencia a la vejez es de 15.1 % y su índice de envejecimiento es de 39.7 (CEPAL, 2022 p. 34). Estos datos declaran la importancia de adaptar políticas y servicios para satisfacer las necesidades cambiantes de una población que envejece, abordando aspectos como la atención médica, el empleo y la seguridad social. Por otra parte, Garrocho y Campos (2016) identificaron diversas razones de segregación del adulto mayor, en clúster de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) puede haber una autosegregación por la migración intrametropolitana o lo contrario, la baja movilidad residencial de la población que envejece en el lugar voluntaria e involuntariamente. Los autores demuestran que, a mayor presencia de adultos mayores, menor marginación. Donde los adultos mayores

residen en condiciones adecuadas para su bienestar. Sin embargo, se espera que a mediano y largo plazo el envejecimiento se disperse en zonas con inadecuadas condiciones de vida.

El envejecimiento es un proceso que se modifica con el tiempo, en el espacio y de distinta manera en cada entidad federativa. Por ejemplo, lo que hoy en día es la Ciudad de México, en los sesenta se posicionaba en el lugar 22 de estados con mayor trayectoria demográfica, pero desde el 2010 es el principal estado con población envejecida. Lo mismo sucede con el Estado de México que, desde la década de los 2000 comienza con un incremento de este grupo de población, posicionándolo en el lugar 29 de trayectoria demográfica (Campos, 2023). Para los años 2030, 2050 y 2070 las transiciones demográficas para este estado lo posicionan en el octavo lugar para el primer año, en quinto para el segundo y tercer año, superando el porcentaje total de la república (tabla 1).

Tabla 1 Resumen de trayectorias demográficas para los años 2030, 2050 y 2070 por entidad federativa

No.	Entidad	Porcentaje 2030	No.	Entidad	Porcentaje 2050	No.	Entidad	Porcentaje 2070
1	Ciudad de México	21.1	1	Ciudad de México	33.6	1	Ciudad de México	45.8
2	Veracruz	18.1	2	Veracruz	28.6	2	Colima	40.0
3	Morelos	17.1	3	Colima	27.7	3	Veracruz	39.9
4	Colima	16.4	4	Morelos	27.1	4	Morelos	39.3
5	Sinaloa	16.2	5	México	26.1	5	México	37.9
6	Tamaulipas	15.9	6	Tamaulipas	26.0	6	Yucatán	37.9
7	Sonora	15.9	7	Campeche	25.7	7	Tamaulipas	37.3
8	México	15.2	8	Yucatán	25.5	8	Hidalgo	37.0
9	Hidalgo	15.2	9	Sinaloa	25.4	9	Sinaloa	37.0
10	San Luis Potosí	15.1	10	Sonora	25.2	10	Chihuahua	36.9
11	Chihuahua	15.1	11	Tabasco	25.1	11	Campeche	36.7
12	Yucatán	15.0	12	Hidalgo	25.0	12	Sonora	36.2
13	Nayarit	15.0	13	Chihuahua	24.8	13	Querétaro	36.1
14	República Mexicana*	15.0	14	Baja California	24.2	14	Baja California	35.7
15	Oaxaca	14.6	15	República Mexicana*	24.1	15	Tabasco	34.9

Nota: *promedio nacional. La columna porcentaje se refiere a la proporción de población adulta mayor de cada entidad respecto a su total para las tres temporalidades. Fuente: Elaboración propia con base en Campos (2023)

Continuando con el Estado de México, el envejecimiento demográfico en la entidad ha sido una combinación de causas sobre la migración interna y externa, de la disminución de mortalidad y

fecundidad que modifican la pirámide poblacional. Factores que desde 1970 han creado polos atractores económicos en contados asentamientos del estado (Toluca, Metepec y municipios conurbados con la Ciudad de México) y han incentivado desplazamientos a estos centros de población. También de los programas de planificación familiar, los aumentos de nivel de escolaridad y la incorporación de la mujer al mercado laboral, así como el aumento de la esperanza de vida han generado una disminución en la base de la pirámide y un incremento en la punta, dando un envejecimiento por la base y la cúspide (Montoya y Montes de Oca, 2011). Es así como el envejecimiento es el resultado de políticas de desarrollo en los sectores económicos, urbanos y sociales.

Una particularidad de los adultos mayores en el 2008 es su situación conyugal, siendo un factor que según Montoya y Montes de Oca (2011) la ausencia de compañía afecta las condiciones de vida de los adultos mayores. Añadiendo que tampoco los adultos mayores reciben alguna pensión, de acuerdo con los autores solamente el 15.9 % reciben este apoyo, haciendo la distinción que los hombres reciben este apoyo por jubilación (29.6 %) mientras que, las mujeres el 54 % obtienen este sustento por viudez.

Acercándonos a la zona de estudio, en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), el crecimiento poblacional en los últimos quince años ha sido de 2.2 a 1.9 lo que refleja una disminución de la velocidad de incremento de la metrópoli. Ahora bien, en el caso de índices de envejecimiento Toluca (32.7), Metepec (50.8), Lerma (30.2), Ocoyoacac (31.9) y Rayón (31.4) cuentan con valores altos, lo que implica que estos municipios dan un reemplazo mayor a un cuarto de población de 60 años en adelante en comparación con la población de 0 a 14 años (Mesillas, 2021).

La tasa de crecimiento de la población de 65 años y más en Toluca para el 2020 es la tercera más alta, con 5.28%, continua Chapultepec con 4.94% y Metepec 7.50% (Campos, 2023). En cuanto a la elasticidad de envejecimiento que mide la velocidad de la transición demográfica con respecto a la tasa de crecimiento medio anual, es de 5.10 en Toluca, 6.84 en Metepec y 6.98 para Chapultepec. Esto indica que Metepec, será el primer municipio de la zona metropolitana que aborde esta transición demográfica. Según el autor, la elasticidad de envejecimiento ocurre fuera del circuito de Paseo Matlazincas y Tollocan, cerca de las conurbaciones de Metepec. Aparte, el

autor indica que menos del 16% de la población envejecida reside en áreas que conceden una favorable calidad de vida y que habitan en el 1% del territorio.

En la ciudad de estudio y sus municipios de su zona metropolitana Becerril-Sánchez et al. (2022) indican que la población mayor ha aumentado en las últimas dos décadas, iniciando con 99,090 adultos mayores en el año 2000 a 148,233 para el 2020. Esto en los municipios de Toluca, Metepec y Lerma, siendo el primero con más residentes de la tercera edad. Además, las localidades de Toluca con mayor cantidad de esta población son: Toluca de Lerdo con 38,268 habitantes; San Lorenzo Tepaltitlán (4,530), Santa Ana Tlapaltitlán (3,860), San Pablo Autopan (3,469) y San Buenaventura (2,902).

Por otra parte, Martínez-Espinosa y Gaxiola (2019) evidencian el caso de abuelas cuidadoras de infantes en Toluca; donde se observa que el adulto mayor realiza diversas actividades domésticas como laborales para el cuidado del menor, lo que ocasiona múltiples malestares físicos o emocionales a la cuidadora. Además, debido a la pérdida de habilidades derivados del proceso de envejecimiento empieza una disminución de capacidades para la toma de decisiones lo que las vuelve dependientes de la jefa o jefe del hogar.

Esta recopilación sobre las personas en edad avanzada en América Latina y el Caribe muestra como la transición demográfica aumenta en diversos países, así como a nivel estatal, municipal y ciudad. Como reflexión, el envejecimiento se desarrolla diferente en cada territorio, influenciado por las interacciones urbanas, sociales y económicas, además de los tres factores que aceleran el proceso. Los cambios en la estructura de edad modificarán la capacidad y los requerimientos de los distintos elementos con los que tenemos actualmente (Narvárez-Montoya, 2012). Añadiendo que existe la preocupación de no contar con las condiciones necesarias para que los adultos mayores vivan de forma saludable y activa, estén integrados y participativos en la sociedad, porque no se toman las medidas adecuadas en las ciudades para atender este importante sector en los próximos años (Ham, 2010 ; Garrocho y Campos, 2016).

Esta investigación procura ser un apoyo para el municipio, para incorporarse en estas acciones, que adecue sus instrumentos de planeación a lo que dicta el ámbito federal y pueda ser una política pública enfocada a las personas mayores. Que se reconozca la complementariedad de enfoques y

la capacidad de articular la relación entre ellos para el análisis territorial (Cortés Salinas y Rojas-Symmes, 2021). Ya se ha observado el panorama de las condiciones del adulto mayor. Ahora, se presentará como se ha abordado la temática del entorno urbano junto con el envejecimiento y las técnicas comunes implementadas.

1.3. Antecedentes

La temática del envejecimiento se ha abordado desde distintos enfoques. Como el espacial que tiene la finalidad de observar la distribución de los adultos mayores en los asentamientos humanos. En la mayoría de los estudios de este campo, se analizan el reparto de equipamientos urbanos y condiciones del entorno cercano de este grupo de edad (Cárdenas, 2022; Mesillas, 2021; Narváez, 2012; Becerril-Sánchez et al., 2022; Pons y Montoro, 2020; Garrocho y Campos, 2016). Otros autores se enfocan en la distribución de personas mayores en los asentamientos, considerando datos demográficos como la mortalidad o la identificación de áreas envejecidas y rejuvenecidas (Favier, 2018; Manzano, 2018; Reyes-Castro, 2019; Gil-Alonso et al., 2020). Ahora bien, es recurrente el uso de tasas e índices demográficos como lo es el índice de envejecimiento y sobre-envejecimiento, de dependencia y el análisis exploratorio de datos espaciales, donde se recurre al índice de Moran. Otros índices y coeficientes son: índices de marginación, segregación y coeficientes de localización.

Otro aspecto en común de los estudios de la vejez con un enfoque espacial es la creación de índices, tales son los casos de Florencio y Real (2019), Trujillo et al. (2022) y Mesillas (2021). Los primeros autores proponen un índice sobre la infraestructura urbana requerida para el desplazamiento de la población objetivo, como lo son las banquetas, rampas, alumbrado público, recubrimiento de calles y drenaje. Así, según los escritores, facilitan el traslado y previenen lesiones al peatón. El siguiente grupo de investigación ejecutan un índice de multifuncionalidad con el fin de medir la accesibilidad de la demanda a las oportunidades urbanas del espacio local y global de la ciudad, utilizando hexágonos 250 metros por lado. La siguiente autora propone el índice de bienestar enfocado a medir las condiciones de vida del adulto mayor mediante tres variables de su entorno: vivienda, educación y salud. Estas propuestas estudios aportan resultados sustanciales para el asunto del envejecimiento.

En cuanto al entorno urbano no existe un concepto consolidado que dirija este tema. Sin embargo, una aproximación a una definición la propone Cruz (2022) que el entorno urbano es el espacio inmediato a la vivienda, el cual está construido por la acción humana en relación con sus necesidades y que contiene elementos naturales. El autor propone el análisis del entorno urbano con la información proporcionada del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) sobre

este rubro; después, al regionalizar en nueve unidades al municipio propone indicadores por cada elemento del entorno urbano (infraestructura, mobiliario, servicios, restricciones, comercio).

Si bien la propuesta que establece Cruz da una ponderación de la calidad del entorno urbano, este es un resultado global para la población de Toluca. Caso contrario a Florencio y Real (2019) que realizan una selección de variables sobre la infraestructura urbana para el adulto mayor. O como el caso De la Rosa y Castañeda, (2018) donde enlistan las características de un espacio público saludable para población envejecida, mediante la creación de indicadores de satisfacción de la infraestructura peatonal. Estos casos, al igual que demás literatura se tomarán en cuenta para la evaluación del entorno urbano en la zona de estudio, que contemplen las características del espacio que proporciona las fuentes secundarias, pero seleccionando las necesarias para el desplazamiento del grupo de edad.

En la evaluación del entorno urbano, se observa una escasez de estudios que integren el análisis de la red vial. Por lo que hay tener en cuenta que las calles son el principal espacio público en las ciudades, por lo tanto, son elementos fundamentales para analizar y evaluar la correlación entre el comportamiento de los habitantes y las condicionantes de la estructura urbana. En este sentido, al estudiar el diseño urbano se puede lograr la armonización de las condiciones espaciales con las alternativas de las relaciones colectivas (Vaca et al., 2023).

Así pues, el análisis de la red de calles, de la movilidad y accesibilidad el entorno constituye estudios separados que emplean otro tipo de técnicas. Por ejemplo, el *Space Syntax*, que se aplica en la red vial pues estos son canales de flujos de personas y mercancías que trasladan a estos dos elementos a diversos puntos del territorio. El valor cuantitativamente de los niveles de conectividad e integración de los elementos que componen la red y su articulación dentro del sistema vial y características topológicas que, en conjunto con datos de distribución de la población, equipamiento y servicios urbanos se lograr determinar tendencias de desarrollo en cuanto a reestructuración del área urbanizada y polarización socioeconómica (Boccolini, 2020).

Por ejemplo, el caso de Molina et al (2023) que analizaron el nivel de integración de la trama urbana que aplica el método *Space Syntax*, en dos comunas de San Pedro de la Paz, Chile. A su vez, identifica la cantidad de equipamientos y densidad poblacional. Los resultados que alcanzaron

fueron que la traza urbana y su nivel de integración pierde incidencia en la práctica de movilidad cuando se trata de movimientos intercomunal. Aparte, hace la mención que la existencia de la oferta del transporte no asegura disminución de desigualdad urbana desde la movilidad de los individuos.

Otro caso es el de Zumelzu et al (2019) exponen que la teoría *Space Syntax* es utilizado para evaluar la distancia que una persona camina entre sus puntos de interés y la elección de rutas. Para esto, consideran las variables de densidad de vivienda, la diversidad de usos, el ancho de veredas, de áreas verdes y el método *people following*. Sus hallazgos fueron que las personas no eligen la ruta más corta para llegar a su destino sino la que proporcione una mayor calidad espacial.

En cuanto a estudios que relacionan los desplazamientos potenciales y la segregación tienden al desarrollo de investigaciones mixtas. El caso de Brikman (2021) busca estudiar la segregación urbana analizando las prácticas de movilidad cotidiana, de los habitantes en asentamientos informales en niveles micro y macro, obteniendo datos de las actividades y desplazamientos y la estructura de dos villas en Buenos Aires, Argentina. Después, mediante encuestas realizadas en vía pública obtener información de los motivos de desplazamiento, modos de transporte, frecuencias y destinos. Sus conclusiones fueron que la vinculación entre el uso de los espacios urbanos y la distribución desigual de oportunidades de movilidad física, servicios y equipamientos, lo que genera gradientes de segregación.

La proximidad es un término importante para la movilidad y accesibilidad ya que integran un campo fundamental para la comprensión de los sistemas de transporte; su distribución de bienes y servicios y las conductas que los ciudadanos realizan (Cortés-Salinas y Rojas-Symmes, 2021). En otras investigaciones como la de Ortiz y Peña (2023) explican que la movilidad es primordial para acceder a bienes y servicios que hacen posible el derecho a la ciudad, sin embargo, hay situaciones en que no es así. Por ello, los autores, con los índices de cociente de Gini, de accesibilidad y coeficiente de localización analizaron los impactos socioespaciales causados por el BRT en Ciudad Juárez, dando como resultado que el impacto de esta obra fue marginal en el derecho a la ciudad y accesibilidad en gran parte de la población residente en la periferia.

El estudio de Juárez et al. (2023) relaciona la accesibilidad como referente de la ciudad sostenible; la cual tiene acceso tanto a los servicios básicos como a los medios de transporte y vías de comunicación. Aparte, desarrolla los términos de distancia geográfica y social, siendo el primero el punto de origen a destino y, el segundo, como el que actúa en el capital económico, cultural y simbólico. Para desarrollar el tema, se identificaron centrales de radio de mitad de kilómetro que cubren servicios bancarios, educativos, de salud y administrativos. Después, con la técnica de correlación lineal simple explica que, en la capital del estado de Hidalgo, a medida que la distancia geográfica aumenta, el costo de la vivienda tiende a disminuir.

En otro aspecto, estudios que relacionan la movilidad con la estructura urbana es el trabajo de Chaparro (2023), su fin fue describir y explicar los patrones, límites y costos que cuenta la movilidad a causa de la estructura de la ciudad. Para esto, utiliza el indicador espacial índice de Moran y G de Getis-Ord para la observación de los censos económicos. A su vez, realizó encuestas origen-destino la cual se utilizó para determinar los patrones de movilidad. También, en escala micro, el autor utilizó la teoría de grafos para el análisis de redes y así, modelar cada viaje intraurbano.

Como se observa en los antecedentes, existe múltiples técnicas para llevar a cabo estudios de movilidad y del entorno urbano, en su mayoría se complementa la información de medios oficiales, con encuestas o entrevistas. Al igual que, métodos como la hexagonización e indicadores espaciales, índices de localización, de accesibilidad, entre otros. Hay que destacar la importancia de indicadores espaciales pues estos distinguen el papel fundamental del espacio como distribuidor y redistribuidor de oportunidades (Campos-Alanís et al., 2020).

Aparte, se utiliza distintas metodologías como la teoría del *Space Syntax*, lo que permite examinar estos conceptos con la estructura urbana. También se demuestra que esta teoría es aplicada continuamente en países de América Latina y que es funcional para el desarrollo de análisis de accesibilidad y desplazamientos. Además, que se combina con datos como densidades poblacionales, datos de equipamiento y servicios urbanos.

Por lo tanto, es preciso hacer cambios a profundidad de propuestas y estudios asertivos, responsables y sostenibles para la población mayor y la sociedad en la que vivimos (Giraldo,

2019). Pues hay una asociación entre la distribución espacial del envejecimiento poblacional y elementos urbanos que perjudican el bienestar del adulto mayor.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general e hipótesis

Analizar la influencia de la estructura urbana en la movilidad potencial de la población adulta mayor del municipio de Toluca, a través de una propuesta metodológica que incorpore el análisis espacial de indicadores locales y globales de la estructura urbana, la distribución espacial de este grupo de población y las condiciones del entorno de residencia.

Hipótesis: Las condiciones del entorno urbano, entendidas como las condiciones de infraestructura y equipamiento necesarias para la satisfacción de necesidades sociales de ciertos grupos de la población, influyen en el desplazamiento potencial de los adultos mayores.

1.4.2. Objetivos específicos

- Integrar un marco teórico que considere los posibles requerimientos de movilidad de los adultos mayores sobre los entornos urbanos.
- Representar espacialmente las características del entorno urbano necesarios para la movilidad de la población adulta mayor.
- Identificar vías caminables para la población adulta mayor, tomando en cuenta sus condiciones de integración y elección.
- Producir indicadores urbanos y socioeconómicos, para analizar los patrones potenciales de desplazamiento.

2. Marco teórico. Envejecimiento y movilidad: las condiciones que otorga el entorno urbano

En este capítulo se analiza diversos conceptos, los principales son envejecer en el lugar, urbanismo gerontológico, envejecimiento activo, movilidad y accesibilidad, integración y elección para el caso del *Space Syntax*, así como las teorías con las que se sostiene. Al relacionar estos conceptos sobre una sola temática, permite contar con una base conceptual fundamentada para abordar y proponer entornos urbanos habitables, accesibles y beneficiosos para toda la población, promoviendo una sociedad más inclusiva, saludable y conectada. Este enfoque integral ayuda a diseñar ciudades preparadas para los desafíos demográficos futuros, fomentando comunidades más conectadas y funcionales.

Por eso, el capítulo comienza examinando el envejecimiento en lugar y el urbanismo gerontológico. Enfocándose en como las ciudades pueden mejorar la calidad de vida de las personas mayores. Después, con el concepto de envejecimiento activo se identifica los determinantes de este concepto, que factores están involucrados y, por lo tanto, los que se deben atender.

Los siguientes conceptos de movilidad y accesibilidad son esenciales, ya que una buena infraestructura urbana permite a las personas mayores moverse fácilmente y participar en su comunidad, reduciendo el aislamiento y mejorando su bienestar.

Por último, se introduce el método y teorías que respaldan al *Space Syntax*, lo cual es útil como una herramienta para analizar la configuración espacial de las ciudades y su impacto en el movimiento y la accesibilidad de los mayores.

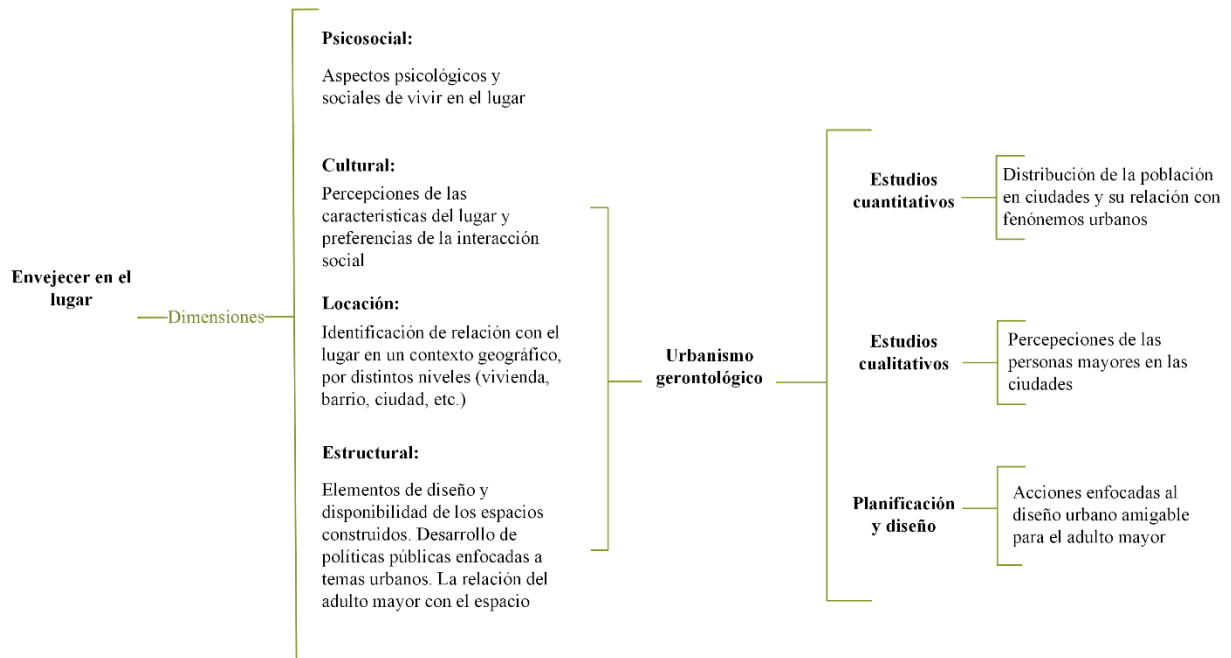
2.1. Envejecimiento en el lugar y urbanismo gerontológico

El envejecimiento en el lugar se puede definir según Rogers et al (2020) “el viaje de uno para mantener la independencia en su lugar de residencia, así como para participar en su comunidad” (p. 9) esta definición, según autores, refleja que envejecer es un proceso, en donde enfatiza la atención personal de conservar su independencia, así como involucrarse en el espacio, en la comunidad, el cual es un factor clave para envejecer en el lugar.

Envejecer en el lugar implica diversos factores, este concepto según Cárdenas (2021) puede explicarse en cuatro dimensiones, el primero se relaciona hacia los aspectos psicológicos y sociales de los adultos mayores en vivencia del lugar, el segundo desarrolla las percepciones de la población sobre el entorno y sus preferencias de interacciones sociales, el tercero se relaciona con el espacio por distintas escalas, por último el estructural se deriva de los elementos de diseño urbanos y disponibilidad de infraestructura, para implementar políticas públicas en temática de vivienda, movilidad, urbanización, entre otros (véase figura 2). Ante estos factores se origina el urbanismo gerontológico, pues nace de la inquietud de los planificadores urbanos ante el envejecimiento en las ciudades, en donde distintos sectores de la sociedad, sobre todo los gobiernos locales, tienen una carente capacidad de adaptar los entornos urbanos ante una población que envejece y estará en situación de vulnerabilidad (Bello, 2013; García-Valdez et al, 2019).

De acuerdo con Cárdenas (2021) el urbanismo gerontológico se compone de tres campos de estudio (figura 1). El primero de estos es el cuantitativo cuyo fin es de analizar la distribución de la población urbana y su relación con fenómenos urbanos como la segregación y metropolización. El segundo se enfoca en la percepción que tienen las personas mayores en las ciudades en temas como su vida cotidiana, habitabilidad e identidad. Por último, el tercero se enfoca en la propuesta de diseño urbano y de política pública enfocada hacia distintos temas urbanos que coadyuven en el bienestar de los adultos mayores.

Figura 1 Dimensiones del envejecimiento en el lugar y urbanismo gerontológico



Fuente: Elaboración propia con base en Cárdenas (2021)

Es así como, el urbanismo gerontológico puede ser un elemento clave para el análisis de los cambios en los grupos de edad y la modificación de los requerimientos del entorno urbano, evitando que el envejecimiento marque diferencias territoriales al contar con conciencia social sobre los retos de la población urbana en las próximas décadas y abordar programas para este sector (Narváez-Montoya, 2012; García-Valdez et al, 2019; Sánchez, 2007).

