



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS, URBANOS Y AMBIENTALES

**EXPANSIÓN URBANA DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY
2013-2019**

**Tesis presentada por
Gessy Steeven Mongui Vargas
Para optar por el grado de
MAESTRO EN ESTUDIOS URBANOS**

**Directora de tesis
Dra. Alejandra Berenice Trejo Nieto**

Ciudad de México, septiembre de 2021

AGRADECIMIENTOS

Vivo convencido que cada pensamiento, motivación y acto consciente del hombre es condicionado por el lugar que ocupa y ha ocupado en el mundo, un lugar que no es sólo físico sino también social. Esta tesis es el producto de una serie de vivencias que, injustamente, no puedo ni pretendo recordar todas para dedicar mis agradecimientos a las personas y lugares con las que las he compartido, me disculpo por eso.

Quiero iniciar mis agradecimientos con una de las personas que, además de mis familiares, marcó mi vida académica cuando apenas era un niño, el profesor Rodrigo Velásquez, quien, siendo mi profesor de sociales, ciencia políticas y economía en el Colegio Cisneros influyó en mí para apasionarme por las ciencias sociales, motivo por el cual decidí estudiar la carrera de Economía en la Universidad del Tolima (Colombia).

Por otra parte, quiero agradecer también a quienes considero mis amigos y mentores en la Universidad del Tolima, con los cuales aún sigo aprendiendo, principalmente a Diego Ramírez Reinoso, hoy candidato a doctor en Economía por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Carlos Duque, hoy candidato a doctor en Economía por la UAM, Edwin Andrés Martines, hoy maestro en Estudios políticos latinoamericanos por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) e Iván Gabriel Corredor Castillo, hoy candidato a maestro en Economía por la UNAL.

También a mis profesores de la Universidad del Tolima: el Maestro Joel Hernando Cruz, el Dr. John Fredy Ariza, el Maestro Juan Pablo Saldarriaga, el Maestro German Augusto Forero Cantor, el Maestro Luis Naranjo, el Maestro Elías Gómez Contreras y, principalmente, el Maestro Ramiro Gálvez Aldana, a quien no sólo admiro y respeto, sino que también le debo mucho de lo que hoy pienso y soy como persona.

Por supuesto, quiero agradecer enormemente a los profesores de El Colegio de México: el Dr. Sergio Rincón, la Dra. Verónica Crossa, el Dr. Jaime Sobrino, el Dr. Manuel Ordorica, la Dra. Landy Sánchez, el Dr. Vicente Ugalde, el Dr. Carlos López, la Dra. Nadine Reis, la Dra. Clara Salazar y al profesor del Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE) el Dr. Rodrigo Meneses. De igual forma quiero agradecer especialmente a mi directora de tesis la Dra. Alejandra Trejo y a mi lector el Dr. Raúl Lemus, cuyos consejos y comentarios siempre fueron muy útiles, los admiro mucho.

Les agradezco igualmente a todos mis compañeros y amigos de El Colegio de México (COLMEX), mexicanos, franceses, centroamericanos y suramericanos que han hecho de mi estadía en el COLMEX, y en México en general, muy agradable y provechosa.

Agradezco a mis familiares en Colombia, a mi padre Ariel Mongui Mora, quien desde la distancia se ha preocupado mucho por mí, a Andrey Gustavo Ramos, a quien siempre considero como un padre adoptivo, a mi abuela Aurora Mora, a quien quiero tanto, y principalmente a mi madre Gloria Constanza Vargas y mi hermana Luna Mariana Rodríguez, con quienes he compartido la mayor parte de mi vida, momentos difíciles y momentos felices; las amo mucho.

Estoy agradecido también con mi ciudad natal Ibagué, sus carencias y problemas provocaron en mí gran parte de los intereses académicos, políticos y sociales que hoy continúo cultivando, con la Universidad del Tolima y El Colegio de México, instituciones ambas de las que he aprendido tanto dentro y fuera de las aulas y con México, país culturalmente rico que me ha encantado, me ha apoyado y me sigue despertando un gran interés; le debo mucho.

También le agradezco enormemente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), ya que con su ayuda he podido estudiar en El Colegio de México, espero poder retribuirle a México -con creces- todo ese apoyo.

Infinitas gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. MARCO ANALÍTICO: LA EXPANSIÓN URBANA	14
1.1. LA EXPANSIÓN URBANA.....	14
1.1.1. TIPOS DE EXPANSIÓN URBANA.....	16
1.1.1.1. URBAN SPRAWL (O EXPANSIÓN URBANA DESORDENADA).....	17
1.1.1.1.1. Expansión urbana dispersa.....	18
1.1.1.1.2. Expansión urbana de baja densidad.....	22
1.1.1.1.3. Expansión urbana discontinua.....	22
1.1.1.1.4. Expansión urbana excesiva.....	24
1.1.1.2. EXPANSIÓN METROPOLITANA.....	25
1.2. EL ESTUDIO DE LA EXPANSIÓN URBANA Y SUS ELEMENTOS EXPLICATIVOS.....	27
CONCLUSIONES.....	34
CAPÍTULO 2. LITERATURA EMPÍRICA	36
2.1. LA EXPANSIÓN URBANA EN ESTADOS UNIDOS, EUROPA, CHINA Y MÉXICO.....	36
2.2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE LA EXPANSIÓN URBANA EN MÉXICO.....	43
2.3. POLÍTICAS DE DENSIFICACIÓN URBANA.....	49
CONCLUSIONES.....	54
CAPÍTULO 3. EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY	57
3.1. BREVE REPASO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MONTERREY (1596-1900).....	57
3.2. CAMBIO MORFOLÓGICO Y EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE MONTERREY, DURANTE EL SIGLO XX Y EL SIGLO XXI.....	59
3.3. ALGUNOS DATOS SOBRE VIVIENDA SOCIAL EN EL AMM.....	65
3.4. ALGUNOS DATOS SOCIOECONÓMICOS RECIENTES DE LA CIUDAD DE MONTERREY.....	67
CONCLUSIONES.....	73
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN URBANA DEL AMM, 2013-2019	75
4.1. METODOLOGÍA.....	75
4.1.1. CASO DE ESTUDIO: EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY.....	75
4.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	77
4.1.3. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	79
4.1.4. ÍNDICES PARA EL ANÁLISIS DE EXPANSIÓN URBANA.....	81
4.2. RESULTADOS.....	87
4.2.1. MAGNITUD, VELOCIDAD Y DENSIDAD DE LA EXPANSIÓN DEL AMM.....	87
4.2.2. DISPERSIÓN Y CONTINUIDAD DE LA EXPANSIÓN URBANA DEL AMM.....	90
4.2.3. UBICACIÓN O CONCENTRACIÓN DE LA EXPANSIÓN METROPOLITANA: EXPANSIÓN URBANA MUNICIPAL EN EL AMM.....	93
4.2.4. LOS PCU EN LA CIUDAD DE MONTERREY, 2013-2019.....	101
CONCLUSIONES.....	108
CONCLUSIONES GENERALES	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
ANEXO 1. DIAGNÓSTICO DE DATOS	121

ANEXO 2. TRATAMIENTO DE DATOS.....130

RESUMEN:

La investigación analiza la expansión metropolitana de Monterrey ocurrida en el periodo 2013-2019 empleando herramientas y técnicas geoestadísticas, como la técnica de la clasificación supervisada y los programas informáticos QGIS, ARGIS y FRAGSTAT, se calculan índices que dan cuenta de la velocidad, la magnitud, la ubicación y el tipo morfológico de la expansión metropolitana de Monterrey, de igual forma, se calcula el porcentaje de la expansión urbana ocurrida dentro y fuera de los contornos de la política de PCU.

INTRODUCCIÓN

La expansión descontrolada de las ciudades es una preocupación constante para todos los estudiosos de las ciudades y la urbanización y los formuladores de políticas públicas, ya que, si bien suele relacionarse a las grandes aglomeraciones urbanas con crecimientos de productividad e innovación tecnológica, una expansión del área urbana desordenada puede repercutir negativamente en la calidad de vida de las personas (por ejemplo, al degradar las condiciones ambientales y aumentar los tiempos de transporte de las ciudades) así como aumentar considerablemente los costos económicos, de tal manera que terminen por superar los beneficios derivados de la aglomeración urbana (Corporación Andina de Fomento, 2017, pp. 19 y 20). Estos mayores costos, derivados de los procesos de expansión urbana, pueden corresponder al aumento de los tiempos de transporte, la mayor contaminación ambiental y el aumento de financiación necesaria para la provisión de servicios públicos (Ibíd., 2017, pp. 19 y 20; Coq-Huelva et al., 2019, p.4).

En algunos casos la categoría *expansión urbana* se emplea para referirse al aumento no necesariamente negativo de la extensión del área urbana de una ciudad (Peiser, 2001); en otros –la mayoría– para hacer referencia al aumento del área urbana construida de forma discontinua, dispersa y/o de baja densidad (poblacional y económica) todos estos aspectos que se asocian con un uso ineficiente del espacio¹ y los problemas económicos, sociales y ambientales ya mencionados. En otras palabras, este segundo uso de la categoría expansión urbana se relaciona con una urbanización indeseable o desordenada (Wassmer, 2000).

En Latinoamérica la urbanización y la expansión urbana adquieren un matiz particular con respecto a regiones como América del Norte y Europa Occidental. Esto se debe a que ambos procesos en Latinoamérica no fueron acompañados de un crecimiento económico considerable - como sí ocurrió con la urbanización durante el auge de la revolución industrial. En cambio, la urbanización en Latinoamérica se produjo, y se produce, en condiciones de precariedad y de informalidad, ya que sus mercados formales y sus Estados, dado su “raquitismo económico” y relativa desindustrialización, fueron -y son- incapaces de atender gran parte de las necesidades urbanas (Castells, 2002, p. 67), entre ellas la que tiene que ver con provisión de vivienda formal.

¹ Más suelo urbano implica menos suelo dedicado a la agricultura y a ecosistemas naturales indispensables para la vida, lo eficiente, para proteger los usos agrícolas y ambientales del suelo, es aumentar la densidad.

Para el caso de la expansión de las ciudades mexicanas se han realizado diversos trabajos de investigación sobre expansión urbana tales como la de Aguilar y Olvera (1991), donde se expone el porqué de ciertas ineficiencias de las políticas urbanas de la Ciudad de México para controlar la expansión de la mancha urbana; la de Suárez y Delgado (2007), cuyo objetivo es el de plantear hipótesis de la expansión probable que puede llegar a tener la Ciudad de México en el año 2020 - haciendo uso de Sistemas de Información Georreferenciados (SIG)-; la de Schteingart (1989), que explica la expansión urbana del siglo XX que -por medio de la vivienda construida en terreno ejidal y comunal- tuvo lugar en lo que hoy se conoce como la Ciudad de México; la de Leal Iga, Sáenz López, López Estrada e Hinojosa Cruz (2013) cuyo interés está en identificar los factores que favorecen la expansión periférica en la Ciudad de Monterrey, entre otras².

Por otra parte, la densificación urbana, que suele relacionarse por oposición a la expansión urbana, hace referencia a un aprovechamiento más intensivo del suelo urbano, lo que implica una mayor concentración de la población en el territorio, ya sea por medio de proyectos de construcción de vivienda en altura, el uso mixto del suelo, la construcción de viviendas en un espacio moderado o la recuperación de suelo subutilizado (Gm Capital, 2020).

Para algunos la densificación se presenta como una solución a la expansión urbana desordenada y sus efectos negativos, por lo que se formulan frecuentemente políticas de densificación que contemplan explícitamente el objetivo de controlar la expansión urbana de las ciudades (Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025, 2012; Martínez, 2018).

Existen distintos tipos de políticas de densificación por ejemplo, políticas de anillos o fronteras verdes, de límites de contención urbana, de inversión en infraestructura y provisión de servicios (en las zonas centrales de las ciudades)³, de construcción de vivienda en altura, de promoción de usos mixtos del suelo, de subsidios habitacionales y de construcción de viviendas en un espacio moderado. Por supuesto, tales políticas no han sido exentas de controversias y desacuerdos entre aquellos que analizan, estudian y/o promueven las políticas urbanas (Razin, 1998; Peiser R, 1989 y 2001; Monkkonen et al., 2017).

² Algunos de estos trabajos se retoman en el capítulo 1.

³ Así como políticas de renovación urbana en general.

Se tiene, por ejemplo, la experiencia de la política de cinturones o anillos verdes en Inglaterra, que consiste en crear zonas verdes en los contornos urbanos que contengan la expansión urbana, lo que indirectamente pretende fomentar la densificación (Couch et al., 2006). Asimismo, se tiene la experiencia de la política de impuestos compartidos en Israel, que pretende promover la coordinación municipal, más que la competencia, y atraer inversión industrial y comercial hacia las zonas céntricas de las ciudades en lugar de la periferia urbana (Razin, 1998)⁴.

A partir de la conferencia ‘United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III)’ en Quito, Ecuador, el 20 de octubre del año 2016 las Naciones Unidas promueven una nueva agenda urbana que apunte a la densificación y desarrollo ordenado de las ciudades (Naciones Unidas, 2017)

En México las políticas de densificación que se han formulado en la primera década del siglo XXI han sido varias, podemos identificar en el año 2000 la política del Bando 2 de la Ciudad de México (Tamayo et al., 2007)⁵, la política federal de Perímetros de Contención Urbana en el año 2013 (Monkkonen et al., 2017), y otras políticas locales y territoriales, como las políticas de renovación urbana que se encuentran presentes en los planes de desarrollo urbano municipales y estatales como los del municipio de Monterrey y del estado de Nuevo León (Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025, 2012).

Entre las políticas antes mencionadas, la política de Perímetros de Contención Urbana (PCU) es una política federal de desarrollo urbano y densificación, adscrita a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) que se empezó a aplicar desde el año 2013. Esta política busca incentivar –vía subsidios para la adquisición de vivienda- las ciudades compactas (no dispersas) y, de paso, disminuir el rezago de vivienda de las personas de bajos ingresos que habitan las ciudades mexicanas (Diario oficial de la federación, 2014).

⁴ La lógica de los impuestos compartidos como política de densificación es la siguiente: se supone que en una situación donde las ciudades se componen de múltiples gobiernos locales- donde cada uno de estos gobiernos tiene que producir sus ingresos propios- los municipios o localidades de la periferia de la ciudad, con población y recursos escasos, será proclive a fomentar un crecimiento industrial y comercial hacia los bordes de la ciudad (dando lugar a la expansión urbana), cosa que se evitaría si la ciudad en su conjunto tuviera una política de impuestos compartidos, donde cualquiera sea la localización de las empresas terminará por beneficiar, en términos de ingresos, a todos los gobiernos locales de la ciudad.

⁵ La política del Bando 2 fue una política de subsidios habitacionales, para vivienda nueva y usada, que se concentraron en 4 delegaciones centrales de la Ciudad de México, que además prohibió la construcción de conjuntos habitacionales en 16 delegaciones no centrales con el objetivo de promover la densidad urbana.

Los subsidios los otorga el Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), siempre y cuando la vivienda se localice dentro de áreas o de perímetros urbanos que se encuentren cerca de centros de empleo importantes y de áreas urbanas que cuentan con infraestructura para la provisión de servicios públicos, es decir, áreas con un grado elevado de consolidación. Tales perímetros y áreas son determinados por la SEDATU a través de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), con ayuda de información georreferenciada y la participación de las secretarías de planeación municipales y el sector inmobiliario privado (Monkkonen et al., 2017).

La política de PCU ha tenido una serie de modificaciones importantes desde el inicio de su aplicación hasta el día de hoy. Al principio, la política de PCU se aplicó a un total de 384 ciudades que integraban el Sistema Urbano Nacional de la época (ciudades con 15 000 habitantes o más), 59 de estas ciudades se agrupaban como ciudades metropolitanas, 78 como conurbaciones y 247 como localidades.

La política identificaba tres tipos de perímetros o contornos dentro de los cuales aplicaba la otorgación de los subsidios habitacionales: el contorno U1 donde se concentraban las fuentes de empleo -según información del Censo Económico 2009, el Directorio Estadístico Nacional (DENUE) del 2011 y 2013 y el Consejo Nacional de Población (CONAPO)-; un contorno U2 que daba cuenta de una provisión del servicio de agua y alcantarillado en el 75% de las viviendas – según información del Censo General de Población y Vivienda 2010-; y un contorno U3, el cual es un buffer continuo al área urbana consolidada (de los contornos U1 y U2) cuya distancia o grosor dependía (y depende aún) del rango de población de la ciudad a la que rodea (SEDATU y CONAVI, 2014).

La información georreferenciada que daba cuenta de los perímetros o contornos se encontraba -y se encuentra hasta la fecha- en el Registro Nacional de Reservas Territoriales (RENARET), cuyo objetivo es el de “*conocer y calificar el grado de desarrollo y la ubicación de las reservas territoriales con fines habitacionales*” y el de “*contar con una herramienta para evaluar el comportamiento de las reservas territoriales frente a los requerimientos y disponibilidad de suelo para vivienda*”⁶ (Ibíd., 2014). El RENARET no sólo identifica las reservas

⁶ Las reservas territoriales dentro de los perímetros de contención urbana presentaban las siguientes condiciones: pertenecían a los contornos U1 y U2 cuando al menos un 20% del predio se localizaba en alguno de esos perímetros y pertenecían a los contornos U3 cuando el predio interceptaba dicho contorno.

territoriales susceptibles a la otorgación de subsidios por parte de la política de PCU, sino también reservas territoriales fuera de los contornos de perímetros de contención urbana que igualmente son susceptibles de subsidios⁷.

Para el año 2018 la política de PCU ya contaba con modificaciones importantes, una de ellas era que los contornos U1 y U2 ahora estaban subdivididos -habiéndose entonces los contornos U1a, U1b, U2a, U2b y U3-; otra era la implementación de un sistema de puntos, en el que se debe alcanzar un puntaje mínimo para el otorgamiento del subsidio habitacional dentro de los perímetros o contornos; y otra era que tanto los contornos U1 y U2, además de los criterios iniciales de empleo y porcentaje de vivienda con agua y alcantarillado, contemplaban nuevos requisitos para su clasificación como la accesibilidad a equipamiento urbano educativo y de salud y una densidad de vivienda mínima⁸ (SEDATU y CONAVI, 2018)⁹.

Como ya se mencionó varios son los trabajos de investigación que se interesan por la expansión urbana de las metrópolis de México. De igual forma, varios son también los trabajos que se han encargado de avanzar en evaluar políticas de densificación en México (entre ellas la política de Perímetros de Contención Urbana - PCU), lo que se observa en publicaciones como la de Tamayo y et al. (2007), que se refieren de la política del Bando 2, y las de Reyes (2019; 2020) y Monkkonen et al. (2017), que estudian la política de PCU.

Entre los centros urbanos en México el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es el segundo más poblado (INEGI, 2021b), el segundo más grande de México en términos de km² después de Ciudad de México (Join Research Center, 2019) y uno de los que más ha crecido en términos de área construida durante el periodo 2000-2015. En dicho periodo la tasa de crecimiento anual de Monterrey, como *centro urbano*, fue de 1.68%, dato que es bastante significativo si se tiene en cuenta que, entre los 10 centros urbanos de mayor extensión en México del año 2015, sólo Toluca de Lerdo presentó una tasa de expansión promedio anual superior a la que tuvo Monterrey¹⁰.

⁷ La política de PCU no es la única política nacional que establece subsidios a la vivienda habitacional en México.

⁸ En la sección de presentación del problema tesis se retomará de forma más detallada los criterios con los que se establecen los contornos y los subsidios de la PCU.

⁹ La última actualización de los contornos de la política de PCU que conozco se encuentra en el siguiente enlace https://www.conavi.gob.mx/gobmx/pvs/NORMATIVIDAD/Gu%C3%ADa%20Anexo%202021_020221.pdf

¹⁰ Durante el periodo 2000-2015 Toluca de Lerdo como centro urbano tuvo una tasa de crecimiento anual de su área construida de 4.14%.

En términos per cápita la ciudad de Monterrey también había presentado una expansión de su área urbana. Para el periodo 1990-2015 la tasa de crecimiento anual per cápita del área urbana construida de Monterrey fue de 0.82%, para el periodo 2000-2015 fue de 0.54% (Ibíd., 2019). De hecho, según la SEDATU, el CONAPO y el INEGI, entre 1980 y 2010 la población de la ciudad Monterrey creció a una tasa anual de 1.98% mientras que su superficie urbana lo hizo a una tasa anual de 4.95%. (SEDATU et al., 2018, p. 58)¹¹.

Durante las últimas dos décadas el Área Metropolitana de Monterrey presentó un crecimiento de población –en términos de tasa promedio anual– mayor que las otras dos áreas metropolitanas más pobladas del país, que son Ciudad de México y Guadalajara¹². Asimismo, para el año 2020 Monterrey se ubicó como la segunda ciudad más poblada de México, mientras que Nuevo León, la entidad federativa de la que hace parte la ciudad metropolitana de Monterrey, se consolidó como la de mayor atracción absoluta de migrantes, muchos de los cuales – se intuye – se ubicaron en la capital Monterrey (Flores, 2021; INEGI, 2021b, pp. 15 y 19).

No está de más señalar que al ser una ciudad con gran concentración industrial que se ubica al noreste de México, en una entidad en la frontera con Texas (Estados Unidos), Monterrey es la ciudad más importante -económicamente hablando- del norte del país y, la segunda más importante de todo México, sólo después de Ciudad de México (Aguilar, 1995; Garza, et al, 2003; Bassols, 1978; INEGI, 2019: 2021b).

Esta tesis tiene el objetivo de caracterizar, cuantificar y analizar, desde una perspectiva espacial, la expansión urbana en Monterrey y explorar la relación que ha tenido la política de Perímetros de Contención Urbana en el control o fomento de la expansión del AMM durante el periodo 2013-2019. Asimismo responder la pregunta general de cómo y cuánto se ha expandido el AMM, durante el periodo 2013-2019.

Las preguntas específicas que se responden en la tesis son: ¿a qué velocidad se ha expandido el AMM durante el periodo 2013-2019? que implicó cuantificar y analizar la magnitud, velocidad

¹¹ Es claro entonces que tanto en la metodología de SEDATU et al. (2018) como en la metodología de la Joint Research Centre (2018) -que ignora delimitaciones administrativas nacionales- el área urbana de Monterrey ha tenido un crecimiento importante que debe ser analizado.

¹² Las Naciones Unidas estimaba una tasa estimaba de crecimiento poblacional anual para la ciudad de Monterrey de 1.72% entre el año 2000 y el año 2020 (Naciones Unidas, 2020).

y densidad de la expansión urbana de la metrópoli de Monterrey; ¿en dónde se concentró la expansión del AMM durante el periodo 2013-2019? que llevó a establecer en qué municipios y en qué medida se concentró o distribuyó la expansión urbana entre los municipios que conforman el AMM; ¿Qué rasgos morfológicos tuvo la expansión del AMM durante el periodo 2013-2019? para lo cual se tipificó, según la bibliografía teórica consultada, la expansión urbana de acuerdo a las características físicas del área construida a la que da lugar y se cuantificó y analizó la expansión del AMM durante el periodo 2013-2019 según estas tipologías.

El desarrollo de la tesis parte de la hipótesis de que el área urbana del AMM durante el periodo 2013-2019 sufrió una expansión desordenada y acelerada que se distribuyó desigualmente en el espacio, dando lugar a una ciudad menos densa, con una forma urbana dispersa y discontinua y los municipios que la conforman presentan distintos grados y tendencias de densificación y expansión urbana. Aunque esto en parte puede deberse a las políticas de vivienda que fomentan la expansión urbana y la vivienda unifamiliar, el aumento de los desarrollos cerrados de vivienda en la periferia urbana, la urbanización ilegal, que en Monterrey puede estar siendo impulsada por la población migrante que buscan mejorar su situación socioeconómica, la incapacidad y permisividad de los gobiernos locales respecto a los usos del suelo, la tesis se orienta a explorar el hecho de que las políticas de densificación como la política federal de Perímetros de Contención Urbana promuevan en lugar de frenar la construcción de vivienda nueva unifamiliar en las zonas periféricas de las ciudades.

Además de esta Introducción, la tesis se desarrolla en cuatro capítulos junto con un capítulo de Conclusiones Generales. El primero de los capítulos corresponde al marco analítico que contiene consideraciones conceptuales, que provienen de los estudios de la expansión urbana y la expansión metropolitana. El segundo capítulo contiene un repaso, no exhaustivo, de estudios antecedentes que han tratado de la expansión urbana y una breve revisión de las políticas de densificación en México, principalmente la política de Perímetros de Contención Urbana; en este capítulo también se demarcan algunas diferencias entre “las ciudades latinoamericanas -principalmente mexicanas-, las estadounidenses y las europeas”. El tercer capítulo de la tesis hace referencia a las razones históricas, económicas, políticas, sociales y espaciales que, uno, rodearon el desarrollo y la expansión metropolitana de Monterrey y, dos, hacen particularmente relevante el estudio de la expansión urbana y la política de Perímetros de Contención Urbana en Monterrey. El cuarto

capítulo, por su parte, contiene la implementación metodológica y el análisis de la expansión metropolitana de Monterrey durante el periodo 2013-2019, asimismo explora relación entre dicha expansión y la política de Perímetros de Contención Urbana, de igual forma el capítulo contiene el cálculo de varios índices que dan cuenta de la expansión urbana en la ciudad de Monterrey y un análisis de las fuentes y los datos empleados.

La tesis finaliza con un capítulo de Conclusiones Generales, en el que se retoman las preguntas y las hipótesis de la tesis, a partir de los resultados obtenidos, y se esbozan algunas líneas de investigación que quedan por profundizar.

CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL: LA EXPANSIÓN URBANA

El presente capítulo tiene como objetivo desarrollar un marco analítico y conceptual que sirva de base para tipificar y analizar el fenómeno de la expansión metropolitana de Monterrey durante el periodo 2013-2019. Para tal propósito en el capítulo se expone, primero, un repaso de algunos planteamientos teóricos y conceptuales que intentan caracterizar el fenómeno de la expansión urbana -principalmente *la expansión urbana desordenada (urban sprawl)*-; y segundo, las causas o factores definitorios de la expansión de las ciudades -su velocidad, su dirección y su forma. El capítulo finaliza con un apartado de conclusiones.

1.1. LA EXPANSIÓN URBANA

Podemos entender la expansión urbana como un proceso en el que el área urbanizada de las ciudades aumenta sobre un territorio (Chavoya et al., 2009, p. 38). A lo largo de la historia este proceso ha estado condicionado en gran medida por el aumento del crecimiento y el excedente económico, el crecimiento demográfico y el avance tecnológico (Unikel et al., 1978; Lezama, 2014; Corporación Andina de Fomento, 2017)¹³, de forma tal que hoy es común encontrar trabajos en donde el fenómeno de la expansión urbana se plantea como inevitable ante la presencia de crecimiento económico y demográfico (Brueckner, 2000; Chavoya et al., 2009; Zhang, et al., 2018)¹⁴.

Debido a que la expansión urbana se vincula con fenómenos negativos tales como el cambio en los sistemas hidrológicos del hábitat, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la pérdida de suelos cultivables, la pérdida de áreas naturales, las diseconomías de aglomeración y el aumento de la obesidad¹⁵, del uso de energías fósiles, de la vulnerabilidad urbana y del transporte motorizado, la expansión urbana es una preocupación que, para muchos, debe ser estudiada y vigilada (Seto et al., 2011, p. 1; Coq-Huelva et al., 2019, p. 4; León Rojas, 2019 pp. 7 y 8).

Las consecuencias negativas que se asocian a la expansión urbana ha inspirado en diversos lugares del mundo la elaboración y aplicación de numerosas políticas públicas que buscan

¹³ Más adelante, en el tercer apartado del capítulo, explicaré más a detalle como estos factores influyen sobre la expansión urbana.

¹⁴ Por poner sólo unos pocos ejemplos de esta bibliografía.

¹⁵ Uno de los trabajos que asocia el problema de la obesidad con la expansión urbana -la de tipo *Sprawl*- es el de Biderman et al. 2018 (p. 6), intitulado *The Brazilian Housing Program Minha Casa Minha Vida: Effect on Urban Sprawl*, el vínculo de ambos fenómenos es el uso del automóvil y la reducción de los viajes peatonales.

controlarla o contenerla (Aguilar et al., 1991; Razin, 1998; Brueckner, 2000, p. 160; Peiser, 2001, p. 275; Dieleman et al., 2004; Tamayo et al., 2007; Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025, 2012; Corporación Andina de Fomento, 2017; Monkkonen et al., 2017).

Los problemas de sostenibilidad y degradación medioambiental, las deseconomías de aglomeración y el empeoramiento de la calidad de vida -provocados por la expansión urbana- se relacionarían a los cambios de usos de suelo, la afectación ecológica del área circundante a las ciudades, el aumento de los tiempos de traslado del hogar al trabajo -que producen una mayor contaminación por polución y costos de transporte- y el aumento de los costos en la provisión de los servicios públicos. En teoría estos costos son más altos e insostenibles si la ciudad se expande de forma dispersa y con una baja densidad (Wassmer, 2000; Coq-Huelva et al., 2019; León Rojas, 2019).