Otro aspecto por tomar en cuenta sobre el urbanismo gerontológico es la definición del entorno urbano. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, no existe una descripción que integre en su totalidad las características del entorno. Esto se debe a la variedad de definiciones relacionadas con el estudio urbano, por ejemplo, según Cruz (2022), es el espacio construido por la actividad humana y contiene elementos naturales. No obstante, este concepto tiene similitudes con el de la estructura urbana, que se refiere a una serie de elementos físicos destinados a la realización de actividades que están interrelacionados y son primordiales en la conformación de una ciudad como las vialidades, equipamientos, infraestructura urbana, áreas verdes y zonificaciones de usos (Zoido et al., 2000; Ducci, 1990). Otro concepto es el de Martínez (2015) con su definición de ecosistema urbano, el cual se refiere a un sistema en el que existen interacciones mutuas que determinan su

funcionamiento, así que un ecosistema urbano es la integración de elementos naturales y construidos desarrollados por la actividad humana.

Los núcleos de atención del urbanismo enfocado a personas mayores, según Cardo (2021) son el desplazamiento y transporte, espacios públicos y áreas verdes, equipamiento y servicios, así como la vivienda. En el primero, menciona que la hegemonía de la movilidad actual se basa en uso del automóvil, lo que condiciona el crecimiento urbano, creando bajas densidades y zonas dispersas con equipamientos limitados, así como la nula conexión del transporte público. Una ciudad dependiente del vehículo privado y, el adulto mayor dependiente a una persona cuidadora. En los equipamientos, la población envejecida debe contar con servicios útiles para ellos en proximidad. Para los espacios públicos se busca el acceso a ellos, junto con mobiliario urbano adecuado al sector; creando un espacio seguro y accesible por medio de la caminata. Como menciona Sadik-Khan “Las calles deberían ser seguras y sencillas de usar sin importar la edad o la capacidad. Los residentes de la ciudad deberían esperar y exigir calles seguras para las personas de 8 u 80 años” (Citado por Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2019, p. 362). Por último, en cuanto a la vivienda, se enfoca en la accesibilidad del espacio privado, adaptada a las necesidades del adulto mayor, tomando en cuenta sus limitaciones físicas (Cardo, 2021).

Estos núcleos de atención permiten abordar análisis multiescalares desmenuzando tanto las capacidades de la ciudad para satisfacer las necesidades de la población como la composición de elementos urbanos en cada localidad, colonia y manzana, los cuales establecen las reglas de interacción y comportamiento los habitantes urbanos. Por ello es importante mencionar algunas de las características potenciales en diversas áreas de la ciudad. Para esto, se tomará en cuenta la clasificación de espacios urbanos que Bazant (2020) establece para estudios microurbanos:

- Centros urbanos: Si el centro de la ciudad es de herencia colonial se caracteriza por tener una traza reticular cuyas calles principales comunican distintas partes de la ciudad o región. En su interior se posicionan distintas edificaciones político-administrativas, así como una actividad predominante en el comercio y oferta de servicios. Por lo que se observa una gran dinámica de movimiento que hace que haya más población flotante que residente en esta zona.
- Colonias céntricas: Por la accesibilidad que cuentan estas zonas, se tiende a la concentración de inversiones lo que aumenta la plusvalía de la propiedad. En estas zonas se perciben una modificación gradual de la vivienda, al remodeladas para hacer uso como

edificios departamentales, de oficinas o comercios en la planta baja, por lo que hace mayor presencia de población flotante que residente.

- Corredores urbanos: En estas zonas se observa una gran variedad de puestos o vendedores ambulantes que pueden limitar la comodidad de desplazamiento de los peatones. Existe un alto tránsito vehicular y peatonal debido a los comercios y servicios aledaños de estas extensas vialidades.
- Pueblos conurbados: La proximidad de la ciudad modifica la estructura de los pueblos conurbados, mientras que la ciudad más se expande gracias a las vías de comunicaciones, empieza intensificar la dinámica entre las poblaciones. Estas poblaciones se vuelven subcentros urbanos que ahora, sus habitantes se desplazan a zonas céntricas de la ciudad para solventar alguna necesidad.
- Colonias consolidadas: Según el autor, estas zonas se comunican con vialidades principales, por su traza irregular, estas calles tienen una gran carga de funcionalidad pues son las que dan acceso a estas colonias que se van expandiendo. También, las comunica hacia avenidas principales del entramado urbano que conectan con las zonas de servicio de la ciudad.

Con estas referencias, podemos comprender que cada zona de la ciudad tiene diversas dinámicas en su interior. Si bien puede haber una diferencia de estas características por las condiciones geográficas y económicas de la ciudad, nos da un panorama general de las condiciones del entorno urbano y su movilidad.

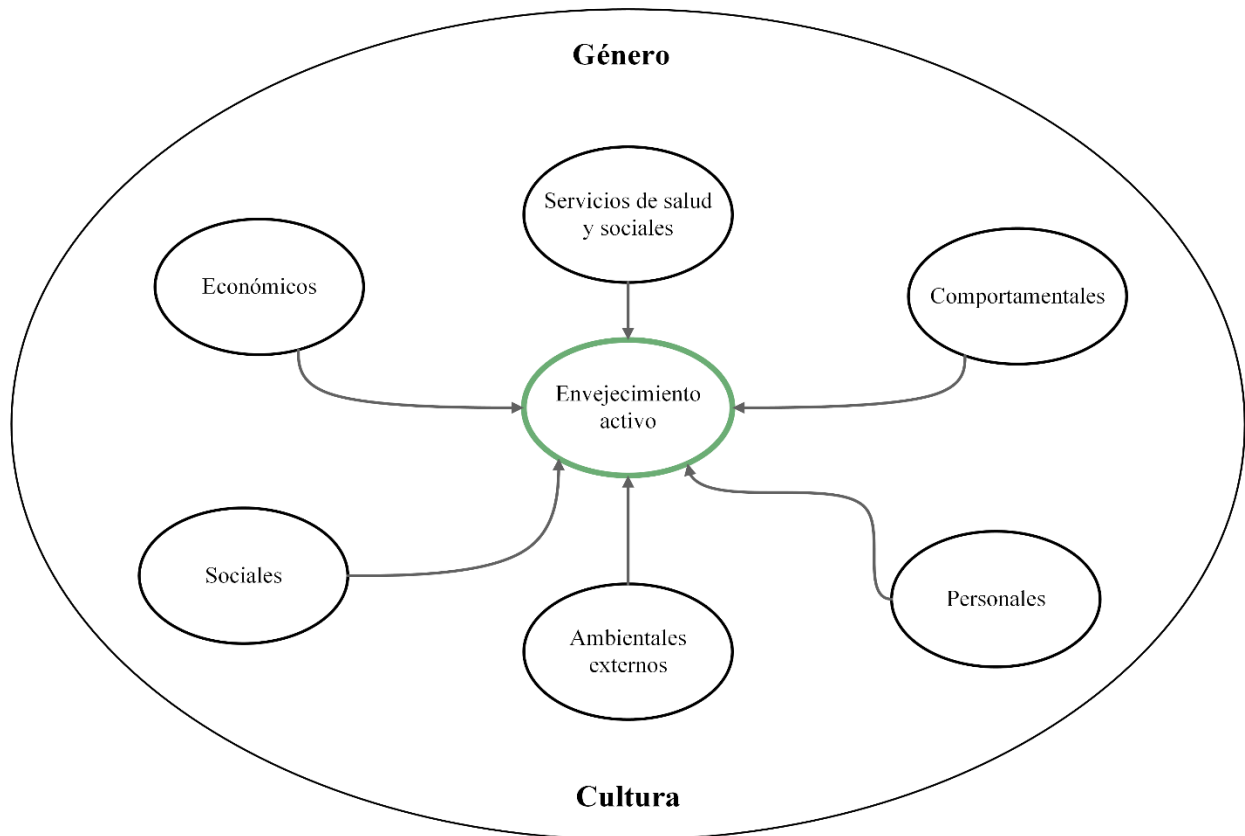
Otro campo importante de la población envejecida y la ciudad es la guía “*Ciudades globales amigables con los mayores*” de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en donde Garrocho y Campos (2016) desarrollan que impulsa el envejecimiento activo al optimizar las oportunidades de salud, seguridad y participación, para elevar la calidad de vida de la población. Asimismo, se busca que la población tome un rol importante en la comunidad, según la OMS (2007) al promover este tipo de ciudad, trae consigo beneficios en la infraestructura urbana mejorando la movilidad e independencia de personas que cuenten con limitantes físicas. Además, se fomenta la creación de barrios seguros con mayor participación de la sociedad en actividades de recreación.

2.2. Envejecimiento activo

El término de envejecimiento activo se define como la mejora de las oportunidades de salud, participación y seguridad para elevar la calidad de vida a medida que las personas envejecen (WHO, 2002 p. 12). Las políticas y programas derivados de este concepto es que las personas mayores sean autónomas e independientes el mayor tiempo posible (Garrocho y Vilchis, 2021, p. 304) Además, los factores involucrados para el envejecimiento activo reconocen la heterogeneidad

de la diversidad en la edad como el decrecimiento de la capacidad física, el estilo de vida, más aparte las políticas públicas que pueden alterar la disminución de las capacidades de la población (OMS, 2007). Estos determinantes se visualizan la figura 2, de los cuáles Marzo et al. (2023) destacan que al mejorar estos factores aumenta la calidad de vida para las personas mayores. Empero, los determinantes transversales género y cultura impactan en la condición del envejecimiento. Por lo tanto, si no existe una cultura que aborde los cuidados y la salud de las personas mayores junto con la falta de políticas y programas que consideren la perspectiva de género, perpetuará las desigualdades existentes dentro de este grupo de edad (WHO, 2002).

Figura 2 Factores del envejecimiento activo



Fuente: OMS (2007)

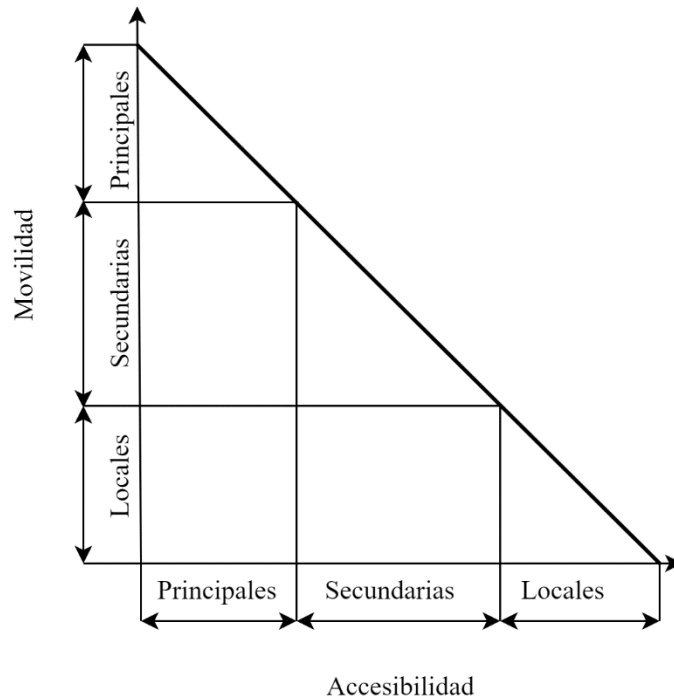
2.3. Movilidad potencial y su relación con la accesibilidad

Con base en la revisión de la literatura realizada por Reyes et al. (2019) definen que la movilidad es la acción de desplazarse entre numerosos puntos con la finalidad de llevar a cabo actividades necesarias y cotidianas. Si el deseo y/o necesidad de viaje de un punto a otro es en un área urbana que se compone por divisiones de uso de suelo se genera la movilidad urbana. En relación con la edad avanzada encaran la deficiente infraestructura física, condición de los sistemas y servicios urbanos con los comportamientos exhibidas hacia las personas mayores, estas barreras aíslan a los adultos mayores, los confinan, generan soledad, aislamiento, depresión y afectan su salud (Cinderby et al., 2018; Garrocho y Vilchis, 2021).

Por otra parte, la accesibilidad es la realización de viajes eficaces y útiles de una ubicación puntual a otra, entendiéndose como eficacia la visita al mayor número de lugares gracias a la movilidad (Handy, 1993; Miralles, 2002; Suárez y Delgado, 2007; Graizbord, 2008; Negrete, 2008; citado por Reyes et al, 2019) asimismo, Miralles-Guasch (2002) la define como una variable que relaciona las características del espacio y oportunidades de actividades. Aparte, Pereira (2023) añade que no solo está influenciada por la distribución espacial de la población y actividades económicas, sino además por la configuración y ejecución de la red del transporte. Entonces, para medir la oportunidad de los desplazamientos hay que enfocarse en la oferta de espacios e infraestructuras que estén adaptadas a cada tipo de traslados en el comportamiento espacial (Herce, 2009).

Continuando con el tema de la red vial, es importante mencionar su clasificación y características. Normalmente un sistema vial se clasifica en tres grupos: primarias, secundarias y locales (véase figura 2) donde cada una tiene un nivel de grado de movilidad y accesibilidad. Por ejemplo, con base en Reyes y Cárdenas (2018) las calles principales, permiten el movimiento entre distintas partes de la ciudad y se conectan con la red de carreteras y vías rápidas, se caracterizan por ser de acceso controlado al igual que las carreteras, destinadas a contener un gran número de volúmenes de tránsito. En cambio, vialidades secundarias proporcionan un equilibrio, pues distribuyen el tránsito tanto a las calles principales como a las locales. Finalmente, las calles locales aproximan los desplazamientos hacia las residencias u otras propiedades colindantes como puestos comerciales e industriales.

Figura 3 Clasificación de un sistema vial



Fuente: Reyes y Cárdenas (2018)

2.4 Teorías del space syntax

El *Space Syntax* es un método y a la vez una teoría que difundió Bill Hillier y colegas de la Universidad de Cambridge. Según Koohsari et al (2016) está relacionada con las funciones de la forma urbana; aparte, está desarrollado principalmente para los campos de diseño urbano y arquitectura con el objetivo de entender la configuración espacial de las áreas urbanas, como los edificios, y el movimiento de las personas. Adicionalmente la teoría está basada en los principios espaciales de centralidad, extensión, contigüidad y compacidad los cuales se refieren a: que tan céntrico es un elemento en un espacio definido, la extensión de un segmento, las relaciones de vecindad de un objeto y la densidad (Yamu et al., 2021). Esto favorece a la ejecución de un análisis espacial, además que nos permite trabajar con la visión de que la ciudad y las interacciones existentes dentro de esta, son causante de flujos (Paranaiba, 2018). De acuerdo con van Nes y Yamu (2021) el método del *Space Syntax* consiste en calcular las relaciones espaciales del entorno construido, además que, para estudios del entorno urbano facilita en cuatro aspectos:

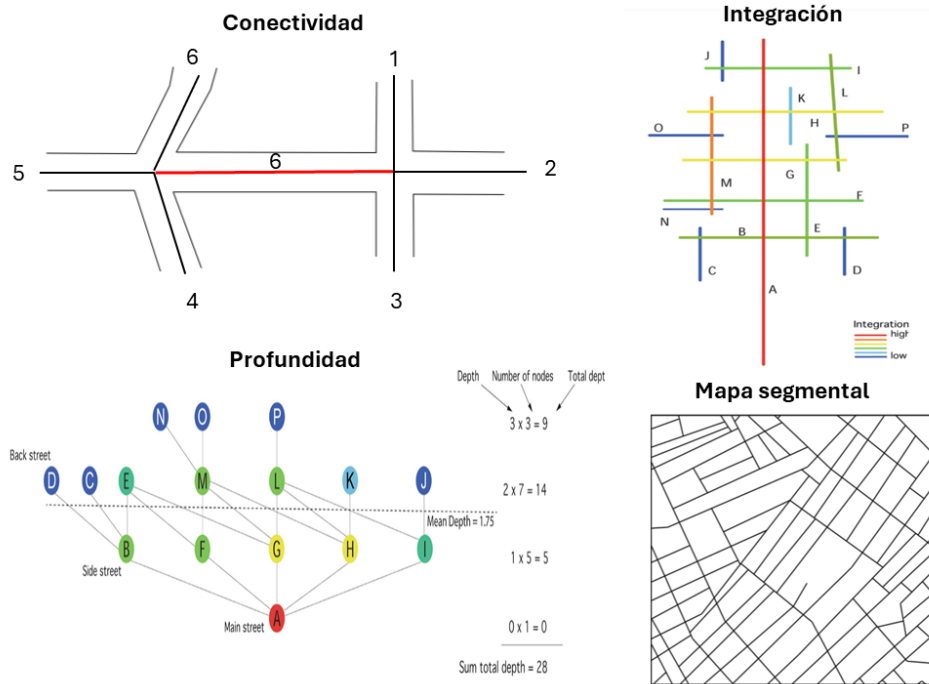
- La claridad y definición de las unidades espaciales.
- Conjunto de técnicas que ayudan al análisis de las ciudades como redes de espacio formadas por la agrupación, disposición y orientación de los edificios.
- Serie de métodos para observar como las redes se relacionan con patrones como el flujo vehicular y peatonal, uso de suelo, diferenciación de áreas, entre otros.
- Contribución a nuevas teorías y comprender como las ciudades que se constituyen espacialmente, afectan o generan las actividades sociales, económicas y aspectos cognitivos.

Además, cuenta con una extensa variedad de conceptos los cuales, Paranaiba (2018) menciona los siguientes:

- *Connectividad*: Es una medida local que explica el número de conexiones por calle y sus calles vecinas.
- *Mapa segmental*: Mapa de segmentos de una red vial.
- *Integración angular de segmentos*: Representa que tan integrado es cada segmento de calle en relación con los demás tomando en cuenta el número de cambios de dirección total; para los entornos urbanos la integración muestra los movimientos potenciales en el sistema.
- *Elección angular*: se refiere a qué tan integrada es cada segmento de calle en relación con los demás, considerando el número de desviaciones angulares. El análisis de elección angular (traducido al español) representa el potencial de movimientos continuos y rectos en un sistema.
- *Profundidad total*: es el número total de desviaciones angulares desde cada segmento de calle a los demás.

Para explicar mejor los conceptos en la figura 4 se esquematizan los conceptos de conectividad, integración y la profundidad total. El primero, representa que el segmento que está en medio se conecta por otros seis segmentos, es por ello por lo que el arco tenga una conectividad de seis. La integración angular de segmentos indica la accesibilidad de un segmento en relación con todos los demás, esta definición es la parte importante de la integración, como se muestra en la figura la línea de color rojo es la que está más integrada comparándola con el resto. El siguiente termino es el de profundidad, en palabras simples, son los segmentos que son necesarios atravesar para llegar de un espacio a otro, en la figura se observa que el nodo A no tiene otro conectado después de este, por lo tanto, es el que tiene una menor profundidad, mientras que los nodos P, M, N, tienen que atravesar 3 nodos para llegar hacia A y son tres nodos iniciales, por lo tanto, su profundidad es de nueve. Este término es necesario para la integración, pues esta es la distancia inversa de la profundidad. Por último, un mapa segmental es un mapa que se compone por nodos y cada uno está conectado por segmentos.

Figura 4 Conceptos principales del space syntax



Fuente: van Nes y Yamu (2021)

Otro término que es necesario describir es el *radii*, según van Nes y Yamu (2021) hay tres tipos de radios aplicables al *Space Syntax*: geométrica, topológica y métrica. El primero se refiere a la desviación angular de un segmento considerando ángulos de 90 a 180 grados, una calle principal puede ser de mayor longitud, pero no tendrá demasiados ángulos, a comparación de una calle local serpenteada. El radio topológico se refiere a los cambios de dirección. Por último, el métrico que calcula lo integrada que está una línea dentro de una determinada distancia métrica.

Una teoría que complementa la información del *Space Syntax* es la teoría de combinaciones espaciales en donde se aplican cuatro principios espaciales (van Nes y Yamu, 2021):

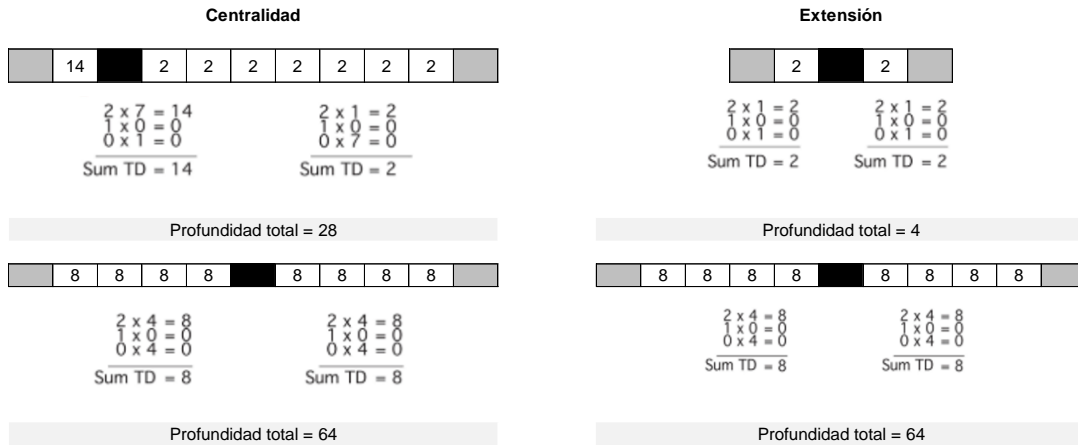
- La centralidad que demuestra la concentración de un objeto construido incrementa la profundidad media más que un objeto posicionado en un borde de la figura geométrica.
- El principio de extensión refiere a que una línea extensa aumenta la profundidad topológica.
- La contigüidad se refiere a que manzanas extensas incrementa la profundidad topológica más que manzanas pequeñas y separadas.
- La compacidad se refiere las líneas rectas aumentan la profundidad topológica más que las líneas.

La combinación excesiva de zonas de la ciudad con manzanas de gran extensión, así como de vialidades, afectan negativamente a la permeabilidad del sistema urbano, entendiéndose este concepto como la facilidad del desplazamiento a través de un entorno, lo cual depende de caminos y objetos situados en el espacio urbano (Ghonimi, 2010, citado en Mayorga, 2017).

Para ejemplificar efectivamente estos principios se recurren a las gráficas de van Nes y Yamu, (2021) donde la figura 5 visualiza la centralidad en dos casos: el primer ejemplo se representa una serie de bloques con profundidad de dos, refiriéndose a este término como la cantidad de pasos desde el punto inicial al punto destino, mientras que la profundidad total es el número de pasos que hay que atravesar desde un punto origen en el sistema (Yamu et al., 2021). En la sumatoria de los bloques su totalidad es de 28. Mientras que, en el segundo ejemplo, existe un objeto construido en el centro de los bloques, lo que en su profundidad de cada bloque aumenta a ochos pasos, dando una totalidad de 64 pasos para atravesar de cualquier punto. Esto, de acuerdo con los autores, lo ejemplifican a que, si existe una gran construcción en una plaza central, contribuye más a la segregación del vecindario que colocar el mismo edificio en el borde de la plaza.

En cuanto a la extensión, vemos nuevamente dos ejemplos: en el primero se observa que una calle corta cuenta con una profundidad total mínima, con respecto al segundo ejemplo que una vialidad con mayor longitud. De igual manera, van Nes y Yamu (2021) ejemplifican este principio, si se bloquea una vialidad de gran extensión, que conecta el centro de la ciudad con sus suburbios podría resultar en una segregación, pues impide el flujo libre de personas y vehículos, lo que entorpece la conectividad del centro con sus áreas residenciales.

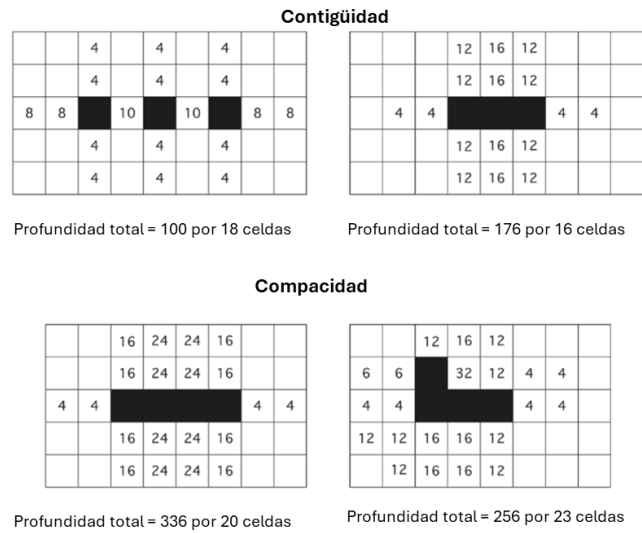
Figura 5 principios de centralidad y extensión



Fuente: van Nes y Yamu (2021)

Los principios de contigüidad y compacidad se visualizan en la figura 6. En el primero, se visualiza que la continuidad de bloques más a la profundidad del espacio que celdas urbanas de menor extensión. En otras palabras, que las manzanas urbanas de menor tamaño contribuyen a una alta integración espacial que las de mayor extensión (van Nes y Yamu, 2021). Este ejemplo es similar con el principio de compacidad, este se enfoca más hacia el entorno construido. Los autores la definen como las edificaciones lineales aumenta la segregación del vecindario más que edificaciones que aprovechan el espacio urbano no aumentando la extensión de la infraestructura, si no que promueve la densidad.