El uso de la expansión urbana como una categoría negativa -sobre todo la de tipo *desordenada* o '*sprawl*'- para la justificación de políticas públicas urbanas que buscan contenerla también ha sido cuestionado en la bibliografía. Se ponen en duda, sobre todo, los impactos negativos de la expansión urbana y *la expansión urbana desordenada (urban sprawl)* en materia socioeconómica (Peiser, 2001), aunque también hay trabajos que cuestionan, desde un punto de vista microeconómico, las razones medioambientales que tienen por objeto justificar políticas de contención urbana. Por ejemplo, en el trabajo de Brueckner (2000, pp. 160 y 161) los problemas ambientales y de sostenibilidad urbana de la expansión quedan supeditado a un cálculo de externalidades e impuesto pigobianos -en la práctica tales externalidades son difíciles de calcular-; otros trabajos como el de Gutiérrez Mendoza (1998) critican esta subestimación -con fundamentación microeconómica- de los costos ambientales.

Vale la pena decir que el fenómeno de la expansión no ha ocurrido con la misma intensidad en todas las épocas y lugares, ni con las mismas características, ni por exactamente los mismos factores (Dieleman et al., 2004 pp. 316 y 318; Oueslati et al., 2015, pp. 1595, 1597 y 1578; Michelini et al., 2016, p. 40; Biderman et al., 2018, pp. 6 y 7; Zhang et al., 2018, p. 728), en cada una de las ciudades que existen y que han existido en el mundo¹⁶.

¹⁶ Si bien el proceso de urbanización parece un proceso irreversible en el libro *Teoría Social; Espacio y Ciudad* (Lezama, 2014) pueden encontrarse algunos ejemplos históricos que demuestran que esto no siempre es así.

Estas diferencias de intensidad, lugar, época, características y causas han motivado una serie de discusiones y términos con los que se busca categorizar la expansión urbana: el uso de categorías como *forma urbana* (Dieleman et al., 2004), *suburbanización* (Byun et al., 2001; Wassmer, 2000; Peiser, 2001; Schteingart, sf), *periurbanización* (Entran, 2005; Ávila Sánchez, 2009 ;Tecco, sf), *expansión urbana excesiva*¹⁷, *ciudad compacta/ciudad difusa* (Peiser, 2001; Pradilla, 2011), *urban sprawl* (Brueckner, 2000; Bhatta, 2010; Biderman et al., 2018), *expansión urbana discontinua* (Ibid., 2018), *dispersión* (Peiser, 2001; Bazant 2001, 2010; Pradilla. 2011) y *densidad* (Wassmer 2000; Peiser, 2001; Bazant, 2011) apuntan en esa dirección de tratar de explicar y esquematizar la expansión urbana.

1.1.1. TIPOS DE EXPANSIÓN URBANA

A pesar de que ha habido algunos intentos y aproximaciones¹⁸, hoy por hoy no hay un consenso claro sobre cómo categorizar, definir y teorizar la expansión urbana (Bhatta et al., 2010). Entre las distintas formas en las que se ha caracterizado y diferenciado los tipos de expansión de las ciudades podríamos identificar categorías como *la expansión urbana desordenada (urban sprawl)*, *la expansión urbana dispersa*, *la expansión urbana de baja densidad*, *la expansión urbana discontinua*, *la expansión urbana compacta* y *la expansión urbana excesiva*, todas categorías a las cuales se les ha querido dar una valoración en términos normativos (es decir, como categorías que encarnan por sí mismas aspectos positivos o negativos sobre la vida urbana).

No obstante lo anterior, la categoría de expansión urbana desordenada (*urban sprawl*), por el uso que se le ha dado en la literatura (Wassmer, 2000, p. 4), podría contener, como una de sus definiciones, a la expansión urbana dispersa, la expansión urbana discontinua y la expansión urbana de baja densidad, mientras que, como otra de sus definiciones, podría hacer referencia a la expansión urbana excesiva¹⁹.

¹⁷ El uso de la categoría *expansión urbana excesiva* es en realidad una traducción que hago del término de *urban sprawl*, de acuerdo a uno de los usos o significados que se le da al término en Brueckner, 2000, Wassmer, 2000 & Biderman et al., 2018.

¹⁸ Si se quiere profundizar más al respecto recomiendo leer los textos Brueckner (2000), Dieleman et. Al (2004) y Byun et al. (2005).

¹⁹ Hay trabajos como los de Peiser (2001) y Bhatta et al.,(2010), donde se realiza una revisión de antecedentes más minuciosa de la categoría *urban sprawl*, sin embargo, ópte por una categorización de *urban sprawl* muy similar a la propuesta de Wassmer (2000) debido a que se ajusta bastante bien a gran parte de la literatura que revisé para este capítulo.

En la literatura también se hace uso frecuentemente de la categoría *expansión metropolitana* que, más que hacer referencias a aspectos positivos, negativos o morfológicos de la expansión urbana, hace referencia a la escala de la expansión urbana: según la subdivisión y fragmentación administrativa que abarcan las ciudades en expansión (Razin 1998, p. 321; Wassmer, 2000, p. 2; Byun, 2005, p. 253).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, a continuación, se procede a repasar algunos de los significados que se ha dado de *la expansión urbana desordenada*, por un lado, y por otro, de *la expansión metropolitana*²⁰.

1.1.1.1. URBAN SPRAWL (O EXPANSIÓN URBANA DESORDENADA)

De todas las categorías anteriormente mencionadas el uso de *urban sprawl* está bastante difundido en los trabajos anglosajones que se refieren tanto a la expansión urbana en sí como a las políticas que buscan controlarla. En parte, ello se debe al hecho de que la categoría en cuestión tiene una amplia variedad de usos, siendo un término polisémico que, como ya se dijo, puede significar *expansión urbana excesiva*, *expansión urbana dispersa*, *expansión urbana discontinua*, *expansión urbana de baja densidad* (Wassmer, 2000, p. 4)²¹ o en su defecto implica las consecuencias ambientales y socioeconómicas de la expansión urbana (Brueckner, 2000; Scheteingart & Salazar, 2003; Bhatta et al., 2010, p. 731; Navarro-Tec et al., 2018; Hernández, 2021). Peisser (2001, p. 275) señala que la categoría *urban sprawl* se asocia en la literatura anglosajona con la urbanización indeseada.

La dificultad para definir *la expansión urbana desordenada* se hace más notoria cuando se tiene en cuenta que, como señala Bhatta (2010, p. 731), además de ser un término polisémico la *urban sprawl* se utiliza para hacer referencia o a patrones del uso del suelo o a causas de patrones de uso del suelo, a consecuencias relacionadas con los patrones de uso del suelo o a procesos de transformación del suelo. Para aliviar parte de la confusión del término, y ser más preciso respecto a su uso, en la tesis el término de *expansión urbana desordenada* se entiende como un proceso de impacto morfológico, hecho que, además, se ajusta bien a los propósitos de la investigación.

²⁰ También me referiré a la categoría de expansión urbana compacta, aunque no le dedicaré un apartado adicional.

²¹ Otros trabajos como el de Sandipta et al. (2021, p. 1072), citando a Falah et al. (2019), categoriza la Urban Sprawl como equivalente a desarrollos en cinta (es decir alargados que se circunscriben al trayecto de una carretera), de salto de rana o de baja densidad habitacional.

Las categorías de *expansión urbana compacta* y *expansión urbana contigua* también se conciben aquí como procesos, aunque opuesto a la *expansión urbana desordenada*²². No obstante lo anterior, se dedican algunos párrafos a la categoría *expansión urbana excesiva*, que no considera la expansión urbana como un proceso, debido a que su uso parece ser recurrente en la literatura que se refiere a la *sprawl*.

En trabajos como el de Pradilla (2011, p. 29) se asocia a *la urban sprawl* con la categoría de expansión urbana dispersa (uno de los aspectos de la *sprawl*), señalando que esa era la traducción que más se ajustaba a su uso en inglés, sin embargo, no comparto esa definición y por tanto la descarto, en tanto, lo que se pudo constatar de la revisión bibliográfica es que el término *sprawl* tiende a abarcar un sin número de aspectos morfológicos que se consideran negativos de la expansión urbana, pareciéndome entonces más pertinente el uso de la categoría expansión urbana *desordenada*, que es más general y abarcadora.

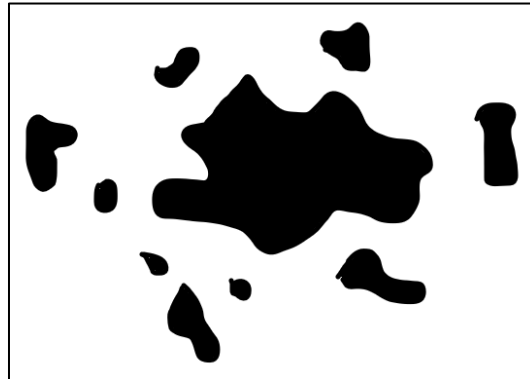
1.1.1.1.1. Expansión urbana dispersa

La dispersión es una característica morfológica urbana que indica que el crecimiento del área urbana construida en un territorio (ya sea para uso habitacional, comercial o industrial) ocurre de forma desperdigada o fragmentada (Wassmer, p. 4). En otros trabajos este tipo de expansión se asocia a crecimientos del área urbana no radiales o “cuadrados” en el sentido que vincula con formas urbanas “alargadas” como las tiras urbanas (Sandipta et al., 2021, p. 1072). Se puede decir entonces que, desde el punto de vista de la forma o morfología urbana, la expansión urbana dispersa se vincula con desarrollos del tipo abanico, salto de rana y tiras urbanas.

Las principales preocupaciones respecto a este tipo de expansión se deben a que se ve como un proceso de ocupación ineficiente del espacio: lejano a los centros de empleo, servicios (públicos y privados) y a infraestructura urbana, de baja densidad (Wasmmer, p. 6; Biderman et al., 2018, p. 8) y de tardía consolidación urbana (Bazant, 2001, pp. 359-361).

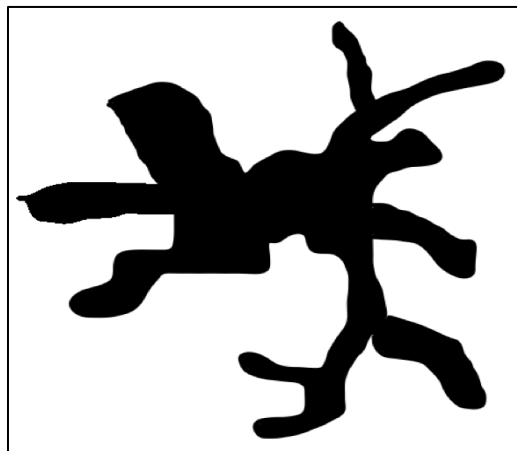
²² En realidad, lo que se encuentra en la literatura especializada es el uso del término de ciudad compacta, un tipo ideal de ciudad que se asocia a su vez con la idea de una ciudad contigua, de alta densidad y, en algunas ocasiones, con una estructura monocéntrica, sin embargo, ya que se entiende a la expansión urbana como un proceso, opté también por referirme a la ciudad compacta como un proceso, y no como una condición de la ciudad, lo que llevó a su vez a separar la categoría expansión urbana compacta de la expansión urbana contigua, ya que, como se verá, la primera puede llegar a contener a la segunda, pero la segunda no es una condición necesaria de la primera.

FIGURA 1.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA CIUDAD DISPERSA POR DESARROLLOS URBANOS DE SALTO DE RANA²³



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 1.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA CIUDAD DISPERSA POR DESARROLLOS EN FORMA DE TIRAS URBANAS



Fuente: Elaboración propia

El problema con la consolidación urbana tardía es que posiblemente las personas y empresas que puedan llegar a habitar estos asentamientos tendrán un aprovisionamiento y acceso deficientes de varios servicios (públicos y privados) o simplemente no los tendrán. Así mismo, es posible que su accesibilidad a centros de empleo no sea la mejor ya que la ubicación de muchos de estos también requiere de una infraestructura mínima. La lejanía a los hogares a los centros de empleo, servicios y a infraestructura urbana puede implicar una mayor dependencia al automóvil y mayores viajes en este medio de transporte, lo que a su vez se relaciona tanto con una mayor contaminación (por el aumento en el uso de combustibles fósiles) como con una presión al alza de los tiempos de

²³ Las zonas negras al interior del cuadrado representan el área urbana de la ciudad.

traslado urbanos vía atascos vehiculares, más si no se invierte en la infraestructura de transporte necesaria (Brueckner, 2000, p. 165).

En el caso de que muchas de las personas que vayan a vivir en estos asentamientos dispersos no puedan acceder fácilmente a la propiedad de un automóvil, dependan del transporte público y, en general, tengan poco poder adquisitivo, los problemas de la urbanización dispersa se intensifican, dado que estarían aislados de gran parte de los centros de empleo de la ciudad y de muchos otros servicios públicos urbanos -como lo son la educación en todos sus niveles, la salud, entre otros. Esto es particularmente cierto si además no se tiene o promueve un uso del suelo mixto que reduzca las distancias que tiene que recorrer la población para satisfacer ciertas necesidades urbanas. Asimismo, la lejanía a ciertos servicios públicos e infraestructura urbana implicaría también mayores costos de inversión y gasto público, que en gran medida son pagados por todos los contribuyentes del municipio, el estado o la nación (no únicamente por las personas que ocuparán estos asentamientos dispersos) (Biderman, 2018, p. 6).

Contrario a lo anteriormente señalado, Peiser (2010) sostiene que el proceso de expansión urbana dispersa no es *per se* algo negativo, sino que hace parte del proceso -normal- por medio del cual las ciudades se expanden y densifican²⁴. Para este autor lo importante, más que restringir e impedir este tipo de desarrollos, es planificar adecuadamente la infraestructura y los usos del suelo para una posterior densificación en dichas áreas urbanizadas, hoy alejadas y dispersas. Al respecto del proceso normal de expansión y densificación escribe:

“El desarrollo ocurre en varias oleadas. La primera ola se caracteriza por subdivisiones aisladas, a menudo casas de grandes lotes o 'granjas' con tanques sépticos y pozos de agua. La segunda ola trae subdivisiones de lotes más pequeños atendidos por servicios públicos completos y caminos internos, con algunas mejoras importantes en los caminos. La tercera ola trae usos comerciales e industriales y comienza a llenar los intersticios entre desarrollos más antiguos. La cuarta ola continúa el relleno iniciado en la tercera ola, se parece a la tercera ola pero tiende a caracterizarse por apartamentos y por usos de mayor densidad (...) La cuarta ola continúa con ayuda de ciclos económicos posteriores, hasta que el área está completamente desarrollada. El proceso puede ocurrir en un período corto, dentro de una década, si el área está creciendo rápidamente; o puede durar 20 años o más. Por supuesto, este no es el final. El ciclo continúa a medida que la reurbanización comienza a ocurrir en sitios más antiguos que están subutilizados o son atractivos para la gentrificación, mayor densidad o cambio de uso” (p. 283)²⁵.

²⁴ Vale la pena mencionar que cuando Peiser hace este análisis está pensando en las ciudades de anglosajonas.

²⁵ Traducción propia.

Por otra parte, la expansión urbana compacta sería lo contrario a la expansión urbana dispersa, ya que haría referencia a un aumento no desperdigado o fragmentado del área urbana construida, sin la proliferación, además, de fenómenos como las “tiras urbanas o comerciales” (Pradilla, 2011, p. 29; Dieleman et al., 2004, p. 308).

Como tipo ideal, parte de la literatura asocia a la ciudad compacta con una ciudad con una estructura monocéntrica y de alta densidad (Peisser, 2011, p. 278), empero, como proceso y como fenómeno esto no se considera necesariamente cierto, esto es debido a hay evidencia empírica que demuestra que una ciudad o expansión del tipo compacta no implica una mayor densidad (Oueslati et al., 2015, pp. 1602-1604.). Asimismo no se comparte en esta tesis la idea de que la compacidad es sinónimo de monocentrismo; que una ciudad sea monocéntrica no implica que tenga una forma compacta, además, por claridad semántica, la compacidad y el monocentrismo deberían hacer alusión a dos fenómenos distintos, el primero relacionado con la forma urbana y el segundo con la estructura socioeconómica de la ciudad y la concentración de sus actividades urbanas.

Si bien se mencionó la baja densidad como uno de los aspectos que suele relacionarse con expansión urbana dispersa, éste no será desarrollado en esta sección por dos razones. La primera razón es que si bien parece que la dispersión y las bajas densidades están muy correlacionadas, sobre todo en países como Estados Unidos (Corporación Andina de Fomento, 2017, pp. 44 y 45; Dieleman et al., 2004, p. 318), esto no tiene que ser necesariamente así, sobre todo cuando la lotificación así lo impone y cuando tratamos con ciudades donde son hogares de bajos recursos con muchos miembros los que suelen ubicarse en la periferia (Biderman, 2018, pp. 6 y 8); la segunda razón es que lo que respecta a la expansión de baja densidad será desarrollado en el apartado que sigue.

Por supuesto, la expansión urbana dispersa no se usa únicamente como una categoría que da cuenta de la morfológica de las ciudades; según la literatura especializada también puede entenderse como el debilitamiento o la pérdida de funcionalidad urbana de algunas zonas de la ciudad asociada a procesos de suburbanización (Bhatta et al., 2010). Empero, al igual que Zhang, et al. (2018) considero que es necesario diferenciar entre las consideraciones morfológicas de las expansión urbana y sus causas y consecuencias (la acepción funcionalista de las expansión urbana describiría más una consecuencia).

1.1.1.1.2. Expansión urbana de baja densidad

La expansión urbana de baja densidad puede referirse a uno de dos fenómenos que suelen estar relacionados, uno sería el aumento del suelo urbano o área construida per cápita, y otro sería la proliferación de desarrollos horizontales de vivienda o de edificaciones industriales o comerciales, es decir, la construcción de viviendas de baja altura en lotes relativamente amplios y/o la construcción de edificaciones para uso comercial, de oficinas o industrial de baja altura, en ocasiones con amplios estacionamientos (de pago o no), que ocupan una extensión significativa de terreno. La baja densidad urbana incentiva el uso del automóvil privado (Peiser, 2001, p. 280 y 281) con todo lo que ello implica: mayor congestión y contaminación ambiental.

Además de los mayores problemas de congestión y contaminación ambiental asociados, la expansión urbana de baja densidad -sea por área construida per cápita o por la proliferación de desarrollos horizontales- se considera un problema por el uso ineficiente de los usos del suelo, ya que un crecimiento del área urbana construida de menor densidad y horizontal implica un mayor consumo per cápita del suelo urbano, suelo que como uso alternativo pudo haberse dedicado a la agricultura y la preservación de la biodiversidad y de los recursos naturales pero que pierde dicho potencial una vez se urbaniza (Peiser, 2001, p. 278; Seto et al., 2011; (Coq-Huelva et al., 2019).

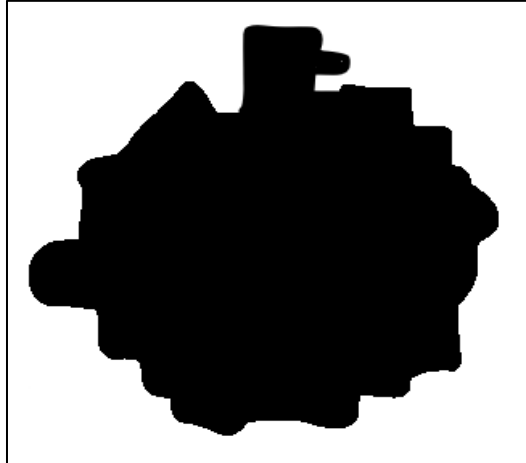
1.1.1.1.3. Expansión urbana discontinua

Cuando se habla de expansión urbana discontinua se hace referencia a aquella expansión urbana que viene acompañada de “parches” intermedios sin edificar entre zonas urbanizadas, es decir, baldíos. Este tipo de expansión urbana suele caracterizarse como negativa porque se le vincula con una expansión urbana que da lugar a una ciudad “más lejana”, se cree que al no permitirse la edificación de estos terrenos la necesidad de suelo para edificar se desplazará a zonas más alejadas del centro urbano, es decir, zonas periféricas de la ciudad o incluso más allá, fomentando así una mayor depredación del suelo agrícola, de alto valor ambiental o que se encuentra en zonas de riesgo elevado, así como mayores tiempos viaje intraurbanos.

No obstante lo anterior, Peiser (2001, pp. 281-283) señala que más que un problema este tipo de expansión urbana puede llegar a ser una oportunidad a futuro debido a que, por lo general, estos baldíos que se usan para la especulación -una vez edificados- suelen tener una mayor densidad que aquellos terrenos que se edificaron primero, ya que quienes compran los baldíos después de que su

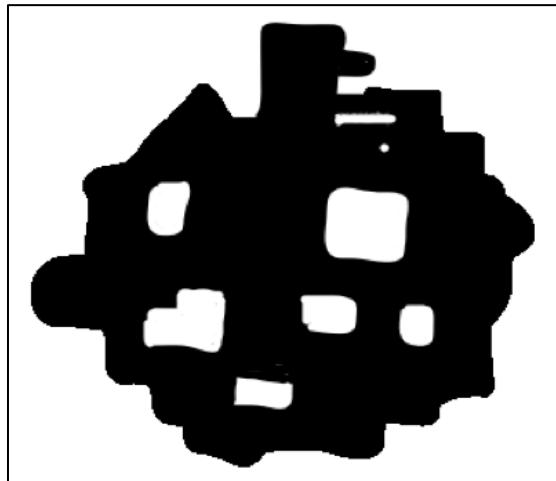
área circundante fuera urbanizada lo hacen a precios más elevados y sólo pueden obtener rentabilidad de la construcción mediando usos más intensivo del suelo²⁶.

FIGURA 1.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA CIUDAD CON UNA ÁREA URBANA CONTINUA



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 1.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA CIUDAD CON UNA ÁREA URBANA DISCONTINUA



Fuente: Elaboración propia.

²⁶ Me refiero a la construcción de edificios, centros comerciales, entre otros que no son simplemente viviendas unifamiliares.

Por razones de economía simplemente insistiré que la expansión urbana contigua, como se esperaría, es antónimo de la categoría *urban sprawl*, más concretamente de sus definiciones de expansión urbana discontinua y expansión urbana dispersa.

1.1.1.1.4. Expansión urbana excesiva

Tanto la dispersión como la baja densidad y la discontinuidad, son características de la expansión que suelen analizarse o mencionarse juntas en la literatura de la *sprawl*, principalmente aquella que entiende la expansión urbana desordenada como un fenómeno morfológico, mientras que, por su parte, la categoría de la expansión urbana excesiva se conceptualiza de forma independiente.

Uno de los aspectos más característicos de la expansión urbana excesiva es su fundamentación microeconómica. Esta visión de la expansión urbana no es una que esté basada en los procesos de transformación morfológica de las ciudades, por el contrario, su uso y significado deriva de un análisis costos-beneficio (en un momento determinado del tiempo, es decir, es una valoración ex post y de grado) e incorpora variables y categorías como *costos sociales y privados*, *beneficios* (sociales y privados), *precios*, *externalidades* (positivas y negativas), *impuestos*, ‘*polizones*’, *eficiencia*, *competencia*, *fallas de mercado*, *escasez*, *renta*, entre otros más, cuyo significado se toma de la teoría económica neoclásica ortodoxa.

Para esta visión de la *urban sprawl* si la expansión urbana está produciendo más costos que beneficios se podría decir que la expansión fue excesiva, de lo contrario no es así y la expansión urbana es beneficiosa para la sociedad en su conjunto (Brueckner 2000). Es precisamente este énfasis en los costos de la expansión urbana (más que la morfología urbana) lo que hace que Wassmer (2000, p. 5) plantee que esta definición de *urban sprawl* es de grado o magnitud, he ahí del porqué opté por la traducción de *excesiva* al español.

Para estos autores la expansión urbana excesiva vendría dada por fallas del mercado como lo pueden ser el no valorar adecuadamente los beneficios que traen consigo los espacios abiertos y el hecho de que la racionalidad individual es contraria en ocasiones a la maximización del beneficio social. Esto pasa, por ejemplo, con la decisión individualmente racional de adquirir un automóvil que en términos sociales sería irracional (socialmente esta decisión implica un mayor tráfico y polución).

Vale decir que operacionalizar esta categoría de la expansión urbana desordenada tiene la dificultad, más allá del terreno teórico especulativo, del cálculo de los costos y beneficios económicos del proceso de expansión urbana, ya que, entre otras cosas, debe contemplar el cálculo de externalidades positivas y negativas, es decir, costos y beneficios socioeconómicos no valorados por el mercado.

1.1.1.2. LA EXPANSIÓN METROPOLITANA

Para Wassmer (2000) la expansión metropolitana es aquella expansión urbana que sucede en ciudades que se conforman por más de un ‘condado’ – delimitación administrativa de Estados Unidos menor en extensión a estado y que contiene divisiones administrativas menores como lo pueden ser los municipios, municipalidades, villas, etc. De igual manera, el autor vincula la expansión urbana y metropolitana con el deterioro de las zonas céntricas de la ciudad y la pérdida de densidad poblacional y de empleo. En el caso de una metrópoli las zonas céntricas de una ciudad son sus condados centrales, en ocasiones junto con sus condados pericentrales, que hacen parte del área urbana (pp. 2 y 6).

Razin (1998, p. 321) también presenta la expansión metropolitana como un fenómeno que ocurre en ciudades conformadas por gobiernos locales autónomos o municipios. En este caso, sin embargo, si bien se vincula la suburbanización con la expansión metropolitana, Razin destaca los procesos de localización industrial y empresarial –y la competencia municipal por atraer inversión y financiamiento – como elementos importantes a la hora de explicar y caracterizar la expansión metropolitana. Razin sostiene en su texto que los municipios relativamente independientes administrativa, política y económicamente hablando, en su afán de aumentar su recaudación de impuestos y recursos propios, terminan propiciando una expansión urbana desordenada, no contemplando la ciudad como un todo ni incentivando una traza de la ciudad social y económicamente más deseable (Razin, 1998).

Por su parte, Byun (2005) analiza la expansión urbana y la suburbanización en un contexto metropolitano, en tanto, se refiere a los procesos de expansión y suburbanización de una ciudad condicionados por una estructura administrativa fragmentada, donde hay más de una localidad o jurisdicción urbana con autonomía regulatoria sobre los usos de suelo, la fiscalización y sobre las decisiones de desarrollo territorial (p. 253). Este tipo de análisis metropolitano de la expansión, argumenta, presenta ciertos efectos ‘derrame’ (spillover) sobre el territorio de la ciudad que

modificarían el ritmo, la densidad y la localización/ubicación del fenómeno de la expansión en la ciudad.

Los efectos ‘derrame’ estarían relacionados con la fragmentación administrativa de las ciudades. Una de las explicaciones de la suburbanización, y por tanto de la expansión, es que la mayor redistribución del ingreso de las localidades centrales de la ciudad hacia las personas con menores ingresos (por tender éstas a ubicarse principalmente en tales localidades) podría haber motivado la emigración de las clases sociales con mayores ingresos²⁷, para así no tener que cargar con los gastos públicos de los que menos tienen –este desplazamiento de las clases más pudientes luego será secundado por las empresas.

Otra explicación de estos efectos ‘derrame’ en Byun tienen que ver con la regulación del suelo y las políticas de desarrollo urbano. Según este argumento el que una localidad –en principio atractiva para la localización de vivienda y la urbanización– aumente sus controles respecto al desarrollo urbano hará que la expansión, que en principio era muy probable que ocurriera en dicha zona, sea desplazada a localidades circundantes a esta, ya sea porque tienen una menor regulación con respecto a la expansión urbana o porque sus políticas públicas son más favorables a ella.

Para autores como De Mattos (2001) el periodo económico actual tiende a favorecer la metropolización y el atractivo de las grandes metrópolis como lugares donde las empresas buscan localizarse, sobre todo aquellas que pertenecen al sector más dinámico de la economía, por lo que las ciudades metropolitanas siguen aumentando la concentración económica y la concentración demográfica que en ellas sucede y que ya sucedía en el etapa económica anterior de sustitución de importaciones, la diferencia de esta nueva etapa es que en el proceso de metropolización actual se acentúan, a su vez que la concentración, las tendencias hacia la expansión urbana dispersa, las estructuras urbanas policéntricas, la suburbanización y la periurbanización (pp. 28 y 36). Es decir, se presentan simultáneamente procesos de concentración y desconcentración espacial de las actividades sociales y económicas en las ciudades.