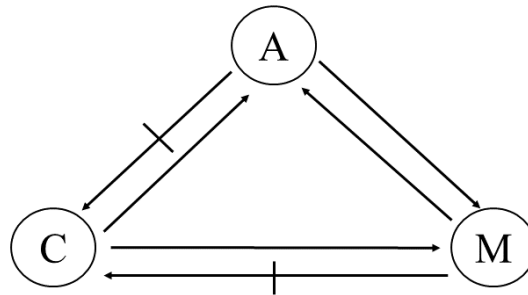
Figura 6 Principio de contigüidad y compacidad



Fuente: van Nes y Yamu (2021)

Además, de las combinaciones espaciales, el *Space Syntax* toma en cuenta la configuración del espacio. En la figura 7, Hillier et al. (1993) demuestran la fuerte correlación de la configuración espacial (C) sobre los atractores (A) y desplazamientos (M) porque las atracciones y movimientos pueden influirse mutuamente, pero las otras dos relaciones son desproporcionales. En donde la configuración influye en la ubicación de los atractores, pero los atractores no pueden intervenir en la configuración. Asimismo, los movimientos no interfieren en la configuración espacial, pero esta sí puede hacerlo hacia los desplazamientos.

Figura 7 Triada de la configuración, atractores y movimiento



Fuente: Hillier et al., 1993

Estos principios dirigen la teoría del movimiento natural. Es decir, la configuración es el generador principal de patrones de desplazamiento peatonales en los sistemas urbanos; esta proporción de movimientos de peatones que está influenciada por la configuración de la traza urbana es llamada como “movimiento natural” (Hillier et al., 1993). El autor Hillier et al. (1993) expresa que el movimiento natural es un problema morfológico en el urbanismo, pues es un producto funcional de la naturaleza de la traza urbana. Por último, Van Nes y Yamu (2021) resumen las causas y efectos relacionados de esta teoría: 1) la configuración espacial afecta los flujos de desplazamientos, 2) la configuración afecta los patrones de atracción de actividades económicas, 3) los movimientos están influenciados por la localización de actividad comercial y viceversa.

En resumen, el envejecimiento en el lugar y el urbanismo gerontológico son fundamentales para adaptar nuestras ciudades a una población envejecida. Al conservar la independencia y la participación de las personas mayores es crucial para un envejecimiento saludable, considerando aspectos psicológicos, sociales, espaciales y de infraestructura es esencial para crear entornos inclusivos. En este estudio, se retoma el urbanismo gerontológico con un punto de vista cuantitativo para analizar la distribución de la población en edad avanzada, apoyado por metodologías como el *Space Syntax*, que proporciona un marco para analizar y mejorar la configuración espacial urbana, asegurando que las ciudades sean accesibles y acogedoras para las personas mayores. Para el aprovechamiento de este conjunto de técnicas, se toma en cuenta los conceptos de integración y elección para abordar un análisis espacial, con los parámetros de considerar un *radii* de distancia métrica. Este enfoque integral prepara a las ciudades para enfrentar los desafíos demográficos del futuro, fomentando comunidades más unidas y funcionales.

3. Enfoque metodológico: operacionalizando la vejez y el entorno urbano

La zona de análisis es en el municipio de Toluca, Estado de México. Este municipio es la capital del estado, colinda con los municipios de Almoloya de Juárez, Temoaya, Oztolotepec, Calimaya, Tenango del Valle. Al este con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec, al oeste con Zinacantepec y Almoloya de Juárez; su principal actividad económicas es el de servicios, seguido de la industria y agricultura².

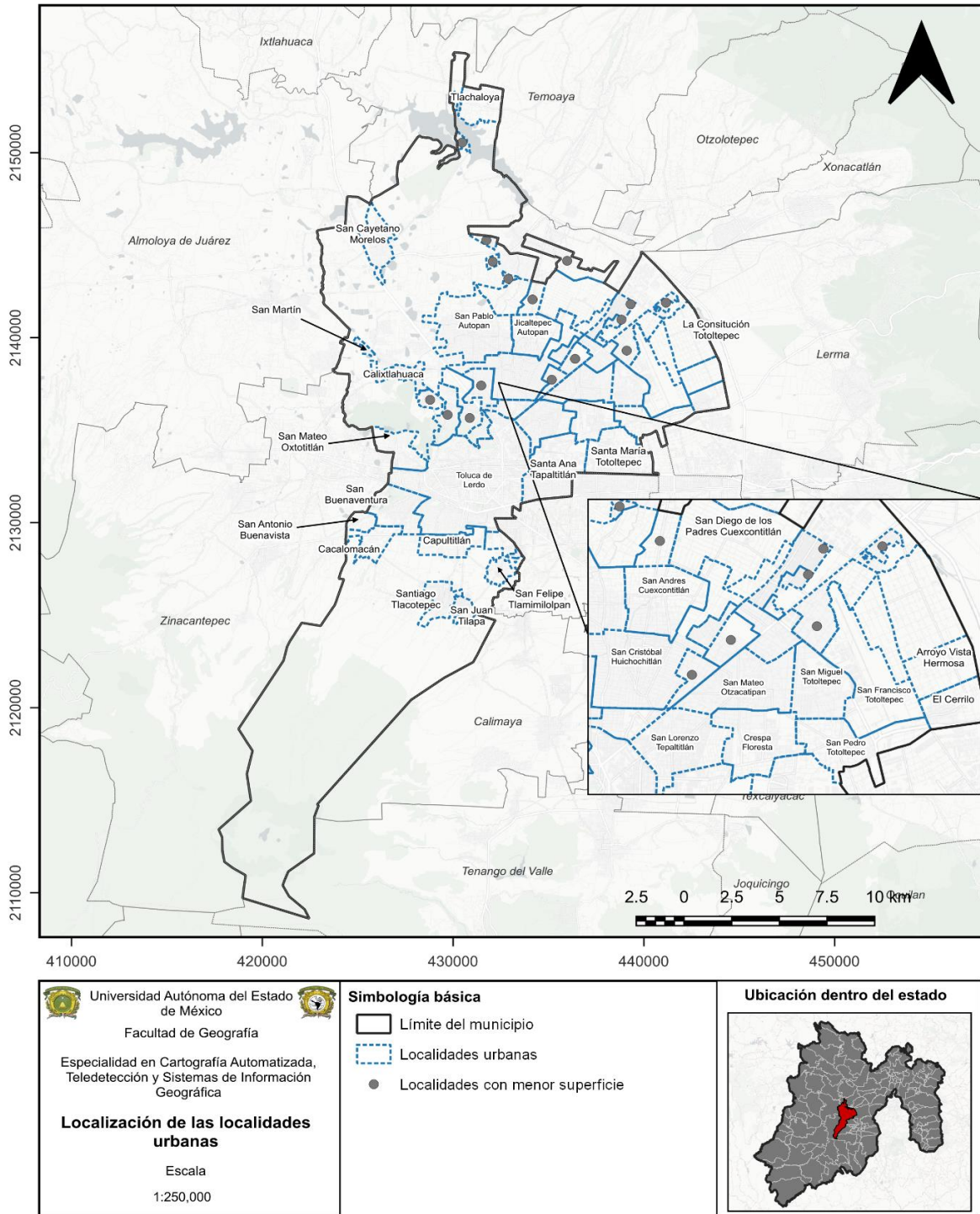
Esta sección se enfoca en los pasos para abordar el tema del envejecimiento y el entorno urbano desde un enfoque espacial, considerando distintos principios del análisis espacial. El contenido de este apartado va hacia la ubicación del área de estudio y su contexto, los principios dirigentes del proyecto, el flujo de trabajo implementado y las actividades realizadas. También, se utilizó diversas herramientas como los sistemas de información geográfica (ArcGIS y Qgis), el sistema de ayuda a la decisión espacial (GeoDa), así como de manejo de hojas de cálculo y estadístico (Excel y SPSS). El alcance de esta investigación es cuantitativo la cual consiste en la recopilación de datos socioeconómicos para describir y explicar la movilidad de la población adulta mayor y estructura urbana. Por ende, el estudio se desarrolla a nivel de agregación a manzana urbana, teniendo de universo a 7,910 elementos que se delimitan por las 51 localidades urbanas del municipio de Toluca (mapa 1). En el mapa se visualizan localidades con representación puntual, las cuales las más cercanas a Toluca de Lerdo son Santiago Tlaxomulco y Santa Cruz Azcapotzaltongo, al norte de estas dos se sitúan las localidades de San Marcos Yachihuacaltepec (el cual colinda con Calixtlahuaca) y Santiago Miltepec.

En las colindancias de Jicaltepec Autopan se ubica al este Jicaltepec Cuexcontitlán, al norte el fraccionamiento San Diego, al norte de este conjunto habitacional se sitúan el fraccionamiento Real de San Pablo y la localidad de Galaxias Toluca. En el límite del municipio cercano a Oztolotepec está Ejido Revolución. En la zona noroeste de Toluca de Lerdo está La Magdalena Oztacatipan, la cual está en medio de San Cristobal Huichochitlán y San Mateo Oztacatipan. En este orden, al noreste de estas localidades se localizan Santa Cruz Oztacatipan, San Nicolás

² Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024. <https://copladem.edomex.gob.mx/planes-desarrollo-municipal-2022-2024>

Tolentino, Hacienda Santín, Sauces y el conjunto las Misiones. Este último cercano al municipio de Lerma.

Mapa 1 Localización de localidades urbanas del municipio de Toluca, 2020



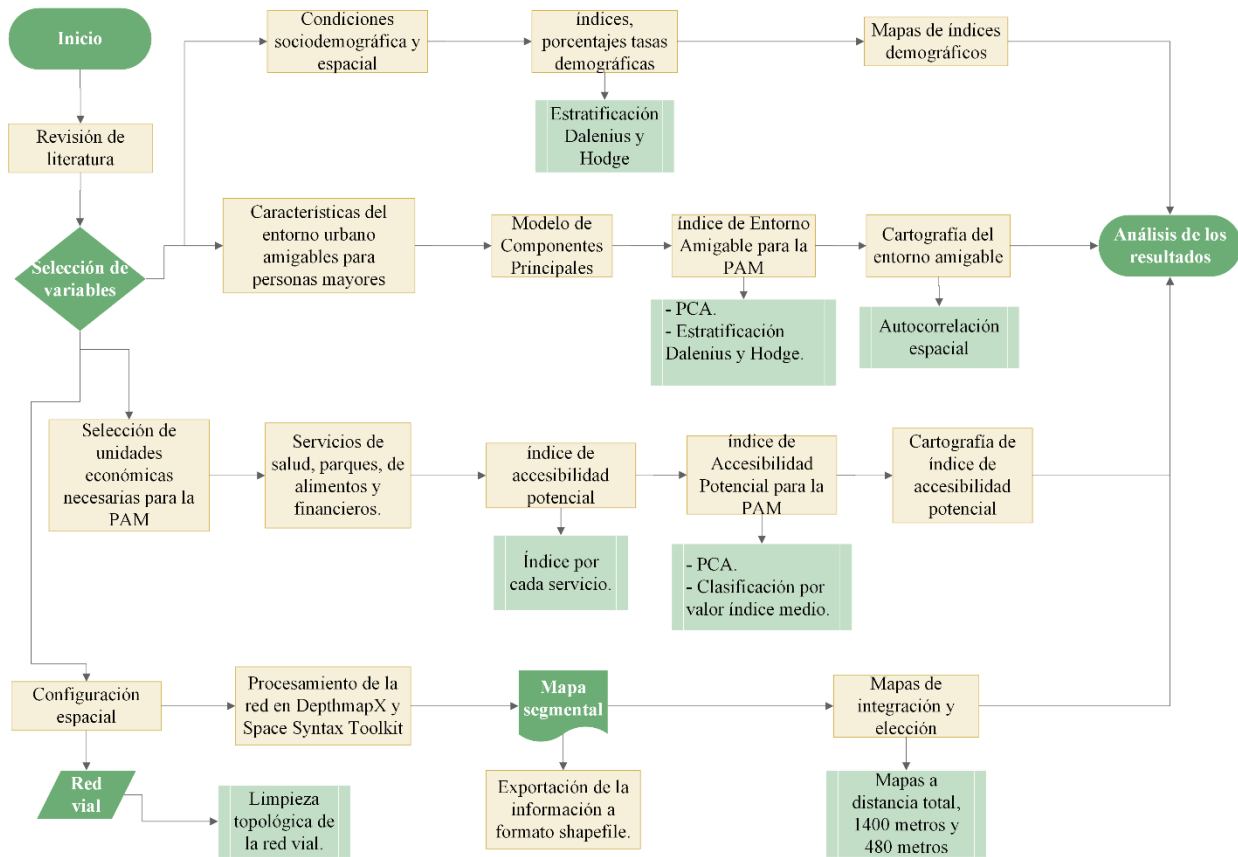
Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: elaboración propia con base en Marco Geoestadístico, INEGI (2020)

Las directrices de este estudio es el análisis espacial el cual es el conjunto de técnicas y modelos asociados a la ubicación de cada agrupación de datos (Chorley, 2019). En síntesis, es la colección de procesos con los que explotar los datos espaciales (Olaya, 2020). Por lo tanto, existen definiciones que Buzai y Montes Galbán (2021) describen para llevar a cabo el análisis y que están asociados con el principio de la ciencia geográfica:

- Localización: donde las entidades y sus propiedades poseen una ubicación en la superficie. A su vez, puede mantenerse en una posición fija o relativa en la que se dispone vínculos funcionales.
- Distribución espacial: El conjunto de entidades de una característica se distribuye en el espacio geográfico. Es posible observar una asignación puntual en el cual existe una concentración espacial o distribución regular que se visualiza mediante un análisis de vecindad.
- Asociación espacial: se refiere a la perspectiva vertical u horizontal del fenómeno, es decir, de las relaciones halladas de las distribuciones espaciales o de unidades que cuentan con distancias de vecindad, que comparten límites o vínculos relacionales de diverso tipo.
- Interacción espacial: es la conceptualización de los componentes para percibir una realidad del sistema. Por lo tanto, es la integración relacional de los sitios, distancias y vínculos que construyen un espacio funcional.
- Evolución espacial: se añade la dimensión temporal la cual es el estudio de las configuraciones espaciales a través del tiempo. Como define Buzai y Montes Galbán (2021), tomando de referencia a la geografía, “es la ciencia que estudia el presente y desde ahí se dirige hacia el pasado o al futuro, estos últimos permiten generar propuestas de intervención necesarias para la planificación territorial” (p. 38).
- Globalidad territorial: es hacia donde llegamos siguiendo los pasos del análisis espacial. Es decir, es la síntesis de la combinación de las etapas anteriormente mencionadas.

Por lo tanto, la estructura de la investigación se agrupa en cuatro fases (véase figura 8) que se desencadenan de la revisión de literatura destacando los conceptos del urbanismo gerontológico, Space Syntax, accesibilidad y desplazamientos potenciales en los entornos urbanos.

Figura 8 Flujo de trabajo



Nota: PCA hace referencia al análisis de componentes principales. Fuente: Elaboración propia

3.1 Condiciones sociodemográficas y espaciales

Para esta sección se utilizó la información del Censo de Población y Vivienda 2020 de INEGI a nivel de manzana, considerando los grupos de edad de 0 a 14 años y de 60 años y más para realizar los índices que más adelante se describen³. Partiendo desde un conocimiento académico y científico del envejecimiento, así como de conceptos urbanos, se identificó las condiciones sociodemográficas por manzana para la obtención de índices de envejecimiento, razón de dependencia y envejecimiento interno, se tomó en cuenta la información que Huenchan (2021)

³ También, para realizar la cartografía de los índices demográficos se realizó la solicitud de información al INEGI (clave LM 2487) y así representar estos insumos por manzana.

integra en el documento “*Indicadores sobre envejecimiento y personas mayores en Centroamérica, México y el Caribe hispano*”. Con esta revisión, las fórmulas que se aplicaron fueron el índice envejecimiento, envejecimiento interno y razón de dependencia. Las cuales se aplicaron de la siguiente manera:

El índice de envejecimiento es uno de los más recurrentes en estudios de envejecimiento. Este representa la cantidad de población de 60 años y más por cada 100 jóvenes menores a 14 años.

$$I_{envejecimiento} = \frac{P_{60 \text{ y más}}}{P_{0-14}} * 100$$

La relación de dependencia demográfica toma en cuenta la población mayor a 65 años por cada 100 personas de 20 a 64 años. Esta razón favorece en identificar cuántos adultos mayores se encuentran dependientes de la población que por edad pueden generar ingresos.

$$R_{dep} = \frac{P_{65 \text{ y más}}}{P_{20-64}} * 100$$

El envejecimiento interno demuestra la distribución de la población adulta mayor, enfatizando los que están en edades superiores a los 80 años con respecto a los de 60.

$$I_{Interno} = \frac{\sum P_{80 \text{ y más}}}{\sum P_{60 \text{ y más}}} * 100$$

Para el índice de Sundbarg se tomó en cuenta la información proporcionada por Ortiz y Gerónimo, (2008) y Canales (2016). Esta variable representa la proporción de los grupos de edad de 0 a 14 años y de 50 años y más, tomando como referencia a la población de 15 a 49 años. Cuando el porcentaje de los menores de 14 años supera al grupo mayor a 50, la población es progresiva, si se igualan es estacionaria, si los de 50 años y más supera a los menores de catorce, es regresiva.

$$I_{Sundbarg} = \frac{\sum P_{0-14}}{\sum P_{15-49}} * 100 \geq \leq \frac{\sum P_{50 \text{ y más}}}{\sum P_{15-49}} * 100$$

Para el caso de las tasas de crecimiento, se calculó el logaritmo natural de la población final entre la población inicial sobre el tiempo intercensal. Este último se tomó en cuenta el día medio del

periodo de levantamiento de la información de los años 2010 al 2015 y 2015 al 2020. Por ejemplo, la mitad de periodo de levantamiento de la información de la encuesta intercensal 2015 y el censo poblacional del 2020 fueron los días 15 de marzo. Después, se contabilizó el tiempo en donde por convención se considera 365 días al año. Es así como, para la primera temporalidad, su tiempo intercensal es de 4.76, mientras que el siguiente es de 5.01. Finalmente, la tasa de crecimiento representa la velocidad de incremento de la población del último año de los períodos analizados.

$$r = \frac{\ln \frac{P_1}{P_0}}{t} * 100$$

Para calcular el tiempo de duplicación, es decir en cuánto tiempo se incrementará al doble la población, se aplicó la división del resultado de logaritmo natural de 2, el cual se redondea y se multiplica por 100 para obtener el valor de 70, con respecto a la tasa de crecimiento.

$$\text{Duplicación} = \frac{\ln (2)}{r}$$

En esta fase se realizó tres mapas que dan contextualización a la zona de estudio referentes a los índices de envejecimiento, dependencia por edad y envejecimiento interno.

3.1.1. Estratificación por el método de Dalenius y Hodge

Para la estratificación de los datos, se aplicó el método de Dalenius y Hodges, el cual implica ordenar, clasificar y agrupar el conjunto de datos en rangos. Este método utiliza la estandarización de los datos para minimizar la varianza dentro de cada estrato, lo que resulta en una organización estructurada que facilita su interpretación y análisis⁴. El procedimiento es el siguiente (Campos, 2009):

- Ordenar de manera ascendente las observaciones.
- Agrupar las observaciones en j clases donde sea el valor mínimo por el número de estratos.
- Calcular el rango que implica el índice de (valor máximo – mínimo/ número de clases)

⁴ INEGI (2010). Nota técnica estratificación univariada. Disponible en: https://gaia.inegi.org.mx/scince2/documentos/scince/metodo_notaTecnica.pdf

- Calcular los límites para cada rango, los límites inferiores y superiores de cada intervalo. Para ello, se parte del valor mínimo total de las observaciones y se suma la amplitud del intervalo.
- Calcular la frecuencia sin discriminar. Se aplica la fórmula en Excel = *Contar.Si(rango que contiene los valores del índice; "≤límite superior de cada intervalo")*
- Calcular frecuencia discriminada, el cual consiste en restar a partir del segundo valor y el valor inmediato anterior de la frecuencia sin discriminar.
- Calcular la raíz cuadrada de la frecuencia discriminada.
- Realizar una suma acumulada de las raíces cuadradas de las frecuencias acumuladas. Los cuales se dividen por el número de estratos requeridos para el índice (en este caso corresponde a 5). El valor resultante se multiplica por el número de estratos necesarios para el índice, ejemplo: 2,3,4,5.
- Para seleccionar los valores para encontrar los nuevos grupos se recurre a la columna de sumas acumuladas de las raíces cuadradas de las frecuencias discriminadas, se elige el valor más cercano que se encuentra en cada estrato, o en su defecto usar la diferencia absoluta de las raíces cuadradas acumuladas por cada valor del estrato. Los valores más bajos identifican el límite de cada uno.

Es importante mencionar que los datos estratificados se desglosaron en tres, además que se tomó en cuenta los datos cuyo valor sea distinto a cero. También es importante mencionar que se eliminaron los casos que no incluían ningún grupo de población considerada para el índice, por ejemplo, el de envejecimiento interno necesita para su realización población adulta mayor y jóvenes menores de 14 años. Dicho esto, se obtuvo una diferencia de valores perdidos, es así como para el índice de envejecimiento se contaron con 4619 valores válidos; para la relación de dependencia demográfica de 4242 validaciones y envejecimiento interno con 1136. Es por ello, que en la visualización cartográfica de cada índice existe manzanas sin información, porque esas áreas no cuentan con población necesaria para cada índice.

3.2. Entorno amigable para la población adulta mayor

En este apartado se utilizó la información del producto cartográfico *Características del Entorno Urbano* de INEGI (2021) que, en conjunto con investigaciones previas como las de De la Rosa y Castañeda (2018), Cortés-Topete y Tavares-Martínez (2022), Rivera y González (2024), Pérez y Viramontes (2022), se desarrolló el índice del entorno amigable para el adulto mayor. La secuencia de actividades fueron la identificación de variables a partir de la literatura del entorno urbano, después, la estandarización de los indicadores para el índice resumen por el método de componentes principales, la estratificación de los datos por la técnica de Dalenius y Hodge y su

representación cartográfica. Las herramientas que se usaron fueron el Excel, el software SPSS en su versión 21 y el software de sistemas de información geográfica Qgis 3.28.

La movilidad de los adultos mayores se ve influenciada por el entorno urbano, según diversos estudios. Por ejemplo, Rivera y González (2024) indican que factores como aceras estrechas, la presencia de automóviles bloqueando las banquetas y la escasez de bancos para descansar, junto con una iluminación insuficiente en las calles, generan sentimientos de inseguridad en este grupo de edad. Cortés-Topete y Tavares-Martínez (2022) profundizan en este tema al resaltar la importancia de tener banquetas en buen estado, una iluminación adecuada, transporte accesible para personas en sillas de ruedas, señalización clara, disponibilidad de sanitarios públicos, áreas de descanso y espacios verdes a distancias caminables de la vivienda, así como medidas específicas de seguridad vial para adultos mayores, considerando su mayor vulnerabilidad en accidentes tránsito. Asimismo, Pérez y Viramontes (2022) subrayan que el diseño de la infraestructura se vuelve una limitante al contar con banquetas con rampas que conectan al arroyo vial con la entrada de un predio, igualmente de la mala localización de luminarias, jardineras y casetas telefónicas.

En resumen, según De la Rosa y Castañeda (2018), es esencial que las banquetas tengan superficies lisas, niveladas y antideslizantes, un ancho suficiente para sillas de ruedas, sin obstrucciones y prioridad para peatones. La ausencia de rampas desalienta a las personas mayores a salir de sus hogares, por lo que su instalación es fundamental para garantizar su accesibilidad. Los lugares de descanso en la calle ofrecen una pausa durante el trayecto del adulto mayor, creando un entorno de tranquilidad. La falta de iluminación genera percepciones de inseguridad, especialmente durante la noche, mientras que los espacios verdes no solo mejoran la calidad del aire, sino que también regulan la temperatura, proporcionando confort térmico. La señalización y semaforización adecuadas son esenciales para la seguridad vial, incluyendo ciclos semafóricos peatonales con cronómetros visuales y señales auditivas para facilitar el cruce seguro de peatones.

Por esta recopilación de autores, se realizó la selección de indicadores de las características del entorno urbano apropiadas para identificar los entornos amigables para los individuos de edad avanzada. Se seleccionaron 15 indicadores que se agruparon en tres grupos: confort, seguridad y accesibilidad; señalización vertical y horizontal; movilidad segura y accesibilidad (véase tabla 2).

Tabla 2 Variables del índice del Entorno Amigable para la Población Adulta Mayor

Grupo	Número	indicador
Confort, seguridad y accesibilidad	1	Número de vialidades con pavimento o concreto
	2	Número de vialidades con banquetta
	3	Número de vialidades con árboles o palmeras
	4	Número de vialidades con alumbrado público
	5	Número de vialidades con rampa para silla de ruedas
Señalización vertical y horizontal	6	Número de vialidades con paso peatonal
	7	Número de vialidades con letrero con nombre de la calle
	8	Número de vialidades con parada de transporte colectivo
	9	Número de vialidades con semáforo para peatón
	10	Número de vialidades con semáforo auditivo
Movilidad segura y accesibilidad	11	Número de vialidades sin teléfono público
	12	Número de vialidades sin puesto semifijo
	13	Número de vialidades sin restricción del paso a peatones
	14	Número de vialidades sin puesto ambulante
	15	Número de vialidades con transporte colectivo

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2021).

Una vez seleccionada la información se realizó la limpieza y procesamiento de la información con la herramienta SPSS en su versión 21 y Excel. Después se procede a calcular el índice a partir del método de componentes principales con el objetivo de generar una variable resumen que agrupe cada uno de los indicadores. Al calibrar el modelo, se descartó los indicadores de semaforización peatonal y auditiva por la carga baja de la matriz de comunalidades. La varianza total explicada del modelo es del 52 % (tabla 3) la cual contiene una mayor carga de los elementos del número de vialidades sin restricciones a peatones, puesto semifijos y ambulantes, además de contar con banquetta y pavimentación.

Tabla 3 Matriz de la varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.1	31.2	31.2	4.1	31.2	31.2
2	2.8	21.4	52.6			
3	1.2	9.5	62.1			
4	0.8	6.0	68.1			
5	0.7	5.3	73.4			
6	0.7	5.1	78.6			
7	0.6	5.0	83.5			
8	0.6	4.7	88.2			
9	0.5	4.2	92.4			
10	0.4	3.1	95.5			
11	0.3	2.1	97.7			
12	0.2	1.5	99.2			
13	0.1	0.8	100			

Fuente: Elaboración en software SPSS

3.2.1. Conformación de los estratos para el índice del Entorno Amigable para la Población Adulta Mayor

Para la estratificación de los datos, se aplicó el método de Dalenius y Hodge, la estratificación del índice se desarrolló por catorce intervalos siendo el valor mínimo de -4.050 y el máximo de 2.742. la sumatoria de la frecuencia discriminada da como resultado el número de las observaciones totales. También, el valor del último intervalo de las sumas acumuladas coincide con el total de frecuencias discriminadas, lo que valida que la estratificación se ha realizado correctamente (véase tabla 4). Por último, el grado de entorno amigable se clasificó de MUY BAJA, BAJA, MEDIA, ALTA, MUY ALTA.

Tabla 4 Método de estratificación de Dalenius y Hodge para el índice de Entorno Amigable

No. De intervalos	Límite mínimo	Límite máximo	Frecuencia sin discriminar	Frecuencia discriminada	Raíz de frecuencias discriminadas	Suma acumuladas
1	-4.050	-3.565	200.000	200	14.142	14.142
2	-3.565	-3.080	232.000	32	5.657	19.799
3	-3.080	-2.595	266.000	34	5.831	25.630
4	-2.595	-2.110	276.000	10	3.162	28.792
5	-2.110	-1.624	293.000	17	4.123	32.915
6	-1.624	-1.139	336.000	43	6.557	39.473
7	-1.139	-0.654	1095.000	759	27.550	67.023
8	-0.654	-0.169	2972.000	1877	43.324	110.347
9	-0.169	0.316	4794.000	1822	42.685	153.032
10	0.316	0.801	6208.000	1414	37.603	190.635
11	0.801	1.287	7071.000	863	29.377	220.012
12	1.287	1.772	7427.000	356	18.868	238.880
13	1.772	2.257	7516.000	89	9.434	248.314
14	2.257	2.742	7527.000	11	3.317	251.631
Total	-	-	-	7527	251.631	1640.625

Nota: las cifras con celdas a color representan los límites inferiores y máximos de cada estrato, siendo el rojo el primer estrato (MUY BAJA) al verde oscuro el quinto (MUY ALTA). Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020) y base metodológica de Campos (2009) e INEGI (2010)

Una vez aplicado el índice resumen se realizó un análisis de autocorrelación espacial mediante el índice Moran. Donde Buzai y Montes, (2021) define a la agrupación espacial como la afirmación que considera que en el espacio geográfico se encuentra relacionado con todo, pero los espacios con mayor proximidad están todavía más relacionados entre sí. También, el autor indica que podremos observar tres situaciones en el análisis:

- Similitud: los valores de las unidades espaciales vecinas son próximas. Entonces, se verifica una autocorrelación espacial positiva (hot-spots).
- Disimilitud: lo contrario al índice anterior. Los valores de las unidades vecinas son lejanos, por lo tanto, existe una autocorrelación espacial negativa (cold-spots).
- Aleatoriedad: No se comprueba que exista una autocorrelación espacial.

Para aplicar la autocorrelación espacial se utilizó el sistema de apoyo a la decisión espacial (SADE) GeoDa 1.22 donde se utilizó el módulo de autocorrelación e índice I de Morán univariante. Después, se obtuvo como resultados el diagrama de dispersión de la variable, y los mapas Local Indicators of Spatial Association (LISA) y el de significancia. De acuerdo con Buzai y Montes, (2021) el índice de Moran tiene el fin de comparar los valores de cada localización con los valores de las localizaciones contiguas; con el mapa LISA observamos como se fragmenta el valor de autocorrelación global y verificamos cuanto contribuye cada unidad espacial en las tres situaciones

posibles. El mapa de significancia representa el contraste de los valores el índice de Moran observado y el que se produce aleatoriamente. Que lo observamos con la cantidad de permutaciones (testeos) de los datos. Para este ejercicio, se aplicó con un nivel de significancia de 0.001, 0.01 y 0.5 del p valor.

3.3. Accesibilidad potencial a servicios urbanos para el adulto mayor

En este apartado se desarrolló el índice de accesibilidad potencial de los autores Campos-Alanís et al. (2020) para los servicios urbanos de salud, abastecimiento de alimentos, financieros y administrativos. La fórmula es la siguiente:

$$Acc = \sum_{i=1}^j \frac{I_j}{\frac{Pob_{UP}}{d_{ij}^b}}$$

Donde:

- Acc = indicador de accesibilidad potencial
- I_j = Atractividad de las unidades de servicio
- Pob_{UP} = Población que es usuaria potencial de los servicios, que, para el caso del proyecto, es toda la población adulta mayor del municipio.
- d_{ij} = Distancia lineal entre el centroide de cada manzana i , considerada como los lugares origen de la población usuaria y, como destino, las unidades del servicio j .
- b = Parámetro que refleja la sensibilidad de los usuarios ante cambios de los costos de transporte.

Antes de aplicar la fórmula de accesibilidad, se recopiló la ubicación de la unidad de servicio y se procesó la información de las bases de datos pertinentes, como el Marco Geoestadístico de INEGI y su información de límites de manzana⁵. En el software QGIS 3.28 se trabajó la información de manera puntual, creando los centroides por manzana y de los servicios. Una vez que se creó los datos puntuales se generó una matriz de distancias lineales estándar de cada centroide hacia la

⁵ INEGI (2020) *Marco Geoestadístico*. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>

localización del servicio. Luego de obtener esta información, se exportó la matriz a un archivo Excel para realizar las operaciones del índice.

En la hoja de cálculo de Excel se realizó una conversión de las distancias métricas a kilómetros, posteriormente se aplicó la división de la atraktividad, la población usuaria (en este caso corresponde a la población senescente) y la distancia lineal. Al final se obtuvo la sumatoria por manzana, así como del servicio urbano. Al cual el primer resultado se le llamó como “Accesibilidad por manzana o calidad urbana” y al del servicio como “desempeño urbano”, que retoma la conceptualización de Campos-Alanís et al (2020). Aparte, se calculó la razón de accesibilidad que es la división de los valores de más alto valor con respecto al más bajo, multiplicado por menos uno.

En resumen, se presentó el proceso general para calcular el índice de accesibilidad por los servicios urbanos analizados. En los subcapítulos siguientes se desarrollan las particularidades para cada servicio como la fuente de información de la unidad que utilizó para localizar la unidad de servicio, así como el factor de atraktividad que se empleó.

3.3.1 Accesibilidad a servicios de salud

En esta sección se utilizó el Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES) de Dirección General de Información en Salud (2022) de la Secretaría de Salud, porque las bases de datos más recientes no incluyen suficiente información sobre el número de consultorios y los turnos de operación en los centros de salud. Una vez procesada la información se calculó la atracción del servicio de acuerdo con la normativa de salud y asistencia social de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Aunque esta normativa es de 1999, no existen documentos normativos vigentes que la sustituyan, por lo que es de utilidad para medir la capacidad que tiene un servicio de salud. Para este caso se trató la información de primer nivel, con la información de consulta externa, midiendo el número de consultorios, la capacidad de atención a pacientes por sus turnos de atención. También, se calculó el índice para las unidades de farmacias, servicios médicos privados de primer nivel.

3.3.2 Accesibilidad hacia equipamiento de abastecimiento

Para esta variable se consideró la superficie construida de los mercados, tianguis fijos y supermercados. Para las unidades comerciales públicas, se realizó la búsqueda del servicio por Google Earth Pro y la digitalización de las áreas por medio de Qgis 3.28 después, se procedió al cálculo de las áreas con la creación de una nueva columna que contenga el valor de la superficie de venta. Finalmente, se obtuvo los centroides por unidad comercial. En total, se registró 11 unidades comerciales públicas, la cual la Central de Abastos es la unidad con mayor superficie con 13.08 ha seguido del tianguis El Piojo con 8.95 ha y el mercado Juárez con 2.28 ha (véase tabla 3). Para los supermercados se consideró el promedio de personal ocupado del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) para el último periodo del 2023.

Tabla 5 Mercados del municipio de Toluca

Número	Mercado	Área (ha)
1	16 de septiembre	1.15
2	Central de Abasto	13.08
3	Cruz Comalco	0.06
4	Licenciado Benito Juárez	2.28
5	La Crespa	0.06
6	Miguel Hidalgo Y Costilla	0.46
7	Morelos	0.28
8	Piojo	8.95
9	San Lorenzo	0.38
10	Seminario	0.21
11	Tianguis De Calputitlán	0.24

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Accesibilidad hacia servicios financieros

En este índice se agrupó los servicios con clave 522 del DENUE. El cuál se seleccionó las actividades referentes a la banca múltiple, cajas de ahorro, montepíos y unidades de crédito. Su nivel de atraktividad fue el promedio de personal ocupado de cada establecimiento económico.

3.3.4 Accesibilidad hacia parques urbanos

Se calculó el índice de accesibilidad para los 20 parques urbanos de mayor extensión del municipio. Su atraktividad fue la extensión territorial del equipamiento el cual se obtuvo del Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) vigente (<https://sedui.edomex.gob.mx/toluca>) en su

apartado diagnóstico (tabla 6). Se utilizó la herramienta Google Earth Pro para la localización de los parques.

Tabla 6 Superficie y clasificación de los parques urbanos

Número	Nombre	Superficie (Ha)
1	Vicente Guerrero	4.34
2	Parque Estatal Alameda Poniente (Alameda 2000)	120.00
3	Matlazincas	10.13
4	Alameda Central	2.94
5	18 De Marzo	5.11
6	Ecológico	7.36
7	Fidel Negrete	2.19
8	Luis Donaldo Colosio	4.26
9	Parque Municipal	2.50
10	Carlos Hank Gonzalez	3.30
11	Urawa	4.27
12	Reforma	1.16
13	Unión	3.00
14	Alameda Norte	3.92
15	Centenario	0.65
16	Guelatao	1.00
17	Líbano	0.49
18	Sauces	0.63
19	Metropolitano Bicentenario	22.50
20	Sierra Morelos	125.5

Fuente: Elaboración propia con base en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Toluca (2018)

3.3.5 Índice resumen de accesibilidad potencial a servicios del sistema

El índice resumen conjunta las siete variables de accesibilidad potencial de cada sistema de servicios. Nuevamente, con tabla de varianza acumulada muestra un porcentaje de 74.7 % a partir del segundo componente (tabla 7). Lo cual es factible para el análisis resumen de la accesibilidad al sistema de servicios urbanos, el primer componente tiene una mayor carga de los parques, servicios médicos públicos y privados, supermercados y financieros.

Tabla 7 Matriz de la varianza total explicada del índice de accesibilidad potencial

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.2	60.2	60.2	4.2	60.2	60.2
2	1.0	14.5	74.7			
3	0.8	11.0	85.7			
4	0.5	7.4	93.1			
5	0.3	3.8	96.9			
6	0.1	2.1	99.0			
7	0.1	1.0	100			

Nota: Elaboración en software SPSS.

3.3.6 Clasificación de resultados mediante el método del valor índice medio

Para la clasificación del índice resumen se aplicó el método del valor índice medio, propuesto por García De León Loza (1989), el cual se centra en identificar la mayor semejanza entre las unidades territoriales a las que se esté trabajando para conformar subconjuntos. Con base en el autor los pasos para llevar a cabo esta clasificación son:

- Calcular desviaciones típicas de las variables para realizar su normalización,
- Una vez normalizada las variables se categorizan donde los valores menores de -1 tendrá una clasificación de 1 y los superiores de 1 un valor de 6.
- Se procede a realizar la sumatoria de las variables de cada unidad dividiendo después la suma total entre el número de variables,
- Establecer cinco rangos del resultante del paso anterior de acuerdo con el valor índice medio que puede ir desde 1 a 1.999 como el valor muy inferior a la media, que corresponderá al rango cinco, hasta el valor de 5.0 a 6.0 clasificado como valor muy alto a la media.

El fin de aplicar esta clasificación, como bien explica el autor, para agrupar las manzanas de la zona de estudio y poder clasificarlas, jerarquizar y regionalizarlas con base a la semejanza entre las unidades.

3.4. Space syntax

Después, en la fase siguiente consiste en el desarrollo de los indicadores del *Space Syntax: Choice e integration*. En esta sección, se obtuvo la red vial de la plataforma Open Street Map para el año 2023, después, se realizó la limpieza topológica de la red por medio del software ArcGIS 10.8.

Una vez realizado este procedimiento, se transformó la información de un formato shapefile a uno de MapInfo (.mif) para importar la red de calles en el software DepthmapX 0.8. En esta herramienta se aplicó un análisis segmental considerando un *radii* de n, para calcular la distancia métrica total de la red, después a una distancia de 1400 metros y, finalmente a una de 480 metros, tomando en cuenta este umbral de distancia por la propuesta de Trujillo Herrada et al. (2022) para el desplazamiento potencial del adulto mayor, cubriendo un rango de 480 metros para población con movimiento limitados a 1.4 kilómetros para un análisis del entorno urbano.

Además, en esta sección se aplicó un indicador de permeabilidad, el cual consideró las sumatorias de los perímetros de las manzanas agrupadas a su AGEB correspondiente, ya con la información se calculó la densidad de frentes de calle por hectárea. Como resultado se obtuvo la densidad de frentes de manzana por AGEB será considerado como un indicador de permeabilidad, donde a mayor densidad, mayor permeabilidad.

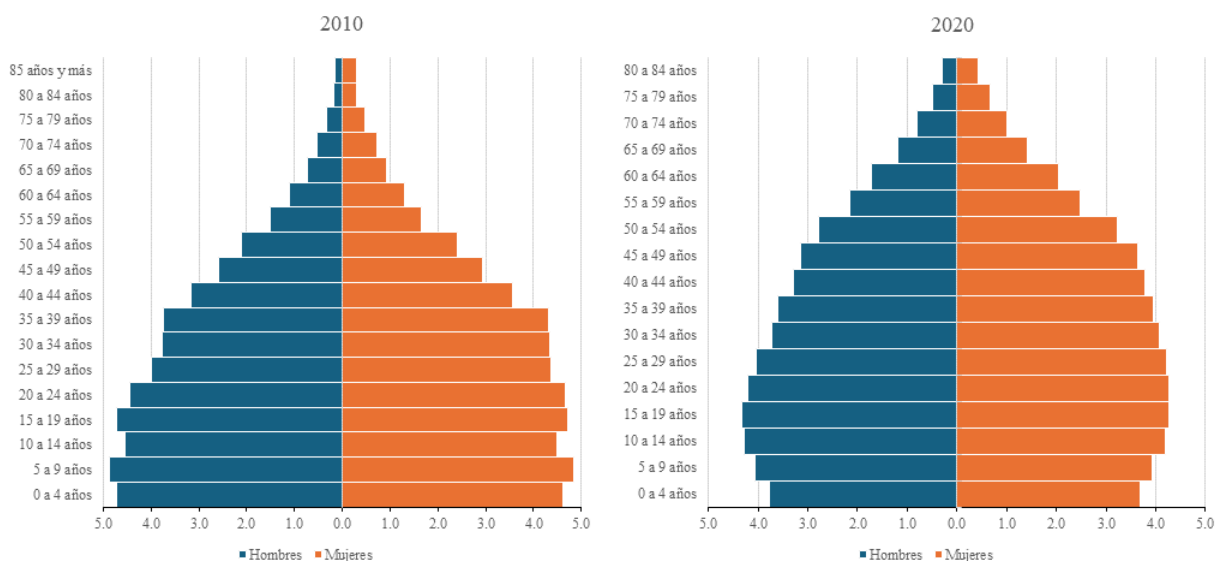
4. Envejecimiento en Toluca: resultados de las condiciones demográficas y análisis espacial

En este apartado, se explora a detalle el envejecimiento en el municipio de Toluca, enfocándose en los resultados obtenidos a partir del análisis demográfico y espacial. Desde la distribución de edades hasta aspectos como la actividad económica, la situación conyugal, la educación y la salud, se examina cómo estas variables se entrelazan y afectan la calidad de vida de la población. Además, se explora los patrones espaciales que emergen de estos datos, revelando cómo el envejecimiento se manifiesta en diferentes áreas de la ciudad. Este análisis proporciona una comprensión más profunda de las dinámicas demográficas y urbanas en Toluca, sentando las bases para la formulación de políticas y programas que aborden las necesidades específicas de la población envejecida.

4.1 Contextualización de las condiciones demográficas y distribución espacial

En las siguientes pirámides poblacionales (véase figura 9) se observa que la población de 0 a 14 años ha disminuido en una década, iniciando con el decenio con 28.1 % a 23.9 %. Por otro lado, se identifica que las pirámides se engrosan en los grupos 10 a 14 años hasta los 20 y 24 años, demostrando que en el municipio de Toluca existe una mayor cantidad de población joven de estas edades. También se identifica que los adultos mayores han obtenido un incremento, pues en el 2010 correspondían a 7.0 % de la población total y, para el siguiente año aumentaron a un 10.8 %. A simple vista, las pirámides demuestran la transición de los grupos quinquenales, donde existe una mayor cantidad de mujeres que de hombres en el municipio. Además, que su base se está reduciendo, por lo que, comenzará a modificarse a una pirámide estacionaria, es decir que los valores que ahora se posicionan en el grupo de 0 a 14 años se mantengan constantes en las próximas décadas.

Figura 9 Pirámides de población de Toluca

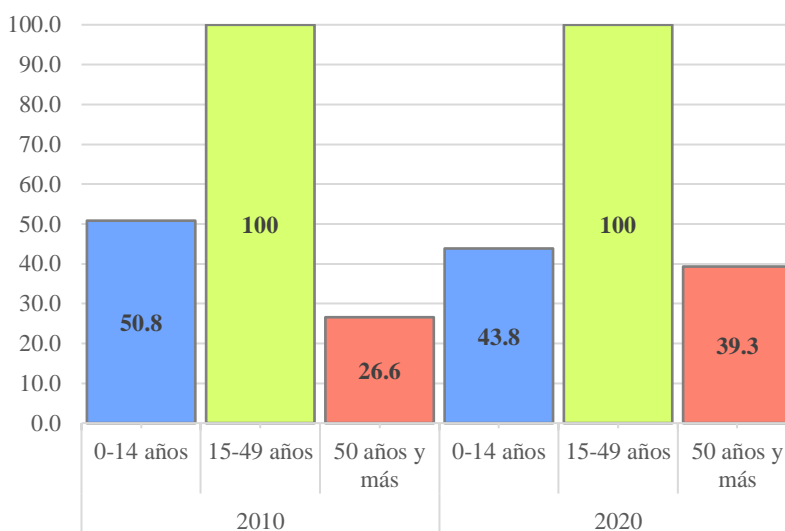


Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

El índice de Sundberg permite analizar la estructura de la población mediante la edad de los individuos en donde se toma como base 100 al grupo de 15 a 49 años. En la figura 10 se observa el índice aplicado para los años 2010 y 2020. Para el primer año, la población de 0 a 14 años representaba el 50.8 % con respecto a la población de 15 a 49 años, mientras que el tercer grupo

contaba con el 26.6 %. Para el 2020, se visualiza una disminución del 7 % para el primer conjunto de personas, a diferencia de las personas de 50 años y más que aumentaron 12.7 puntos porcentuales. Estas disparidades de los grupos de edad vuelven a representar el avance de contar una población en crecimiento para el 2010, a quedar estable para el 2020 en donde el primer y último conjunto de edad son similares.

Figura 10 índice de Sundbarg para los años 2010 y 2020



Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

Continuando ahora con las tasas de crecimiento, en el último periodo censal el municipio contó con una tasa de 0.83%, con un 0.96% en hombres y un 0.71% en mujeres, por lo que indica que la duplicación de la población sea en 84.3, para hombres en un 72.8 y mujeres en 98.9 (véase tabla 8). Para las personas mayores, para el mismo periodo, aumentaba con una velocidad de 5.05 %, del mismo modo la población de hombres y mujeres contaban con un incremento del 4.80% y 5.26%. En el tabulado también se muestra el grado de duplicación, este indicador nos ayuda a mostrar el tiempo en que la población se redoble. Con ello, se prevé que para el 2034 los adultos mayores aumenten a 196,274 habitantes. Otro aspecto importante es que la cantidad de mujeres se doblará en 13 años, es decir, dos años antes que los hombres. Este fenómeno se debe a la mayor cantidad de mujeres que hombres y se ha representado gráficamente en las pirámides de población.

Tabla 8 Tasa y duplicación de crecimiento del municipio y del adulto mayor

	2015-2020	Total	Hombre	Mujer
Municipio	Tasa de crecimiento	0.83	0.96	0.71
	Duplicación	84.3	72.8	98.9
Adultos mayores	Tasa de crecimiento	5.05	4.80	5.25
	Duplicación	13.9	14.6	13.3
	PAM 2034	196,274	86,864	109,410

Nota: Población adulta mayor (PAM). Fuente: Elaboración propia con base en la Encuesta Intercensal (INEGI, 2015) y en el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020)

En el caso de la dependencia del adulto mayor para los años 2010 y 2020 (véase tabla 9), se muestra un aumento significativo. En el 2010, 8 de cada 100 personas entre 20 y 64 años eran dependientes, mientras que, para el 2020 la cifra aumento a 11.6 personas. Según el porcentaje de hombres y mujeres, en el primer año, el 3.4% eran hombres y el 4.9% mujeres. Para el 2020, crece a un 5 % de hombres y un 6.6 % para las mujeres. Esto indica que hay una mayor cantidad de mujeres adultas mayores que son dependientes de la población de 20 a 64 años. Esta situación implica un incremento en la población que requiere cuidados.

Tabla 9 Razón de dependencia (RD)

Grupos de edad	2010	2020	RD T1	RD HT1	RD MT1	RD T2	RD HT2	RD MT2
20 a 64 años	55.9	60.4						
65 años y más	4.6	7.0	8.3	3.4	4.9	11.6	5.0	6.6

Nota: Razón de dependencia para la temporalidad uno (RD T1), Razón de dependencia para la temporalidad uno de hombres (RD HT1), Razón de dependencia para la temporalidad uno de mujeres (RD MT1). Razón de dependencia para la temporalidad dos (RD T2), Razón de dependencia para la temporalidad dos de hombres (RD HT2), Razón de dependencia para la temporalidad dos de mujeres (RD MT2), Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

El índice de envejecimiento es de los más utilizados para el estudio demográfico de las personas mayores. Esta consiste en la cantidad de 60 años y más por cada 100 jóvenes menores a 14 años. En la tabla 10 representa que en el primer decenio había 25 adultos mayores por cada 100 jóvenes,

ahora, en el 2020 la cifra aumento 20.1 puntos porcentuales para registrar 45.1. Esto explica la disminución de población menor a catorce años y el aumento de la esperanza de vida del adulto mayor. Para el caso de hombres y mujeres han incremento de 9.1 a 10.8 % respectivamente sobre los dos años.

Tabla 10 índice de envejecimiento

Grupos de edad	2010	2020	IENV T1	IENV HT1	IENV MT1	IENV T2	IENV HT2	IENV MT2
0 a 14 años	28.1	23.9	25.0	10.8	14.3	45.1	19.9	25.1
60 años y más	7.0	10.8						

Nota: IENV – índice de envejecimiento, T1 – temporalidad uno, T2.- temporalidad dos. H.- hombres, M.- Mujeres. Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

Durante el año 2010 la proporción de adultos mayores era de 7.0 %, de la cual, solamente una persona era mayor de los 80 años. En el 2020 se mantiene esta proporción con respecto al porcentaje total de 10.8 %. En cuanto al envejecimiento interno se percibe que en el 2010 se contaba con 13.5 personas mayores de 80 años por cada 100 adultos de 60 años; esta relación reduce a 12.7% para el 2020 (tabla 11). Igualmente, el envejecimiento interno persiste para el caso de los hombres y, el de mujeres, disminuye un punto porcentual.