Por otra parte, en el trabajo de Bazant (2001) se mencionan y registran fenómenos de absorción metropolitana, en los cuales la proximidad de la ciudad con pueblos cercanos acelera

²⁷ Vale recordar que esta explicación se refiere principalmente a los procesos de expansión y suburbanización de las ciudades de Estados Unidos, cuya estructura socioeconómica difiere bastante con respecto a las ciudades latinoamericanas.

procesos de expansión urbana dispersa y posterior consolidación urbana, tanto la dispersión como la consolidación urbana son en Bazant “procesos de la misma moneda”.

La lógica de la absorción metropolitana sería la siguiente: cuando la ciudad se empieza a expandir hacia los poblados rurales éstos se transforman en receptores de nuevos asentamientos satélite de la ciudad, acelerando la expansión del área construida de los poblados rurales, así como sus fraccionamientos y su dispersión urbana, la razón de que sea así tiene que ver con el hecho de que los pueblos rurales cuentan con servicios propios, equipamiento “urbano”, redes de transporte público y vialidades, en definitiva, ventajas que otras posibles zonas de expansión no cuentan y que por eso resultan, comparativamente, menos atractivas para la urbanización (pp. 355 y 366).

1.2. EL ESTUDIO DE LA EXPANSIÓN URBANA Y SUS ELEMENTOS EXPLICATIVOS

Como ya se señaló al inicio de este capítulo, en términos generales la expansión urbana está condicionada por el aumento del excedente y el crecimiento económico, el crecimiento demográfico y el avance tecnológico. Por ejemplo, en un documento publicado por la Corporación Andina de Fomento (2017) se expone la dinámica circular provocada por las economías de aglomeración en la que las ciudades que crecen económicamente y atraen actividades empresas, que a su vez atraen trabajadores, que a su vez atraen a más empresas.

La lógica en que se retroalimenta el crecimiento económico con el desarrollo urbano y la consecuente expansión urbana es la siguiente: las áreas urbanas permiten economías de aglomeración (economías de escala externas)²⁸ y procesos de especialización productiva compleja. Las economías de aglomeración y la especialización permiten una mayor productividad, mejora en los ingresos reales de las áreas urbanas y concentración de oportunidades de empleo, lo que atrae población, trabajadores y aumenta la demanda de bienes y servicios, que a su vez atrae más inversión y empresas reforzando la economías de aglomeración, la especialización, la mayor producción de bienes y servicios y la mayor concentración de empleos, lo que contribuye, de nuevo, a aumentar la migración y la demanda, y así sucesivamente (Gutiérrez Mendoza, 1998; Corporación Andina de Fomento, 2017).

El crecimiento económico y el excedente económico pueden explicar los procesos de expansión en primer lugar porque la edificación requiere, principalmente, de cierta financiación,

²⁸ Que entre otras cosas puede estar vinculada a una mayor capacidad de invención e innovación

pero además, porque todas las actividades humanas y sus patrones, incluidas las actividades económicas, tienen una manifestación espacial, de tal forma que todo este proceso circular entre crecimiento económico y desarrollo socioeconómico que se da en las ciudades fomenta la expansión de éstas: se terminan demandando más tierras urbana e infraestructuras para vivienda, carreteras, oficinas, fábricas, etcétera (Gutiérrez Mendoza, 1998; Maa et al. 2010, p. 233), se puede decir que la expansión urbana es a la vez expresión y catalizador de la crecimiento económico.

El crecimiento económico no sólo promueve la expansión urbana también direcciona de cierto modo la forma física en la que se da. Diversos autores señalan que la estructura policéntrica así como la expansión dispersa y discontinua que tienden a tener hoy por hoy las ciudades se debe, en gran medida, a los patrones que presenta la economía global actual, lo que no significa la ausencia de particularidades en la forma en que las diferentes ciudades y regiones del mundo se incorporan en el sistema de producción global (Gutiérrez Mendoza, 1998; De Mattos, 2001; León Rojas 2019).

En un trabajo para las ciudades chinas realizado por Deng et al. (2008) se determina que, además del crecimiento económico en sí, la especialización industrial y de servicios de alto valor agregado aceleraban aún más los procesos de expansión urbana. La especialización industrial – sobre todo industria pesada – consume una enorme cantidad de tierra mientras que las actividades de alto valor agregado aumentan el excedente económico social de la ciudad, con lo que es posible financiar la expansión urbana. Gutiérrez Mendoza (1998) escribe al respecto de la relación entre el crecimiento económico y la expansión lo siguiente:

“El crecimiento urbano necesita una inversión considerable en su planta física. Como consecuencia de fluctuaciones en la inversión, bajo condiciones de libre mercado, el crecimiento urbano se comporta como un proceso acumulativo y cíclico. Podemos decir que el crecimiento de cualquier área urbana particular no es un proceso continuo, sino una sucesión de saltos que se relaciona con la indivisibilidad de ciertas inversiones básicas en la infraestructura esencial para el desarrollo. El crecimiento, especialmente el suburbano, corresponde a periodos de bonanza económica que general un patrón de actividad constructiva cíclico. Por lo tanto, la inversión inmobiliaria nueva, como base del cambio urbano estructural, es uno de los elementos más volátiles de la economía nacional. Así, la inversión de capital en diferentes tipos de construcción dentro de una ciudad particular está fuertemente relacionada con la inversión general en diferentes sectores de la economía nacional” (Gutiérrez Mendoza, 1998, pp. 8 y 9).

Por otra parte, la Corporación Andina de Fomento (CAF) en su libro *Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina* publicado en 2017, menciona aspectos

adicionales de la aglomeración, el aumento de la productividad y el desarrollo económico y social que reproduce de manera circular en las ciudades:

“Primero, la aglomeración permite que los agentes compartan bienes indivisibles. Estos son bienes que no se pueden separar en partes más chicas para repartir su consumo (...) no existirían si las ciudades no concentraran un gran número de usuarios potenciales que justifica su construcción y mantenimiento tienen que ver con la infraestructura de transporte (...) y de algunos servicios básicos como redes de agua y alcantarillado y hospitales de alta complejidad. Mucho de estos bienes indivisibles aumentan el bienestar de los hogares y la productividad de las firmas

El segundo mecanismo que relaciona la aglomeración con la productividad se vincula con el hecho de que la aglomeración mejora la cantidad y calidad de emparejamiento entre empresas y mejores proveedores de insumos especializados, o entre empresas y mejores trabajadores.

El tercer mecanismo ocurre en la medida en que la aglomeración facilita la producción y la difusión y el intercambio de ideas y conocimiento, lo cual permite tanto una mayor innovación como una mayor acumulación de capital humano, y, en consecuencia, un aumento de la productividad de la ciudad” (Corporación Andina de Fomento, 2017, p. 29).

Si bien se expuso cómo el crecimiento y excedente económico repercute y condiciona la expansión urbana, empero, la Corporación Andina de Fomento también menciona que un crecimiento urbano desordenado puede implicar a su vez mayores costos de congestión y contaminación, que pueden terminar por contrarrestar los beneficios adquiridos por la aglomeración (Ibíd., 2017, pp. 30 y 31).

Por supuesto, el crecimiento demográfico de las ciudades puede tener diferentes causas, como el crecimiento natural (nacimientos menos defunciones), la migración rural-urbana, la migración interurbana o los procesos de conurbación y reclasificación de suelos (de rurales a urbano) (Gutiérrez Mendoza, 1998, p. 6; Acheampong et al., 2016, pp. 1 y 2). El crecimiento natural y los procesos de migración pueden aumentar la expansión de las ciudades ya que a medida que la población que se ubica en las ciudades aumenta se demandan cada vez más recursos, como electricidad, agua potable o alimentos, e infraestructura, lo que termina derivando tarde o temprano – por presiones política, económicas y sociales – en más construcciones de vivienda, vías, alcantarillado, industria, infraestructura para la generación y distribución de electricidad, etc., aumentando así el área urbana construida (Wang et al., 2020, p. 1)²⁹.

²⁹ El caso de la conurbación y la reclasificación es particular porque acá la expansión urbana puede explicar en buena medida el aumento poblacional de la ciudad, no al revés, sin embargo, en las áreas conurbadas y reclasificadas suelen concentrarse procesos de expansión, dispersión y consolidación urbana que se asocian principalmente a ventajas especulativas y a los costos relativamente bajos de proveer bienes y servicios urbanos básicos a las nuevas edificaciones (Bazant, 2001).

En cuanto a cómo el desarrollo o avance tecnológico afecta la velocidad y la forma en que las ciudades se expanden puede considerarse, por ejemplo, los casos de la popularización del automóvil privado en las ciudades de Estados Unidos o el rápido desarrollo que han tenido las tecnologías de la información a escala mundial (como el internet y las computadoras personales), ambos casos fomentaron la expansión urbana dispersa, ya fuera porque, en el caso de la popularización del automóvil privado, aumentó el atractivo de los suburbios para vivienda unifamiliar (Biderman et al., 2018) o ya fuera porque, en el caso de las tecnologías de la información³⁰, se favorecieron procesos de concentración-desconcentración espacial de las actividades económicas en las ciudades, con lo que se potenciaran las tendencias a la metropolización, física y funcional (De Mattos, 2001)³¹.

Más allá de estas tres causas generales mencionadas (crecimiento económico, crecimiento demográfico y cambios tecnológicos) existen otros elementos que, como se verá, también impactan la expansión urbana, su velocidad, su localización/ubicación y sus características físicas.

Los rasgos actuales o futuros de la expansión urbana pueden estar relacionados con el pasado y las condiciones geográficas del lugar donde se ubica la ciudad; por ejemplo, Dieleman et al. (2004, p. 316) señala que las ciudades europeas tendieron a presentar una expansión urbana más compacta en el siglo XX, entre otras cosas, porque el proceso de urbanización europea empezó mucho antes que el norteamericano, imponiendo desde su inicio una traza urbana más centrada en el peatón que en el automóvil, y porque en el país del continente americano había un territorio más llano y extenso. El hecho de que muchas de las ciudades europeas se hubieran hecho con calles angostas y caminos estrechos, en una época donde no se requerían grandes vialidades, condicionó posteriormente, dice, que la expansión urbana dispersa de las ciudades europeas apareciera mucho más tarde y a un menor ritmo que el de las ciudades de América del Norte.

En la literatura especializada³² se identifica otra gran variedad de elementos explicativos, algunos de ellos interrelacionados, de la expansión y las formas en la que ésta tiene lugar, los elementos a saber son: la productividad agraria, el precio del suelo y los procesos de especulación del suelo urbano, los costos de construcción, los costos de transporte, las preferencias de los

³⁰ Junto con el patrón de acumulación neoliberal.

³¹ Por supuesto estos no son los únicos casos que se podrían citar sobre cómo los avances tecnológicos pueden afectar la velocidad y la forma de la expansión urbana.

³² Dieleman et. al, 2004; Moreno et. al, 2011; Wassmer, 2000; Liua et. al, 2018; Bazant S., 2001; Peiser, 2001.

hogares, el ciclo de vida de las familias, la urbanización ilegal, las relaciones económico-regionales y la estructura productiva, el ingreso de los hogares, la legislación de uso del suelo y los derechos de propiedad del mismo, las políticas de desarrollo urbano, las políticas públicas de vivienda social, la accesibilidad a cierta infraestructura urbana y el crédito hipotecario. Algunos de estos factores además de explicar la expansión urbana también explican fenómenos como la segregación, suburbanización y la periurbanización.

La legislación de usos suelo y los derechos de propiedad del suelo tienen un impacto sobre los procesos de expansión porque afectan la manera en la que interactúan los diferentes actores urbanos con el mismo, dando lugar a interacciones que favorecen, o no, la expansión urbana.

Respecto a la productividad agraria y su relación con la expansión urbana, autores como Brueckman (2000, p. 161) plantean que en una economía de mercado los usos de suelo se establecen por una suerte de competencia económica, donde los usos del suelo más rentables son los que predominan: en este caso entre más productiva sea la tierra agrícola más alto es el precio a pagar para su compra, lo que podría frenar el proceso de expansión urbana en este tipo de zonas hasta que el uso urbano de la tierra sea más rentable que su uso agrícola.

La especulación del suelo también es un proceso importante que condiciona la expansión urbana en tanto el mismo proceso de inversión en infraestructura o consolidación sirve posteriormente para aumentar el valor de predios cercanos, tanto aquellos urbanizados como aquellos no urbanizados. Los trabajos de Bazant (2001, pp. 351 y 357; 2010, pp. 497, 499 y 500) y Peisser (2001, pp. 281-283) muestran como los procesos de expansión urbana discontinua y dispersa responden precisamente a fenómenos de especulación donde propietarios de tierras, confiados en que su terreno se valorizará de tal forma que se hace más rentable venderlo después, no venden de inmediato.

Según Martínez (2018) la especulación también promueve la expansión urbana por medio de procesos de expulsión urbana, los cuales se han visto favorecidos en la actual etapa económica neoliberal:

“Los cambios experimentados en el seno de los centros urbanos se producen en un contexto institucional que propicia la concentración del capital inmobiliario, así como, un mayor tamaño de los proyectos. Esto hace posible la acelerada capitalización de la renta, del cambio de uso de los suelos rurales, de la renovación de los sectores obsoletos o estratégicos en el área urbana, a la vez que viabiliza la dispersión territorial de las inversiones” (Martínez, 2018, pp. 35 y 36).

Las familias jóvenes y de bajos ingresos, ante la creciente especulación y valorización del suelo urbano y la vivienda en los centros urbanos –o en cualquier otra área urbana que sea particularmente estratégica para la especulación del sector inmobiliario privado nacional e internacional –, son desplazadas lenta o rápidamente para dar lugar a usos del suelo más rentables, como lo pueden ser algunos de los usos vinculados al sector terciario de la economía. Curiosamente, este fenómeno de expulsión también promueve la especulación y la valorización de terrenos periféricos de las ciudades ya que aumenta la demanda por vivienda en estas zonas.

Otra explicación de cómo se da esta dinámica especulativa que además se relaciona con la expansión urbana discontinua de las ciudades se encuentra en Gutiérrez Mendoza (1998). El aumento de precios de los terrenos y la vivienda, más que por la consolidación del área circundante, se da por una relación costo-utilidad de la ubicación relativa de la vivienda: “*Entre más tiempo el especulador conserve su propiedad, en el momento que se está dando la expansión periférica, la frontera urbana se hará más distante, y mayores serán los ahorros en los costos de transporte que ganaría un posible comprador del terreno baldío*” (Ibíd, pp. 21 y 22)³³ [en otras palabras, a medida que aumenta la extensión del área urbana de la ciudad mayor será la disposición a pagar por adquirir vivienda en ese terreno baldío].

Otro de los determinantes de la forma, localización y velocidad de la expansión son los costos de construcción y urbanización. Por ejemplo, en el trabajo de Mendoza (1998) se argumenta que los accidentes geográficos tales como una elevación considerable de la pendiente del suelo o una depresión afectan los costos de construcción y urbanización, los elevan, de tal manera que se imponen barreras naturales que tienden a desacelerar los procesos de urbana. Lo mismo sucede con terrenos que, comparados con otros, se presentan más costosos para llevar allí el proceso de urbanización, ya sea por las características del suelo o por problemas de accesibilidad.

Wassmer (2000, p.2) plantea que, además del hecho de que en la periferia suele ser más económico adquirir vivienda, el gusto de los hogares norteamericanos de vivir en casas amplias apartadas de la ciudad central, del mobiliario antiguo y de sectores marginados de la sociedad (Gutiérrez Mendoza, 1998, pp. 22 y 28), explican parte de los procesos de expansión urbana de baja densidad de las ciudades estadounidenses durante el siglo XX, por lo que se soporta la idea que las preferencias de las familias y otros aspectos relacionados con la cultura pueden impactar

³³ Esta es una visión mircoeconómica del asunto y que se ajusta solamente a una estructura urbana monocéntrica.

en la forma que tiene lugar la expansión urbana. El caso mencionado por Wassmer (2000), empero, no ha sucedido simplemente por preferencias o tendencias culturales, también está el hecho de que los mayores ingresos en los hogares estadounidenses, así como la reducción de los costos de transporte (en dinero y/o en tiempo)³⁴, lo permitieron.

Por su parte, Bazant (2001, p. 476) menciona que las ciudades modernas son lugares interdependientes de regiones o territorios más extensos, tanto ambientalmente como social y económicamente, de forma que está inserta en una estructura jerárquica, política y funcional que se relaciona a su vez con flujos económicos y demográficos. Cuando De Mattos (2001) sostiene que los procesos de metropolización y dispersión urbana se han acelerado en la etapa neoliberal, que implicó una serie de modificaciones en las relaciones políticas y económicas, así como una transformación técnica en la estructura productiva, está “dando soporte” a la idea de Bazant³⁵.

Con respecto a los créditos hipotecarios, éstos facilitan el acceso a vivienda nueva, sea subsidiada o no, y promueven la expansión urbana debido a que con ellos las empresas inmobiliarias pueden realizar sus mercancías, es decir vender viviendas, a una mayor velocidad comparada con una situación sin créditos hipotecarios.

Las políticas de desarrollo urbano y de vivienda pueden afectar la expansión urbana de muchas formas; tienen la potencialidad de frenarla como de acelerarla. En Latinoamérica las políticas de vivienda han estado orientadas principalmente, sobre todo después de la década de 1980, a la promoción de subsidios para la adquisición de vivienda nueva lo que ha promovido en la región la expansión urbana por medio de desarrollos de vivienda homogéneos y unifamiliares en la periferia de las ciudades.

Por otra parte, con respecto a la suburbanización y periurbanización, que más que factores que expliquen la expansión urbana son formas en la que esta puede llegar a presentarse, Acheampong et al. (2016, p. 3) sostiene que los procesos de suburbanización corresponden generalmente a los países desarrollados, donde las personas de altos ingresos deciden vivir en zonas de baja densidad en la periferia. En ocasiones estos asentamientos –suburbios– están físicamente

³⁴ Dado por la inversión en infraestructura vial y la adquisición de automóviles.

³⁵ Como se verá en la siguiente sección del capítulo el auge de la industrialización y sus relaciones interregionales también tienen y han tenido un impacto en la expansión urbana, lo que sigue reforzando la postura expuesta por Bazant (2001).

desconectados del asentamiento urbano principal, es decir, no presentan un continuo físico con éste (a menos de que se consideran las vías para automóviles como parte del continuo).

Acheampong et al. (2016, pp. 3 y 4) también mencionan que actualmente no hay un consenso de lo que se entiende por periurbano, en algunas ocasiones las áreas perirurbanas son consideradas como límites espaciales discretos que rodean la ciudad, es decir, una suerte de área circundante al área construida de las ciudades, que puede tener una extensión de 20 a 50 kilómetros, en otras, se considera a las zonas periurbanas como áreas funcionales e integrada al conjunto urbano-rural de las ciudades, de tal forma que serían áreas de transición entre lo urbano y lo rural – predominantemente rurales – con usos mixtos de tierra y límites indeterminados.

CONCLUSIONES

El fenómeno de la expansión urbana ha estado condicionado por factores como los cambios demográficos, el crecimiento económico y los avances tecnológicos, destacaría también el papel que juegan los créditos hipotecarios, las relaciones económico-regionales, el ciclo de vida, los precios del suelo, los costos de construcción, la especulación inmobiliaria y las políticas de desarrollo urbano y de vivienda en los procesos de expansión urbana.

Las economías de aglomeración hacen que la urbanización un fenómeno que atrae capitales y población, que a su vez retroalimentan a la urbanización, en una especie de círculo virtuoso. No obstante lo anterior, la expansión urbana desordenada (o *urban sprawl*) suele relacionarse con problemas ambientales, económicos y sociales que han promovido la elaboración de políticas públicas que buscan contrarrestar o detener sus efectos adversos, como la política del gobierno federal mexicano de Perímetros de Contención Urbana.

Peisser (1989; 2001) ha criticado la carga negativa del término *urban sprawl* y menciona que los procesos de baja densidad, dispersión y no discontinuidad de la expansión pueden ser en realidad fenómenos normales de la expansión urbana que dan cabida, simultáneamente, a procesos de consolidación, la evidencia empírica encontrada por Bazant (2001; 2010) refuerza esta hipótesis en la que los procesos de dispersión urbana se presentan junto con procesos de densificación y “relleno urbano”, aunque con la salvedad de que la “consolidación urbana” que se da en las ciudades mexicanas suele ser precaria por no ser originalmente suburbana sino periurbana.

Más allá de esta valoración normativa de la expansión urbana, las categorías como *expansión urbana dispersa*, *expansión urbana de baja densidad* y *expansión urbana discontinua* pueden tratarse cuantitativamente ya que se refieren a aspectos morfológicos de la ciudad y a que en la actualidad se cuenta con Sistemas de Información Geográficos desarrollados y de fácil acceso. Estas tres categorías son retomadas en el capítulo 4 para analizar la expansión metropolitana de Monterrey y poder valorar al desempeño que allí tuvo la política de PCU.

Con el propósito de analizar posteriormente la expansión urbana de las ciudad metropolitana de Monterrey se profundizó sobre la definición de expansión metropolitana, se mostraron diferentes rasgos generales de la expansión urbana según el origen político-geográfico de la expansión urbana y se mencionaron algunas de los factores que se asocian con la velocidad y la forma que adquiere la expansión urbana.

Como se vio la expansión urbana adquiere dimensiones metropolitanas cuando su extensión supera ciertos límites administrativos, en el caso de las ciudades mexicanas esto ocurre cuando la expansión urbana abarca más de un municipio. La expansión metropolitana puede o no coincidir con una *expansión urbana desordenada* de una ciudad.

Asimismo, no suele haber un consenso claro sobre la *expansión urbana desordenada* (*urban sprawl*), sin embargo, debido a que esta tesis estudia la expansión urbana en términos morfológicos, se dio más importancia a la explicación teórica de la *urban sprawl* en términos de densidad, dispersión y continuidad. También se mencionaron algunas características de la expansión urbana actual de las ciudades mexicanas, ésta parece estar relacionada, a diferencia de las ciudades del mundo desarrollado, con el desplazamiento de las familias jóvenes en la periferia urbana (proceso de expulsión que identifiqué como de gentrificación), la vivienda social subsidiada y la urbanización irregular.

CAPITULO 2. LITERATURA EMPÍRICA

La expansión urbana así como distintas políticas de densificación que tuvieron o tienen por propósito controlarla han sido objeto de investigación a lo largo del mundo, México no es la excepción de manera que hoy por hoy se cuenta con una numerosa bibliografía que se refiere a la expansión urbana de las ciudades mexicanas, sobre todo la que tuvo lugar después del siglo XX.

Dado que la expansión urbana no suele ser igual en todas las ciudades del mundo, que se cuenta con un acervo bibliográfico considerable y que ya ha habido iniciativas de políticas de densificación urbana en México, una de las cuales abarca el periodo de análisis, este capítulo tienen por propósito esbozar a grandes rasgos la expansión urbana que ha sucedido en las ciudades mexicanas, el contexto histórico en el que tuvo lugar dicha expansión, sus diferencias con respecto a la expansión urbana de otras ciudades del mundo y el tipo de políticas de densificación a las que ha dado origen. Todo lo cual sirve como un punto de partida que nutre el análisis de la expansión urbana del Área Metropolitana de Monterrey en el periodo 2013-2019.

Para este propósito el capítulo se compone de tres apartados, un primer apartado que trata de las características y las diferencias de la expansión urbana que ha tendido lugar en Estados Unidos, Europa, China y México, un segundo apartado que trata de los estudios antecedentes de la expansión urbana en México, un tercer apartado donde me refiero brevemente a algunas políticas de densificación que han tenido lugar en México, principalmente la política de Perímetros de Contención Urbana, cuya aplicación en el país inicia en el año 2013 y un cuarto apartado de conclusiones.

2.1. LA EXPANSIÓN URBANA EN ESTADOS UNIDOS, EUROPA, CHINA Y MÉXICO.

Acheampong et al. (2016, p. 3) mencionan que los modelos que tratan de dar explicación a la expansión urbana se ven superados por la heterogeneidad en que se manifiesta el fenómeno de la expansión física de las ciudades. Es decir, si bien ha habido intentos de establecer un modelo teórico general hasta ahora no se cuenta con uno que sea ampliamente respaldado, por lo que las investigaciones de la expansión se han centrado principalmente en comprender los cambios morfológico de las ciudades y sus factores explicativos. Esto queda demostrado con trabajos como el de Gutiérrez Mendoza (1998) en el que se concluye que los planteamientos microeconómicos que pretenden explicar la expansión urbana, por medio de procesos de suburbanización y un

análisis marginalista de costos de oportunidad y beneficios, poco se adapta a la realidad de Ciudad de México y las ciudades latinoamericanas en general.

Parte de las diferencias en la forma que tiene lugar la expansión urbana de las ciudades latinoamericanas y las ciudades europeas y estadounidenses se deben a fenómenos como la urbanización ilegal, el nivel de ingresos, la política y administración urbana y la escases de recursos para financiar amenidades e infraestructura urbana de calidad en la periferia, con la que se promueva una rápida consolidación urbana (Gutiérrez Mendoza, 1988, pp. 10, 18, 20 y 28).

La historia y los factores que explican la expansión urbana de las ciudades alrededor del mundo no son exactamente iguales, empero, después de haber revisado diferentes trabajos empíricos sobre este fenómeno esbozo en este capítulo algunos rasgos de la expansión urbana que se asocian más a ciertas naciones que a otras.

En este apartado trato la expansión urbana en distintas regiones del mundo de forma muy general, la caracterizo según su origen nacional y la interpreto con ayuda de elementos teóricos y categorías que planteo en otros apartados de este capítulo, empiezo con las características de la expansión urbana de los Estados Unidos, luego con las de Europa, luego con las de China y luego con las de México y Latinoamérica.

El proceso de expansión urbana acelerada en Estados Unidos inicia durante el siglo XIX, este proceso se vio favorecido en gran medida por la construcción de vías férreas para trenes y tranvías, así como por la proliferación de la industria, inicialmente en el norte, después en el occidente y después en el sur del país –consolidando una urbanización e industrialización con fuertes relaciones regionales (Biderman et al., 2018; Wang et al., 2020, p. 10).

Durante el siglo XX la proliferación del uso del automóvil y la financiación de infraestructura vial dio lugar en Estados Unidos, durante el periodo 1950-1990, a una expansión urbana dispersa y de baja densidad (Biderman et al., 2018). Esta expansión urbana vino acompañada de procesos de suburbanización en el que la población de mayores ingresos abandonaron el centro histórico de las ciudades para ubicarse en áreas periféricas, dejando el centro de la ciudad a la población con menores ingresos (Peiser, 2001). Así es como, según Pradilla (2011, p. 27), la suburbanización, el creciente deterioro financiero y arquitectónico de las zonas urbanas centrales y la expansión urbana acelerada hizo que la preocupación sobre la estructura social y la forma física de las ciudades de

Estados Unidos (así como de Inglaterra) empezara a cobrar importancia política y académica durante las décadas de 1950 y 1960s del siglo XX.

Respecto a la suburbanización de las ciudades de Estados Unidos, que tuvo lugar en las décadas de 1960 y 1970. Peiser (2001 pp. 280 y 280) la describe como de desarrollos monótonos a gran escala de vivienda unifamiliar que cumplían los requisitos mínimos de zonificación y promovían la disminución de densidades urbanas, la proliferación de estos desarrollos destinados a las clases medias y altas de la población se debió en parte a la accesibilidad a créditos hipotecarios³⁶, a la inversión pública favorable de nuevas vías y carreteras en el país, así como a la deducción de impuestos hipotecarios, las preferencias de las familias estadounidenses por viviendas unifamiliares con jardín y a la capacidad de las familias de clase media y alta de adquirir automóviles.

La industrialización, fenómeno que se asocia tanto al crecimiento urbano como a una expansión urbana acelerada, llegó primero a Europa que a Estados Unidos, sin embargo, en Europa la preocupación sobre la forma urbana y su estructura social fue posterior a la que se dio en el país del norte de América, en parte, debido a que los patrones de dispersión o fragmentación urbana no fueron tan alarmante como lo que estaban sucediendo en Estados Unidos, al menos hasta la década de 1970.

Dieleman et al. (2004) asocia la mayor compacidad de las ciudades europeas, así como la menor dependencia al automóvil, a diversas políticas que promueven la densificación urbana y la mixtura de usos de suelo, por otra parte, como ya se mencionó en un apartado anterior. Pradilla (2011) asocia esta diferencias de compacidad y densidad a la época y el contexto en la que se fundaron las primeras ciudades europeas: mientras que en Estados Unidos la urbanización vino después de la industrialización, muchas de las ciudades europeas surgieron antes y fueron diseñadas, o modificadas, pensando en el peatón y para cumplir funciones defensivas. Esto se supone, influyó considerablemente en la forma como se expandían sus ciudades, incluso después de la revolución industrial (Lezama, 2014; Pradilla, 2011).

³⁶ De acuerdo con Peiser (2001) en las décadas de 1960 y 1970 había una especie de política no explícita por parte de los bancos e instituciones que otorgaban créditos hipotecarios en Estados Unidos para no financiar vivienda suburbana a las clases más pobres de la población. No obstante lo anterior, debe decirse que la crisis del año 2008 estuvo relacionada con los créditos hipotecarios subprime, por lo que puede inferirse que la suburbanización estadounidense socialmente homogénea durante el siglo XX se ha vuelto más heterogénea durante el siglo XXI

Respecto a las ciudades chinas éstas recién han entrado en un proceso de urbanización acelerada que inició en 1978, con la implementación de la política de "*Reforma y apertura*", que continúa hoy día. De hecho, actualmente el país asiático tiene la tasa más alta del crecimiento de la urbanización en el mundo. Asimismo, las reformas del mercado de tierras de 1982 y 1988 convirtieron al suelo urbano de China en una fuente de recursos importantes para los gobiernos locales, lo que también ha contribuido a la aceleración de la expansión urbana (Liua et al., 2018, pp. 95 y 96; Zhang et al., 2018, pp. 727 y 728).

De todas formas, parece que debido a que los costos de la tierra para urbanizar cerca de las megaciudades chinas, y los altos costos laborales de la región oriental del país, algunas de las industrias que se ubicaban antes en la región oriental han inmigrado a las regiones occidental y central, por lo que son ahora las ciudades de estas dos regiones las que se expanden a una mayor tasa porcentual (Liua et al. 2018).

Según Liua et al. (2018, pp. 89 y 90), además de la cuestión regional, las ciudades chinas que presentan altas tasas de crecimiento de su expansión urbana están orientadas a la industria; de hecho, son las ciudades pequeñas, medianas y grandes con vocación industrial las que más crecen si se les compara con las megaciudades del país³⁷. Los autores también mencionan que se han creado nuevos distritos de desarrollo que están destinados a atraer industria y que se encuentran, por lo general, en áreas que antes se utilizaban para el cultivo -zonas extensas que están relativamente alejadas de las aglomeraciones urbanas para reducir la exposición de su población de las ciudades a los problemas de contaminación industrial. Los distritos de desarrollo han aumentado el suelo construido per cápita y han promovido la dispersión urbana.

En Wang et al. (2020) el fenómeno de la expansión acelerada de las ciudades en China se ha asociado también a dos procesos íntimamente relacionados con la gestión y la descentralización política reciente de las ciudades³⁸, uno de esos procesos es el de descentralización urbana y el otro es de la renovación urbana. Cuando los autores se refieren a la descentralización urbana en China mencionan la creación de los distritos de desarrollo económico que buscan atraer inversión hacia nuevas áreas urbanas, lo que en sí mismo acelera la expansión urbana, tanto por la creación de los distritos -en algunos casos incluso se han creado nuevas ciudades satélites- como por la

³⁷ Que desde los 2000 se han volcado más a la economía de información y servicios.

³⁸ En un país que sigue teniendo una importante influencia y control por parte del gobierno central

consolidación económica misma, ya que la inversión privada posterior, una vez estas zonas de desarrollo son exitosas, implica el aumento del área urbana construida. Vale decir que en China los distritos de desarrollo buscan promover una estructura policéntrica de las ciudades. Las ciudades del país asiático, a diferencia de las estadounidenses, siguen concentrado en sus centros históricos un importante porcentaje de población -muchos de ellos de altos ingresos- y no presentan problemas graves de abandono o desinversión.

Los procesos de regeneración urbana, que en la práctica implican inversión en áreas ya urbanizadas, contribuyen al proceso de expansión urbana en las ciudades chinas cuando se desplaza a sus antiguos habitantes con el propósito de crear amenidades urbanas, vivienda para personas de mayores ingresos (no necesariamente de mayor densidad)³⁹ y establecer nuevas zonas de desarrollo para inversión privada. La proliferación de estos procesos de regeneración urbana que implican el desplazamiento masivo de personas se debe, además de la descentralización administrativa, a la legislación del suelo en China, que por una parte separa derechos de uso de derechos de propiedad del suelo y no reconoce como suelo urbano a ciertas áreas, en principio rurales, que han pasado por procesos de conurbación: a estas zonas se les conoce como “*aldeas urbanizadas*” (Wang et al., 2020, pp. 1 y 2). En otras palabras, hoy por hoy vía expropiación se está fomentando la expansión urbana de las ciudades chinas de forma considerable.

Las “*aldeas urbanizadas*” en China se caracterizan por atraer población migrante que de otro modo no podría permitirse una vivienda en la ciudad, debido a los altos costos de arriendo y compra, estas áreas tienen características urbanas y problemas de hacinamiento. Una vez se desplaza a la población de las “*aldeas urbanizadas*” para iniciar la regeneración y la “urbanización formal del área” sus antiguos pobladores se ven obligados a buscar nueva habitación, por lo general en la periferia en “nuevas aldeas urbanizadas”, presionando de esta forma la expansión urbana de las ciudades.

Las ciudades latinoamericanas, por otra parte, presentan un acelerado proceso de expansión urbana durante mediados del siglo XX, que se asocia al periodo de sustitución de importaciones en el que aumentó considerablemente la importancia de las actividades industriales en la región (Sousa,

³⁹ Los procesos de renovación también pueden ser para construcción de edificaciones de mayor densidad poblacional, en este caso no es clara la asociación con una mayor expansión urbana y por tanto no profundizo al respecto.

2008; Bazant, 2010, p. 477). Para mitad de siglo, debido a la masiva migración rural-urbana de la región, tomó fuerza en las ciudades latinoamericanas los asentamientos irregulares en la periferia urbana.

Como respuesta para tratar de manejar el déficit habitacional, los problemas de planeación y atender las demandas sociales en la década de 1980 y 1990 se apuesta en la región por programas de vivienda social subsidiada (Michelini et al., 2016; Schteingart, 2019). No obstante la popularización de programas de vivienda social, que se asocian estrechamente con los procesos de expansión urbana en Latinoamérica, fue común la falta de coherencia política: en ocasiones la vivienda social que promovían los Estados latinoamericanos carecía de servicios e infraestructura urbana básica (Biderman et al., 2018, p. 7).

Al respecto del fenómeno de la vivienda popular irregular y la posterior popularización del crédito hipotecario para vivienda popular, que terminó por financiar proyectos de vivienda homogéneos y masivos en las periferias de las ciudades mexicanas, Pradilla (2011) escribe lo siguiente:

“La presencia dominante del sector popular, de muy bajos ingresos, la ocupación irregular de los terrenos y la autoconstrucción de las viviendas, así como el continuo relleno de los territorios intersticiales dejados libres, diferencia notablemente en el aspecto social a la expansión periférica latinoamericana de la europea y estadounidense, donde dominan los sectores de ingresos medios y altos poseedores y usuarios de automóvil (Nello, 1998: 49).

(...) la crisis económica de 1982, trajo consigo cambios sustantivos, directos e indirectos, en las políticas urbanas y de vivienda en América Latina, que han tenido efectos también en el patrón de expansión urbana. Nos detendremos en el caso mexicano. En los primeros años de la década de los noventa se produjeron en México dos cambios legales estructurales fundamentales que han modificado el patrón de expansión urbana: la contrareforma a las leyes agrarias que llevaron a la fragmentación individual de la propiedad ejidal y comunal y a la posibilidad de su transacción en compra-venta en el mercado privado (Pradilla, 1992); y el cambio de la política de vivienda y la operación de las grandes instituciones federales de vivienda (INFONAVIT y FOVISSSTE) las cuales transitaron de su forma de acción como promotoras de la construcción de proyectos de vivienda (selección del lugar y el terreno, diseño del proyecto, contratación de constructores, interventoría de obra, asignación a derechohabientes y cobro subsidiado del costo), a la de organismos de financiamiento hipotecario a sus derechohabientes para que adquieran libremente su vivienda en el mercado privado (Puebla, 2002)” (Pradilla, 2011, pp. 33 y 34).

La urbanización en las periferias urbanas de los países subdesarrollados, como los latinoamericanos, en muchos casos es de consolidación y densificación lenta, sobre todo cuando

se compone de desarrollos habitacionales irregulares o de vivienda social que se vende sin terminar (Monkkonen, 2011; Bazant, 2010)

Para autores como Bazant (2010, pp. 496 y 497), además, la expansión urbana de las ciudades en Latinoamérica se ha dado en un contexto de notables carencias financieras que la propia expansión se ha encargado de acentuar ya que implica la demanda de más recursos e infraestructura en localidades donde, principalmente por su composición social, se tienen dificultades para recuperar la inversión vía impuestos (entre ellos el predial). A esta consideración debe sumarse el hecho de que las ciudades mexicanas, y latinoamericanas en general, también siguen una tendencia a la desdensificación como otras ciudades del mundo, pertenezcan o no éstas a países desarrollados (Pradilla, 2011; Wang, 2020).

A diferencia de lo que sucede en Estados Unidos, en los países en vía de desarrollo como China o México la población de ingresos medios y bajos suele ubicarse en la periferia urbana, mientras que la población de altos ingresos suele localizarse en las zonas centrales y pericentrales, por lo que más que a procesos de suburbanización, la expansión urbana de vivienda suele asociarse a la urbanización informal, que se relacionan con la periurbanización, y a los desarrollos masivos de vivienda social (Bazant S., 2001; Monkkonen, 2011; Biderman et al., 2018; Sheteingart, 2019; Wang et al., 2020).

Una razón con la que se puede tratar de explicar el porqué las clases de mayores ingresos en los países en vía de desarrollo se ubican en sectores centrales y pericentrales de la ciudad, en lugar de la periferia, puede ser la concentración de amenidades e infraestructura urbana en los centros urbanos y la limitada capacidad financiera de las metrópolis de los países subdesarrollados para promover una consolidación urbana relativamente rápida en la periferia.

Otra razón pueden ser las diferencias en el funcionamiento la administración pública, en el funcionamiento del sector financiero y en las políticas de vivienda social y de desarrollo urbano. Por ejemplo, parte de la literatura que se refiere a Estados Unidos menciona procesos de autosegregación de la población de mayores ingresos en las ciudades de ese país para evitar pagar altas tasas impositivas, propias de zonas urbanas envejecidas o para evitar compartir administración local con personas de bajos, diferente raza⁴⁰. Peiser (2001) por su parte menciona que el sector

⁴⁰ Que suele asociarse con problemas de criminalidad, mendicidad, entre otros (Oueslati et al., 2015, p. 1598).

financiero-hipotecario de Estados Unidos tenía por política, no explícita durante la segunda mitad del siglo XX, negar créditos de vivienda suburbana a los sectores de la población con menores ingresos (Peiser, 2001; Biderman et al., 2018; Schteingart, 2019).

Y otra razón puede ser la propia permisividad de las autoridades políticas de los países subdesarrollados que, incapaces de solucionar las necesidades habitacionales de la masiva población migrante rural que se dirigió a las ciudades -durante principios y mitad del siglo XX en Latinoamérica y durante la segunda mitad del siglo XX en China- le “concedieron” las periferias urbanas a los sectores de más bajos ingresos, concesión que puede estar siendo amenazada en la actualidad por nuevas tendencias del desarrollo urbano, como lo puede ser la proliferación de complejos habitacionales cerrados o los proyectos de redesarrollo urbano (Tecco, s.f., pp. 5 y 6; Soto, 2013; Michelini et al., 2016).

Gutiérrez Mendoza (1998, p. 23) plantea que en Estados Unidos sólo una pequeña parte de los compradores de vivienda nueva, locales comerciales y oficinas eligen dónde y cómo se construyen la vivienda que desean, ya que estas son decisiones que lleva principalmente el sector inmobiliario privado, el caso de las edificaciones del sector industrial es distinto, pues los industriales juegan un papel activo en las especificaciones arquitectónica y locacionales donde deciden realizar sus actividades de producción. Sin embargo, en países subdesarrollados como México la vivienda informal y la vivienda progresiva es bastante numerosa, por lo que el control del sector inmobiliario formal privado sobre los procesos de especulación y diseño de vivienda es menor que en Estados Unidos.

2.2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE LA EXPANSIÓN URBANA EN MÉXICO

A la fecha son varios los trabajos que han estudiado la expansión urbana de las ciudades mexicanas, en parte, esto puede deberse a que, a diferencia de países como China, los procesos acelerados de expansión urbana se dieron en la primera mitad del siglo XX y a que más o menos desde los 1990s se empezó una línea de investigación propia sobre los estudios urbanos, relativamente independiente de la tradición académica anglosajona o europea que no explicaba satisfactoriamente la expansión de las ciudades de los países subdesarrollados. A continuación, hago un repaso de parte de la literatura académica que trata de la expansión urbana de las ciudades mexicanas.

El trabajo de Moreno et al. (2011) identifica factores explicativos de la expansión metropolitana en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) para el periodo 2000-2005. Este trabajo entiende la expansión metropolitana del Valle de México como aquella expansión urbana que ocurre dentro de los municipios que conforman la Zona Metropolitana del Valle de México y que presenta características comunes de vivienda, servicios, etcétera (p. 13). Los autores hallan una correlación entre el porcentaje de familias jóvenes, la densidad del entorno y la disponibilidad del servicio de acueducto con la expansión urbana de la ZMVM, durante el periodo 2000-2005. Respecto a las familias jóvenes menciona que hay una relación entre el ciclo vital y la localización geográfica urbana: las familias jóvenes tienden a ubicarse en las periferias urbanas. Con respecto a la densidad del entorno y el crecimiento del área urbanizada mencionan una correlación positiva entre ambos fenómenos, lo que en teoría se debe a efectos de vecindad, es decir, la ciudad tiende a crecer más fácilmente cerca de lugares previamente urbanizados y consolidados y, con respecto a la disponibilidad de agua y su relación con el crecimiento físico de las ciudades los autores argumentan que es normal que las familias busquen establecerse allí donde encuentren condiciones mínimas de subsistencia⁴¹. El trabajo también halla una disminución de la densidad urbana en la ZMVM, siguiendo la tendencia mundial en que el área física de las ciudades suelen crecer más rápido que su población (Ibíd., 2011, pp. 13 y 14).

Schteingart (1989), por otra parte, se refiere a la expansión urbana de la Ciudad de México durante gran parte del siglo XX. Este trabajo muestra cómo la expansión urbana – provocada por localización de la vivienda – dependió en gran medida de los derechos de propiedad que se tenían del suelo. En el trabajo de Schteingart se muestra que la tierra ejidal y comunal, así como la de propiedad del Estado, fueron las zonas que se urbanizaron a mayor velocidad durante el periodo de estudio, lo que sugiere que la mayor parte de esta expansión fue periurbana -aunque Schteingart (1989) no profundiza en las explicaciones al respecto.

En un trabajo posterior, Schteingart et al. (2003) analizan la relación las leyes sobre usos de suelo, los derechos de propiedad, la legislación ambiental y los procesos de expansión urbana en suelos de conservación en dos zonas de la Ciudad de México (El Parque Ecológico de la Ciudad de México y el Ejido de San Nicolás Totolapan). El trabajo, más que en un análisis de costos

⁴¹ Personalmente creo que tanto la densidad del entorno como la disponibilidad de servicios públicos de agua y alcantarillado son dos fenómenos correlacionados.

medioambientales probables de la expansión urbana se centra en estudiar las interacciones y conflictos sociales que terminan por repercutir en la forma en que se presenta expansión urbana y la degradación ambiental.

El estudio encuentra que, por diversos motivos, los planes de protección ambiental funcionan parcialmente y no logran contener la expansión urbana según los objetivos planteados inicialmente. Entre los motivos se encuentran derechos de propiedad del suelo poco claros, desconocimiento de la población que invade áreas de conservación, incapacidad para pagar las indemnizaciones por expropiación, marginación social. Si bien no se logra evitar completamente la urbanización en los suelos de conservación los objetivos de planes de protección ambiental logran “funcionar” parcialmente en algunos casos, gracias principalmente a procesos de negociación y acuerdos informales entre funcionarios del gobierno y la población.

Gutiérrez Mendoza (1998) estudió la expansión urbana en la Zona Metropolitana de Ciudad de México durante el periodo 1973-1993 empleando herramientas de teledetección, menciona que es necesario conocer el contexto geográfico, histórico, social y económica para entender las particularidades del proceso de urbanización y expansión urbana. Gutiérrez Mendoza (1998), al igual que otros autores como Preiser (2001) y Bazant (2001), plantea un esquema de expansión-consolidación-expansión. A su vez, realiza un análisis marginalista de costos y beneficios para explicar la dirección que toma la expansión urbana, también diferencia y analiza la expansión de la Zona Metropolitana de Ciudad de México según tres tipologías basadas en la localización: axial, que ocurre siguiendo la malla vial; concéntrica, la que se da abyacente al área urbana consolidada de la ciudad; dispersa, la que no es abyacente a un área urbana consolidada o se da en “ciudades dormitorio” o “satelitales”. El autor sostiene, entre otras cosas, que la expansión urbana en México puede verse impulsada por coyunturas políticas en momentos donde el crecimiento económico puede no ser la mejor, esto es posible debido a los procesos de urbanización ilegal y su importancia en México.

Para Gutierrez Mendoza (1998) hay una relación estrecha entre las dimensiones de las retículas rurales y la posterior expansión urbana que se da en esas zonas, los accidentes geográficos influyen sobre la dirección y la velocidad de las expansión urbana y la Ciudad de México presenta desdensificación del área construida per cápita debido a: 1) procesos de expulsión de las zonas centrales de la ciudad ante la ausencia de vivienda barata y el remplazo en zonas centrales y

pericentrales de usos habitacionales a comerciales; 2) un cambio de preferencias de las familias, en el que las familias mexicanas de ingresos medios y altos preferían cada vez más adquirir vivienda propia con espacios amplios y; 3) una reducción del tamaño de las familias.

Bazant (2001) analiza los patrones urbanos de la Ciudad de Monterrey en un periodo que va de 1967 a 1995 por medio de fotografías aerográficas. Para Bazant la expansión de la ciudad se da por medio de un proceso de dispersión, consolidación y de nuevo dispersión, similar a lo que sostiene Peiser en sus trabajos (Peiser, 1989; 2001). En el estudio de Bazant (2001) los pueblos rurales cercanos, así como los ejidos, suelen atraer, más que otras áreas, la expansión y dispersión urbana, que posteriormente dará lugar a procesos de consolidación⁴². El autor diferencia la urbanización que se da en las zonas rurales cercanas y los ejidos, de la que se presenta en las colonias populares o de la que se presenta en zonas rurales alejadas. En las zonas rurales alejadas los procesos de urbanización suelen ser muy lentos mientras que en las colonias populares el proceso de urbanización suele presentarse con trazas regulares, en lotes regulares y en suelos baratos de mala calidad para la urbanización (Bazant, 2001, p. 357).

En cuanto a Bazant (2010), éste centra su atención más en aspectos insituacionales, poblacionales y especulativos, que según el autor, determinan el tipo de expansión urbana descontrolada de las ciudades mexicanas. Menciona que parte del fenómeno de la expansión se debe a que, con el tiempo, las tierras agrícolas han dejado de ser productivas y han pasado a ser más atractivas para la especulación inmobiliaria, por lo que los ejidatarios también se han vuelto más proclives a vender sus terrenos, o parte de ellos, para vivienda urbana, de tal manera que se da un proceso de urbanización atomizada e irregular (p. 475).

Asimismo, Bazant (2010) menciona que mientras las personas con más ingresos suelen quedarse en los lugares centrales y pericentrales de las ciudades -a diferencia de lo que pasa en las ciudades estadounidenses- se deben en gran medida porque allí se provee de mejor infraestructura y servicios urbanos, mientras que la periferia -aún no consolidada- se deja a las personas con menos ingresos. Sobre estas urbanizaciones irregulares en las periferias de las ciudades mexicanas y la permisividad y/o incapacidad de la regulación estatal Bazant escribe lo siguiente:

⁴² A diferencia de Peisser (2001), Bazant (2001) describe más el proceso de ‘dispersión, consolidación y dispersión’ (se nombrará ‘dispersión y consolidación’ para abreviar) como etapas.

“De mi investigación sobre Periferias Urbanas concluí que más de la mitad de la expansión de la mancha urbana de las ciudades ocurre de manera irregular. Es legal en cuanto al acuerdo privado comprador-vendedor, pero es ilegal en cuanto a la posesión del terreno; de modo que la población de bajos ingresos que representa más de la mitad de la población urbana carece documentos que amparen la compra legal de su lote – aunque claro, otra de las ambigüedades del Código Agrario es que después de tener posesión física de un lote por 5 años o más se puede reclamar la tenencia de facto. Y que decir cuando la Compañía de Luz les emite a las familias de bajos ingresos una boleta de cobro a su nombre y dirección que se vuelve en un documento legal que “ampara” la posesión de su terreno. Y con el tiempo, viene el resto de los servicios como teléfono, cablevisión, agua, entre otros, que vienen a constatar la “legalidad” en la posesión del lote. No es un título de propiedad registrado ante el RPP, pero son documentos que les dan a las familias de bajos ingresos la tranquilidad de que no serán desalojados” (Bazant, 2010, p. 488)

Con respecto a los trabajos que se refieren a la relación entre expansión urbana, la probable degradación ambiental y las herramientas de política que promuevan una mayor sostenibilidad urbana en la ciudad metropolitana de Monterrey, Hernández (2021) señala que la expansión reciente de la ciudad, 2009-2021, amenaza con depredar áreas ambientalmente importantes tanto para la biodiversidad como para la provisión de agua (como es el caso del río Pesquería). Los problemas que más preocupan sobre la sostenibilidad ambiental de Monterrey estarían relacionados con asentamientos ilegales o sin regulación, descargas industriales o sistemas de drenaje que afectan el ecosistema acuático de la región. También llama la atención sobre la movilidad de la ciudad donde *“los tiempos de traslado, usando transporte público, desde el norte metropolitano al centro de la ciudad, rebasan ya las dos horas”* (Ibíd., 2021).

Otro de los trabajos que trata de la expansión urbana de Monterrey es el de Pacon et al. (2021) para el periodo 1990-2020⁴³, quienes evalúan la expansión urbana de la ciudad, así como su estructura, por medio de variedad amplia de indicadores. El trabajo identifica una disminución de la densidad urbana, despoblamiento del centro de la ciudad – que comparada con el año 1960 presenta ahora una estructura policéntrica, aunque el centro de la ciudad, es decir, el municipio de Monterrey, sigue concentrando gran parte de los empleos del área urbana.

La investigación de Pacon et al. (2021), al igual que la de Monero et al. (2011) para el caso de la ZMVM, señala que un mayor porcentaje de las familias jóvenes de la ciudad, comparado con el que se halla en las áreas centrales y pericentrales de la ciudad, suele presentarse en la periferia urbana. Pacon et al. (2021) sostiene que, salvo algunas excepciones en los municipios de Cadereyta Jimenez y García, son las zonas centricas de las ciudad las que presentan hoy por hoy un mayor

⁴³ En teoría este es el periodo de estudio, sin embargo, cuando se menciona el monocentrismo/policentrismo se compara la estructura urbana de la ciudad del año 2019 con la estructura urbana de la ciudad del año 1960.

Coeficiente de Uso del Suelo (CUS), es decir, la mayor proporción de superficie contruida respecto a la superficie del centro. Los casos atípicos de altos valores por CUS en Cadereyta Jimenez y Gacía se explican debido a proyectos de vivienda social.

Mendoza et al. (2009) hacen un análisis cuantitativo del crecimiento de la ciudad de Ciudad Juárez, Chihuahua, para el periodo 1990-2008. Este trabajo emplea un método de clasificación supervisada que realiza por medio de un algoritmo de máxima verosimilitud, asimismo también hace uso de métricas del programa Fragstat e imágenes ráster Landsat. Las métricas Fragstat que usa Mendoza et al. (2009) son para calcular la dispersión, continuidad y conectividad urbana y se contrastaron con un índice de densidad poblacional y de infraestructura urbana. El texto concluye que Ciudad Juárez ha crecido de forma acelerada y no controlada, teniendo una mayor dispersión, menor continuidad y menor conectividad al final del periodo 1990-2009. Si bien la expansión urbana de Ciudad Juárez ha sido “eficiente” en términos de densidad poblacional⁴⁴, los autores señalan que allí donde se expande la ciudad ésta expansión no es acompañada por una infraestructura urbana y de servicios adecuada.

Por su parte, Monkkonen (2011) analiza para el caso de las ciudades mexicanas cómo los cambios en los patrones de financiación de vivienda después de 1990 han modificado la densidad de población y vivienda, el gradiente de densidad poblacional, el crecimiento del área construída de las ciudades, la distancia a los centros urbanos, la consolidación de la vivienda – según sus materiales de construcción de la misma y la accesibilidad a servicios básicos urbanos –, la homogeneidad de la traza y la arquitectura de la vivienda social, sea esta de construcción progresiva o terminada. Para ello se recurre a uso de regresiones lineales y análisis gráfico a partir de imágenes satelitales de Google Earth. El trabajo halla mayor consolidación de la vivienda, mayor densidad población y de vivienda, más homogeneidad de la traza y la arquitectura de la vivienda social en el nuevo patrón de vivienda social terminada (comparada con el patrón de vivienda social progresiva o incrementa) y que los desarrollos de vivienda social terminada también suelen ubicarse en zonas alejadas al área urbana contigua de las ciudades⁴⁵, respecto al crecimiento del área urbana no encontró una diferencia significativa según el tipo de urbanización.

⁴⁴ Es decir, la densidad poblacional es alta.

⁴⁵ De hecho en algún momento sugiere que la lejanía a los centros urbanos es aún mayor a la que presentan los desarrollos de vivienda progresiva (Ibíd., 2011, p. 46).

Las menores densidad de los desarrollos de vivienda progresiva se deben en gran medida a sus tardías procesos de consolidación y edificación, ya que, al parecer, su densidad poblacional y de viviendas aumenta cuando los desarrollos se consolidan. Respecto la media del gradiente de densidad poblacional, es decir, la magnitud de la disminución de las densidades poblacionales a medida que las áreas urbanas construidas se encuentran cada vez más lejos del centro urbano, se encontró que, comparada con otras ciudades alrededor del mundo, es baja para el caso de las ciudades mexicanas.

Garza (1998) hace una estimación de la expansión del Área Metropolitana de Monterrey para el año 2020, la estimación del crecimiento demográfico y “la mancha urbana”, en hectáreas, de la metrópoli de acuerdo al crecimiento económico, demográfico y físico histórico de Monterrey desde la década de los '40 del siglo pasado y el desarrollo económico -medido por medio del PIB per cápita- que consideró se presentaría a futuro⁴⁶. De acuerdo con el autor, el fenómeno de la expansión y el proceso de metropolización de Monterrey ha venido acompañado, paralelamente durante el siglo XX, al desarrollo económico y demográfico de la ciudad, por lo que elevadas tasas de crecimiento económico aceleraría el crecimiento demográfico y físico de la metrópoli, aumentando a su vez, problemas de contaminación atmosférica y el déficit de infraestructura urbana. Garza (1998) advierte que la expansión metropolitana de la ciudad podría no corresponder más a su vocación histórico, en gran medida por la posindustrialización económica, lo que implica también nuevos retos a la política urbana.

2.3. POLÍTICAS DE DENSIFICACION URBANA Y DE CONTROL DE LA EXPANSIÓN URBANA

Durante el siglo XX las ciudades latinoamericanas experimentaron una explosión demográfica cuyos requerimientos urbanos mínimos no pudieron ser satisfechos mediante el mercado formal, entre ellos la prestación de servicios públicos, la infraestructura vial de calidad y la vivienda, lo que obligó a la creación y replanteamiento de muchas de las políticas públicas en la región (Martínez, 2018, p. 53). En el México posrevolucionario las políticas públicas de vivienda inician en el año 1925 con la creación de la Dirección de Pensiones Civiles, institución que otorgaba pensiones y créditos hipotecarios. En 1981 se crearía el Fondo Nacional de Habitaciones Populares

⁴⁶ Garza (1998, p. 669) aclara, sin embargo, que la expansión física de las ciudades involucra una serie de factores económicos, sociales, demográficos, políticos y geográficos.

(FONHAPO) con el objetivo de satisfacer la demanda de población no asalariado con ingreso de hasta 2.5 salarios mínimos.

Vale decir que antes de la década de 1980 las instituciones del gobierno tenían un papel relevante en el control de la adquisición, la planeación y la edificación de los desarrollos de vivienda social. Es en el año 1983, con las modificaciones a las funciones de los Organismos Nacionales de Vivienda (ONAVI), que pasaron a ser principalmente instituciones de apoyo financiero que se canalizan hacia el sector privado. Al respecto Martínez (2018) escribe lo siguiente:

“Aquí es cuando el sector privado inicia su involucramiento en la industria de la vivienda, actuando como el desarrollador de la oferta de las soluciones habitacionales y modificador protagónico del área urbana de las ciudades, desde la dotación de servicios al terreno en breña, hasta la individualización de la casa terminada al usuario final, dejando fuera del control total del sector público la generación de oferta con la inherente complejidad del diseño e implementación de políticas públicas para el desarrollo de vivienda y las consecuentes políticas de desarrollo y contención urbana” (Ibíd., p. 43).