Tabla 11 Envejecimiento interno

Grupos de edad	2010	2020	ENVI T1	ENVI HT1	ENVI MT1	ENVI T2	ENVI HT2	ENVI MT2
60 años y más	7.0	10.8	13.5	4.8	8.7	12.7	4.9	7.9
80 años y más	0.9	1.4						

Nota: IENV – Envejecimiento interno, T1 – temporalidad uno, T2.- temporalidad dos. H.- hombres, M.- Mujeres. Fuente: Elaboración propia con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020).

Después de analizar las tendencias demográficas del municipio de Toluca anteriormente explicadas, es importante estudiar características específicas de la población que están presentes en estos patrones. Los porcentajes aplicados a distintos aspectos demográficas nos brindan una visión detallada de la población objetivo. A continuación, se explora una serie de características poblacionales del adulto mayor, incluyendo la participación laboral, situación conyugal, educación entre otros que permitan entender las dinámicas sociales del grupo de la tercera edad (tabla 12).

Tabla 12 Características de los adultos mayores en Toluca, 2020

	Característica	Total	Hombres	Mujeres
Actividad y educación	Porcentaje de empleo	38.6	23.6	15.0
	Porcentaje de pensión	22.4	12.9	9.4
	Porcentaje de cuidados del hogar	27.1	1.3	25.8
	Porcentaje de número de estudiantes	0.1	0.0	0.0
	Porcentaje sin escolaridad	12.4	3.3	9.1
	Porcentaje con educación básica	53.5	24.0	29.6
	Porcentaje con educación media superior	12.2	5.1	7.1
	Porcentaje con educación superior	21.8	11.9	9.9
Situación conyugal	Porcentaje de soltería	7.3	1.8	5.4
	Porcentaje de viudez	23.8	5.3	18.6
	Porcentaje de separación	4.7	1.3	3.4
	Porcentaje de divorcio	3.4	1.1	2.3
	Porcentaje de casados	56.4	31.9	24.5
Salud y condición	Porcentaje sin limitaciones para caminar	73.8	34.3	39.5
	Porcentaje con limitaciones o discapacidad para caminar	26.2	9.9	16.3
	Porcentaje sin limitación o discapacidad para ver	72.6	32.7	39.9
	Porcentaje con limitación o discapacidad para ver	27.4	11.6	15.8
	Porcentaje con algún problema o condición mental	1.2	0.5	0.7
	Porcentaje sin algún problema o condición mental	98.8	43.7	55.0
	Porcentaje sin limitación ni discapacidad para hablar o comunicarse	95.1	42.2	52.9
	Porcentaje con limitación o discapacidad para hablar o comunicarse	4.8	2.0	2.9
	Porcentaje sin limitación ni discapacidad para recordar o concentrarse	84.8	38.3	46.5
	Porcentaje limitación ni discapacidad para recordar o concentrarse	15.2	6.0	9.2
	Porcentaje afiliada a servicio de salud	75.3	32.9	42.4
Porcentaje no afiliada a servicio de salud	24.7	11.3	13.4	

Fuente: Elaboración propia con base los tabulados del Censo de Población y Vivienda de INEGI (2020).

En lo que respecta a la actividad laboral y seguridad social para las personas mayores señalan que el 38.6 % de este grupo de edad cuenta con una actividad económica, de los cuales el 23.6 corresponde a hombres y 15% de mujeres (véase tabla 12). Esto ejemplifica una diferencia de 9.1

porcentuales donde los hombres prevalecen en una actividad laboral. Ahora bien, sobre las pensiones, solamente el 22.4 % de los adultos mayores, esta cifra alarmante revela la insuficiente cobertura de esta asistencia social. Nuevamente, el porcentaje mayor lo tiene los hombres con 12.9 %, por su parte, el 9.4 % de adultas senescentes cuenta con esta garantía social.

En cuanto a las actividades no remuneradas de este grupo de población, corresponden a los cuidados del hogar y los que son estudiantes. La primera ejemplifica que el 27 % de la población se dedica a los quehaceres del hogar, donde se demuestra una mínima participación de los adultos mayores, pues cuenta con un % del 1.3, por otro lado, el 25.8 de mujeres realizan estas actividades. Por los que respecta a estudiantes representan un porcentaje mínimo con respecto a la población total. Estas proporcionalidades ilustran la organización social que cuenta el municipio, donde los hombres se inclinan aún más en las actividades económicas, mientras que las mujeres, realizan actividades de cuidado. Es importante resaltar que la información proporcionada del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) a través de sus censos de población, utilizada para calcular estos porcentajes, no cubre más información sobre los aspectos de los trabajos no remunerados de los municipios. Por lo que limita la comprensión total de la organización social en estos aspectos.

La proporción de estado civil nos demuestran las condiciones civiles del adulto mayor, en este caso, se desarrollaron los porcentajes soltería, viudez, separación, divorcio y casados. La primera indica que el 7 % de adultos mayores se encuentra soltera. Para el caso de la viudez, el 23.8 % de la población presenta esta característica, en donde las mujeres tienen una proporción mayor con un 18.6 %, demostrando que las mujeres tienden a mantener esta situación conyugal hasta el término de su vida. En cuanto a separación y divorcio, el 4.7 % viven separados de su pareja y el 3.4 se encuentra divorciados. En ambas proporciones se destaca que hay más mujeres en esta situación civil que los hombres. Por último, el 31.9 % de los hombres están casados y, para las mujeres corresponde al 24.5 %, dando un total de 56.4 % viven en unión. Tras analizar el estado civil de la población envejecida se revelan aspectos de vulnerabilidad, especialmente entre las mujeres dado que al terminar alguna relación de pareja se mantienen solas y, a mayor edad. Ante esta situación de acuerdo con Campos (2016) las mujeres en estas situaciones conyugales dependen de los lazos sociales de amistad y compañerismo que han forjado en su vida para

enfrentar estos desafíos. Estas relaciones sociales brindan un importante apoyo emocional contribuyendo al bienestar de la mujer en la vejez.

Para el análisis de las situaciones de salud. El 73.8 % de los adultos mayores no cuentan con dificultades para caminar, donde el 34.3 % corresponde a hombres y el 39.5 a mujeres. En el caso de la proporción de población que si cuenta con dificultades para desplazarse es el 26.2 %, de los cuales el 16.3 % de las mujeres presentan complicaciones para su movilidad y, el 9.9 % de los hombres. Para el caso de afiliación a los servicios de salud, el 75.3 % de la población se encuentra inscrita en alguna asistencia de salud. Mientras que, nuevamente una cifra alarmante, el 24.7 % no cuenta con este servicio, con un 13.4 de mujeres y un 11.3 % en hombres. Asimismo, se demuestra que las mujeres tienen una proporción alta de afiliación que los hombres, con una diferencia de 9.5 puntos porcentuales. Estos porcentajes de salud reflejan las necesidades y desafíos de esta población, la movilidad reducida y la falta de acceso a servicios de salud.

La integración de estas proporciones facilita la comprensión a profundidad de las condiciones del adulto mayor para abordar políticas públicas puntualizadas en atender las necesidades de este grupo de edad. También, infieren en la mejora de las condiciones urbanas para proporcionar entornos accesibles para los desplazamientos de las personas mayores. Estas características sociodemográficas deben ser consideradas conforme pasan los años para mantener diagnósticos vigentes en la toma de decisiones y proponer programas sociales y urbanos que garanticen a la población mayor.

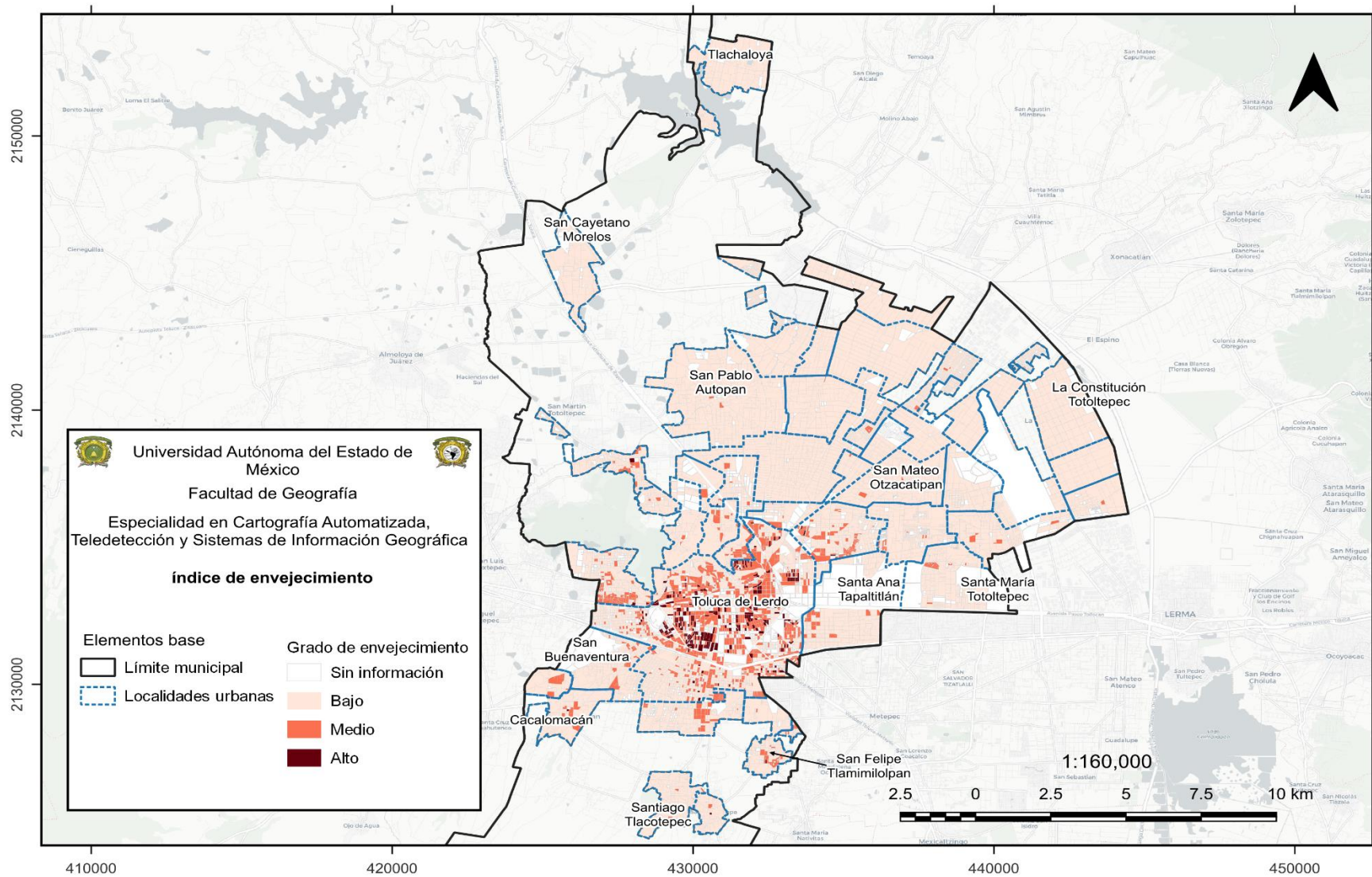
En el mapa 2 se muestra el índice de envejecimiento por manzana, dividido en categorías de baja, media y alto concentración de personas mayores. El gráfico revela que en la localidad urbana de Toluca de Lerdo hay áreas con elevadas cantidades de población. Principalmente, se concentra en el centro de la ciudad y en cercanía de vialidades principales como Paseo Tollocan y Paseo Matlazincas. Estas vialidades marcaron el límite de expansión de la ciudad; la prima vía tiene la función de circulación interurbana, medio de comunicación y carretera, así como de eje de expansión urbana (Hoyos-Castillo y Camacho-Ramírez, 2010).

Es interesante destacar que el envejecimiento tiende a disminuir conforme el crecimiento urbano se separa del área central. Por ejemplo, en zonas como Santa María Totoltepec, San Pedro

Totoltepec, San Mateo Oztacatipan, ubicadas al oriente, y San Cristóbal Huichochitlán, San Pablo Autopan, San Cayetano Morelos, Tlachaloya al norte tienen una menor cantidad de personas mayores. Sin embargo, se observa una agrupación de la población en ejes estructurantes de la ciudad. Por ejemplo, Paseo Colón, que fue un eje de expansión al sur de la urbe y que, reorienta el proceso de expansión de áreas residenciales alejándose de la centralidad urbana (Liévanos, 2016). Otro ejemplo, es en la cercanía con la vialidad de Adolfo López Mateos, en la localidad de San Mateo Oxtotitlán, donde se presenta un valor medio de envejecimiento en la zona circundante al eje vial.

En apartados anteriores de este estudio, se ha comentado que Santa Ana Tlapaltitlán es una de las localidades con mayor número de adultos mayores. Pero, al visualizar esta área con el índice de envejecimiento, se puede retroalimentar que, en realidad la zona se está rejuveneciendo. Al contar con un nivel bajo de envejecimiento, nos demuestra que existe una mayor cantidad de jóvenes de 0 a 14 años y población en edad productiva en esta demarcación. Lo mismo ocurre en las localidades de San Lorenzo Tepaltitlán y San Pablo Autopan. Estos hallazgos, modifican la percepción inicial de zonas envejecidas, al demostrar un proceso dinámico sobre la transición demográfica.

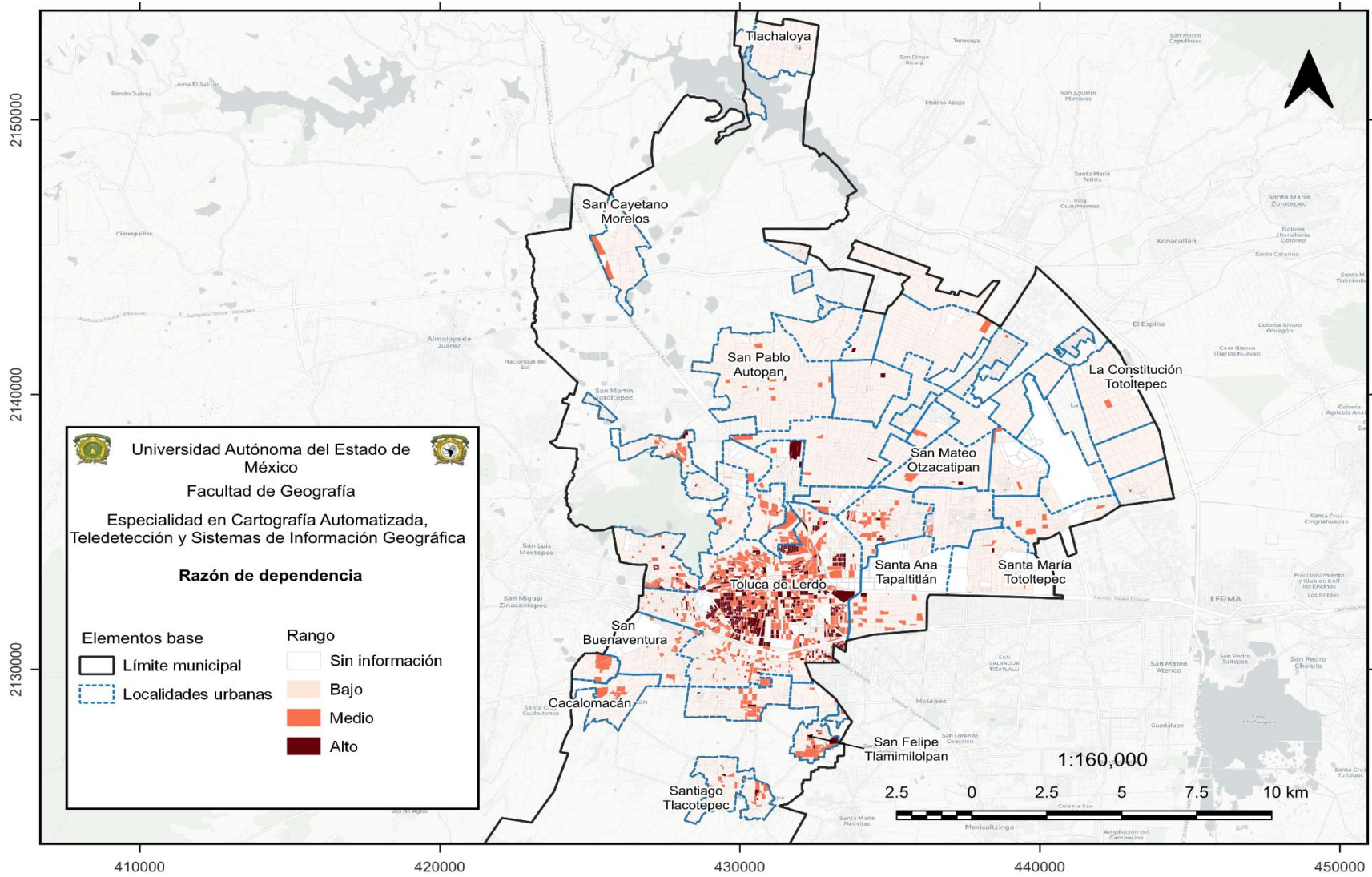
Mapa 2 Índice de envejecimiento de las localidades urbanas de Toluca



Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por INEGI

En el mapa 3 se ilustra la razón de dependencia de población mayor a 65 años con respecto a las edades de 20 a 64. Nuevamente, se visualiza una concentración de la población en la zona centro de la ciudad, donde sus valores altos se localizan en la colonia Morelos primera y segunda sección. No obstante, también se puede identificar variaciones de población dependiente, por ejemplo, la colonia Electricistas ubicada al oeste del centro de Toluca, cuenta valores medios de dependencia, al igual que las colonias del Barrio de la Merced y Sor Juana Inés de la Cruz. Al sur, las localidades como San Felipe Tlamimilolpan, Santiago Tlacotepec, Capultitlán, San Antonio Buenavista cuentan con agrupación de manzanas con valores medios de dependencia.

Mapa 3 Razón de dependencia

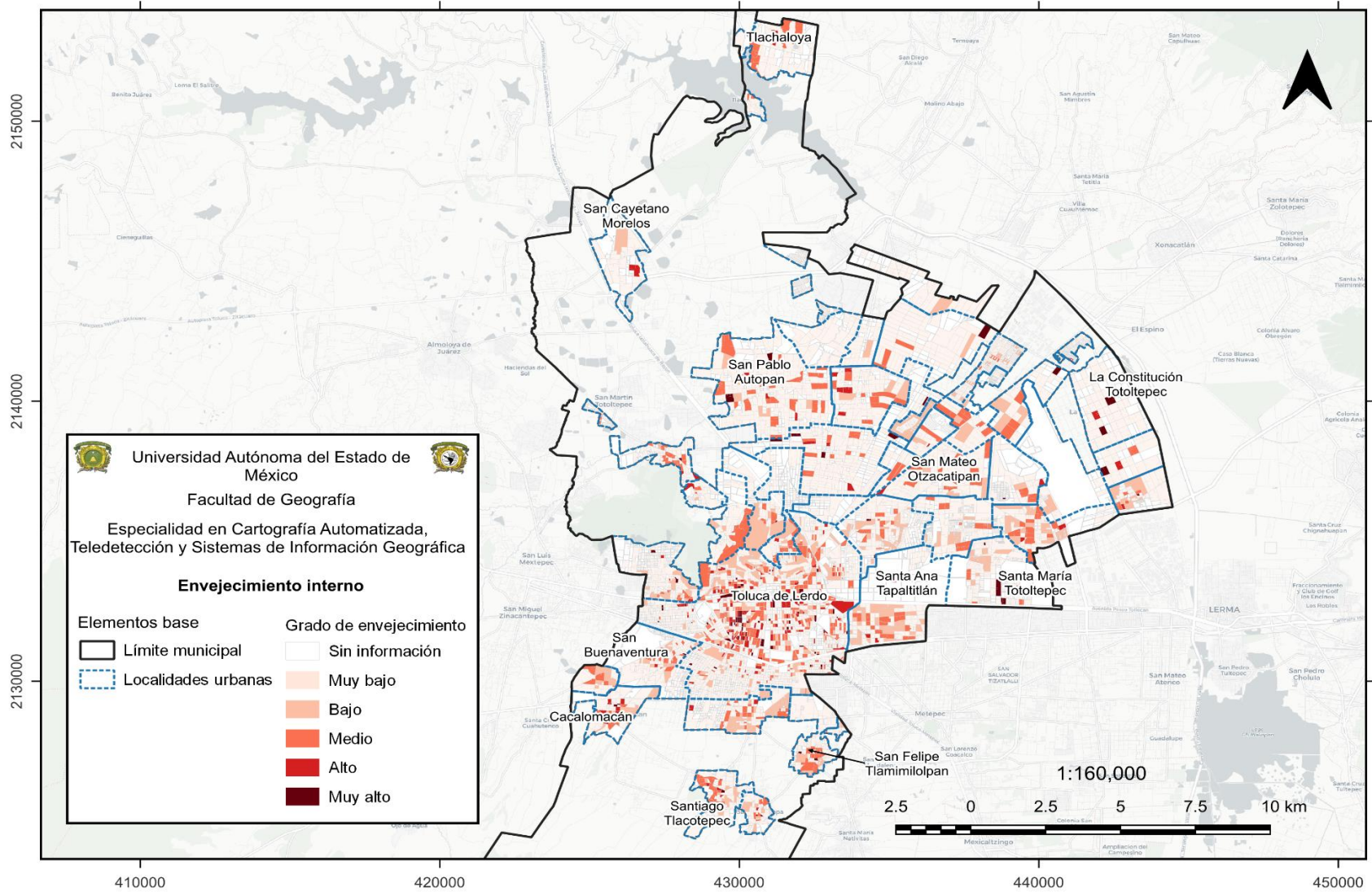


Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por INEGI

En el caso del mapa 4 representa el envejecimiento interno clasificado en 5 grupos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. En esta representación, se mantiene una concentración de personas mayores a 80 años en la zona centro de la ciudad. No obstante, se observa una dispersión de la población en toda el área urbana. Retomando el ejemplo de Santana Tapaltitlán, con el índice de envejecimiento demostramos que es más la cantidad de población joven que adultos mayores, pero, gracias al índice de envejecimiento interno, podemos identificar que cuenta con valores medios, es decir, que la cantidad de adultos mayores de esta localidad son principalmente población mayor de 80 años.

En la zona norte de la ciudad se demuestra que existe población dispersa. En algunas localidades como San Pedro Totoltepec cuenta con valores medios y altos en zonas aledañas a la parroquia del pueblo. Lo mismo ocurre en San Felipe Tlalmimilolpan, Santiago Tlacotepec y Cacalomacán con manzanas con nivel medio, alto y muy alto. Identificando que el envejecimiento se desarrolla en estas localidades de acuerdo con el crecimiento de pueblos fundacionales. Por el contrario, en San Lorenzo Tepaltitlán, San Mateo Oztzacatipan, Santana Tlapaltitlán, Santa Cruz Oztzacatipan, San Pablo Autopan, San Cristóbal Huichochitlán, San Andrés Cuexcontitlán, Capultitlán y Santa María Totoltepec su población envejecida es más dispersa. Esto, se le puede atribuir a la dinámica que tiene el corredor industrial a sus alrededores, al crear barrios obreros prevalecía una migración de población joven trabajadores en esta actividad económica. De acuerdo con (Liévanos, 2016) para 1994, Toluca contaba con 4 centralidades: el centro histórico de la ciudad, el subcentro de la Terminal de Autobuses y el Mercado Juárez, Tablajeros-Tollotzin y la Maquinita. Para el 2004 se añade la Central de Abastos, los Juzgados Civiles y área hospitalaria. Subcentros que permiten la descentralización de la ciudad y crear conexiones inter e intraurbanas con municipios aledaños.

Mapa 4 Envejecimiento interno por manzana



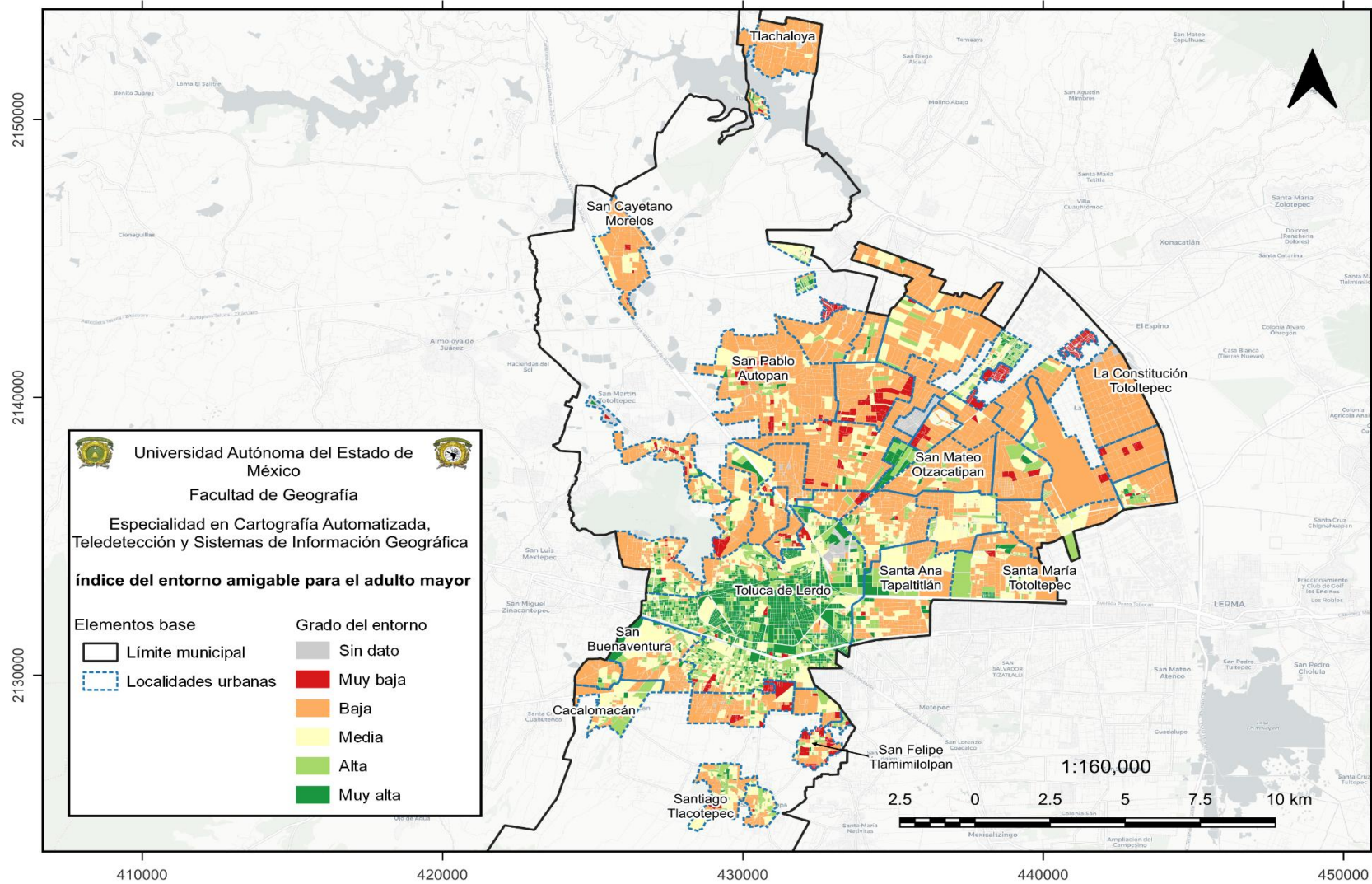
Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por INEGI

4.2. índice resumen de entorno amigable para el adulto mayor

Esta sección se enfoca en el análisis del índice de Moran aplicado a la variable resumen del entorno amigable para el adulto mayor, así como de los resultados del índice resumen. A través de este análisis se explora las asociaciones espaciales y heterogeneidad del entorno urbano, destacando que los hallazgos proporcionan una visión de la distribución de condiciones en diferentes zonas de la ciudad.

Tal como se observa en el mapa 5, en donde la mayoría de las manzanas del centro urbano presentan grados muy altos de amigabilidad; sin embargo, también se encuentran manzanas con los demás grados del índice. Otra localidad que prevalece con valores muy altos es Magdalena Oztacatipan. Localidades como La Constitución Totoltepec cubre en su totalidad un grado bajo en condiciones de infraestructura. En otras localidades, como San Pablo Autopan y San Cristobal Huichochitlán, predominan valores bajos. En cuanto a los valores muy bajos, se encuentran en los conjuntos habitacionales de Las Misiones, Rancho Santín y San Diego.

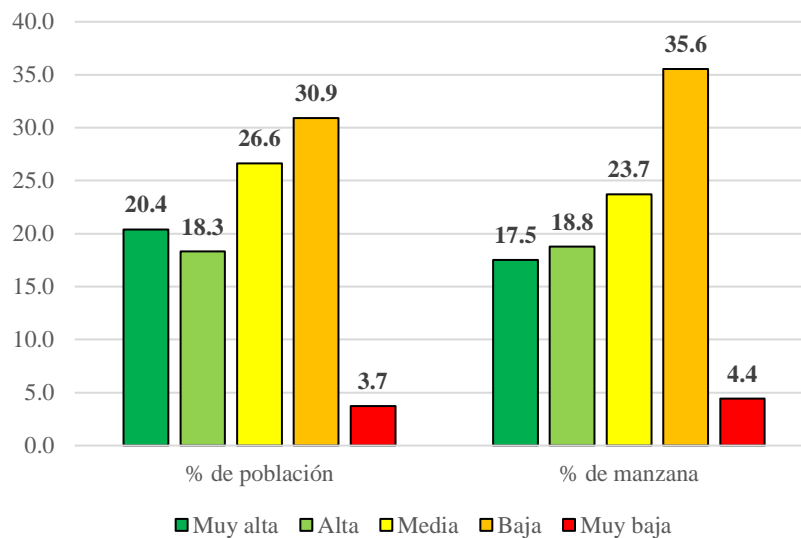
Mapa 5 Índice de Entorno Amigable para el Adulto Mayor



Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI (2020)

El 17.5 % de las manzanas cuentan con condiciones muy altas de amigabilidad, el 18.8 se posicionan con un grado alto, el 23.7 % con grado medio, el 35.6 % con valores bajos y el 4.4 % con la clasificación muy baja (figura 11). En cuanto a la población residente, dos de cada tres adultos mayores en manzanas cuyas condiciones de media hasta muy alta amigabilidad, el 30.9 % con una condición baja, por último, el 3.7 % en grado de muy baja.

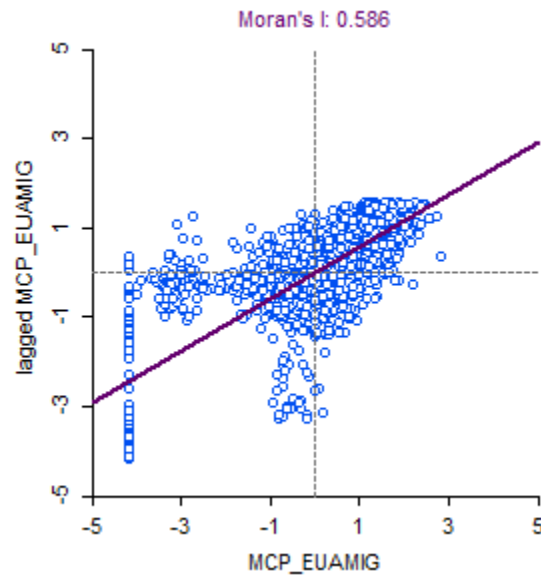
Figura 11 Porcentaje de manzanas por grado del entorno amigable



Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI (2020)

El caso del índice de Moran demuestra una autocorrelación global de 0.586, considerada como un valor moderado de asociación espacial (figura 12), sin embargo, a nivel local se identifican zonas muy notorias donde se combinan manzanas con alto envejecimiento cuyos vecinos tienen la misma condición. En la figura representa una regresión lineal positiva es decir que la agrupación se da con manzanas que tienen altos valores rodeados de por áreas con altos valores de calidad del entorno urbano y de manera similar, las áreas con valores bajos están rodeadas por valores bajos. Sin embargo, también se muestra una heterogeneidad evidenciada por la dispersión de la nube de puntos. Esto sugiere que hay variaciones de las condiciones favorables para el desplazamiento.

Figura 12 índice de Moran

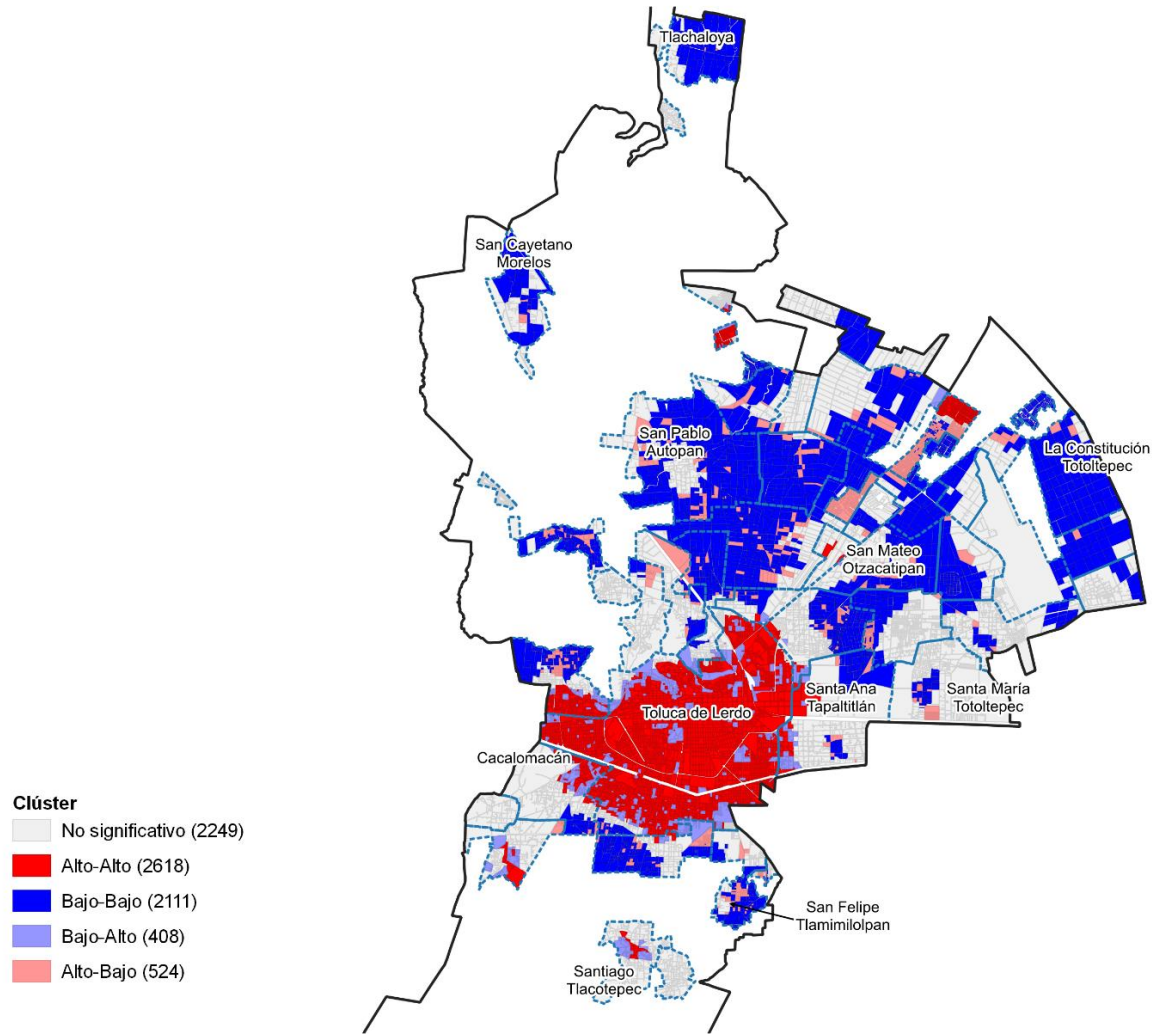


Nota: "MCP_EUAMIG" hacer referencia a los valores del índice resumen del entorno amigable. Fuente: elaboración propia con el software GeoDA

En cuanto al índice de Moran local permite observar la distribución espacial de la asociación espacial. En la figura 13, las manzanas de la zona centro de la ciudad tienen una agrupación de valores altos con altos. La cobertura rebasa los límites del Paseo Matlazincas hasta llegar a las delegaciones de San Mateo Oxtotitlán, San Lorenzo Tepaltitlán, Santa Ana Tapaltitlán, hasta después de la vialidad de Solidaridad las Torres, en colonias como del Seminario. En cuanto a manzanas con valores bajos rodeadas del mismo valor se localizan en la zona norte de la ciudad. Un aspecto interesante en la figura es que las manzanas correspondientes a fraccionamientos o conjuntos habitacionales representan valores altos, pero son vecinas de áreas con valores bajos. Esto sugiere que las condiciones del entorno son mejores en el interior de los conjuntos urbanos, pero externamente a sus alrededores existe una carencia de características amigables para las personas mayores.

En resumen, la autocorrelación espacial nos indica que existe una asociación espacial en las condiciones del entorno amigable, no obstante, también existe una heterogeneidad de las manzanas y sus características.

Figura 13 Clúster LISA del índice del entorno amigable



Nota: índice LISA elaborado con el software GeoDA, considerando valores del índice resumen del entorno amigable. Fuente: elaboración propia.

4.3. Accesibilidad potencial del sistema de servicios

En este apartado se desarrollan los resultados de la distribución de servicios urbanos en Toluca, enfocándose en su accesibilidad y desempeño urbano. Por lo que se demuestra cómo están distribuidos los servicios de salud, financieros, recreativos y de abastecimiento de alimentos en la ciudad, y qué tan accesibles son para las personas mayores. Además, se describen los resultados del índice resumen de accesibilidad potencial al sistema de servicios. Con lo anterior permite conocer la facilidad de acceso a los servicios y lo que puede implicar el efecto en la calidad de vida de los habitantes.

Por consiguiente, el principal resultado es que prevalece la concentración de servicios urbanos en la localidad de Toluca de Lerdo (figura 14). Por ende, las áreas de muy baja accesibilidad son en la zona norte de la zona de estudio, en las localidades de La Constitución Totoltepec, Arroyo Vista Hermosa, El Cerrillo Vista Hermosa, San Pedro Totoltepec, San Miguel Totoltepec, San Diego de los Padres Cuexcontitlán, Sauces, San José de los Padres Oztzacatipan, San Nicolás Tolentino, Galaxias Toluca, Fraccionamiento San Diego, San José Guadalupe Oztzacatipan San Cayetano Morelos y Tlachaloya.

En los parques públicos, su accesibilidad es muy alta en la zona oeste de la ciudad, en San Mateo Oxtotitlán, San Buenaventura, Santiago Tlaxomulco y Toluca de Lerdo. Donde se ubican los parques de mayor superficie con clasificación E-5. La accesibilidad media localiza a Calixtlahuaca, Santiago Miltepec, Santa Ana Tlapaltitlán, San Felipe Tlalmimilolpan, Capultitlán y Cacalomacán.

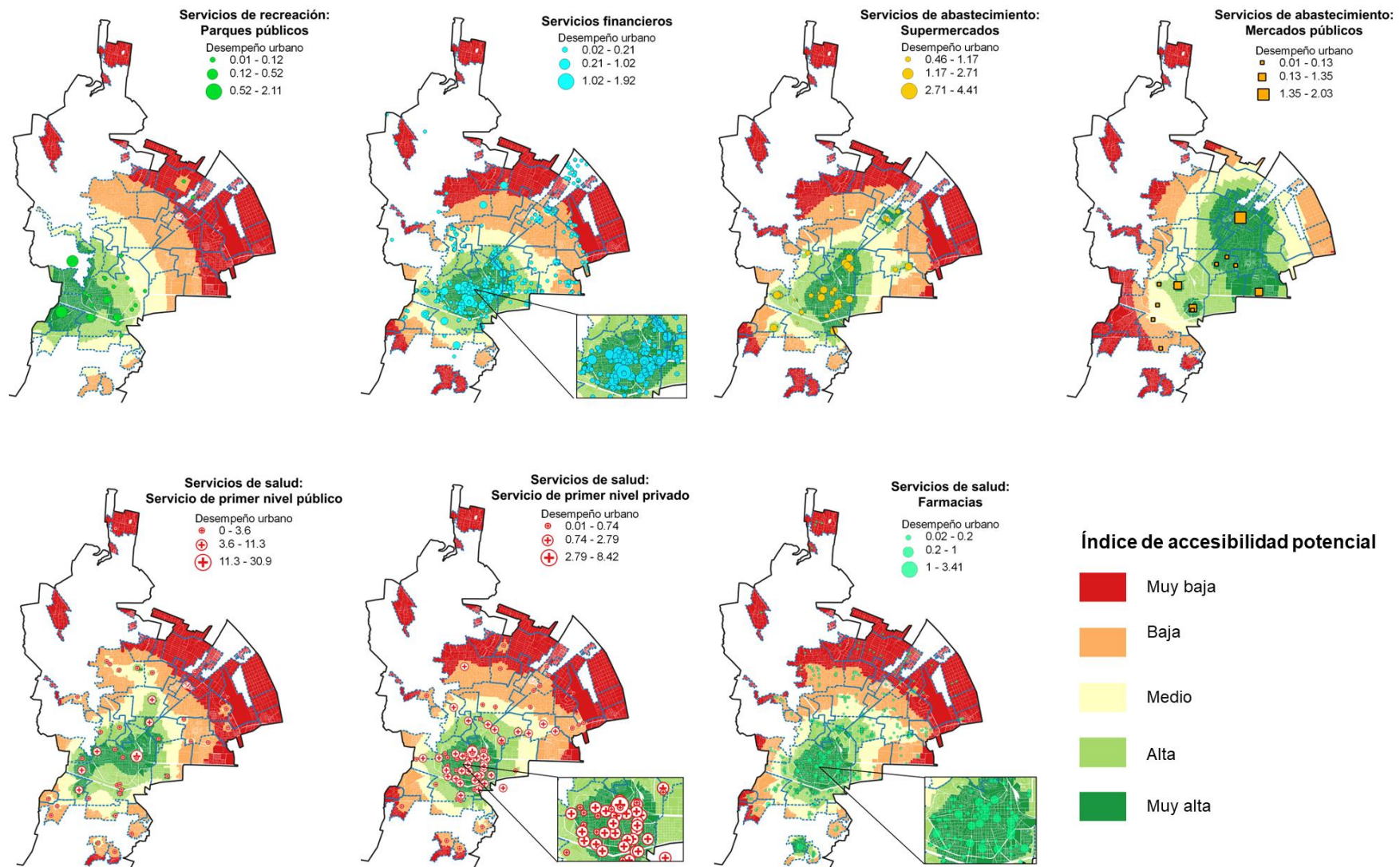
Para el caso de los servicios financieros se concentran en el centro de la ciudad, no obstante, existe una dispersión de los servicios en la zona norte y oeste de Toluca. Específicamente en las localidades de Santana Ana Tapaltitlán, Santa María Totoltepec, San Francisco Totoltepec, San Miguel Totoltepec y San Pedro Totoltepec, así como Santa Cruz Oztzacatipan y San José Guadalupe Oztzacatipan.

Por otro lado, para los servicios de salud, las farmacias tienen una mayor distribución de localizaciones que los centros de primer nivel públicos y privados. Los públicos cuentan con una localización heterogénea cubriendo el servicio en distintas localidades urbanas. No obstante, sus

centros de salud de mayor capacidad se ubican en el centro urbano. Mientras que, los centros privados disminuyen su capacidad del servicio conforme se va alejando de la centralidad urbana.

Para el caso de abastecimiento de alimentos, la accesibilidad muy alta se sitúa al oriente del centro urbano donde se posiciona la Central de Abastos en Santa Cruz Oztzacatipan y El Piojo en Santa María Totoltepec. Estos dos polos de abastecimiento crean un cinturón de accesibilidad para las localidades intermedias que abarcan a las localidades de San Mateo Oztzacatipan, San José Guadalupe Oztzacatipan, Crespa Floresta, San Andrés Cuencoxtitlán, San Andrés Huichochitlán, San Lorenzo Tepaltitlán, Santín, la Magdalena Oztzacatipan. En valores de alta accesibilidad al servicio está Santa Ana Tapaltitlán, San Nicolás Tolentino, San Miguel Totoltepec y San Pedro Totoltepec. Para el caso de supermercados, la mayoría del sistema de servicio se agrupa en la localidad de Toluca de Lerdo y localidades aledañas como San Lorenzo Tepaltitlán y Santa Cruz Atzacapotzaltongo.

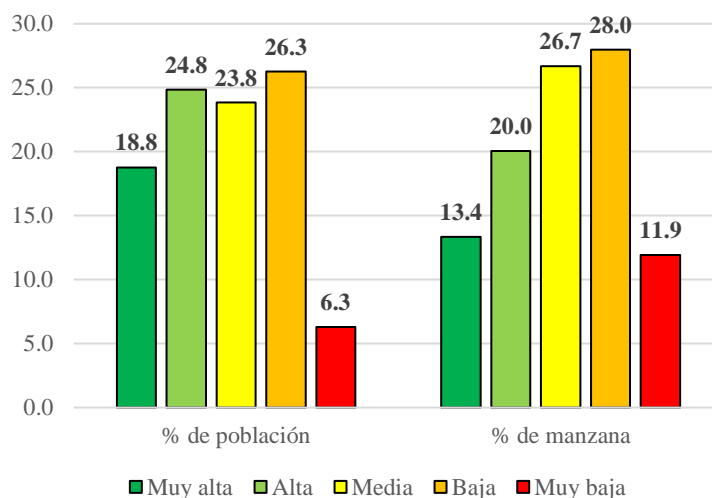
Figura 14 índice de accesibilidad y desempeño urbano de los servicios de salud, financieros, de recreación y abastecimiento



Nota: El desempeño urbano se clasificó por medio de cortes naturales. La clasificación de accesibilidad potencial del servicio es por medio de cuantiles. Fuente: Elaboración propia.

En el caso del índice resumen el 18.8 % de personas mayores residen en con condiciones muy altas de accesibilidad al sistema de servicios, el 24.8% con valores altos, el 23.8 % residen en un valor medio, el 26.3% bajos, por último, el 6.3% habitan en condiciones de muy baja accesibilidad (véase figura 15). Para el caso de las manzanas, el 13.4% tienen valores muy altos, 20.0% son alta accesibilidad, 26.7% con condiciones medias, 28.0% con baja y 11.9% con categoría muy baja.

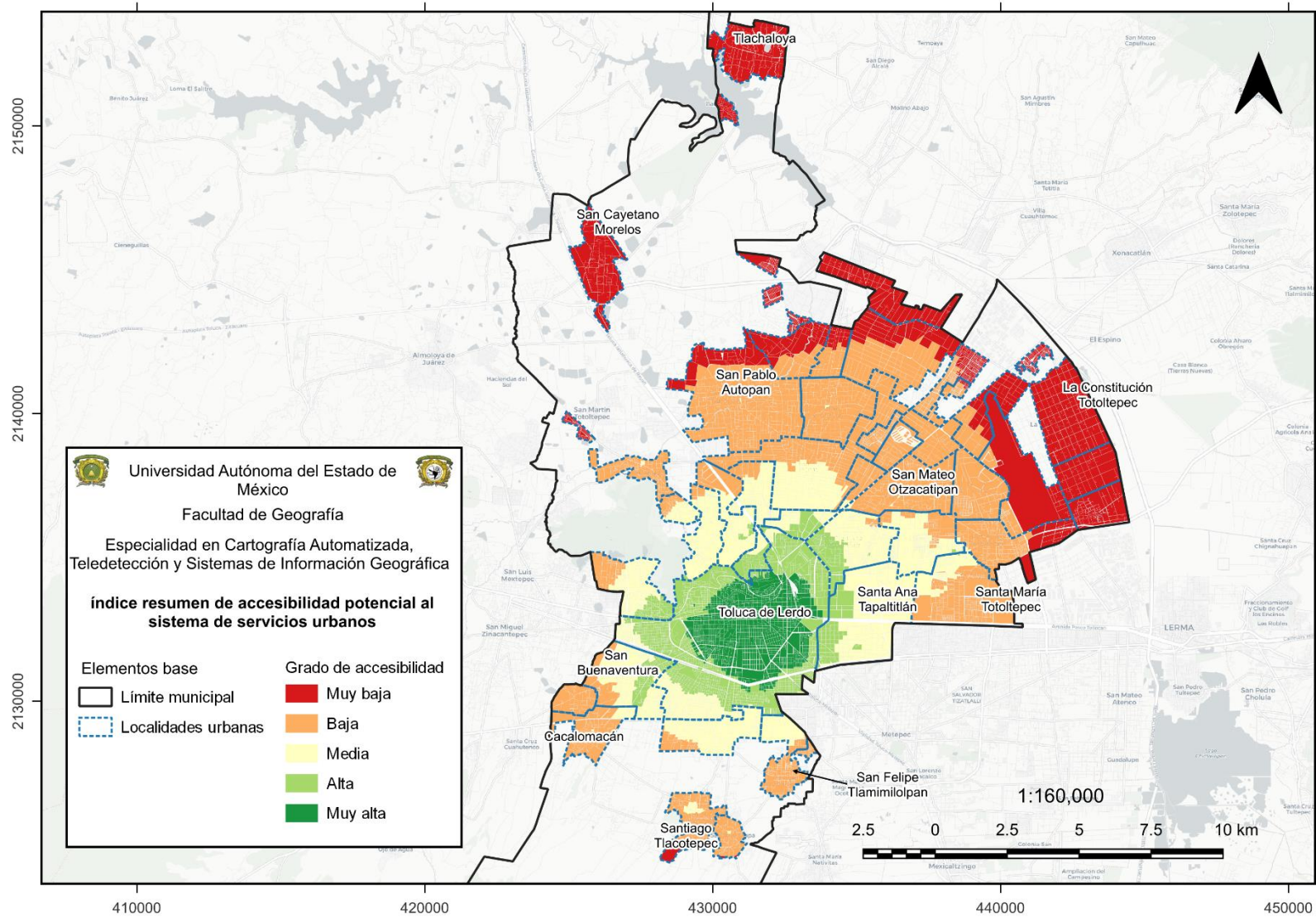
Figura 15 Porcentajes de población y manzanas del índice de accesibilidad potencial



Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI (2020)

Lo anterior se identifica en el mapa 6 en donde los grados de muy alta y alta accesibilidad se ubican en la localidad de Toluca de Lerdo. En donde el entorno histórico de la ciudad cuenta con el acceso óptimo a los servicios urbanos y que disminuye conforme se aleja del centro urbano. Por ejemplo, las localidades conurbadas como lo es Santa Ana Tapaltitlán, San Lorenzo Tepaltitlán, Santa Cruz Atzacapotzaltongo, Santiago Tlaxomulco, San Mateo Oxtotitlán, San Buenaventura, Capultitlán y partes de San Felipe Tlalmimilolpan reduce su acceso a servicios por lo que se clasifican con grado de media disponibilidad. Además, se observa que las zonas de muy bajo acceso son en el norte en las localidades de Tlachaloya, San Cayetano Morelos, San Pedro Cuexcontitlán, La Constitución Totoltepec, El Cerrillo Vista Hermosa, Arroyo Vista Hermosa, San Francisco Totoltepec, San Nicolás Tolentino, Galaxias Toluca, Las Misiones.