Monkkonen (2011, p. 33) menciona además que las reformas de las instituciones de financiamiento de vivienda del gobierno mexicano a principios de la década 1990 contribuyó a una explosión del crédito hipotecario de vivienda nueva terminada que terminó por imponerse sobre el modelo de vivienda incremental⁴⁷. Sin embargo, la vivienda incremental e informal, posteriormente regularizada o no, ha sido y sigue siendo muy numerosa y ha jugado un papel relevante en la expansión urbana de las ciudades (Monkkonen, 2011; Martínez, 2018).

En un ejercicio autocrítico, principalmente después de la década de los 2000 en el que proliferaron grandes de proyectos de vivienda en zonas periféricas con problemas de accesibilidad a empleo, transporte público, hospitales y centros educativos, culturales y de comercio, lo que provocó que muchas de las viviendas de estos desarrollos fuera deshabitada. A tal punto que se crea en el año 2013 la política federal de Perímetros de Contención Urbana que tiene por objetivo controlar la dispersión urbana, favorecer la compactación de las ciudad, promover la movilidad urbana sustentable y proveer construcción de vivienda digna, sobre todo para la población

⁴⁷ Monkkonen habla de modelo de vivienda o desarrollo urbano incremental para referirse a la construcción de vivienda, formal o informal, que implicaba procesos de autoconstrucción por parte de sus habitantes y que había sido el paradigma de construcción de vivienda social antes de las reformas que tuvieron lugar en la década de 1980 y 1990 en México sobre las instituciones del gobierno que financiaban, administraban y gestionaban la construcción de vivienda social.

mexicana de bajos ingresos (Monkkonen et al., 2017; Reyes, 2020, p. 2). Aunque en la práctica la mayoría de los subsidios habitacionales, antes y después de la política, no benefician principalmente a los quintiles más pobres de la población mexicana, sino a los hogares de clase media y clase media alta.

La política de PCU no ha sido la primera ni la única política que se ha propuesto contener la expansión urbana de la ciudad. Paralela a esta, durante el año 2013, también se propuso una estrategia de consolidación urbana que tiene por propósito fomentar la densificación de las ciudades mexicanas, y por esa vía desincentivar la expansión urbana. Igualmente, como antecedente importante tenemos la política de Bando 2 en Ciudad de México, que tuvo lugar a inicios de los años 2000. ‘Las áreas naturales protegidas’ y ‘los suelos de conservación’ en México también se asemejan a medidas de contención de expansión urbana (Schteingart et al., 2003; Castañeda, 2006), sin embargo, su propósito principal no es el de contener la expansión urbana sino el de la preservación de recursos naturales, la biodiversidad o evitar la edificación en zonas de alto riesgo ambiental.

La política de Perímetros de Contención Urbana o PCU es una política federal de desarrollo urbano y densificación, adscrita a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). La política busca incentivar –vía subsidios para la adquisición de vivienda- la consolidación urbana compacta de las ciudades, y de paso, disminuir el rezago de vivienda de las personas de bajos ingresos en México (Diario oficial de la federación, 2014).

Aguilar et al. (1991) discute al respecto de programas de política pública que pretendían controlar la expansión urbana de la Ciudad de México, en ese entonces Distrito Federal, hace referencia particularmente a los programas de ‘Reservas territoriales’ y ‘Pinta tu raya’ en municipios conurbados a la Ciudad de México que pertenecen al Estado de México (el municipio de Chalco y el municipio de Ixtapaluca). Aguilar et al. (1991) critica a los programas de gobierno que buscan controlar la expansión ya que son poco efectivos, en parte porque tienen un sesgo a favor del sector privado, en parte, porque no consideran correctamente los actores urbanos y rurales, así como sus interacciones, ni la realidad particular de México: los bajos niveles de ingreso de su población, los tipos de fraccionamiento y la incapacidad técnica y financiera de muchas de sus instituciones públicas. Según el autor políticas y programas de control de la expansión urbana en la Ciudad de México que tengan en cuenta a los sectores de la población con menos ingresos,

que tenga un sesgo a favor de éstos y que analice correctamente las interacciones sociales y de mercado del mercado de suelo vivienda podrían presentar mejores resultados.

Martínez (2018) realiza una evaluación de la política de PCU, durante el periodo 2014-2016, en el Estado de Guanajuato mediante el análisis de las *Relaciones Intergubernamentales*, si bien este trabajo se centra más en analizar el desempeño y funcionamiento de la política de PCU y los Institutos Nacionales de Planeación Municipal (IMPLAN) en el proceso tiene algunas consideraciones sobre la contención urbana, así como la calidad de la vivienda que otorgan ambas la política de PCU y los IMPLAN. Se plantea que los IMPLAN son más eficaces a la hora de contener la expansión urbana –en realidad se analiza la densidad poblacional de la ciudad- y el otorgamiento de vivienda social de calidad, entre otras cosas porque estos últimos se ajustan mejor a la necesidades y realidades locales, a diferencia de la política federal que presenta problemas de coordinación política entre municipios, estados y el gobierno federal. Martínez (2018) plantea que actualmente se presenta un proceso de expulsión de los centros urbanos a la periferia, de igual forma, que en las periferias de las ciudades latinoamericanas se presenta una expansión urbana que es continua/discontinua, en la que se observa una marcada segregación social urbana:

“[Citando a Rodolfo (2016):] las posibilidades de desarrollo urbano yuxtaponen barrios cerrados de alta renta, conjuntos de vivienda social, así como asentamientos de tipo informal y espacios de viviendas con precarias condiciones de habitabilidad. Los cuales vienen a constituir los cinturones de miseria de las principales urbes de las naciones latinoamericanas, en un continuo/discontinuo de espacio urbano diversificado, en “habitas”, en los que los hogares canalizan imaginarios de vida y construyen sus identidades. Estos espacios de viviendas se proyectan hacia medios rurales y centros cercanos a las ciudades, adoptando formas de organización y administración que subsumen funciones de la administración local” (Ibíd., 2018, p. 36).

Martínez (2018), Monkkonen et al. (2017) y Reyes (2020) a grandes rasgos señalan que la política parece tener deficiencias para controlar la expansión urbana, ya sea porque se sigue excluyendo a la población más pobre o a la que pertenece al sector informal en México, por problemas de coordinación política entre las entidades federales, estatales y locales de gobierno, por la concentración de subsidios en los contornos U3 que establece la política⁴⁸, los más periféricos, por incapacidad administrativa (principalmente de los municipios urbanos con una menor población), por la corrupción política y presiones de gremios asociados al sector

⁴⁸ Más adelante se hablará en detalle de estos.

inmobiliario privado⁴⁹, por la especulación del suelo urbano⁵⁰ y por la expulsión de hogares de las zonas centrales y pericentrales de las ciudades, vinculada a la inaccesibilidad de vivienda barata en las zonas centrales de las ciudades.

Reyes (2020, p. 14) escribe que la política de PCU sigue priorizando la financiación de vivienda nueva en lugar de la rehabilitación (o adquisición y arrendamiento de vivienda usada) que podría beneficiar a sectores de bajos ingresos hoy por hoy no priorizados. Pero parece que la política federal de PCU ayudó a desfinanciar la construcción de vivienda nueva en algunas áreas con graves problemas de accesibilidad; tal financiación fomentaba la especulación de suelo que de otra forma tendría poco valor urbano:

“[Sobre las políticas de densificación de la SEDATU del año 2013] han hecho que en el año de 2013, empresas consideradas como “Los Reyes de la Vivienda”, Geo, Homex, Urbi, Ara y Javer, pasaran de ser, junto con otras 45 empresas, los edificadores del 62.6% del total de la vivienda formalizada por la Línea II de INFONAVIT (CNN Expansión, s.f.), a ser las emisoras de los títulos bursátiles de los que los inversionistas “huyen” en 2013 (CNN Expansión, s.f.) Gracias a los PCU, la SEDATU, dejó fuera las reservas territoriales de dichas empresas que estaban valuadas financieramente como proyectos potenciales, y al momento del cambio, se volvieron solamente terrenos en breña sin dotación de servicios, que en muchos casos, representaban un pasivo al haber sido adquiridos por medio de financiamientos de la Banca o del Sistema Bursátil. (Centro de investigación y documentación de la casa, A. C., 2013) Aun cuando los PCU afectaron a la industria, por parte del gremio son justificados (...), pues las ofertas de vivienda que ahora se evitan, en varias ocasiones terminaban abandonadas por encontrarse lejos de los centros de trabajo, educación y desarrollo social de las ciudades, haciendo que el incremento en el gasto de transporte de sus habitantes fuera incoosteable. (Salazar Sánchez, 2017) Dicha afectación existió debido a que la directriz dada por los lineamientos normativos iba a un esquema insostenible, pero se cortó de tajo y se evitó una tendencia que a la larga hubiese desarrollado peores resultados que los proyectados por los diseñadores de tales políticas de vivienda” (Camarena, 2018, pp. 49 y 50).

Respecto a los subsidios de la política federal de PCU estos se otorgan siempre y cuando la vivienda se localice dentro de áreas o perímetros urbanos que se encuentren ya sea cerca a los centros de empleo (contornos U1) o a los servicios públicos (principalmente de agua y alcantarillado) (contornos U2) o alrededor de, no en, áreas urbanas ya consolidadas (contornos U3). Estos perímetros urbanos son determinados por la Comisión Nacional de Vivienda por medio de la RENARET y al respecto se sabe que en el año 2014:

“[eran] el resultado de la aplicación de metodologías geoespaciales a partir de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la Secretaría de Desarrollo Social y el Consejo Nacional de Población (...) [Y se clasificaban] en tres ámbitos o contornos: intraurbanos (U1: Son zonas urbanas consolidadas con acceso a empleo, equipamiento y servicios urbanos. Resultan de la variable de potencial de empleo, definida como medida de accesibilidad física a los puestos de

⁴⁹ Alejandra Reyes (2020, p. 5) menciona cómo la creación del Registro Nacional de Reservas Territoriales de la política de PCU, así como su funcionamiento, ha sido el resultado de la presión del sector inmobiliario privado.

⁵⁰ Es posible que los subsidios que otorga la política federal de PCU esté siendo absorbido por los inmobiliarios privados de manera que el subsidio está aumentando su excedente económico por vivienda vendida (Ibíd., 2020, p.5)

trabajo para cada localización (unidad geográfica) al interior del área urbana), primer contorno (U2: zonas en proceso de consolidación con infraestructura y servicios urbanos de agua y drenaje mayor al 75%) y segundo contorno (U3: zonas contiguas al área urbana, en un buffer (cinturón periférico al área urbana) definido de acuerdo al tamaño de la ciudad)” (Diario Oficial de la Federación, 2014, Glosario de términos, Perímetros de Contención Urbana).

La población a la que en teoría daba prioridad esta política de promoción habitacional eran las familias con ingresos de hasta 5 salarios mínimos mensuales (SEDATU y CONAVI, 2014). En el capítulo 3 se resumirá de forma detallada cómo operaban los perímetros de contención urbana en el año 2014 y cómo operan en fechas más recientes.

Si bien la política de PCU ha empezado a ser estudiada, tales análisis han estado relacionados más con aspectos como la coordinación de la política, sus cambios y la reflexiones críticas de sus propósitos y alcances. Monkkonen et al. (2017, p. 88), sugiere la necesidad de realizar estudios sobre el impacto de la política, teniendo en cuenta que la política ya lleva unos años en ejecución y que, a corte 2016, la mayoría de los subsidios se concentra en los contornos U3 (lo que hace suponer que la política poco está haciendo en términos de la contención de la expansión urbana).

Aun cuando no se profundiza lo suficiente, tanto en el trabajo de Monkkonen et al. (2017) como en el de Reyes (2020) se encuentran posiciones críticas al respecto de la política de PCU y su capacidad para contener la expansión. Mientras Monkkonen et al. (2017) plantea, por ejemplo, que las políticas de inversión en infraestructura urbana pueden hacer más que las políticas de subsidios habitacionales a la hora de tratar el problema de la expansión urbana. Reyes (2020) expone la posibilidad, de acuerdo a las entrevistas realizadas en su investigación, que la política de PCU más que controlar y contener la expansión urbana la ha fomentado.

CONCLUSIONES

Si bien la etapa de “Industrialización por sustitución de importaciones” fomentó un aumento vertiginoso de la expansión y la población urbana durante el siglo XX en Latinoamérica, actualmente la industrialización no es la razón principal de la expansión urbana en la región, en este sentido Monterrey presenta un rasgo particular dentro de las ciudades mexicanas por ser, como se verá en el siguiente capítulo, una de las ciudades más importantes de México, esto es importante ya que en todas las regiones y países estudiados (Europa, Latinoamérica, Estados Unidos y China), se observa que la industrialización impulsa significativamente los procesos de urbanización y

expansión urbana. Hoy por hoy en China, el país con mayor tasa de urbanización, las ciudades que presentan una expansión urbana más acelerada y dispersa son precisamente las ciudades especializadas en las actividades industriales.

Tanto en las ciudades estadounidenses como en las ciudades mexicanas los créditos hipotecarios han jugado un papel importante en los procesos de expansión urbana al financiar, en ambos casos, desarrollos de vivienda nueva unifamiliar en áreas periféricas, sin embargo, las ciudades de los países subdesarrollados o en vía de desarrollo se caracterizaron por una periferia ocupada principalmente por vivienda popular, a diferencia de las ciudades de Estados Unidos, donde son las clases de mayores ingresos las que tienden a ocupar las áreas periféricas urbanas. Los desarrollos de vivienda incremental e ilegal han sido también muy importantes en los procesos de expansión urbana de las ciudades mexicanas y latinoamericanas en general, sobre todo durante el siglo XX.

Vale decir que en México, al igual que en países como Inglaterra y Estados Unidos, se han aplicado diferentes políticas que buscan controlar y frenar la expansión urbana. Algunas de estas políticas son la del Bando 2 y la política federal de PCU. Se hizo un repaso de la política federal de Perímetros de Contención Urbana, en el que se observa una serie de criterios como la accesibilidad de empleos y servicios para su aplicación, es claro que uno de los motivos por los que se implementó la política en México fue para contrarrestar los procesos de dispersión urbana de las anteriores políticas de vivienda social, que relegaban a un segundo plano la accesibilidad con la que contaban las viviendas populares, lo que coincide también con la agenda urbana de “ciudades compactas” que actualmente promueve la ONU-Hábitat a partir de la Agenda 2030.

No obstante la política no tiene en consideración algunos problemas que puede suscitar en las metrópolis y sus municipios, como establecer mayores cargas financieras a largo plazo, en lugar de beneficios, y fomentar la segregación urbana, tampoco contempla fenómenos como la competencia metropolitana por adquirir recursos financieros -que puede derivar en estructuras urbanas indeseables.

La política de PCU, como política que se fundamente en la modificación de los estímulos de mercado para su éxito, ya ha tenido sus efectos sobre la especulación de suelos y la localización de la vivienda subsidiada, sin embargo, varios autores cuestionan su papel sobre los procesos de expansión urbana desordenada al presentar algunas incoherencias, como el hecho de que la mayoría

de subsidios que otorga la política se concentren en el contorno U3 -que no es propiamente suelo urbano consolidado- lo que puede promover una expansión acelerada y de baja densidad, que la política sea lo suficientemente laxa para considerar como contorno U1 áreas donde no hay consolidación de algunos servicios urbanos básicos, simplemente por la proximidad que tienen esas áreas a fuentes de empleo, que la política no soluciona ni atiende problemas de expulsión urbana (gentrificación), que el sector privado ha intervenido en la formulación y aplicación de la política (por encima de su formulación original) y que no está respaldada por unas instituciones públicas con la capacidad para impedir la urbanización informal que se da fuera los contornos que establece la PCU.

A las consideraciones anteriores debo mencionar el hecho de que la política no considera la expansión urbana que se da por desarrollos comerciales e industriales, esto puede que no sea negativo, en tanto la industrialización se asocia a fuentes importantes de contaminación, que pueden degradar la calidad de vida de las ciudades si no se trata con ellas adecuadamente, sin embargo, sí es un hecho que limita su efectividad a la hora de tratar de contener la expansión urbana dispersa y de baja densidad.

CAPÍTULO 3. EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

Ciudad metropolitana desde la década de los años '50 del siglo XX, la ciudad de Monterrey se encuentra en la región noroeste de México, cerca de la frontera con Texas (Estados Unidos) y rodeada por montañas, entre las que se encuentran el Cerro del Topo Chico (al norte), la Sierra de las Mitras (al este), la Sierra Madre (al suroeste) y el Cerro de la Silla (al sur). Actualmente Monterrey es reconocida como una de las ciudades industriales más importantes del país y tiene una posición comercial privilegiada con el país del norte la cual ha sabido aprovechar económicamente (Aguilar Barajas, 1995).

En el presente capítulo se realiza una revisión de algunas circunstancias históricas, espaciales, socioeconómicas y políticas que rodean el desarrollo y la expansión metropolitana de la ciudad de Monterrey, lo que ayuda no sólo a situar las circunstancias en que se dio y se da la expansión urbana del Área Metropolitana de Monterrey, también permite identificar las particularidades socioeconómicas propias de la ciudad metropolitana de Monterrey con respecto a las demás ciudades mexicanas. El capítulo empieza con un resumen histórico de la ciudad durante el periodo 1596-1900; la segunda sección del capítulo discute el desarrollo morfológico por el que atravesó la ciudad metropolitana en el siglo XX, en el que sucedió una expansión urbana acelerada, y parte del siglo XXI; la tercera sección expone algunos datos sobre la vivienda social en el AMM y; la cuarta sección presenta una caracterización socioeconómica de la ciudad. El capítulo finaliza con unas breves conclusiones.

3.1. BREVE REPASO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MONTERREY (1596-1900)

La ciudad de Monterrey fue fundada en el año 1596⁵¹ por el militar español Diego de Montemayor (Garza et al., 2003). En aquel entonces, las personas que poblaron la ciudad pertenecían únicamente a doce familias, las cuales llegaron al Valle de Monterrey junto a indígenas tlaxcaltecas, los cuales se sabe fueron marginados al sur de la ciudad, en el Cerro de la Loma Larga (Aparicio et al., 2011, p. 179). Durante los primeros siglos desde su fundación (siglos XVI, XVII y XVIII) la población de la ciudad de Monterrey creció de forma lenta e irregular. De hecho, durante los años 1611, 1636 y 1751 la ciudad sufrió una serie de inundaciones que implicaron procesos de reconstrucción y despoblamiento, para 1803 la ciudad sólo contaba con aproximadamente 7 mil habitantes (Bassols,

⁵¹ Con el nombre de Nuestra Señora de Monterrey.

1978, pp. 37 y 38; Garza et al., 2003). Asimismo, la que hoy es una de las mayores ciudades industriales de México por aquel entonces dependía, en gran medida, de la actividad ganadera ovina de la región (Bassols, 1978).

A principios del siglo XIX, además de algunas zonas centrales de Nueva España, la ciudad estableció relaciones comerciales con las ciudades mexicanas de Matamoros, Tampico, Saltillo y Monclova. Así mismo, durante ese siglo, la ciudad de Monterrey experimentó un crecimiento poblacional significativo. Los procesos históricos que influyeron en este proceso son varios: la guerra entre México y Estados Unidos del periodo 1846-1847 -la cual tuvo como resultado la redefinición de las fronteras nacionales-; el auge comercial entre la ciudad de Monterrey y Estados Unidos debido a la Guerra de secesión de ese país, entre 1861 y 1875 (Garza et al., 2003, p. 139); las luchas internas del México independiente; la Reforma liberal mexicana y la Intervención francesa (Bassols, 1978, pp. 38-39).

La población de la ciudad de Monterrey en el año 1848 era de 24 mil habitantes, mientras que en el año 1880 era de 35 mil. Por una parte, este crecimiento se debió a la posición geográfica de la ciudad y la nueva frontera del país, resultado de la guerra con Estados Unidos durante 1846 y 1847 (Garza et al., 2003, p. 139). Para Bassols (1978) es precisamente a finales del siglo XIX que la ciudad de Monterrey adquirió importancia como centro urbano al convertirse en la ciudad del noroeste mexicanos más importante en términos económicos y menciona cinco hechos que contribuyeron a la acumulación acelerada del capital en la ciudad durante la época del Porfiriato:

1. El ferrocarril que comunicó el norte y el centro del país. Lo que permitió a Monterrey conectarse, primero con Durango y luego con Torreón, Matamoros, Tampico. El ferrocarril también permitió una relación comercial más estrecha entre Monterrey y el mercado de Estados Unidos.
2. La exención de impuestos a las grandes empresas en 1890, que favoreció la inversión industrial.
3. La cercanía con la frontera de Estados Unidos.
4. Su cercanía relativa a varias minas del país (de plata, hierro, carbón, plomo, zinc, gas y petróleo).

5. La ubicación en la ciudad de la fábrica de la Cervecería Cuauhtémoc (1890), de establecimientos harineros, de textiles, de jabón y de cigarros (1898), de sucursales bancarias (1899), de la “Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey” (1900) y de las fábricas de cemento, fundidoras de plomo, plata y zinc (1907).

Para Mario Cerutti (1995, p. 90) Monterrey fue la ciudad del norte de México más beneficiada por las redes ferroviarias que se construyeron durante el porfiriato, que conectaron la ciudad neolonesa con el sur de Estados Unidos en 1882 y con el Distrito Federal en 1888.

Los cambios vividos en la ciudad de Monterrey durante el gobierno presidencial de Porfirio Díaz y el gobernador de Nuevo León Bernardo Reyes, en las décadas de 1880 y 1890, no sólo condicionaron la vocación industrial de Monterrey, también darían lugar a los flujos migratorios y a la creación de barrios obreros que caracterizarían los primeros procesos de conurbación y metropolización de la ciudad en el siglo XX (Cerutti, 1995, p. 90; Aparicio Moreno, 2011, pp. 184 y 185).

3.2. CAMBIO MORFOLÓGICO Y EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE MONTERREY, DURANTE EL SIGLO XX Y EL SIGLO XXI

Posiblemente debido a la creciente importancia urbana de Monterrey a finales del siglo XIX es que la capital del estado de Nuevo León presenta un proceso de expansión urbana acelerada durante prácticamente todo el siglo XX. Si bien en este siglo México pasó por la etapa de sustitución de importaciones y la posterior etapa neoliberal, la ciudad metropolitana de Monterrey pareció adaptarse particularmente en ambos periodos (Sousa González, 2008, pp. 190 y 191), ocupando una posición económica importante a escala nacional y regional, un hecho que fácilmente pudo favorecer su crecimiento poblacional y su expansión urbana (Corporación Andina Fomento, 2017, p. 19).

Los cambios morfológicos en Monterrey fueron significativos, no sólo por el crecimiento del área urbana construida sino, además, porque vinieron acompañados de un crecimiento significativo la poblacional y una nueva división político administrativa en la segunda mitad del siglo XX, al convertirse Monterrey en una ciudad cuya extensión física abarcaba más de un municipio. Entre 1900 y 1950 Monterrey pasa de tener 62 mil habitantes a 362 mil. Así mismo, en la década de 1950, la ciudad de Monterrey se convierte en una ciudad metropolitana cuando la dimensión física

ésta incluye ahora los municipios de Guadalupe y San Nicolás (Garza, 1998, p. 668; Garza et al., 2003, pp. 140-141).

Los procesos de conurbación en Monterrey inician “*formando un desordenado continuum urbano de nuevos barrios habitacionales, preponderantemente proletarios, zonas industriales y grandes baldíos intermedios*”⁵² (García Ortega et al., 1995, p. 311)

Durante el periodo 1940-1970, que se conoce como «el milagro mexicano», aumentaron los barrios obreros al norte oriente y al sur oriente de la ciudad, estos barrios obreros ya venían apareciendo en Monterrey desde el año 1854, en 1890 más de estos barrios surgieron, ubicándose en dirección al municipio de San Nicolás de los Garza cuando la ciudad empezó su vocación industrial soportada en gran medida por la industria pesada. Las clases medias, durante el periodo 1940-1970, fueron ubicándose en zonas centrales y pericentrales de la ciudad mientras que las clases altas en zonas periféricas (Aparicio et al., 2011, pp. 180-192).

Entre 1960 y 1980, debido a la demanda ocupacional generada por el crecimiento de la industria manufacturera (Sobrino, 2014), Monterrey fue receptora de grandes contingentes de migrantes rurales de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Ybáñez et al., 2017), lo que también significó importantes cambios físicos de su área construida. En la década de 1960, a las zonas conurbadas de la ciudad metropolitana de Monterrey que pertenecían a los municipios de Guadalupe y San Nicolás de los Garza se unió el municipio de Garza García, en la década de 1970 se unieron los municipios de Santa Catarina, Apodaca y General Escobedo, mientras que en la de 1980 se unió el municipio de Juárez (Garza et al., 2003, p. 141).

Con la década de 1960 vino la urbanización popular masiva, tanto por medio del fenómeno conocido en México como “paracaidismo” (invasiones de predios) o fraccionamientos populares aprobados por el gobierno (García Ortega et al., 1995 pp. 312 y 313). Vale decir, además, que es durante la segunda mitad del siglo XX que comienzan a surgir los primeros subcentros comerciales y de servicios en las periferias de la ciudad, allí donde se ubica la población de altos ingresos, lo que contrasta con la situación de la “periferia popular” (Ibíd., 1995, p. 314), sobre esto Aparicio Moreno et al. (2011, p. 192) señalan que después de los 1970s surgen subcentros comerciales y de servicios para las clases altas en los municipios de Pedro García, San Nicolás y Monterrey (al sur).

⁵² Estos últimos promovidos entre otras cosas por la insuficiente carga tributaria sobre la propiedad del baldíos.

Es en la década de 1980, junto con el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones y la crisis económica, que el municipio de Juárez se conurba con la ciudad de Monterrey, mientras que en la década de 1990 se une el municipio de García (Garza et al., 2003, p. 140-141). La época de crisis de los años 1980-1988 significó un duro golpe para el país, también lo fue para la ciudad de Monterrey ya que su PIB disminuyó en términos absolutos al igual que su actividad industrial (Garza, 1995, pp. 103-105).

No obstante lo anterior, con el cambio de modelo económico de sustitución de importaciones al neoliberal el país comenzó a ser cada vez más urbano y la población se concentró paulatinamente en ciudades de mayor tamaño (Sobrino, 2014). Por esa razón, Monterrey comenzó a ser atractiva para personas de contextos mayormente urbanos, como Reynosa, Saltillo o Nuevo Laredo y ya no solamente para las personas que migraban del campo a la ciudad (Ybáñez et al., 2017). Además, el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986 supo ser aprovechado por el empresariado neolonés en el periodo poscrisis según se lee en Aguilar Barajas (1995).

En el *Cuadro 3.1* se muestra el proceso de metropolización de la ciudad de Monterrey durante el siglo XX.

CUADRO 3.1. PROCESO DE METROPOLIZACIÓN DEL AMM DURANTE EL SIGLO XX

Área Metropolitana de Monterrey: población total según municipios metropolitanos, 1940-2000 ^a								
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000
Área Metropolitana	190 074	362 435	695 400	1 275 300	2 001 502	2 573 527	2 988 091	3 242 466
Monterrey	190 074	339 282	601 085	871 493	1 090 009	1 069 238	1 088 143	1 110 997
Guadalupe	4 391	12 610	38 233	170 196	370 908	535 560	618 933	670 162
San Nicolás	4 149	10 543	41 243	118 143	280 696	436 603	487 924	495 878
Garza García	2 780	5 228	14 943	48 286	81 974	113 040	120 913	125 978
Santa Catarina	4 758	7 377	12 895	38 063	89 488	163 848	202 156	227 026
Apodaca				18 564	37 181	115 913	219 153	283 497
General Escobedo				10 515	37 756	98 147	176 879	233 457
Juárez				5 656	13 490	28 014	50 009	66 497
García					10 434	13 164	23 981	28 974
				(tasa de crecimiento) ^b				
Área Metropolitana	6.7	6.7	6.3	4.6	2.5	2.7	1.9	
Monterrey	6.0	5.9	3.8	2.3	-0.2	0.3	0.5	
Guadalupe	11.1	11.7	16.1	8.1	3.7	2.6	1.9	
San Nicolás	9.8	14.6	11.1	9.0	4.5	2.0	0.4	
Garza García		11.1	12.4	5.4	3.3	1.2	1.0	
Santa Catarina			11.4	8.9	6.2	3.8	2.7	
Apodaca				7.2	12.0	11.9	6.2	
General Escobedo				13.6	10.0	11.0	6.7	
Juárez					7.6	10.8	6.9	
García					2.4	11.2	4.5	

Fuentes: 1940-1970 de Unikel, Ruiz y Garza (1976), *El desarrollo urbano de México*, El Colegio de México: cuadro IV-2; 1980 de M.E. Negrete y H. Salazar (1986), "Zonas metropolitanas de México, 1980", en *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 1, núm. 1, enero-abril, El Colegio de México: cuadro 1-A; 1990 de INEGI (1990), *XI Censo General de Población y Vivienda*, México; 1995 de INEGI (1996), *Conteo de Población y Vivienda, 1995, Resultados Definitivos Tabulados Básicos*, México, *XII Censo General de Población y Vivienda*, México; 2000 de INEGI (2001), *Resultados Definitivos*.

^a La línea escalonada señala los municipios que a partir de 1950 constituyen la Zona Metropolitana de Monterrey, conformada por nueve municipios en 2000.

^b Para el lustro de 1990-1995 se consideró una diferencia de 5.65 años, por las fechas en que se recolectó la información censal: por su parte el correspondiente a 1995-2000 fueron 4.3 años (El censo de 1990 se recolectó el 12 de marzo; el censo de 1995 el 5 de noviembre y el censo de 2000 el 14 de febrero).

Fuente: Garza et al., 2003, p. 141

Como se observa en el *Cuadro 3.1* puede notarse que al final del periodo 1980-1990 el municipio de Monterrey presenta una disminución de su población; esto puede deberse tanto a procesos de suburbanización como emigración relacionada con pérdida de empleos en el municipio durante la crisis económica de 1980-1988. Al respecto de los procesos de cambio demográfico en el AMM Aguilar Barjas (1995) también sugiere la aparición tendencias a la suburbanización en esta década⁵³:

En 1990 el municipio de Monterrey (con poco más de un millón de habitantes) absorbía 41.5% de la población del AMM y poco más de un tercio de la estatal. En 1980 las relaciones fueron de 54 y 43 por ciento, respectivamente, y en 1970 de 68 y 51 por ciento. En general, como ocurre en otras ciudades de México y el mundo, el AMM registra una acelerada suburbanización que resta dinamismo al municipio central (p. 410).

Autores como Marengo (2004) y Gonzáles et al., (2006) señalan que para las décadas de 1980 y 1990 el mayor protagonismo que se dio al sector privado a la hora de gestionar y planear el desarrollo de las ciudades, lo que terminó repercutiendo en nuevos patrones de segregación urbana, entre los que destacan: a) el aumento de los fraccionamientos cerrados de vivienda, b) despoblamiento de las zonas centrales, c) la mayor importancia de la migración en la estructura social metropolitana y d) la menor diferenciación sociolaboral en el espacio.

Respecto a la caracterización de la expansión urbana de Monterrey, Arellano et al. (2006, pp. 164 y 173) mencionan que entre el año 1990 y el año 2000 la ciudad de Monterrey pasó por un proceso de descentralización, policentrismo y segregación, en el que consolidaron secciones de la ciudad que no pertenecían al centro urbano y en el que la población migrante pobre tendió a ubicarse y concentrarse en las zonas periféricas de la ciudad -los autores relacionan tal proceso de descentralización, policentrismo y sectarismo con la idea de una etapa de metropolización para la ciudad Monterrey.

De igual forma, Leal Iga et al. (2013) apoyan la idea que la reestructuración económica y el crecimiento de población de Monterrey han venido acompañados de segregación social de las personas pobres – sobre todo migrantes – en la periferia urbana. Para estos autores el aumento poblacional en las ciudades del norte de México se acompaña de una expansión urbana desordenada y un aumento del área urbana construida hacia la periferia (Ibíd., 2013, pp. 33 y 35).

⁵³ Debe tenerse en cuenta que el municipio central al que se refiere Aguilar es Monterrey.

Según un análisis de la Confederación Patronal de la República Mexicana, con los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2020, hoy por hoy Nuevo León es el estado mexicano con mayor recepción de población migrante, la razón de esto sería la búsqueda de mejores oportunidades laborales (Flores, 2021). En términos porcentuales, Nuevo León se ubica como la cuarta entidad federativa con un mayor saldo neto migratorio entre 2015 y 2020, con un total de 3.5% (INEGI, 2021b).

Actualmente, dentro de las ciudades mexicanas, el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) es la segunda más poblada de México 5' 341 171 (INEGI, 2021b)⁵⁴ superando las estimaciones de 4'874 095 de habitantes que contemplaba las Naciones Unidas para ese año (Naciones Unidas, 2020).

La ciudad de Monterrey es el segundo centro urbano⁵⁵ -término en que la Joint Research Center se refiere al área urbana continua- más grande de México en km² (después de Ciudad de México) y uno de los que más ha crecido en términos de área construída durante el periodo 2000-2015. En dicho periodo la tasa de crecimiento anual de la extensión del área urbana de Monterrey, como centro urbano, fue de 1.68%, dato que es bastante significativo si se tiene en cuenta que entre los 10 centros urbanos de mayor extensión en México del año 2015 sólo Toluca de Lerdo presentó una tasa de crecimiento promedio anual superior a la que tuvo Monterrey⁵⁶.

En términos per cápita la ciudad de Monterrey también presenta una expansión de su área urbana, para el periodo 1990-2015 la tasa de crecimiento anual per cápita del área urbana construída de Monterrey fue de 0.82%, para el periodo 2000-2015 fue de 0.54% (Ibíd., 2020). Según la SEDATU, el CONAPO y el INEGI, entre 1980 y 2010 la población de la ciudad Monterrey creció a una tasa anual de 1.98% mientras que su superficie urbana lo hizo a una tasa anual de 4.95% (SEDATU et al., 2018, p. 58)⁵⁷.

⁵⁴ Los municipios son los que establece la CONAPO (SEDATU et al., 2018).

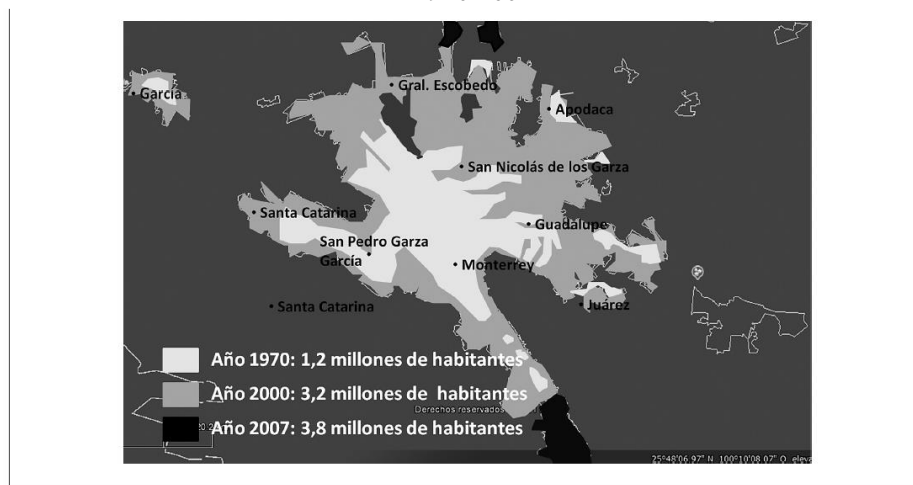
⁵⁵ Las Naciones Unidas, por medio del Joint Research Center, define a *los centros urbanos* como emplazamientos humanos de al menos 50 000 habitantes y con una densidad de 1 500 habitantes por kilómetro cuadrado.

⁵⁶ Durante el periodo 2000-2015 Toluca de Lerdo como centro urbano tuvo una tasa de crecimiento anual de su área construída de 4.14%.

⁵⁷ Es claro entonces que tanto en la metodología de SEDATU et al. (2018) como en la metodología de las Naciones Unidas (2020) -que ignora delimitaciones administrativas nacionales- el área urbana de Monterrey ha tenido un crecimiento importante que debe ser analizado.

En la *Figura 3.1* se observa que entre el periodo 1970-2000 el área urbana construida de Monterrey creció notoriamente, principalmente hacia el oriente y norte de la ciudad, y que en el periodo 2000-2007 la expansión se concentró en las zonas norte y sur de la ciudad, dando lugar a una forma más alargada de la ciudad. Según Leal Iga, et. al., (2013) la expansión urbana alargada de Monterrey, en el periodo 2000-2007, pudo deberse a la escasez de suelo para urbanizar dados los accidentes geográficos que rodean a la ciudad.

FIGURA 3.1. TRANSICIÓN APROXIMADA DE LA CIUDAD METROPOLITANA DE MONTERREY 1970-2007

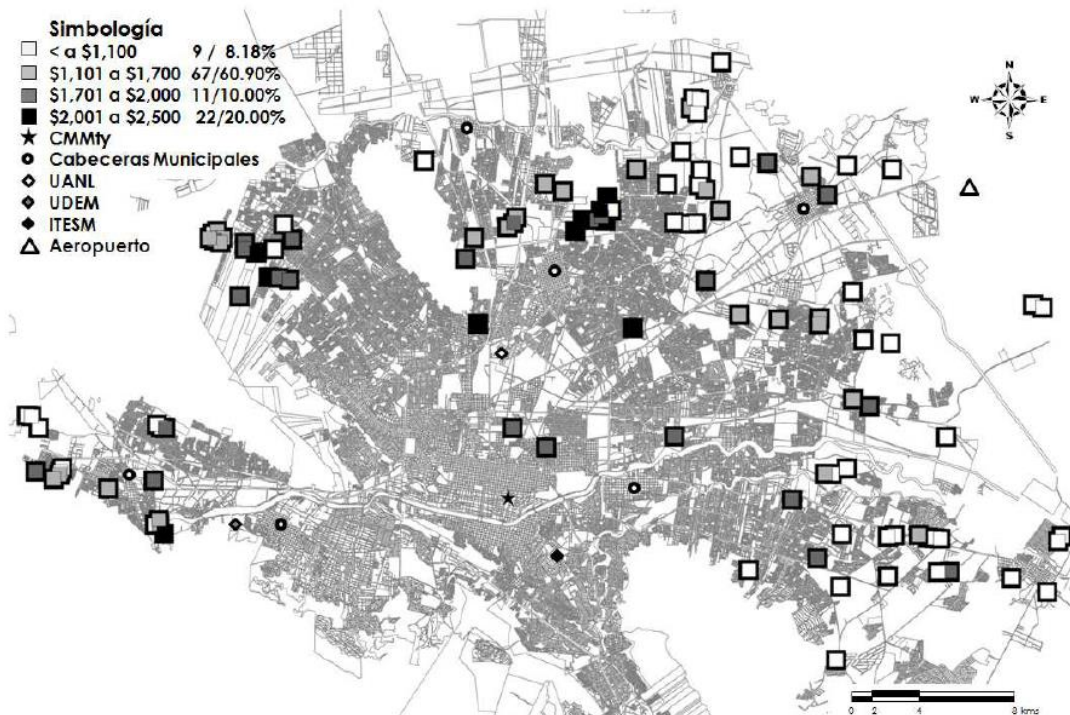


Fuente: Leal Iga et al., 2013, p. 36.

Sin embargo, el *Mapa 3.1* muestra conjuntos habitacionales cerrados de vivienda aprobados para la metrópoli de Monterrey durante el periodo 2005-2010, varios de estos conjuntos unifamiliares de vivienda se ubican principalmente en la periferia y en el pericentro de la ciudad, en los municipios de Apodaca, Escobedo y Juárez, lo que podrían indicar que, a diferencia de lo que plantean Leal Iga et al. (2013), aún hay zonas de potencial expansión urbana al oriente de la ciudad.

En el *Mapa 3.1* se nota que varios de estos conjuntos cerrados de vivienda de la parte oriente de la ciudad se ubican en terrenos más baratos, algunos de los cuales, parece, ni siquiera se encuentran cerca de zonas urbanas consolidadas y a áreas urbanas continuas de la metrópoli. Esto puede traducirse en el futuro en problemas de baja accesibilidad que aumentan la dependencia del automóvil. Vale la pena notar que estos fraccionamientos cerrados son viviendas de más de \$1'010,000 y hasta \$2'000,000 que corresponden al "segmento de ingresos medios de la población" (Soto, 2013, p. 1300).

MAPA 3.1. MAPA DE MONTERREY SEGÚN LOCALIZACIÓN DE FRACCIONAMIENTOS CERRADOS POR VALOR DE SUELO (EN MONEDA NACIONAL) APROVADOS POR EL AMMTY 2005-2010



Fuente: Soto Canales, 2013, p. 1299.

3.3. ALGUNOS DATOS SOBRE LA VIVIENDA SOCIAL EN EL AMM

El problema de la segregación espacial ha estado presente desde que se fundó la ciudad en el año 1596, sin embargo, la segregación residencial reciente que se caracterizó por el abandono de viviendas en todo el territorio nacional tuvo sus inicios en 1992, cuando el Infonavit, ante un panorama de déficit de vivienda, decidió delegar la labor constructiva a empresas privadas y asumir el papel de entidad financiera encargada de otorgar créditos hipotecarios. Este cambio trajo como consecuencia la segregación y la expansión urbana dispersa, pues se construyeron conjuntos habitacionales aislados y desconectados, sin equipamiento e infraestructura, con limitada accesibilidad y transporte público de baja calidad (Infonavit, 2015). La política de PCU trató luego de remediar esto.

En 2015, por ejemplo, se tenía un registro de 289 mil viviendas en situación de abandono en todo el país, de las cuales 19,780 se localizaban en lo que el Estado mexicano⁵⁸ identifica como la

⁵⁸ Por medio de instituciones como el INEGI, la SEDATU y la CONAPO (SEDATU et al, 2018).

Zona Metropolitana de Monterrey (SEDATU et al, 2018): región que en teoría contiene a la ciudad metropolitana de Monterrey y su zona de inmediata de expansión.

Para 2020 la cifra de viviendas de Infonavit en situación de abandono creció a 50 mil repartidas en los municipios de Juárez, García, Escobedo y Apodaca que pertenecen al AMM (Maldonado, 2020).

El elevado número de viviendas abandonadas obedece a que la distancia promedio que hay entre las aglomeraciones de empleo y los conjuntos abandonados (Infonavit, 2015). Este problema de abandono habitacional ocurre mientras simultáneamente el estado de Nuevo León -y los municipios que comprenden el Área Metropolitana de Monterrey- presentan una cifra relativamente baja de rezago habitacional.

“De acuerdo con el Programa Nacional de Vivienda 2014-2018 (PNV), el rezago habitacional es el término empleado en México para referirse a las viviendas en hacinamiento, o cuyos materiales de edificación se encuentran en deterioro, y no logran satisfacer un mínimo de bienestar para sus ocupantes. Este concepto es el punto de partida para la elaboración de políticas públicas y funge como referencia para evaluar y dar seguimiento a estrategias que buscan mitigar la problemática habitacional (...) el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) contempla en su medición multidimensional de la pobreza el indicador de carencia por calidad y espacios de la vivienda, el cual trata de condensar las características mínimas que debe tener el lugar donde vive una persona. El indicador está contenido en la medición del rezago habitacional de CONAVI; de tal suerte que dentro de lo que se conceptualiza como rezago existe una subpoblación que también tiene carencia por calidad y espacios de su vivienda” (SEDATU, 2018, p. 1).

Con respecto al rezago habitacional del estado de Nuevo León (Cuadro 3.2), el número de viviendas con rezago del estado es de aproximadamente 117.313 viviendas, lo que equivale al 7.92% de las viviendas totales del estado y el 7.92% del total de las viviendas con rezagos del país, una cifra bastante baja teniendo en cuenta que el promedio nacional por entidad federativa es de 28,60% (CONAVI, 2020).

CUADRO 3.2. REZAGO HABITACIONAL DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN PARA EL AÑO 2018

Entidad Federativa	con Rezago	Sin Rezago	Total	Porcentaje del total estatal	Porcentaje con respecto a la vivienda con rezago del total nacional
Nuevo León	117,313	1,364,135	1,481,448	7.92%	1.25%

Fuente: Elaboración propia con datos del CONAVI, 2020.

3.4. ALGUNOS DATOS SOCIOECONÓMICOS RECIENTES DE LA CIUDAD DE MONTERREY

La ciudad de Monterrey se caracterizó durante el siglo XX, y se caracteriza aún, como una ciudad metropolitana con un gran dinamismo de la actividad industrial. En términos socioeconómicos la situación de la ciudad de Monterrey también parece ser bastante favorable con respecto a otras ciudades mexicanas (González et al., 2006; Aparicio et al., 2011, p. 193).

El grado de marginación del estado de Nuevo León se ubicaba dentro de los más bajos del país, tan es así, que entre las 32 entidades federativas Nuevo León era la entidad número 31 con mayor marginación, le sigue Ciudad de México (CONAPO, 2016).

Con un porcentaje de población analfabeta de 15 años o más de 1.64%, un porcentaje de población ocupada con un ingreso de hasta dos salarios mínimos del 16.15%, un porcentaje de ocupantes en vivienda: sin drenaje ni excusado del 0.16%; sin energía eléctrica del 0.12%; sin agua entubada del 1.36%; con algún nivel de hacinamiento del 23.09% y con piso de tierra del 0.8%, parece que la situación socioeconómica de Nuevo León y la ciudad de Monterrey es significativamente mejor de lo que se encuentra generalmente en el resto de las entidades federales del país. No obstante si bien el nivel de hacinamiento es inferior a la media nacional del año 2015 (28.39%), esta cifra no deja de ser despreciable por lo que persiste hay la necesidad de mejorar las condiciones habitacionales para los regiomontanos.

Según datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI (2019), Nuevo León ubica el tercer puesto entre los estados mexicanos con mayor participación en el Producto Interno Bruto del país:

CUADRO 3.3. POSICIÓN DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS MEXICANAS⁵⁹, SEGÚN SU PIB REAL⁶⁰

Orden según la participación en el PIB	2012		2014		2016		2018	
	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual
1	CDMX	17.07	CDMX	17.11	CDMX	17.41	CDMX	17.67
2	México	8.68	México	8.73	México	8.75	México	9.07
3	Nuevo León	7.22	Nuevo León	7.23	Nuevo León	7.41	Nuevo León	7.65
4	Jalisco	6.45	Jalisco	6.64	Jalisco	6.77	Jalisco	6.62
5	Veracruz	5.05	Veracruz	4.86	Veracruz	4.62	Veracruz	4.49

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

⁵⁹ Cuando se utiliza CDMX se está haciendo referencia a la Ciudad de México.

⁶⁰ El año base para calcular precios constantes es el 2013.

De acuerdo con el trabajo de Trejo (2013) la Zona Metropolitana de Monterrey fue, con una participación en el valor agregado de 10.25%, la segunda más importante en México después de la Zona Metropolitana del Valle de México, y ocupó la misma posición ocupaba en el año 1998 y 2003, de igual manera, la autora también menciona que entre el año 1998 y el año 2008 la participación económica de la Zona Metropolitana ha sido creciente, a diferencia de las zonas metropolitanas de Valle de México y Guadalajara. Ventajas de localización, especialización relativa (pp. 569-571)⁶¹.

De hecho, según los datos del Censo Económico del INEGI para el año 2013 el porcentaje de participación en el producto bruto del estado de Nuevo León de aquellos municipios que pertenecen al AMM correspondió al 97.22%, esta cifra poco varía en el año 2018, con un porcentaje de 97.32% (INEGI, 2019), de manera que se piensa válido, en este caso, considerar la situación económica del estado como muy similar a la que presenta el AMM.

Además del PIB real de la entidad federativa hay otros indicadores económicos con los que se puede comprender el lugar que ocupa actualmente Monterrey dentro de la economía nacional, como lo son, uno, los índices de especialización económica de la entidad federativa (*Cuadro 3.4*) y, dos, la concentración/participación relativa que tiene Nuevo León en actividad terciaria y los sectores construcción, industrial y de generación de energía eléctrica del país⁶² (participación que no es nada despreciable como se observa en los cuadros 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9).

**CUADRO 3.4. ÍNDICE DE ESPECIALIZACIÓN ECONÓMICA DE NUEVO LEÓN
POR ACTIVIDAD Y SECTOR⁶³**

Nuevo León	Actividades primarias	Actividades secundarias				Actividades terciarias
		Minería	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas	Construcción	Industrias manufactureras	
	0.134751319	0.156328873	0.852761751	1.26623666	1.424619079	0.976295552

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2019)

Los índices de especialización económica de Nuevo León del *Cuadro 3.4* indican qué tanto se especializa la entidad federativa en ciertas actividades o sectores económico y su interpretación

⁶¹ Trejo (2013, p. 552) toma como referencia las 56 zonas metropolitanas del sistema metropolitano oficial de México del año 2015.

⁶² En el Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI (2019) los datos de este sector se reportan juntamente con el sector de suministro de agua y gas.

⁶³ El texto que se usó para obtener las fórmulas de índice es de Mendoza Cota, 2003.

se realiza de la siguiente manera: si su valor es mayor a 1 hay especialización económica para la actividad o el sector que se esté analizando, si su valor es menor a 1, no hay tal especialización. La fórmula del índice de especialización económica es la siguiente:

$$IEE_{ij} = \frac{\frac{PIB_{ij}}{PIB_i}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{PIB_{ij}}{PIB_i} \right)}$$

Donde IEE_{ij} es el índice de especialización económica de la entidad i en la actividad j , PIB_{ij} es el producto interno bruto de la unidad i en la actividad j , PIB_i es el producto interno bruto total de la entidad federativo i y n el total de las entidades federativas. Entre mayor sea el valor del IEE_{ij} mayor la especialización económica de la entidad i en la actividad j , un $IEE_{ij} > 1$ indica que hay especialización productiva en la actividad j .

Los datos del *Cuadro 3.4* muestran que para el año 2018 (en el caso de Nuevo León) hay especialización económica en los sectores económicos de industria manufacturera y construcción, que corresponden a las actividades secundarias de la economía mexicana⁶⁴.

Dada la historia de la ciudad de Monterrey, los datos de especialización económica en industria manufacturera no sorprenden, llama la atención la especialización en el sector de la construcción, el cual podría estar vinculado a un importante dinamismo del sector inmobiliario y a aumento, también importante, del área urbana construida en la ciudad metropolitana de Monterrey.

Si bien el índice muestra que no hay especialización económica de Nuevo León en las actividades terciarias, lo cierto es que la concentración de estas actividades en la entidad federativa es una de las más importantes del país, además que, en términos de valor agregado bruto de Nuevo León, las actividades terciarias han ganado cada vez más terreno (*Gráfica 3.1*):

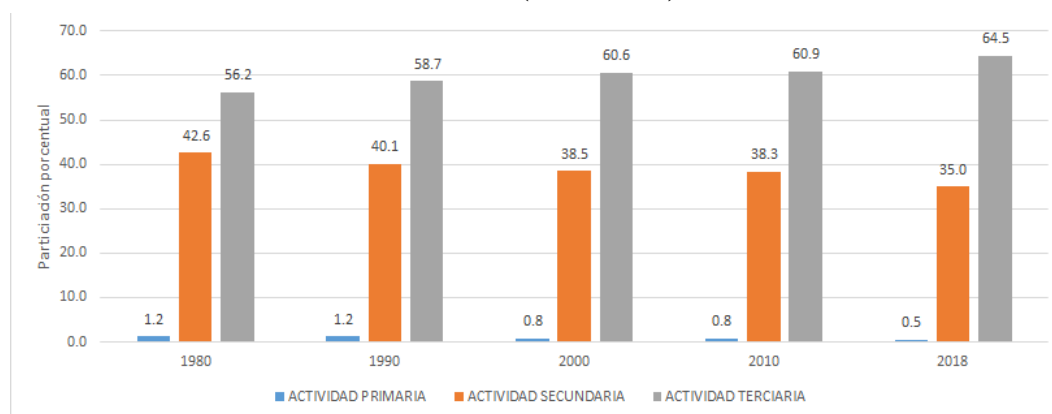
⁶⁴ Según lo define el Sistema de Cuentas Nacionales y los Censos Económicos del INEGI (2019).

CUADRO 3.5. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS EN EL MONTO DEL PIB QUE CORRESPONDE A LAS ACTIVIDADES TERCIARIAS

Entidades federativas según su participación en el monto del PIB que corresponde a las actividades terciarias de la economía	2012		2014		2016		2018	
	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual
1	CDMX	23.89	CDMX	23.93	CDMX	24.10	CDMX	24.14
2	México	9.69	México	9.83	México	9.82	México	9.99
3	Nuevo León	7.15	Nuevo León	7.20	Nuevo León	7.34	Nuevo León	7.47
4	Jalisco	6.54	Jalisco	6.56	Jalisco	6.61	Jalisco	6.62
5	México	4.68	Veracruz	4.57	Veracruz	4.36	Veracruz	4.28

NFuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

GRÁFICA 3.1. PARTICIPACIÓN DEL VALOR AGREGADO BRUTO DE NUEVO LEÓN POR ACTIVIDAD ECONÓMICA (1980-2018)⁶⁵



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

Como se observa en el Cuadro 3.5, de las cinco entidades federativas con una mayor concentración o participación en las actividades terciarias, Nuevo León siempre se ubicó en el tercer lugar (después de Ciudad de México y el estado de México) además de ello, al finalizar el periodo 2012-2018, la participación de Nuevo León había aumentado.

La concentración, en términos de PIB real, del sector de la industria manufacturera, de la construcción y de la generación y/o provisión de energía eléctrica, agua y gas también es bastante significativa, de hecho, para el año 2018 la participación en industria manufacturera de Nuevo León

⁶⁵ Es claro que la participación de la actividad secundaria en Nuevo León viene reduciéndose de forma significativa desde la década de los '80 del siglo pasado, al pasar del 42% de participación en el año 1980 al 35% de participación en el año 2018, lo que sugiere que, si bien sigue siendo importante, el sector industrial de Monterrey perdió relevancia económica, al menos en términos relativos al interior del estado. Este cambio en la importancia sectorial es coherente con los resultados del trabajo de González y Villeneuve (2006), quienes por medio de un trabajo de ecología factorial, mencionan que durante el periodo 1990-2000 pierde importancia la diferencia sociolaboral como característica de la segregación espacial en la ciudad de Monterrey.

se ubicaba por encima del estado de México (que era, a 2012, la entidad federativa con la mayor participación económica en dicho sector):

CUADRO 3.6. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS EN EL MONTO DEL PIB QUE CORRESPONDE A LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.

Entidades federativas según su participación en el monto del PIB que corresponde a Industria M.	2012		2014		2016		2018	
	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual
1	México	11.45	México	10.48	Nuevo León	10.30	Nuevo León	10.89
2	Nuevo León	10.57	Nuevo León	10.16	México	9.99	México	10.28
3	Coahuila	8.65	Jalisco	8.90	Jalisco	8.87	Jalisco	8.78
4	Jalisco	7.85	Coahuila	8.32	Coahuila	7.78	Coahuila	8.02
5	CDMX	6.68	CDMX	6.25	Guanajuato	6.61	Guanajuato	6.22

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

CUADRO 3.7. PRODUCTO INTERNO DEL SECTOR INDUSTRIAL MANUFACTURERO POR MUNICIPIO, AMM (2013-2018)

	2013	2018	Crecimiento %	Part. 2013	Part. 2018
<i>Abasolo</i>	639.043	2090.871	227.2%	0.08%	0.16%
<i>Apodaca</i>	105183.447	221183.605	110.3%	13.56%	16.67%
<i>Cadereyta Jiménez</i>	147184.845	137752.851	-6.4%	18.97%	10.38%
<i>El Carmen</i>	7092.289	12793.874	80.4%	0.91%	0.96%
<i>Ciénaga de Flores</i>	2820.568	7026.055	149.1%	0.36%	0.53%
<i>García</i>	33962.567	52917.405	55.8%	4.38%	3.99%
<i>San Pedro Garza García</i>	8257.611	21486.466	160.2%	1.06%	1.62%
<i>General Escobedo</i>	106604.981	149928.989	40.6%	13.74%	11.30%
<i>General Zuazua</i>	17939.39	34155.941	90.4%	2.31%	2.57%
<i>Guadalupe</i>	52288.399	84452.582	61.5%	6.74%	6.37%
<i>Juárez</i>	2648.743	6137.31	131.7%	0.34%	0.46%
<i>Monterrey</i>	128161.257	145093.829	13.2%	16.52%	10.94%
<i>Pesquería</i>	4398.19	126497.003	2776.1%	0.57%	9.53%
<i>San Nicolás de los Garza</i>	83570.11	154338.829	84.7%	10.77%	11.63%
<i>Santa Catarina</i>	62816.28	134996.554	114.9%	8.10%	10.18%
<i>Santiago</i>	433.95	1007.648	132.2%	0.06%	0.08%

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2019).

Según se observa el sector industrial creció en todos los municipios durante el periodo 2013-2019 salvo en el de Cadereyta Jiménez, los municipios que cuyo crecimiento fue mayor en tasa

porcentual fueron Abasolo, Apodaca, Ciénaga de las Flores, San Pedro Garza García, Juárez, Pesquería, Santa Catarina y Santiago.

El crecimiento de Pesquería fue, por mucho, el de mayor magnitud con una tasa de crecimiento del sector industrial manufacturero de 2776.1%, lo que también se tradujo en un aumento importante (de nueve puntos porcentuales) de su participación en el Producto Interno del AMM entre el año 2013 y el año 2019.