Mapa 6 índice resumen de accesibilidad al sistema de servicios urbanos



Nota: Mapa base de CartoDB. Fuente: Elaboración propia con base en información del INEGI (2020)

4.4. Elección e integración. Aplicación del space syntax.

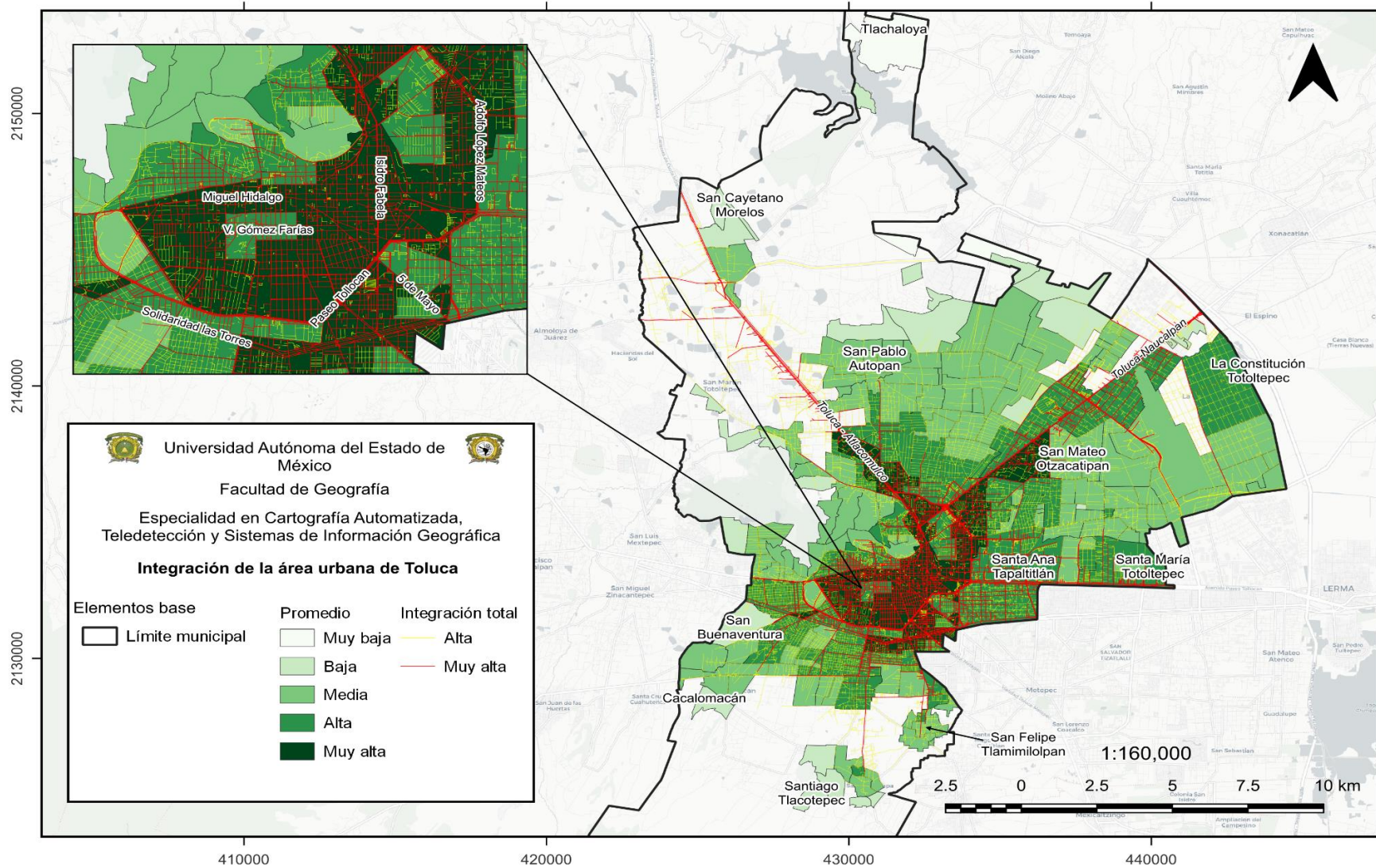
La integración total de Toluca identifica la centralidad de la ciudad, como se visualiza en el mapa 7 representa en su mayoría las vialidades del centro de la ciudad como Paseo Tollocan, Isidro Fabela, Miguel Hidalgo, entre otras calles que otorgan conectividad en el centro urbano, así como de carreteras como la Toluca-Atlacomulco y Toluca Naucalpan.

El mapa representa que las vialidades de alta integración son calles principales de la ciudad que conectan distintas localidades con Toluca de Lerdo, por lo tanto, estas vialidades son más accesibles. Ante esta información, se infiere que esta red de calles sufre de saturación vial en las horas de mayor tránsito.

Es interesante observar que las calles de mayor integración corresponden a Toluca de Lerdo, donde la mayoría de las vialidades del centro urbano cuenta con esta característica. También se muestra cruces de segmentos que podrán resultar conflictivos para su desplazamiento en horas punta, por ejemplo, la intersección de Isidro Fabela, 5 de mayo y Paseo Tollocan. Tres calles principales que en sus colindancias se ubican equipamientos urbanos importantes de la ciudad, como la Terminal de Toluca y el Mercado Juárez. Dos elementos, que por sus características al ser un nodo de distribución de movilidad y de abastecimiento de alimentos, de los mercados públicos con mayor superficie, hace que esta zona sea atractiva de los desplazamientos. No obstante, por esta dinámica y su conexión vial demuestra que es una zona de saturación vial.

En cuanto al promedio por AGEB se demuestra que las áreas de muy baja integración corresponden a la localidad de Tlachaloya. Siendo esta la que cuenta con una mayor distancia con respecto al centro urbano, demuestra que no existe una vialidad en la zona que vincule fácilmente a la localidad con el resto de la red vial. Por el contrario, los AGEB de mayor integración se posicionan en Toluca de Lerdo y localidades colindantes, por lo que sugiere que estas zonas son más accesibles y de mayor tránsito. Un aspecto por resaltar es que el grado de integración disminuye conforme aumenta la distancia hacia la localidad central. igualmente, esto se observa con las vialidades que tienen una mejor integración.

Mapa 7 Integración de la zona urbana de Toluca



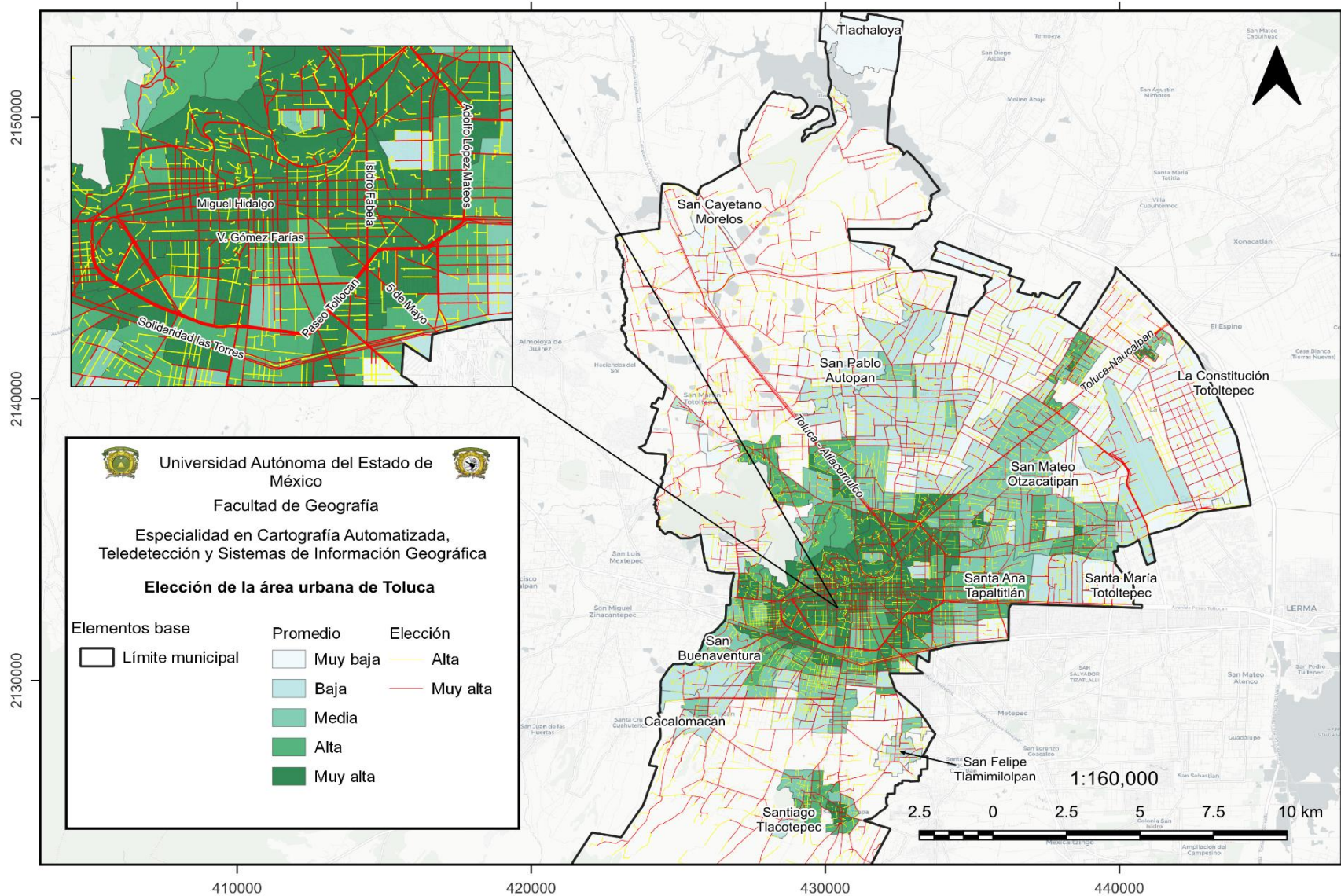
Nota: Clasificación por cortes naturales. Para mayor legibilidad de la información se clasificó de muy bajo a muy alto la información. Fuente: Elaboración propia.

La elección total de Toluca, como se visualiza en el mapa 8, muestra las vialidades que son los caminos rectos dentro del sistema urbano. Resalta la estructura urbana de la ciudad, donde lo valores altos demuestran distintas vialidades principales y secundarias. Las vialidades principales conectan distintos puntos de la ciudad, mientras que las colectoras (o secundarias) distribuyen el tránsito de las principales hacia las locales. Un ejemplo de vialidad secundaria para este análisis es Valentín Gómez Farías, que distribuye el tránsito de este a oeste en el centro urbano.

En cuanto al promedio de elección, las AGEB ubicadas en el centro de la ciudad cuentan con un mayor grado de elección indicando que estas áreas son preferidas en términos de caminos rectos y cortos. Esto sugiere que estas zonas verán más tránsito y movimientos potenciales. Por el contrario, las zonas con menor elección reflejando una menor centralidad y, por ende, menor movimientos potenciales. Además, esto indica que las áreas con menor grado de elección cuentan con una menor cantidad de vialidades que conecten estas zonas con las demás, es decir, dependen de escasas calles principales para su conectividad.

Este patrón de elección destaca la importancia de las vías principales y secundarias en la distribución del tránsito y conectividad urbana. Las áreas con menor elección pueden ser prioritarias de mejoras en la infraestructura vial para aumentar su accesibilidad y reducir su saturación en las vías más transitadas.

Mapa 8 Elección de movimiento de la zona urbana de Toluca



Nota: Clasificación por cortes naturales. Para mayor legibilidad de la información se clasificó de muy bajo a muy alto la información. Fuente: Elaboración propia.

En las imágenes de la figura 16, referentes a la integración de r1400 metros y r480 metros, podemos ver que el alto valor de integración se reduce en cuanto a su extensión, aun así, representa vialidades importantes como Isidro Fabela o nodos de distribución de tránsito como las vías cercanas a la Terminal de Toluca.

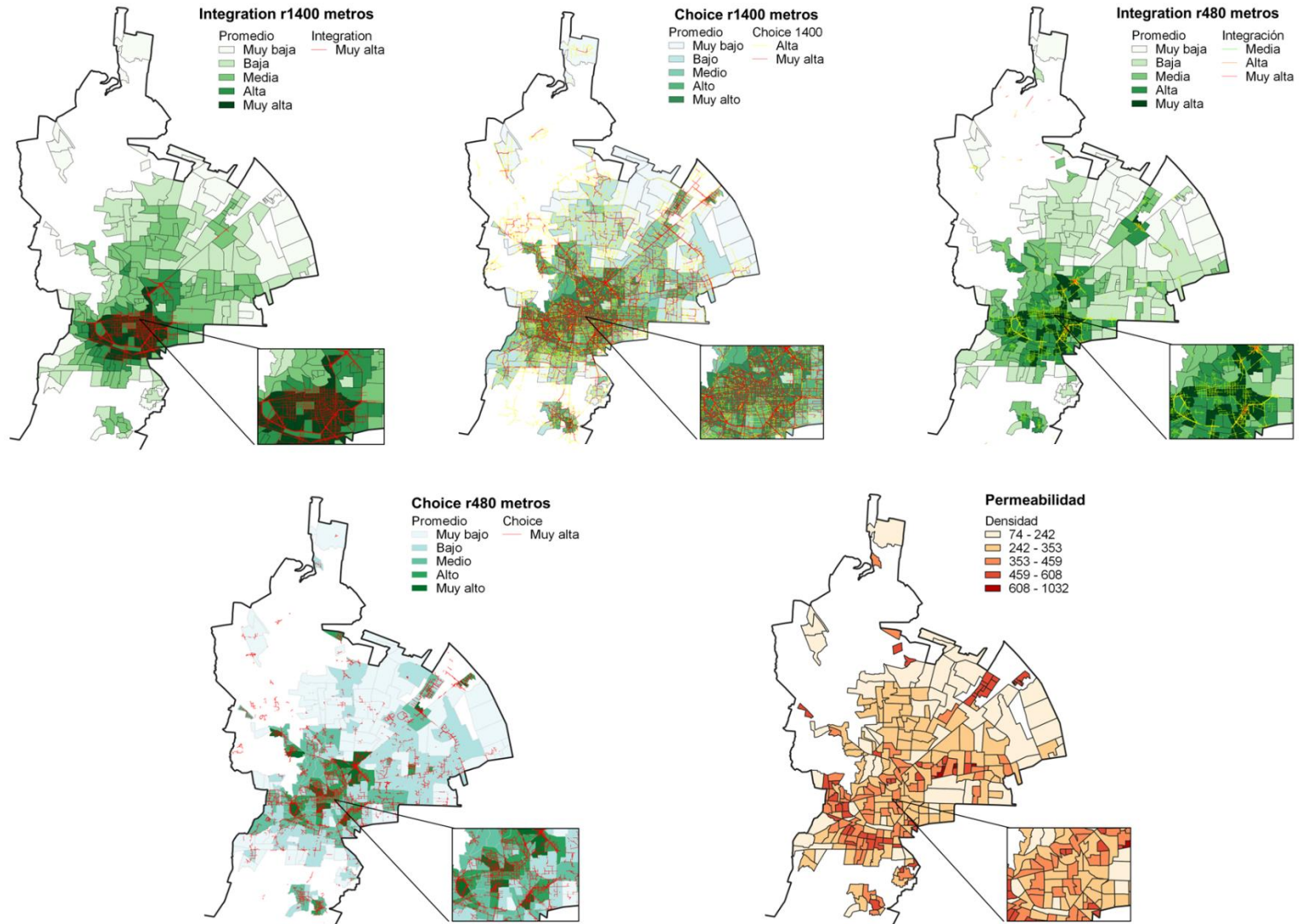
En cuanto a la elección a una distancia del umbral caminable, se observa valores altos en distintas zonas urbanas, aunque aún mantenga una concentración de estos valores la localidad de Toluca de Lerdo es bastante lógico observar que otras áreas también cuenten con esta intensidad de los datos, pues identifica los segmentos de la red que pueden ser más importantes en el sistema vial en cada localidad.

En el caso de elección a 480 metros, los AGEBA del centro de la ciudad de Toluca de Lerdo, presenta valores muy altos, principalmente, en las que corresponden al centro histórico. Aunque la permeabilidad de esta zona no es alta, la elección sugiera que es un área importante para el desplazamiento peatonal. Es importante señalar que, en esta área también se integra una gran variedad de servicios.

Es posible observar que las áreas donde prevalece una alta densidad de permeabilidad son en conjuntos urbanos, por ejemplos, los fraccionamientos que se encuentran en la localidad de San Lorenzo Tepaltitlán, Fraccionamiento San Diego y Real de San Pablo, así como de Sauces.

En resumen, la figura muestra cómo la integración total del municipio identifica la centralidad de la ciudad. En conjunto, estos análisis subrayan la relevancia del centro de Toluca como el principal conector urbano, donde la configuración vial facilita desplazamientos al centro urbano, lo que sugiere que futuras intervenciones urbanas deben enfocarse en fortalecer y optimizar estas áreas para mejorar la movilidad y accesibilidad en toda la ciudad. Así como de mejorar la conectividad de localidades alejadas del sistema de la red vial.

Figura 16 integración y elección



Nota: Clasificación por cortes naturales. Para mayor legibilidad de la información se clasificó de muy bajo a muy alto la información. Fuente: Elaboración propia.

5. Impacto del entorno urbano en el desplazamiento del adulto mayor: discusión mediante el análisis espacial y demográfico

Los resultados indican que prevalece una concentración de los servicios urbanos en áreas de mejores condiciones de infraestructura urbana y de accesibilidad. Según el objetivo general de analizar la influencia de la estructura urbana en la movilidad de la población mayor, los resultados del mapa 6 demuestran que la ciudad de Toluca mantiene un carácter monofuncional o monocéntrica, donde la concentración de servicios urbanos se sitúa en la localidad de Toluca de Lerdo. Esto afecta al 32.6% de los adultos mayores quienes residen en condiciones de accesibilidad de servicios que varían de baja a muy baja. La situación se agrava al considerar que la distribución de la población en el municipio está transicionando hacia al envejecimiento, donde se espera que en menos de diez años se duplique el número de personas mayores (consulte tabla 8). Además, las mujeres, debido a sus características demográficas serán la población más vulnerable en esta transición (consulte tabla 12).

El objetivo específico dos que se refiere a la representación espacial del entorno urbano nos indica una heterogeneidad de las características del espacio físico necesarias para las personas mayores (consulte mapa 5 y figura 12). Donde el 40% de las condiciones de las manzanas están en condiciones bajas a muy bajas, esto afecta a uno de cada tres personas mayores. De acuerdo con investigaciones previas, Zumelzu et al. (2019) indica que las personas eligen el trayecto hacia su destino el cual proporcione una mayor calidad espacial, esto puede sugerir que las manzanas cuyas condiciones son desfavorables para su movilidad, son también áreas con una calidad mínima espacial.

En relación con el objetivo tres, que se enfoca en identificar vías peatonales, se observó que diversas zonas de la ciudad, especialmente barrios históricos, podrían beneficiarse de una mayor accesibilidad para los peatones. Como bien se desarrolló en la literatura, según Hillier et al. (1993) la configuración espacial interviene en la movilidad dentro de la ciudad y en la atractividad de sus zonas urbanas y estos barrios históricos se caracterizan por ser zonas de gran actividad comercial y servicios (Bazant, 2020).

Por último, según el objetivo de producir indicadores urbanos y socioeconómicos para analizar patrones potenciales de desplazamiento. Los resultados obtenidos demuestran diversas variables que pueden facilitar la movilidad dentro de la ciudad, tomando en cuenta las características físicas, la cobertura de los servicios urbanos y el sistema vial.

Algunas limitaciones al realizar esta investigación fueron en la homogeneidad de los datos, pues, aunque en su mayoría se obtuvo de una institución nacional, la escala con la que se realizó este proyecto no incluía información por grupos de edad, por lo que se recurrió a solicitar información al instituto correspondiente. Además, al revisar documentos oficiales de instituciones municipales, se encontraron cierta ambigüedad en la localización y superficie de parques de bolsillo y jardines, dos elementos urbanos que pueden ser útiles para el análisis de accesibilidad a corta distancia para personas mayores, sin embargo, al haber incongruencia en los datos se omitieron estas variables.

También, la información del INEGI sobre las características del entorno urbano es generalizada, por lo que, no es posible valorar las condiciones de alguna característica de manera desagregada, un ejemplo es el tipo de material de la banquetta, aparte, como sugerencia, es importante otras variables como la disposición de bancas, ya que es un elemento necesario para la población objetivo.

Otro factor limitante en el desarrollo del estudio es la aplicación de la teoría del space syntax, pues la gran variedad de definiciones técnicas que existen de los conceptos principales ocasiona una ambigüedad en la comprensión de esta teoría y métodos. Aunque puede dar explicaciones precisas de la configuración espacial, puede implicar costos en tiempo y recursos de cómputo para elaborar un estudio detallado del sistema de la red de calles.

Algunas propuestas de mejora para este tipo de análisis es en incorporar encuestas origen-destino, tal como se realizó en estudios previos como el de Chaparro (2023) y Brikman (2021) para obtener información precisa y desagregada de los motivos de viaje, frecuencias y destinos. Aunque estos estudios su población objetivo no eran los adultos mayores, incorporar estas herramientas al método propuesto, permitirá comparar los resultados y precisar las zonas donde hay una mayor movilidad de la población senescente. Así como de validar que, las áreas donde prevalece una

variedad de servicios y equipamientos sean los lugares que más frecuentan la población para atender alguna necesidad.

Con lo anterior, es importante que se tome como atención prioritaria la mejora de las condiciones del adulto mayor, sobre todo de las mujeres, por lo que se recomienda que los futuros estudios de envejecimiento demográfico se aborden mediante una percepción de género. Con esto, enriquecerá este campo de estudio y facilitará la comprensión de este grupo de edad. También, una debilidad del método implementado es la evaluación de las condiciones del entorno urbano, si bien con la información secundaria utilizada para el índice nos permite observar la cobertura, valorar las condiciones de cada elemento es importante para conocer el deterioro de cada zona en la ciudad. No obstante, esta valoración implica suficiente tiempo y recursos para contemplar puntos estratégicos de la ciudad.

Gracias al nivel de desagregación de este estudio, facilita la creación de políticas urbanas y sociales de manera puntual, pues se identifica zonas que requieren atención en la mejora de la infraestructura. También, este proyecto se vuelve un elemento clave para prever la situación demográfica que el municipio tendrá a corto y mediano plazo, por esta tendencia de envejecimiento, los tomadores de decisiones deberán incorporar en sus planes y programas de desarrollo social y urbano la percepción del urbanismo gerontológico.

6. Conclusiones y reflexiones

Respondiendo a la pregunta inicial de investigación ¿Cuáles son las limitaciones del adulto mayor en la ciudad derivadas de la estructura urbana y la proximidad de servicios? Actualmente este grupo de población, en su mayoría, goza de condiciones favorables para su movilidad, pues residen en zonas accesibles y donde su entorno cuenta con infraestructura necesaria para ello. Sin embargo, a corto y mediano plazo se prevé que la población aumente en otras zonas del municipio, donde sus condiciones de residencia y calidad del entorno y oportunidades a servicios disminuyan. A esto se suma que en las partes del municipio las condiciones de conectividad al sistema de servicios urbanos e infraestructura se deterioran, por lo que la estructura urbana se volverá un obstáculo para la movilidad en distancias caminables. En resumen, la premisa inicial parece confirmarse: el entorno urbano impacta significativamente en la movilidad potencial de las personas mayores.