Esta situación industrial ventajosa de Monterrey puede estar relacionada con el hecho de que los gobiernos en la región han sabido aprovechar su ubicación comercial privilegiada con Estados Unidos atrayendo inversión de este tipo y teniendo empresas competitivas en el sector, un hecho que también podría aplicarse al sector de la construcción (*Cuadro 3.8*).

Respecto a la participación del sector de generación energía y de distribución y suministro de agua y gas Monterrey también concentra buena parte de su PIB real nacional, lo que puede deberse entre otras cosas a un desarrollo orgánico y de dependencia que tiene este sector con el sector industrial y el sector inmobiliario.

CUADRO 3.8. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS EN EL MONTO DEL PIB QUE CORRESPONDE A LA GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, SUMINISTRO DE AGUA Y DE GAS POR DUCTOS AL CONSUMIDOR FINAL (GTDEEAG)

Participación por entidad federativa en el monto del PIB que corresponde a la actividad económica en GTDEEAG	2012		2014		2016		2018	
	Nombre de la entidad	Partic. porcentual	Nombre de la entidad	Partic. porcentual	Nombre de la entidad	Partic. porcentual	Nombre de la entidad	Partic. porcentual
1	Veracruz	7.81	México	8.14	México	8.16	México	7.84
2	México	7.75	Nuevo León	6.79	Veracruz	7.35	Veracruz	7.67
3	Nuevo León	7.34	Veracruz	6.71	Nuevo León	7.05	Nuevo León	6.52
4	Baja Calif.	5.99	Baja Calif.	6.44	Baja Calif.	6.17	Jalisco	5.7
5	Jalisco	5.46	Jalisco	5.41	Jalisco	5.56	Baja. Calif.	5.44

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

CUADRO 3.9. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS EN EL MONTO DEL PIB QUE CORRESPONDE A LA CONSTRUCCIÓN

Entidades federativas según su participación en el monto del PIB que corresponde a construcción	2012		2014		2016		2018	
	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual	Nombre de la entidad	Participa. porcentual
1	CDMX	9.93	CDMX	9.75	Nuevo León	9.59	Nuevo León	9.68
2	Nuevo León	8.89	Nuevo León	9.39	CDMX	9.42	CDMX	9.32
3	Jalisco	6.81	Jalisco	6.47	Jalisco	6.98	México	6.84
4	Veracruz	6.40	Veracruz	5.71	México	5.70	Jalisco	6.79
5	México	4.95	México	5.64	Veracruz	5.45	Veracruz	5.41

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

En resumen, Nuevo León (y por tanto indirectamente la ciudad de Monterrey) presenta una importancia económica significativa en los sectores de industria manufacturera, construcción y generación y/ provisión de energía eléctrica, agua y gas, además de las actividades terciarias de la economía.

Los índices de especialización económica muestran que, a pesar de la concentración económica en las actividades terciarias y la importancia relativa que viene ganando esta actividad económica en el estado de Nuevo León, la ciudad de Monterrey sigue teniendo una importante vocación industrial (al punto de ser la ciudad que presenta una mayor concentración en este sector económico), no sólo eso, la ciudad, en la actualidad, también concentra y se especializa de manera importante en el sector económico de la construcción, lo que puede impulsar, de forma significativa, procesos de expansión (más adelante se profundizará sobre algunos datos sobre vivienda social que permitirán complementar el análisis).

CONCLUSIONES

El área metropolitana de Monterrey es una de las más importantes del país en términos económicos, además, la ciudad ha afianzado su importancia industrial nacional, siendo la ciudad con una mayor concentración de esta actividad, lo que hace suponer que ha sabido aprovechar su posición estratégica con Estados Unidos, vinculándose satisfactoriamente al comercio internacional en la etapa neoliberal, desarrollando servicios a los productores, realizando los cambios técnicos

necesarios para seguir favoreciendo la concentración de las actividades industriales y sobreponiéndose económicamente a la difícil situación que fue la década de 1980 del siglo pasado.

Debido a su importancia económica y a sus bajos niveles de marginación social no es de sorprender que Monterrey haya sido hasta el momento un continuo receptor de población migrante, lo que impulsó su acelerada expansión urbana durante el siglo XX y sigue impulsado su expansión urbana en el presente siglo según el último Censo del INEGI (2020a).

Teniendo en cuenta que la actividad industrial puede asociarse con una mayor expansión y dispersión urbana, es posible que un crecimiento de la actividad industrial también impulse la expansión urbana de la ciudad metropolitana de Monterrey, teniendo en cuenta que la política de PCU considera como su criterio más importante la proximidad a fuentes de empleo para el establecimiento de contornos urbanos U1 es probable que la región cuente con un áreas importante de contornos U1, si se compara con otras ciudades mexicanas, que a si bien están cerca a fuentes de empleos importante no necesariamente cuentan con accesibilidad, o una buena calidad de provisión, de otros bienes y servicios urbanos.

Según Alejandra Reyes (2020) se sabe, sin embargo, que la mayoría de subsidios otorgados por la CONAVI en Monterrey, gracias a la política de PCU, han sido para vivienda en contornos U3. Tanto por los fraccionamientos cerrados, como por la concentración industrial en los municipios del AMM, como por la concentración de la vivienda social en Nuevo León, ya sea en el contorno U3 o fuera de los contornos, hacen suponer que durante el presente siglo, el fenómeno de la expansión metropolitana de Monterrey ha aumentado y que la política de Perímetros de Contención Urbana no ha sido efectiva a la hora de controlar tal expansión, siendo en este caso incluso contraproducente.

De ser así, de seguir siendo Monterrey una de las ciudades con mayor importancia económica industrial, de servicios, de construcción, y de no corregir los potenciales efectos contradictorios de la política de PCU es muy probable que la expansión urbana de Monterrey, sobre todo la de tipo dispersa, alcance cada vez más mayores proporciones.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN URBANA DEL AMM, 2013-2019

La importancia de analizar, medir y caracterizar la expansión urbana de cualquier ciudad se deriva de sus impactos sociales, políticos, ambientales y económicos, los cuales afectan tanto la calidad de vida de las personas como su hábitat. Por esta razón, algunos investigadores han estudiado la expansión urbana de forma “indirecta”, mediante sus efectos⁶⁶; en lugar de “directa”, es decir, mediante su magnitud, velocidad, tipo morfológico y ubicación.

En el presente capítulo se presentan y analizan los resultados de la medición directa de la expansión metropolitana de Monterrey para el periodo 2013-2019. Con este enfoque se estudió la velocidad, la magnitud, el tipo morfológico y la ubicación, municipal, de la expansión, para luego contrastar los resultados con los establecido en la política federal de Perímetros de Contención Urbana (PCU), la cual surgió con el objetivo de contener la expansión urbana dispersa e informal. La velocidad, la magnitud y el tipo morfológico de la expansión metropolitana de Monterrey se cuantifican por medio de seis índices geoestadísticos obtenidos del manual FRAGSTATS HELP (McGarigal, 2015)⁶⁷, por otra parte, se calculan tres índices para analizar la ubicación⁶⁸ municipal de la expansión urbana. Se contrasta el porcentaje de la expansión urbana que se presentó dentro los Perímetros de Contención Urbana de los años 2014, 2017 y 2018. El capítulo cierra con unas breves conclusiones.

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. CASO DE ESTUDIO: EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY

Lo metropolitano tiene que ver con la escala administrativa de un fenómeno urbano, en el caso de México se gesta cuando la mancha urbana sobrepasa los límites administrativos de un municipio. Respecto al término área metropolitana, si bien no hay un claro consenso en su uso -entre otras cosas porque éste puede responder tanto a propósitos académicos como político administrativos- en algunos trabajos se ha llegado a aceptar, en términos generales, como *“la ciudad misma, más el área contigua edificada, habitada o urbanizada con usos de suelo de naturaleza no-agrícola y que,*

⁶⁶ Algunos de estos trabajos son los de Schteingart (1989), Moreno et al., (2011) y Hernández (2021)

⁶⁷ Si bien dos de los seis índices los formulé yo requerí para su cálculo, en ambos casos, de datos obtenidos por medio del programa FRAGSTATS.

⁶⁸ En este caso ubicación municipal.

partiendo de un núcleo, presenta continuidad física en todas direcciones hasta que sea interrumpida en forma notoria por terrenos de uso no-urbano” (Unikel et al., 1978, p. 116).

Sin embargo, recientemente en la literatura y en bases de datos se ha popularizado el estudio del área metropolitana (y el área urbana) desde la dispersión de las áreas construidas (Mendoza et al., 2009; Acheampong et al., 2016 y Zhang et al., 2018), lo que, tal vez, podría explicarse por la mayor accesibilidad del uso de las herramientas de teledetección y georreferenciación. Por ejemplo, instituciones como el Joint Research Center (2019) no considera el área metropolitana como un área urbanizada continua cuando, además de los criterios de continuidad en la construcción, considera criterios como la dependencia económica/laboral⁶⁹ para establecer áreas metropolitanas y urbanas⁷⁰.

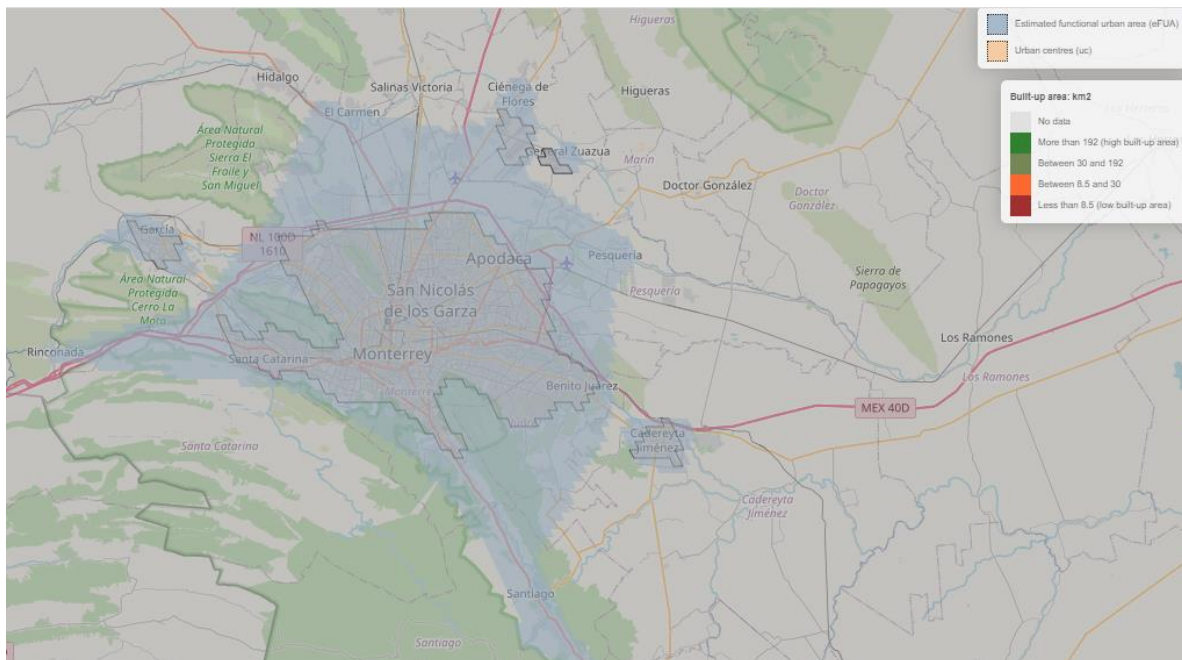
Es según el *área urbana funcional estimada* de Monterrey para el año 2015 – forma en la que la Joint Reacher Center se refiere al área urbana de Monterrey dados criterios físicos, poblacionales y económico/laborales – y la división municipal presente en el mapa del Marco Geoestadístico del año 2019 que se delimitó el Área Metropolitana de Monterrey en esta tesis. Según la Joint Research Center (2020) el *área urbana funcional estimada*⁷¹ de la ciudad de Monterrey para el año estaría contenida por los municipios de Abasolo, Apodaca, El Carmen, Ciénaga de Flores, San Pedro Garza García, Santiago, Guadalupe, Juárez, Santa Catarina, General Escobedo, General Zuazua, San Nicolás de los Garza, Monterrey y Pesquería (véase la *Figura 4.1*). Estos municipios, junto con los de Cadereyta Jiménez y García⁷², serán la frontera geográfica que delimita el universo de pixeles con los que se trabajará en esta tesis.

⁶⁹ Que es medida en el porcentaje de los viajes de trabajo realizados.

⁷⁰ Es decir, entendiéndola como una zona metropolitana.

⁷¹ Véase la “Estimated funtional urban área (eFUA)” (la mancha azul transparente) de la Figura 4.1. Esta área se calcula de acuerdo a varios criterios, uno de ellos es que el área comprende un *centro urbano* (que es un área contigua de celdas de 1km² que contiene una población mínima de 50,000 habitantes, la contigüidad entre celdas se da ya sea porque el área construida de la celda es igual o mayor al 50% o porque la población por celda es igual o mayor a 1,500 habitantes, la contigüidad a la que se está haciendo alusión es de “tipo torre”) y otro el que comprende un área donde 15% de la población (que no vive en el centro urbano) se desplaza hacia el centro urbano por motivos de trabajo (Joint Research Center, 2019; 2020).

⁷² Según la Joint Research Center estos aparecen como centros urbanos separados del centro urbano de Monterrey, sin embargo, se decide contarlos en esta tesis como parte del Área Metropolitana de Monterrey, en primer lugar, por su cercanía con el centro urbano de Monterrey, en segundo lugar, porque tienen características urbanas según la propia Joint Research Center (2020) y, en tercer lugar, porque según SEDATU, CONAPO y INEGI (2018, p.172) ambos municipios hacen parte de áreas o integradas o funcionales de la ciudad de Monterrey.

FIGURA 4.1. ÁREA FUNCIONAL Y CENTROS URBANOS DEL VALLE DE MONTERREY, 2015

Fuente: Joint Research Center, 2020.

4.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN Y DIAGNÓSTICO

La información que se usa para el cálculo de los índices y porcentajes con los que se analiza la expansión metropolitana de Monterrey durante el periodo 2013-2019 se obtiene de diferentes fuentes, entre las que se encuentra la Geomediana Landsar del Cubo de Datos Geoestadístico del INEGI (INEGI, 2020b; 2021a), el Marco Geoestadístico Nacional (Ibíd., 2021a), el Censo Nacional de Población y Vivienda de los años 2010 y 2020 (Ibid., 2010a; 2020a) y el Sistema Nacional de Información en Indicadores de Vivienda (CONAVI, 2020)⁷³.

Del Cubo de Datos Geoestadístico se emplean capas tipo ráster que fueron capturadas por los satélites Landsat 7 y Landsat 8, lanzados al espacio el 15 de abril de 1999 y el 11 de febrero de 2013 respectivamente, y que a la fecha continúan en operación. El satélite Landsat 7 posee un sensor Enhanced Thematic Mapper (ETM+) que tiene problemas en la captura y entrega de datos debido a fallas del Scan Line Corrector (SLC) con el que cuenta, mientras que el satélite Landsat

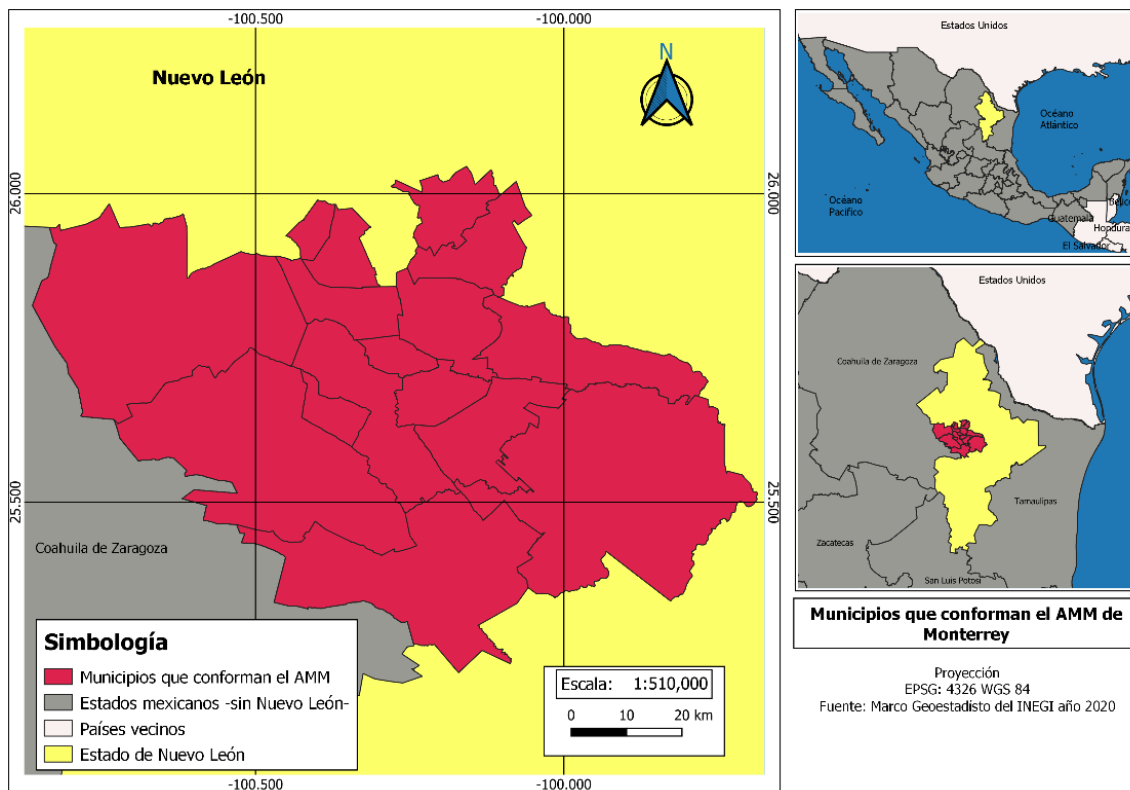
⁷³ Más adelante se profundizará sobre las fórmulas y la interpretación de cada uno de los cuatro indicadores mencionados.

8 posee los instrumentos Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) (USGS, 2021)⁷⁴.

Las imágenes o datos que se emplean en esta tesis se encuentran grabados en un formato tipo TIFF⁷⁵. Cada una de las imágenes TIFF descargadas representa 150,000 m² del territorio mexicano y se compone por celdas o píxeles con un tamaño de 30 m². Las celdas o píxeles en cuestión tienen información que corresponden a seis bandas de color del espectro electromagnético (INEGI, 2020b). En total se descargaron 24 imágenes ráster con el propósito de calcular el área urbana de la ciudad metropolitana de Monterrey durante el periodo 2013-2019⁷⁶.

Del Marco Geoestadístico Nacional, que contiene datos cartográficos de México que van desde el año 1995 hasta el año 2020, se descargaron mapas vectoriales que indican las divisiones administrativas de México a escala municipal y estatal a fecha de septiembre de 2019.

MAPA 4.1. ÁREA DE ESTUDIO: LOS MUNICIPIOS QUE CONFORMAN EL AMM



Fuente: Elaboración propia con capas del Marco Geoestadístico del INEGI (2020c)

⁷⁴ Y hasta donde sé no presenta problemas similares al el satélite Landsat 7.

⁷⁵ Tagged Image File Format o formato de archivo de imágenes con etiqueta.

⁷⁶ Si se quiere profundizar más al respecto de las características de estos datos multiespectrales revisar el *Anexo I*

El uso de capas del Marco Geoestadístico Nacional del 2019, que indican las divisiones administrativas municipales, se justifica porque el cálculo de los índices que dan cuenta del tipo de expansión urbana del Área Metropolitana de Monterrey requiere de especificar fronteras geográficas dentro de las cuales ocurre la expansión metropolitana (en la sección anterior se especificó cual es esta frontera y qué municipios del estado de Nuevo León considera).

De los Censo Nacionales de Población y Vivienda de los años 2010 y 2020 se descargaron los datos de población de los municipios que conforman el Área Metropolitana de Monterrey, para los años 2010 y 2020, información que se utilizó para estimar la población del AMM de los años 2013, 2016 y 2019 con la que se calculó algunos de los índices propuestos en la sección 1.4 de este capítulo.

Por último, del Sistema Nacional de Información de Indicadores de Vivienda (CONAVI, 2020) se emplean capas georreferenciadas, en formato shapefile, que representan los contornos urbanos que hacían parte de la política federal de PCU para los años 2014, 2017 y 2018. En otras palabras, los mapas con los PCU de las localidades urbanas con más de 15,000 habitantes del Sistema Urbano Nacional, según lo haya establecido la CONAPO para cada uno de los años mencionados (2014, 2017 y 2018) (SEDATU et al., 2018, pp. 31 y 33).

4.1.3. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos con la que se decidió calcular los índices y porcentajes, que se emplean luego para analizar la forma, la ubicación municipal y la velocidad de la expansión metropolitana de Monterrey, son principalmente información espectral y georreferenciada que atravesó por numerosos procesos antes de convertirse en la información útil para el análisis de la expansión urbana y su relación con la política de PCU. Un repaso detallado de estos procesos y tratamiento de datos puede revisarse en el *Anexo 2*. A continuación se hará un breve resumen de estos procesos y algunas consideraciones metodológicas.

Para iniciar el tratamiento de los datos georreferenciados, como las capas vectoriales shapefile y las capas satelitales multiespectrales, se estableció un único sistema de referencia de coordenadas para todas las capas; esto se hizo por medio del programa Qgis en su versión 3.16.3. Posteriormente, también en el programa Qgis, se realizaron procesos de unión de capas ráster y su posterior corte, ya que se requería cuatro de estas capas multiespectrales para abarcar la zona

espacial que correspondía al Área Metropolitana de Monterrey de un año, vale aclarar que antes de hacer el corte fue necesario crear una capa vectorial conformada únicamente por los municipios del AMM, que se obtuvo de otra capa vectorial que contenía los municipios del estado de Nuevo León y que se descargó del Marco Geoestadístico Nacional del INEGI.

Una vez unidas y cortadas, las capas multiespectrales que se obtuvieron fueron las que representaban la extensión metropolitana de Monterrey de los años 2013, 2016 y 2019. La decisión de trabajar únicamente con las capas espectrales que representaran estos tres años del AMM se basa en que es menos demandante en términos de tiempo calcular índices y porcentajes de tres capas (en lugar de, por ejemplo, nueve) y porque se considera que esos tres años son suficientes para calcular e interpretar los porcentajes e índices que tratan de la expansión metropolitana.

Las capas multiespectrales del AMM de los años 2013, 2016 y 2019 fueron utilizadas para obtener mapas temáticos -también conocidos como capas clasificadas- en el programa ArcGIS Pro. La clasificación fue una *clasificación supervisada* por píxeles y utilizando el método de máxima verosimilitud (Advanced Tech Computing Group UTPL, 2008).

El método de *clasificación supervisada*, además del uso de un algoritmo matemático (en este caso uno de máxima verosimilitud), depende en buena medida de una identificación y clasificación hecha a priori⁷⁷. Tal clasificación a priori depende de la creación de campos de entrenamiento, que son muestras seleccionadas y clasificadas por el investigador, según su objeto de estudio y el conocimiento del terreno que va a clasificar. Estos campos de entrenamiento sirven posteriormente como herramientas de clasificación automatizada que discriminan los datos de una capa de una capa ráster, según la información digital que poseen sus píxeles y según la clasificación establecida a priori por el investigador (Liu et al. 2016). El mapa temático resultante es uno de tipos de suelo, donde cada tipo de suelo y píxel corresponde a una de las clases establecidas con anterioridad.

La clasificación que establecí, para las capas ráster ya mencionadas del AMM, fue de tres tipos de suelo: “Área construida”, “Área no construida o rural” y “Cuerpos de agua”. Una vez obtenidos los mapas temáticos lo siguiente fue trabajar los datos de dichos mapas, mediante distintos métodos y procesos (especificados en el *Anexo 2*) que tenían por objetivo reducir problemas

⁷⁷ En realidad, es un proceso de prueba y error que se repite hasta obtener la capa clasificada deseada.

en la clasificación⁷⁸, antes de utilizar la información de los mapas temáticos para el cálculo de porcentajes e índices que se verán en la siguiente sección.

Para obtener un estadístico de posclasificación que mide la confiabilidad de los mapas temáticos (usados para el cálculo de los indicadores mencionados), se recurrió a la herramienta ‘Matriz de confusión’⁷⁹ del programa ENVI, en su versión 5.3, los mapas temáticos finales obtenidos⁸⁰ y las zonas o campos de entrenamiento (lo que el programa ENVI denomina Regiones de Interés). Según los resultados de la Matriz de confusión, la precisión general de la clasificación, de los mapas temáticos finales, es mayor al 99% para cada uno de los tres años estudiados⁸¹.

Para calcular los índices que tratan de la ubicación municipal de la expansión urbana, así como el porcentaje de expansión urbana al interior de los contornos de la política de PCU, se crearon capas de píxeles únicamente urbanos para los años 2013, 2016 y 2019 a partir de los mapas temáticos que diferencian usos de suelo urbanos, rurales y cuerpos de agua, esto permitió hacer un tratamiento adicional a las capas, reduciendo problemas de sobreestimación en la clasificación de áreas construidas en los años 2013 y 2016 (ver *Anexo 2*).⁸²

4.1.4. ÍNDICES PARA EL ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN URBANA

Para analizar la expansión metropolitana de Monterrey se hace uso de nueve índices que dan cuenta tanto de la magnitud como de la densidad, la velocidad, la forma y la ubicación de la expansión urbana. Estos índices son los de *Área de Clase* (CA por sus siglas en inglés), *Densidad* (D), *Tasa de Expansión Urbana Promedio Anual* (AUER por sus siglas en inglés), *Índice de Agregación* (AI por sus siglas en inglés), *Porcentaje del Área del Parche con Mayor Extensión* (PAPME), *Índice Normalizado de Forma del Paisaje* (NLSI por sus siglas en inglés) (McGarigal, 2015), *Crecimiento del área urbana construída por municipio*, *Concentración del crecimiento del área urbana construída por municipio* y *Densidad municipal*.

⁷⁸ Una vez usados estos métodos paso a considerar los píxeles de área construida resultantes como área de suelo urbano.

⁷⁹ ROI's por sus siglas en inglés: Region of interest.

⁸⁰ Es decir, los mapas temáticos después del procesamiento y limpieza de datos.

⁸¹ La precisión general del año 2013 es de 99.3706%, la del año 2016 es de 99.3764% y la del año 2019 es de 99.4267%, el índice Kappa para cada año fue de 0.9117, 0.9131 y 0.9072, respectivamente.

⁸² Por su puesto, este tratamiento adicional de los datos hace que algunos resultados obtenidos no coincidan exactamente con los obtenidos a partir de los mapas temáticos en el programa FRAGSTATS.

Como ya se expuso, entre los índices con los que se interpreta la expansión metropolitana, se usa el índice CA , el cual es una medida que indica el área total en hectáreas de un tipo de suelo en específico, en otras palabras, es una medida que permite calcular la magnitud de la extensión de un tipo de suelo en un momento dado. Su fórmula matemática es la siguiente:

$$CA_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

Donde a_{ij} es el área en metros cuadrados del parche ij , i es el tipo de suelo o la clase de suelo⁸³ y j el número del píxel, éste puede ir de 1 hasta n , siendo n el número máximo de píxeles que pertenecen a la clase de suelo i . Para los propósitos de esta tesis se calcula el CA de los años 2013, 2016 y 2019. La extensión en metros cuadrados del área urbana se obtiene de los mapas temáticos, cuya información está clasificada en píxeles de *Área construida*, *Área no construida o urbana*, *Cuerpos de agua* y *Datos de fondo* (estos últimos son píxeles que no están clasificados por tipo de suelo y que no derivan de una firma espectral específica, se puede referirse a ellos como datos que pertenecen a una capa base).

Otro de los índices que permitirá analizar la expansión metropolitana de Monterrey es el Índice de Tasa de Expansión Urbana Promedio Anual, que, como su nombre lo indica, se refiere a la tasa de expansión urbana promedio anual. Su fórmula matemática es la siguiente:

$$AUER = \left[\left(\frac{CA_i^{t2}}{CA_i^{t1}} \right)^{\frac{1}{t2-t1}} - 1 \right] * 100$$

Donde $AUER$ es la Tasa de Expansión Urbana Promedio Anual, CA_i^{t2} es el área del tipo de suelo urbano (i) en el segundo año de referencia, CA_i^{t1} es el área del tipo de suelo urbano (i) en primer año de referencia, $t1$ es el primer año de referencia y $t2$ es el segundo año de referencia. El $AUER$ permitirá analizar tanto la magnitud como la velocidad de la expansión física del área metropolitana de Monterrey en el periodo 2013-2019, por tal motivo se calcularán los índices $AUER$ de los periodos 2013-2019, 2013-2016 y 2016-2019.