El objetivo general al igual que los específicos permiten reconocer las condiciones de las personas mayores y de su entorno de residencia. La combinación de índices demográficos y espaciales facilitan la comprensión del envejecimiento en las zonas urbanas. Por lo que favorecen en la generación de propuestas en políticas públicas. Por ejemplo, una recomendación es atender las zonas de baja y muy baja condición de amigabilidad del entorno, otorgando a estas áreas de infraestructura como rampas, señalización vertical que favorezca a los desplazamientos peatonales, alumbrado público, o cualquier otro elemento que la zona necesite. Además, considerando que las zonas de atención donde hay valores bajos de condiciones y de accesibilidad, es recomendable vincular otros modos de transporte, como es el transporte público para conectar eficazmente a la población más alejada del centro de la ciudad. Esto implica en exigir mejoras en este transporte y su flota vehicular para que sea un transporte seguro para personas mayores.

En calles con mayor integración es recomendable fomentar el desarrollo de transporte público, debido que son más accesibles. Indica que comúnmente tendrá una saturación vial cuando la demanda vehicular aumente. Por ende, optar por modos de transporte colectivos beneficiara en la disminución de ocupación del espacio de las calles.

Para el caso de calles mejor integradas, pero para un umbral de distancia peatonal, se debe apostar por mejorar la infraestructura peatonal. Interviniendo las calles con elementos que se han

mencionado anteriormente, añadiendo modificación en la infraestructura como pasos peatonales a nivel de banqueta. Esto, para proporcionar un entorno seguro a los peatones.

Por último, es recomendable llevar acciones en la regulación del suelo, implementando una diversidad de usos para robustecer los subcentros urbanos para que cuenten con una gran capacidad de comercio y servicio, así como de otros usos, para acercar esta oferta del sistema urbano a la población con menor accesibilidad al sistema.

Aunque esta investigación se centra en las condiciones de estructura urbana para la movilidad del adulto mayor, es relevante mencionar que, a través de observaciones en el área urbana, he notado cambios significativos en colonias céntricas como la Cuauhtémoc, Américas y Universidad. Está sucediendo un reemplazo de la vivienda para el aprovechamiento de esta para fines comerciales o la construcción de departamentos de renta, en particular en la colonia Universidad, se ha construido edificaciones para la renta de habitaciones a estudiantes, inclusive la vivienda originaria del lugar ha sido adaptada para este grupo de población, por lo que, está sucediendo un reemplazo de la población residente, que en su mayoría es población mayor, por población estudiantil.

Estos cambios están relacionados con este proyecto, ya que influyen en la calidad de vida y la accesibilidad de la población mayor a los servicios. Por lo que puede traer varios impactos en la dinámica urbana, como cambios en la demografía local, la oferta servicios y la comunidad. Sobre todo, resalta que la población futura de mayor edad residirá en zonas aún más alejadas del centro de la ciudad. Por lo tanto, será útil profundizar en futuras investigaciones cómo estas transformaciones afectan la calidad de vida de los residentes actuales y cómo pueden abordarse las necesidades de todas las partes interesadas en el proceso de desarrollo urbano.

7. Bibliografía

- Adame, S., Sánchez, R. M., y Hoyos, G. del C. (2020). Factores socioterritoriales de cambio de uso de suelo en el centro de México. Caso oriente de la Zona Metropolitana de Toluca, México. *Revista Universitaria de Geografía*, 29(1), 153–176.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Alvarez-Lobato, J. A., Trujillo, A., y Garrocho, C. F. (2018). Multifuncionalidad urbana y personas adultas mayores en el Área Metropolitana de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 96. <https://doi.org/10.14350/rig.59611>
- Aranda, J. M. (2000). *Conformación de la zona metropolitana de Toluca, 1960-1990* (1ª. Ed.). Centro de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Bazant, J. (2020). *Micro urbanismo: Al rescate del peatón en los espacios urbanos* (1ª. Ed.). Editorial Trillas.
- Becerril-Sánchez, T., Juan Méndez-Ramírez, J., y Orozco-Hernández, A. (2022). Vinculación entre estructura y equipamiento urbano con la accesibilidad del adulto mayor en Toluca, Metepec y Lerma, México. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 24(2), 47–67.
<https://doi.org/10.36677/QRET.V24I2.19428>
- Bello, W. (2013). Vulnerabilidad socio-demográfica de las personas de la tercera edad. Estudio de caso, centro histórico de La Habana. *Cuadernos Geográficos*, 52(1), 153–177.
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/930/1104>
- Boccolini, S. M. (2020). La red vial como estructura posibilitante del desarrollo en el área metropolitana de Córdoba, Argentina. *Revista Transporte y Territorio*, 22, 180–204.
<https://doi.org/10.34096/RTT.I22.6344>
- Brikman, D. (2021). Localización diferencial, modos de habitar disimiles. Analizando la segregación desde la movilidad cotidiana. *Revista INVI*, 36(102), 80–108.
<https://doi.org/10.4067/S0718-83582021000200080>
- Buzai, D., y Montes, E. J. (2021). *Estadística Espacial: Fundamentos y aplicación con Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161048>
- Campos, J. (2009). *La geografía de la marginación: enfoque conceptual y metodológico alternativo para el caso de México* [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Campos, J. (2023). Adultos mayores y condiciones relativas de vida: el uso de indicadores espaciales para su focalización en la ZMCT 2020. En *Coloquio Ciudades amigables con los adultos mayores*. El Colegio Mexiquense A.C.

- Campos-Alanís, J., Ramírez-Sánchez, L. G., y Garrocho, C. (2020). Inclusión de la variable espacial en la medición de las condiciones relativas de vida en ciudades mexicanas. *Papeles de Población*, 26(103), 53–88. <https://doi.org/10.22185/24487147.2020.103.03>
- Canales, R. J. (2016). Nicaragua. Indicadores demográficos, estimaciones 2016. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 4(8), 131–142.
- Cárdenas, C. L., González, C. A., y Lara, H. (2012). *Numeralia de los adultos mayores de los adultos mayores en México*. Instituto de Geriatria. http://inger.gob.mx/pluginfile.php/96260/mod_resource/content/355/Archivos/C_Promocion/Unidad_1/Sesion_1/Numeralia.pdf
- Cárdenas, G. (2021). Envejecer con el lugar. *REVISTA PLANEIO*, 46, 21–21. <https://doi.org/10.7764/PLAN.046.095>
- Cárdenas, G. (2022). Envejecer con el lugar: los retos de una ciudad que envejece. En J. Bautista Vergara y J. Delgado Campos (Eds.), *Recuperar la ciudad hoy. Modelos urbanos: cuidados, salud, educación, bienestar y ocio: Vol. I* (PUEC-UNAM, pp. 30–66). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cardo, B. (2021). *El urbanismo gerontológico ante el reto del envejecimiento demográfico. El caso de Arganzuela* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Madrid.
- Chaparro, I. (2023). Relaciones entre la estructura urbana y la movilidad cotidiana en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Revista Cartográfica*, 2023(106), 53–75. <https://doi.org/10.35424/RCARTO.I106.2272>
- Chorley, R. J. (2019). Spatial analysis in geomorphology. *Spatial Analysis in Geomorphology*, 6, 1–394. <https://doi.org/10.4324/9780429273346>
- Cinderby, S., Cambridge, H., Attuyer, K., Bevan, M., Croucher, K., Gilroy, R., y Swallow, D. (2018). Co-designing Urban Living Solutions to Improve Older People’s Mobility and Well-Being. *Journal of Urban Health*, 95(3), 409–422. <https://doi.org/10.1007/S11524-018-0232-Z/TABLES/3>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Envejecimiento en América Latina y el Caribe: inclusión y derechos de las personas mayores (LC/CRE.5/3)*. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
- Conde, Y., y Cabrera, E. N. (2022). Envejecimiento poblacional en asentamientos de Guamuhaya desde el análisis espacial. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 7(2), 197–205. <https://rccd.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/376>
- Congreso de la Unión. (2022, 17 de mayo). Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/pdf/wo124595.pdf>

- Consejo Estatal de Población (COESPO). (2019). *Envejecimiento Demográfico*.
<https://coespo.edomex.gob.mx/sites/coespo.edomex.gob.mx/files/files/2019/ENVEJECIMIENTO%20demografico.pdf>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2017). *Envejecimiento en México*.
<https://www.gob.mx/conapo/articulos/envejecimiento-en-mexico?idiom=es> 86
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2022). *Indicadores sociodemográficos de la población de 60 años y más con base en el Censo de Población y Vivienda 2020*. Datos abiertos. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/envejecimiento-demografico/resource/0e9932eb-7df4-4dfb-b000-a6cc2868b947>
- Cortés-Salinas, A., y Rojas-Symmes, L. (2021). TRANSPORTE, MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD: CAMPOS Y MÉTODOS EMERGENTES PARA EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO CONTEMPORÁNEO. *Universidad-Verdad*, 79, 10–23.
<https://doi.org/10.33324/UV.VI79.433>
- Cortés-Topete, M. B., y Tavares-Martínez, R. A. (2022). Oportunidades de inclusión y bienestar de las personas mayores en sus vecindarios. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 37(2), 719–744. <https://doi.org/10.24201/edu.v37i2.2031>
- Cruz, I. A. (2022). *Propuesta metodológica para el análisis del entorno urbano utilizando plataforma SIG. Caso de estudio: Municipio de Toluca*. [Proyecto de especialidad]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- De la Rosa, J. J., y Castañeda, P. E. (2018). *Indicadores de satisfacción de la infraestructura peatonal en la perspectiva del espacio público saludable en la Ciudad de México* (J. Pablos, Ed.; 1ª. edición). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Dirección General de Información en Salud. (2022). Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud. http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_clues.html
- Ducci, M. E. (1990). *Conceptos básicos de urbanismo*. Trillas.
- Favier, L. A. (2018). La dimensión espacial del proceso de envejecimiento en La Habana. *Revista Novedades en Población*, 14(28), 322–332.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1817-40782018000200322ylnq=esynrm=isoytlnq=pt
- Florencio, G., y Real, J. (2019). Propuesta metodológica: Índice de Infraestructura Urbana para el diagnóstico urbanístico sobre el traslado de personas mayores de 60 años en tres AGEB de la Jurisdicción Sanitaria Magdalena Contreras. *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 11(1), 52–67.
<https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/RDE30.pdf>

- García De León, A. (1989). La metodología del valor índice medio. *Investigaciones Geográficas*, 19, 69–87. <https://doi.org/10.14350/RIG.58975>
- García-González, M. de L., Adame-Martínez, S., y Sánchez-Nájera, R. M. (2015). Expansión metropolitana de Toluca: caso de estudio municipio de Calimaya, México. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 17(1), 35–53. <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9828>
- García-Valdez, M. T., Sánchez-González, D., y Román-Pérez, R. (2019). Envejecimiento y estrategias de adaptación a los entornos urbanos desde la gerontología ambiental. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 34(1), 101–128. <https://doi.org/10.24201/EDU.V34I1.1810>
- Garrocho, C. (2013). *Dinámica de las ciudades de México en el siglo XXI. Cinco vectores clave para el desarrollo sostenible* (1ª. Ed.). El Colegio Mexiquense, A.C.; Consejo Nacional de Población: Fondo de Población de las Naciones Unidas.
- Garrocho, C., y Campos, J. (2016). *Segregación socioespacial de la población mayor. La dimensión desconocida del envejecimiento* (1ª. Ed.). El Colegio Mexiquense, A.C.
- Garrocho, C., y Vilchis, I. (2021). Las Age-Friendly cities facilitan la movilidad de los adultos mayores. *Korpus* 21, 21, 295–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.22136/korpus21202135>
- Garza, G. (2010). La transformación urbana de México, 1970-2020. En G. Garza y M. Schteingart (Eds.), *Los grandes problemas de México: Vol. II* (1ª. ed., pp. 31–87). El Colegio de México.
- Gil-Alonso, F., Thiers-Quintana, J., Bayona-i-Carrasco, J., y Pujadas-Rúbies, I. (2020). ¿Hacia unas ciudades segregadas según la edad? Geografía dinámica del envejecimiento y rejuvenecimiento en las grandes metrópolis españolas. En J. D. Sempere Souvannavong, C. Cortés Samper, E. Cutillas Orgilés, y J. R. Valero Escandell (Eds.), *Población y territorio: España tras la crisis de 2008* (1ª. Ed., p. 409). Editorial Comares, S.L.
- Giraldo, L. (2019). Población y envejecimiento. Pasado, presente y futuro en la investigación sociodemográfica Verónica Montes de Oca e Isalia Nava Bolaños (coords.). Ciudad de México: UNAM, 2017, 348 pp. *Revista Latinoamericana de Población*, 13(24), 197–203. <https://doi.org/10.31406/relap2019.v13.i1.n24>
- Ham, R. (2010). Envejecimiento demográfico. En B. García y M. Ordorica (Eds.), *Los grandes problemas de México: Vol. Vol. I Población* (1ª. Ed., pp. 53–78). El Colegio de México.
- Herce, M. (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad: propuestas para recuperar un derecho ciudadano* (1ª. ed.). Editorial Reverté.

- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., y Xu, J. (1993). Natural movement: or configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment y Planning B: Planning y Design*, 20(1), 29–66. <https://doi.org/10.1068/b200029>
- Hoyos, G. (2005). Marco empírico histórico de la dimensión física del proceso de urbanización de las ciudades de México y Toluca. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 7(2), 42–74. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40170202>
- Hoyos-Castillo, G., y Camacho-Ramírez, M. D. (2010). Vialidad Paseo Tollocan en la Ciudad de Toluca. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 12(2), 221–247.
- Huenchan, S. (2021). *Indicadores sobre envejecimiento y personas mayores en Centroamérica, México y el Caribe hispano*. www.cepal.org/apps
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2019). *El costo de la congestión: vida y recursos perdidos*. <https://imco.org.mx/costo-la-congestion-vida-recursos-perdidos/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Características del entorno urbano 2020. Síntesis metodológica y conceptual*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825199425.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Directorio de empresas y establecimientos*. <https://www.inegi.org.mx/temas/directorio/>
- Juárez, A. D., González, M. Á., y Sánchez, M. E. (2023). Caracterización de la ciudad sostenible. Un análisis de la accesibilidad y sus variables. *Decumanus*, 10(10). <https://doi.org/10.20983/DECUMANUS.2023.1.5>
- Koohsari, M. J., Owen, N., Cerin, E., Giles-Corti, B., y Sugiyama, T. (2016). Walkability and walking for transport: Characterizing the built environment using space syntax. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0448-9>

- Liévanos, J. (2016). *El papel del centro histórico de Toluca como centralidad en la Zona Metropolitana de Toluca desde una perspectiva histórica* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- López-Ortega, M., y Aranco, N. (2019). *Envejecimiento y atención a la dependencia en México*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0001826>
- Manzano, F. A. (2018). Análisis espacial del envejecimiento en el Partido de General Pueyrredón (AÑO 2010). *Cardinalis*, 10, 261–284. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/article/view/20667>
- Martínez, L. (2015). *Introducción a los ecosistemas urbanos* (1ª. Edición). Universidad Iberoamericana Ciudad de México.
- Martínez-Espinosa, A., y Gaxiola, S. (2019). De la satisfacción al malestar social: abuelas cuidadoras de escolares en la Zona Metropolitana de Toluca. *Papeles de Población*, 25(100), 217–243. <https://doi.org/10.22185/24487147.2019.100.18>
- Marzo, R. R., Khanal, P., Shrestha, S., Mohan, D., Myint, P. K., y Su, T. T. (2023). Determinants of active aging and quality of life among older adults: systematic review. *Frontiers in Public Health*, 11, 1193789. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2023.1193789/BIBTEX>
- Mayorga, J. L. A. (2017). La permeabilidad y movilidad peatonal en los fraccionamientos cerrados de interés social. Villas de la Hacienda, Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. *Revista Transporte y Territorio*, (17), 145–171. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333053372008>
- Mesillas, M. I. (2021). *Bienestar y vejez: Un análisis espacial de la Zona Metropolitana de Toluca* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Molina, Y. A., Bustamante, L. P., y Gutiérrez, D. V. (2023). Prácticas de movilidad cotidiana y estructura urbana en el entorno periurbano: Lomas Coloradas y Portal de San Pedro, San Pedro de la Paz (Chile). *Urbano*, 26(47), 34–45. <https://doi.org/10.22320/07183607.2023.26.47.03>
- Montejano-Escamilla, J. A., Caudillo-Cos, C. A., y Ávila-Jiménez, F. G. (2023). Expansión y crecimiento urbanos en México, 1975-2020. *región y sociedad*, 35, e1734. <https://doi.org/10.22198/rys2023/35/1734>
- Montes de Oca, V. (2003). El envejecimiento en el debate mundial: reflexión académica y política. *Papeles de Población*, 35, 79–104. <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/17235>
- Montoya, B. J., González, J. G., Pérez, B. D., y Soberón, J. A. (2024). *Poblamiento y despoblamiento en el Estado de México. Procesos sociales* (1ª. Ed.). Universidad Autónoma del Estado de México.

- Montoya, B., y Montes de Oca, H. (2011). Perfil sociodemográfico del envejecimiento en el Estado de México. En B. Montoya Arc y H. Montes de Oca Vargas (Eds.), *Análisis sociodemográfico del envejecimiento en el Estado de México* (Ied.). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Montoya, J., y Montes de Oca, H. (2006). Envejecimiento poblacional en el Estado de México: situación actual y perspectivas futuras. *Papeles de Población*, 12(50), 117–146. <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/8651>
- Narváez, Ó. L. (2012). El envejecimiento de la población y sus efectos en los requerimientos de equipamiento urbano de educación básica en Aguascalientes, México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 27(1), 119. <https://doi.org/10.24201/edu.v27i1.1407>
- Narváez-Montoya, O. L. (2012). Envejecimiento demográfico y requerimientos de equipamiento urbano: hacia un urbanismo gerontológico. *Papeles de Población*, 18(74). <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/8416>
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. <https://volaya.github.io/libro-sig/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2007). *Ciudades Globales Amigables con los Mayores: Una Guía*. <https://iris.who.int/handle/10665/43805>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). Sistema seguro en las ciudades. En C. Vadillo Quesada (Ed.), *Movilidad en las metrópolis: hacia un paradigma de sustentabilidad y accesibilidad urbana* (1ª. Ed., Vol. 7, pp. 361–387). Siglo xxi editores.
- Ortiz, K. B., y Peña, S. (2023). La movilidad y el derecho a la ciudad: el Bus Rapid Transit en Ciudad Juárez. *Economía Sociedad y Territorio*, 23(71), 281–307. <https://doi.org/10.22136/EST20231898>
- Ortiz, M. I., y Gerónimo, L. (2008). El envejecimiento en México. Aspectos territoriales y repercusiones sociales. *Trayectorias*, 10(26), 79–92.
- Paranaiba, A. (2018). Praxeology and Space Syntax: *MISES: Interdisciplinary Journal of Philosophy, Law and Economics*, 6(2). <https://doi.org/10.30800/MISES.2018.V6.565>
- Partida-Bush, V. (2005). La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México. *Papeles de Población*, 45, 9–27.
- Pérez, R., y Viramontes, L. Y. (2022). El papel de la banqueta en la vida social urbana. En G. Capron, J. Monnet, y R. Pérez (Eds.), *Banquetas: el orden híbrido de las aceras en la*

- Ciudad de México y su área metropolitana* (1ª. Ed., pp. 187–214). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano Toluca (PMDU). (2018). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano Toluca*. Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura. <https://sedui.edomex.gob.mx/toluca>
- Pons, J. J., y Montoro, C. (2020). El envejecimiento de los barrios urbanos en España: una propuesta de medición. En J. D. Sempere Souvannavong, C. Cortés Samper, E. Cutillas Orgilés, y J. R. Valero Escandell (Eds.), *Población y territorio: España tras la crisis de 2008* (1ª. Ed.). Editorial Comares, S.L.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Habitat). (2021). *La Nueva Agenda Urbana Ilustrada* (Centro Urbano). <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- Reyes, R. C. y M., y Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones*.
- Reyes, V., Suárez, M., y Delgado, J. (2019). *La Merced: movilidad y flujos de personas en un mercado popular antiguo* (1st ed.). Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad.
- Reyes-Castro, P. A. (2019). Mortalidad intraurbana, envejecimiento y marginación en Hermosillo, Sonora, 2013-2016. *región y sociedad*, 31, 1–22. <https://doi.org/10.22198/RYS2019/31/1209>
- Rivera, J., y González, I. de L. (2024). DESIGUALDAD EN SALUD EN LOS ENTORNOS URBANOS: CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTILOS DE VIDA EN EL ENVEJECIMIENTO. En G. Cárdenas y G. Villagómez (Eds.), *ENVEJECER EN EL LUGAR. Vejece y territorios con sentido* (1ª. edición, pp. 87–114). Universidad del Caribe. <https://www.researchgate.net/publication/378741778>
- Rogers, W. A., Ramadhani, W. A., y Harris, M. T. (2020). Defining Aging in Place: The Intersectionality of Space, Person, and Time. *Innovation in Aging*, 4(4), 1–11. <https://doi.org/10.1093/GERONI/IGAA036>
- Ruelas-González, M. G., Pelcastre-Villafuerte, B. E., y Reyes-Morales, H. (2014). Maltrato institucional hacia el adulto mayor: percepciones del prestador de servicios de salud y de los ancianos. *Salud Pública de México*, 56(6), 631–637. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10632793008>
- Sánchez, D. (2007). Envejecimiento demográfico urbano y sus repercusiones socioespaciales en México: Retos de la planeación gerontológica. *Revista de geografía Norte Grande*, 38, 45–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022007000200003>

- Sánchez-Vázquez, J. A. (2021). Transporte público e infraestructura urbana, causas de exclusión social en la vejez. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 23(2), 49. <https://doi.org/10.36677/qret.v23i2.15708>
- Sobrino, J. (1995). Funciones económicas predominantes del sistema metropolitano de México. En C. Garrocho y J. Sobrino (Eds.), *Sistemas metropolitanos: nuevos enfoques y perspectiva* (1ª. Ed., pp. 245–270). El Colegio Mexiquense A.C-SEDESOL.
- Spijker, J. (2023). The future of ageing in Latin America and the Caribbean from different methodological perspectives. *Papeles de Población*, 28(114), 15–38. <https://doi.org/10.22185/24487147.2022.114.27>
- Trujillo, A., Álvarez, J. A., y Garrocho, C. (2022). ÍNDICE DE MULTIFUNCIONALIDAD URBANA Y LOCAL PARA PERSONAS ADULTAS MAYORES EN ZONAS METROPOLITANAS DE MÉXICO: CONCEPTO, MÉTODO Y APLICACIÓN. *Decumanus*, 9(9), 1–22. <https://doi.org/10.20983/DECUMANUS.2022.2.3>
- Unikel, L. (1968). El proceso de urbanización en México: distribución y crecimiento de la población urbana. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 2(02), 139. <https://doi.org/10.24201/edu.v2i02.46>
- Unikel, L. (1976). *El desarrollo urbano de México, Diagnóstico e implicaciones futuras* (2ª. Ed.). El Colegio de México.
- Vaca-Proañó, V. G., López-Rueda, C. P., Llorca-Vega, N. A., y Ferreras-Cid, E. (2023). Patrones sociales y espaciales: Estudio comparativo entre dos espacios públicos en la ciudad de Quito, Ecuador. *Urbano*, 26(47), 96–109. <https://doi.org/10.22320/07183607.2023.26.47.08>
- van Nes, A., y Yamu, C. (2021). *Introduction to Space Syntax in Urban Studies*. (1ª. Ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59140-3>
- Vera, J., y Trujillo, A. (2016). El efecto de la calidad del servicio en la satisfacción del derechohabiente en instituciones públicas de salud en México. *Contaduría y Administración*. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2016.07.003>
- World Health Organization (WHO). (2002). *ACTIVE AGEING: A POLICY FRAMEWORK Active Ageing*. <https://iris.who.int/handle/10665/67215>
- Yamu, C., van Nes, A., y Garau, C. (2021). Bill Hillier’s Legacy: Space Syntax—A Synopsis of Basic Concepts, Measures, and Empirical Application. *Sustainability 2021*, Vol. 13, Page 3394, 13(6), 3394. <https://doi.org/10.3390/SU13063394>
- Zoido, F., Benayas, S. de la V., Morales, G., Mas, R., y Lois, R. (2000). *Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio* (1ª. Ed.). Ariel, S.A.

Zumelzu, A., Barría, T., y Barrientos-Trinanes, M. (2019). EFECTOS DE LA FORMA URBANA SOBRE LA ACCESIBILIDAD PEATONAL EN BARRIOS DEL SUR DE CHILE. *Arquitectura Revista*, 16(1), 01–22. <https://doi.org/10.4013/arq.2020.161.01>