⁸³ Cuando se dice tipo de suelo se está haciendo referencia al tipo de clasificación que tiene un parche, un parche, por otra parte, hace referencia a uno o más píxeles de la misma clase adyacentes en el espacio, un parche puede estar conformado por un solo píxel, siempre y cuando no sea adyacente a otro píxel de su misma clase, en cuyo caso el parche estaría conformado por dos píxeles (McGarigal, 2015).

Si bien una expansión urbana acelerada no necesariamente implica una expansión urbana desordenada, desde un punto de vista morfológico del área urbana, si puede imponer presiones importantes a la política pública, en tanto el crecimiento físico de las ciudades necesita distintos tipos de inversión en infraestructura para garantizar accesibilidad de los hogares a servicios y bienes públicos y urbanos, implica la transformación usos de suelo que cumplían una función importante para la sustentabilidad de la ciudad (agrícola y ambiental) y aumenta las distancias intraurbanas.

Por otra parte, el índice *Densidad* indica el número de personas por hectárea de un tipo de suelo en específico, este índice se construye considerando el *CA* de un tipo de suelo específico y el número de población total en algún momento del tiempo, tal como se muestra a continuación:

$$D = \frac{N}{CA_i}$$

Donde *N* es el número total de personas en el área de interés y *CA_i* el área total en hectáreas del tipo de suelo *i*. El resultado del índice se interpreta como el número de habitantes por hectárea de un tipo de suelo en específico que para los propósitos de esta tesis será el suelo urbano. Entre mayor sea el número de habitantes por hectárea mayor la densidad del área urbana de Monterrey⁸⁴.

El número total de personas en el área de interés son obtenidos del Censo de Población y Vivienda de los años 2010 y 2020, de donde se obtienen los datos poblacionales por municipios, con los que se calcula la población del área metropolitana y municipal de los años 2013, 2016 y 2019, suponiendo que en cada año del periodo 2010-2020 la tasa promedio anual de crecimiento de población fue constante.

De acuerdo al capítulo 1, *la expansión urbana de baja densidad* es uno de los tipos de *expansión urbana desordenada* ya que se relaciona comúnmente con un uso ineficiente del suelo porque implica un mayor consumo de suelo per cápita, que podría dedicarse a otros usos como la agricultura o la conservación de recursos naturales (Coq-Huelva et al., 2019) y una mayor polución producto de un mayor uso de automóviles Peiser (2001)⁸⁵.

⁸⁴ El índice de densidad municipal calculado más adelante también comparte la misma fórmula, sólo que en ese caso el área de interés, y por tanto la población analizada, es municipal.

⁸⁵ Entre más largas las distancias que hay que recorrer al interior de una ciudad, más se promueve el uso del automóvil, lo que deriva en más polución y contaminación.

Para el análisis de expansión urbana que trata más de la forma en la que se da la expansión se emplearán las métricas de *Índice de Agregación (AI)*, *Porcentaje del Área del Parche con Mayor Extensión (PAPME)* e *Índice Normalizado de Forma del Paisaje (NLSI por sus siglas en inglés)*. La primera y la segunda de éstas sirven para medir y analizar la dispersión urbana, mientras que la tercera, si bien también se relaciona con la dispersión, analiza principalmente la continuidad urbana.

En el capítulo 1 se menciona que la expansión urbana dispersa es aquella expansión urbana desordenada que no se asocia a formas radiales o cuadradas del área urbana de una ciudad y donde los desarrollos urbanos ocurren de forma dispersa y fragmentados físicamente. Asimismo, ese capítulo expone y discute la asociación de la expansión urbana dispersa con problemas de uso ineficiente del suelo, contaminación ambiental, menor accesibilidad a infraestructura y servicios urbanos básicos, lentos procesos de consolidación urbana y mayores costos de inversión para la provisión de bienes y servicios públicos (Brueckner, 2000; Biderman et al, 2018).

Los índices AI y PAPME miden la expansión urbana dispersa en tanto calculan grados de continuidad de los parches o las áreas urbanas construidas, por otra parte, el Índice de Normalidad de la Forma del Paisaje mide tanto la fragmentación espacial como las formas no cuadradas o circulares de las áreas urbanas de una ciudad.

El AI es una medida porcentual con la que se puede analizar el grado de dispersión/agregación de los parches que corresponden a un tipo de suelo determinado:

$$AI = \left[\frac{g_{ii}}{Max \rightarrow g_{ij}} \right] * (100)$$

Donde g_{ii} es el número de adyacencias similares (uniones) que se presentan entre píxeles de todos los parches del tipo de suelo i , $Max \rightarrow g_{ij}$ es el número máximo de bordes compartidos de la clase i -medido en número de píxeles- que en teoría se podría alcanzar mediante el método de conteo simple con el que también se calcula el g_{ii} dado el número de píxeles del tipo de suelo i considerados en la capa ráster. El AI es calculado para los años 2013, 2016 y 2019.

Por ser una medida de porcentaje los valores del *Índice de Agregación* que se pueden obtener van de 0 a 100, siendo 0 el valor que se obtiene cuando la dispersión es máxima y 100 cuando la

agregación es máxima (esto sucede cuando hay un único parche compacto). Respecto del cálculo del AI, McGarigal (2015) dice lo siguiente:

“Aggregation index is calculated from an adjacency matrix, which shows the frequency with which different pairs of patch types (including like adjacencies between the same patch type) appear side-by-side on the map. Aggregation index takes into account only the like adjacencies involving the focal class [esto es lo que yo llamé “tipo de suelo”], not adjacencies with other patch types. In addition, in contrast to all the other metrics based on adjacencies, the aggregation index is based on like adjacencies tallied using the single-count method, in which each cell side is counted only once (...) because of the oposable of the metric, landscape boundary edge segments are ignored, even if a border is provided FRAGSTATS handles this case by distinguishing between internal like adjacencies (i.e., like adjacencies involving cells [al español: celdas o píxeles] inside the landscape) and external like adjacencies (i.e., like adjacencies between cells inside the landscape and those in the border). Only internal like adjacencies are used in the calculation of this metric; a landscape border has no affect on this metric. The aggregation index is scaled to account for the possible number of like adjacencies given any P_i . The maximum aggregation is achieved when the patch type consists of a single, compact patch, which is not necessarily a square patch” (McGarigal, 2015, p. 143).

Debe considerarse el aumento de los valores del índice AI producto de la fusión de parches urbanos de la periferia y de los desarrollos de vivienda subsidiada que se producen a una escala considerablemente mayor en extensión de la que suelen tener los desarrollos suburbanos y periurbanos que no dependen de los subsidios hipotecarios, ya que no todo aumento del área urbana en la periferia urbana implica necesariamente una mayor desagregación del área urbana construida.

Como medida complementaria para analizar la dispersión metropolitana se emplea el PAPME⁸⁶, que indica el porcentaje del área del tipo de suelo i que es cubierta, o que comprende, el parche más grande de este tipo de suelo. La fórmula de la medida está dada por:

$$PAPME = \frac{\text{Max}_{j=1}^n a_{ij}}{A_i} * 100$$

Donde a_{ij} es el área en metros cuadrados del parche ij , $\text{Max}_{j=1}^n a_{ij}$ es el área en metros cuadrados que corresponde al parche más grande del tipo de suelo i y A_i es el área total en metros cuadrados del tipo de suelo i . Los valores del índice PAPME estarían en el intervalo $0 < PAPME \leq 100$ para todo valor positivo de A_i y, por lo tanto, positivo de $\text{Max}_{j=1}^n a_{ij}$.

Entre mayor sea el valor que tenga el índice PAPME menor será la dispersión urbana y mayor será la concentración del área urbana en las zonas más centrales de la metrópoli de Monterrey; por

⁸⁶ Esta medida, al igual que la de Densidad, si bien no se encuentran disponibles en el programa Fragstat v. 4.2.1 -al ser ambos índices propuestos por mí- sí requieren de datos obtenidos mediante el programa Fragstat.

el contrario, entre menor sea este valor la dispersión urbana será mayor. Debe recordarse que según el capítulo 1, en términos morfológicos, la dispersión urbana es cuando el área urbana de una ciudad sea para comercio, vivienda o industria, crece de forma desperdigada y fragmentada o cuando presenta desarrollos urbanos en forma de cinta (Wassmer, 2000; Bazant 2001, 2011).

El último de los índices que se calcula y se utiliza para el análisis de la forma urbana a escala metropolitana de Monterrey es el Índice Normalizado de Forma del Paisaje, el cual es una medida estandarizada de la forma que adquiere un tipo de suelo. Conforme el valor del NLSI sea mayor esto indicará o una mayor discontinuidad y dispersión o una forma urbana menos compacta y “extraña”⁸⁷, la fórmula matemática del NLSI es la siguiente:

$$NLSI = \frac{e_i - \text{Min } e_i}{\text{Max } e_i - \text{Min } e_i}$$

Donde e_i es la longitud total del borde/perímetro del tipo de suelo i -en términos de número de superficie de píxeles- $\text{Min } e_i$ la longitud mínima (teórica), del perímetro del tipo de suelo i , y $\text{Max } e_i$ la longitud total máxima (teórica) del perímetro del tipo de suelo i . Los valores que se pueden obtener del índice van de uno hasta infinito, siendo 1 la desagregación máxima y 0 el equivalente a una forma continua y cuadrada del paisaje urbano -debe saberse que, tratándose de una matriz de píxeles, esta forma es la que da cuenta de un uso más eficiente del espacio.

Para poder analizar la concentración de la expansión urbana que se ubicó dentro de los PCU durante el periodo 2013-2019 -con respecto de la expansión urbana total que ocurrió durante ese mismo periodo dentro de los municipios que conforman el AMM- se calculan algunas medidas de porcentaje, que emplearán el uso de capas ráster que indican el área construida del AMM para los años 2013, 2016 y 2019.

Se debe aclarar que las capas ráster usadas para analizar la ubicación municipal y la concentración de la expansión urbana dentro de los PCU no son exactamente las mismas capas ráster que se emplearán para el cálculo de los índices que tratan de la magnitud, velocidad y forma de la expansión urbana. Esto es debido a que las capas ráster utilizadas para calcular la

⁸⁷ La discontinuidad urbana en este caso se refiere a la presencia de terreno baldíos (áreas no construidas) al interior de parches urbanos (Peiser, 2001, p. 278). Cuando se menciona “forma extraña” a lo que se está refiriendo es a formas urbanas alargadas, dispersas, discontinuas y en general a todas aquellas agrupaciones espaciales que tienden a aumentar la longitud perimetral de un tipo de suelo dada su extensión en área y paisaje donde se ubica.

concentración de la expansión urbana dentro de los PCU se obtienen por medio de otro procedimiento⁸⁸, aunque también provienen de la misma información multiespectral que fue usada para la clasificación de las capas que sirvieron para el cálculo de los índices CA, D, AUER, AI, PAPME y NLSI.

Para analizar la expansión urbana de cada uno de los municipios del AMM se utilizó la herramienta ‘Estadísticas de zona’ de Qgis, esta herramienta permitió discriminar los píxeles urbanos por municipio con lo que posteriormente se calcularon porcentajes de crecimiento y concentración del crecimiento del área urbana construida para los periodos 2013-2016, 2016-2019 y 2013-2019. De igual forma, se calcularon índices municipales de ‘Densidad’ (de personas por hectárea urbana) para los años 2013 2016 y 2019. Para medir la concentración de la expansión urbana de cada municipio, es decir, el porcentaje de la expansión urbana del AMM que corresponde a cada uno de los municipios; se emplea la siguiente fórmula:

$$EUM_j: \frac{(PU_j^{t2} - PU_j^{t1})}{(PU^{t2} - PU^{t1})}$$

Donde EUM_j es el porcentaje de expansión urbana del AMM que corresponde al municipio j , PU es el número de píxeles urbanos totales del AMM, PU_j es el número de píxeles urbanos del municipio j , $t1$ es el primer año de referencia y $t2$ es el segundo año de referencia. Vale decir que analizar características de la expansión urbana por municipios permite identificar procesos de expulsión poblacional, así como identificar en dónde se está concentrando más la expansión urbana (hacia donde se está dirigiendo) lo que puede dar lugar a nuevas hipótesis para otros trabajos de investigación.

4.2. RESULTADOS

4.2.1. MAGNITUD, VELOCIDAD Y DENSIDAD DE LA EXPANSIÓN DEL AMM

Según los resultados obtenidos de los índices CA para el año 2013 la extensión en hectáreas del área construida fue de aproximadamente 57 480 hectáreas, para el año 2016 tal extensión fue de 63 052 y para el año 2019 fue de 67 561. Por su parte, de acuerdo con el índice AUER 2013-2019, el crecimiento promedio anual del área construida en el AMM durante el periodo 2013-2019 fue

⁸⁸ Ver Anexo 2.

de 2.73% donde, en la primera mitad de este periodo 2013-2016, la velocidad de la expansión metropolitana fue mayor con una tasa de crecimiento promedio anual del área construida de 3.13%, si se le compara con la segunda, 2016-2019, que tiene una tasa de crecimiento promedio anual del área construida de 2.33%.

CUADRO 4.1. RESULTADOS DE LOS ÍNDICES ÁREA DE CLASE, DENSIDAD Y TASA DE EXPANSIÓN URBANA PROMEDIO ANUAL

TIPO DE SUELO	ÁREA DE CLASE (CA)			DENSIDAD (D)		
	2013	2016	2019	2013	2016	2019
Área urbana	57,480.39	63,052.74	67,561.65	77.77	75.88	75.80
Área no urbana	523,154.25	517,085.73	512,648.64			
Cuerpos de agua	1,308.06	1,803.87	1,727.82			
Fondo	495,074	495,074	495,078			
	2013-2016	2016-2019	2013-2019			
AEUR	3.13%	2.33%	2.73%			

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2010a, 2020a, 2020c y 2021a).

Con respecto a los resultados obtenidos del índice de densidad, lo que se puede decir es que la expansión metropolitana del AMM durante el periodo 2013-2019 dio como resultado una ciudad menos densa, ya que, mientras en el año 2013 esta densidad fue de 77,77 habitantes por hectárea, en el año 2019 ésta fue de 75,80 habitantes por hectárea. Debe decirse, sin embargo, que la mayor caída absoluta de densidad se dio en el periodo 2013-2016, donde la diferencia fue de 1.9 habitantes por hectárea aproximadamente, mientras en el periodo 2019-2016 tal diferencia fue de 0.09 habitantes por hectárea.

Comparando los datos de magnitud, velocidad y densidad se puede inferir que la tendencia es a la des densificación urbana, aunque, tal tendencia parece haberse sido menos pronunciada en la segunda mitad del periodo 2013-2019. Estos resultados coinciden con Ponce et al. (2021) cuyo trabajo, si bien utilizó una metodología de medición distinta y consideró la expansión urbana ocurrida en el municipio de Salinas Victoria (que no se incluye en esta tesis), también presentó un escenario de descentralización, en el que señalan, las zonas menos densificadas correspondieron a la periferia.

Vale notar que el periodo de mayor velocidad de la expansión urbana es el mismo periodo en el que la densidad urbana disminuye más, 2013-2016, lo que puede ser indicativo de que el uso

de suelos está siendo utilizado ineficientemente y también indicio de que la política de PCU no fue eficiente para controlar la expansión urbana de baja densidad. Como se señala en el capítulo 1, de acuerdo a trabajos como los de Monkkonen et al. (2017) y Reyes (2020), la política de PCU puede estar promoviendo esta expansión urbana de baja densidad al financiar la construcción de vivienda nueva en lugar de la re habitación -por medio de la compra o arrendamiento de vivienda usada.

El escenario de baja densidad en la periferia es interesante, en tanto evidencia problemas de suburbanización y/o periurbanización, que pueden ser causados, entre otras cosas, por la vivienda informal, la expulsión de hogares hacia la periferia urbana debido los altos costos de la vivienda en las zonas más céntricas de la ciudad, la atracción de migrantes, las preferencias de los regiomontanos y, como se mencionó en el párrafo anterior, las políticas de vivienda subsidiada.

Por una parte, el éxito económico de Monterrey, que se evidencia en las cifras de concentración económica, especialización manufacturera y baja marginación permite pensar que en Monterrey han podido ocurrir procesos de migración y surburbanización que están incentivando tanto la expansión de la ciudad metropolitana como su des densificación. Por otra parte, esa misma expansión de baja densidad puede que estar siendo liderada también por procesos de periurbanización (Moreno et al., 2011), entendiendo esta como la ubicación en la periferia de viviendas y hogares con pocos recursos, principalmente población migrante o familias jóvenes de bajos ingresos que se establecen en la ciudad metropolitana de Monterrey esperando mejorar con ello mejorar sus condiciones económicas y sociales.

Profundizar sobre si es principalmente un fenómeno suburbano o periurbano correspondería a otra investigación, sin embargo, no sorprendería que fuera el fenómeno de la periurbanización el factor con más impacto a la hora de explicar esa expansión de baja densidad. De todas formas el uso de esta categoría es bastante problemático en el caso de las ciudades latinoamericanas, por una parte, la periurbanización, desde una perspectiva morfológica, sigue siendo muy ambigua, por otra parte, la suburbanización no parece ser aplicable tan fácilmente en las ciudades de los países subdesarrollados (como las latinoamericanas). En primer lugar, es la población con menos recursos la que en el siglo XX “se apropió” de la periferia en la mayoría de estas ciudades, en segundo lugar, en Latinoamérica las políticas de subsidios habitacionales, como la de PCU, han promovido los desarrollos habitacionales físicamente homogéneos en la periferia, desarrollos que, a pesar de compartir características con los desarrollos suburbanos norteamericanos siguen presentando

bastantes diferencias con estos, en términos de calidad de la vivienda construida, posición socioeconómica de las personas que las habitan⁸⁹, homogeneidad de usos de suelo (comerciales, habitacionales), método de transporte más usado de las personas que ocupan estos desarrollos periféricos (Monkkonen, 2011).

4.2.2. DISPERSIÓN Y CONTINUIDAD DE LA EXPANSIÓN URBANA DEL AMM

Respecto a los resultados obtenidos del AI se puede decir que la agregación del área construida (la adyacencia entre píxeles de suelo urbano) aumentó, tanto del año 2013 -con un AI de 93.77- al año 2016 – con un AI de 94.17 – como del año 2016 al año 2019 – con un AI de 94.35. En otras palabras, durante el periodo 2013-2019 ha aumentado la continuidad del área urbana construida y se ha reducido la dispersión urbana del AMM.

CUADRO 4.2. RESULTADOS DEL ÍNDICES DE AGREGACIÓN, ÍNDICE NORMALIZADO DE FORMA DEL PAISAJE Y PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PARCHE CON MAYOR EXTENSIÓN

TIPO DE SUELO	AI	2013		2016		
		NLSI	PAPMA	AI	NLSI	PAPMA
Área urbana	93.78	0.062	71.38%	94.17	0.058	72.04%
Área no urbana	99.20	0.008	98.87%	99.15	0.009	98.93%
Cuerpos de agua	67.70	0.323	27.17%	65.20	0.348	23.70%
Fondo	99.88	0.001	100%	99.88	0.001	100%

TIPO DE SUELO	AI	2019	
		NLSI	PAPMA
Área urbana	94.35	0.057	73.75%
Área no urbana	99.13	0.009	98.29%
Cuerpos de agua	67.76	0.322	24.50%
Fondo	99.88	0.001	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c:2021a).

No obstante los resultados anteriores, debe tenerse en cuenta que el AI mide la fragmentación urbana por medio del conteo de adyacencias entre píxeles del mismo tipo de suelo, por lo que la medida puede ser viciada por el tamaño que adquieran los parches urbanos dispersos del AMM, es decir, entre más grandes sean los parches urbanos no adyacentes a la ciudad central mayor será la subestimación de este índice.

⁸⁹ En el caso de Colombia las políticas de vivienda social subsidiada, como la política de Vivienda de Interés Social (VIS), tiende a “beneficiar” a la población de ingresos bajos, aunque no más desfavorecidos de la población -ya que se sigue teniendo como condición para el otorgamiento del subsidio la capacidad para pagar un crédito.

Como medida complementaria de dispersión el índice PAPME señala que la concentración del área urbana en el parche de mayor tamaño del AMM ha aumentado tanto en el año 2016 (72.04%) con respecto del año 2013 (71.38%), como en el año 2019 (73.75%) con respecto del año 2016. Este crecimiento porcentual de la concentración ha sido de 2.33 puntos porcentuales entre 2013-2019 -de 0.66 puntos porcentuales entre 2013 y 2016 y de 1.77 puntos porcentuales entre 2016 y 2019. Es decir, también de acuerdo con el índice PAPME todo parece indicar que la dispersión del AMM ha disminuido a lo largo del periodo analizado.

Podría pensarse que el aumento de suburbanización y/o periurbanización, con los que asocio la disminución de la densificación, ocurren sólo cuando la dispersión urbana aumenta, empero, esto no es necesariamente así. Como señala Peiser (2001), los procesos de dispersión y consolidación urbana – expansión urbana continua – ocurren simultáneamente en el tiempo. El aumento del índice PAPME simplemente estaría indicando el proceso que predomina en un momento dado, en este caso es el de la consolidación, es decir, que la consolidación sea mayor no implica necesariamente la desaparición de la suburbanización y la periurbanización. De igual manera, se recuerda una vez más, que no todo desarrollo periférico aumenta la dispersión urbana de una ciudad, ya que puede darse el caso en que esos desarrollos fusionen parches urbanos periféricos ya existentes en el pasado o sean de una escala físicamente mayor a la mayoría de los desarrollos suburbanos y periféricos precedentes.

Relacionado con lo anterior vale la pena citar uno de los resultados de Ponce et al., (2021) quienes señalan que en los municipios de Cadereyta Jiménez y García el Coeficiente de Usos del Suelo (CUS), a fecha 2020, es alto precisamente por los desarrollos de vivienda social que allí se ubican, lo que puede ser indicativo que los proyectos de vivienda subsidiada en Monterrey son lo suficientemente importantes en extensión como para sesgar al alza los Índice de Agregación (AI) de los años 2016 y 2019, lo que no necesariamente es positivo en términos urbanísticos y sociales ya que si bien reducen la dispersión y discontinuidad de la ciudad, estos desarrollos también estarían promoviendo la segregación, la homogeneidad social y la baja densidad del AMM.

Para analizar la complejidad de la forma y la continuidad urbana una medida más adecuada es la del NLSI, según los resultados de este índice la continuidad de la forma ha tendido a ser mayor con el tiempo, mientras en el año 2013 el NLSI era de 0.0622, en el año 2016 fue de 0.0583 y en el año 2019 fue de 0.0565.

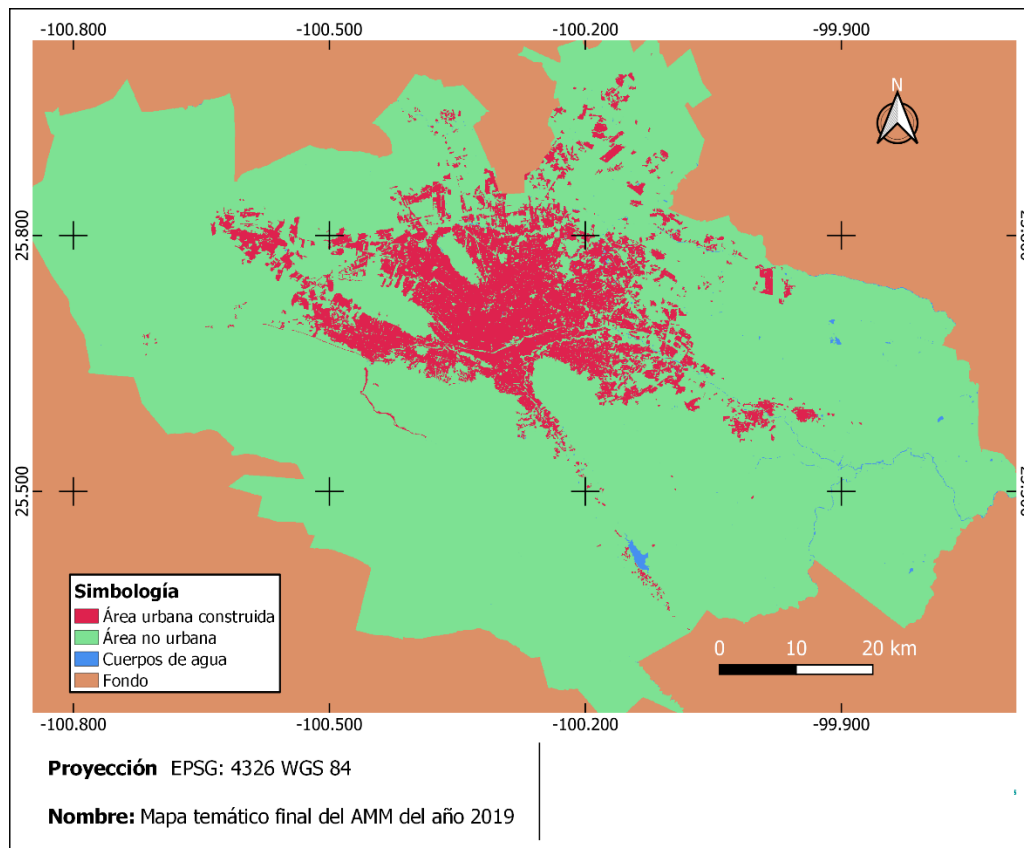
En este punto, en que ya se habló sobre los resultados de las métricas de densidad, dispersión (vinculada con la fragmentación de las áreas urbanas) y consolidación, no sorprenden los resultados del índice NLSI, que mide la continuidad del área metropolitana, así como la “rareza” de su forma: la mayor concentración del área construida durante el periodo 2013-2019 en el parche principal del AMM, así como el aumento del índice de agregación que indica la disminución de la dispersión de la expansión, son resultados que ya sugieren que la continuidad del área metropolitana de Monterrey ha aumentado.

La mayor importancia que tuvo el proceso de consolidación/continuidad del área construida, sobre el de dispersión, se tradujo en los resultados que se observan del NLSI. El aumento de la continuidad urbana, la menor dispersión urbana y el aumento de la des densificación coincide con los resultados de otros trabajos empíricos como el de Oueslati et al. (2015, pp. 1602-1604), donde la densidad y la continuidad urbana no están asociadas positivamente.

Aun cuando aumente la continuidad del área metropolitana esto poco importa para contener la expansión urbana de baja densidad, más cuando la población interesada en conseguir una vivienda se ve obligada a ir vivir en la periferia, debido a los altos costos del suelo en las zonas céntricas y pericéntricas de la ciudad. Esto es lo que pareciera estar sucediendo en Monterrey, lo que se comprueba al contrastar los resultados obtenidos en esta sección con los de despoblamiento de las zonas céntricas y pericéntricas de la ciudad que se muestran en el trabajo de Ponce (2021)⁹⁰.

Y si bien la continuidad del área construida del AMM parece ser mayor al final del periodo ello tampoco significa que la forma urbana de Monterrey haya dejado de ser aún bastante irregular, algo que se puede corroborar en el Mapa 4.2, donde en los municipios de Cadereyta Jiménez y Abasolo se sigue observando una forma urbana de abanico dispersa, al igual que forma de “tira alargada” al sur en lo que sería el municipio de Santiago y al oeste en el municipio de Santa Catarina.

⁹⁰ En la siguiente sección del capítulo se volverá a retomar este análisis, pero a escala municipal, el trabajo de Ponce (2011) estudió estos procesos de despoblamiento por medio de un modelo de anillos concéntricos que puede ser mucho más adecuado para analizar procesos de expulsión demográficos del centro a la periferia urbana.

MAPA 4.2. MAPA TEMÁTICO FINAL DEL AMM DEL AÑO 2019

Fuente: Elaboración propia con datos de la Geomediana Landsat (INEGI, 2020c: 2021a)

4.2.3. UBICACIÓN O CONCENTRACIÓN DE LA EXPANSIÓN METROPOLITANA: EXPANSIÓN URBANA MUNICIPAL EN EL AMM

De los trece municipios que conforman el Área Metropolitana de Monterrey los que experimentaron una mayor expansión de su área urbana durante el periodo 2013-2019, en términos porcentuales, fueron los de Abasolo, Pesquería, El Carmen, y Santiago, de los cuales Pesquería y Santiago son municipios periféricos, y dos de ellos se ubican se encuentra cerca del municipios de Hidalgo y Salinas Victoria, ambos municipios con centros poblados cerca al Área Metropolitana de Monterrey (los centros poblados de Hidalgo, Las Torres y Salinas Victoria). De igual forma, los cuatro municipios con una mayor tasa de crecimiento de su área urbana presentaban en 2013 la menor cantidad de píxeles urbanos entre los 16 municipios que conforman el AMM, por lo que su potencial de crecimiento también era mayor⁹¹ (Cuadro 4.3).

⁹¹ Cualquier cambio pequeño de su área urbana sería porcentualmente más significativo en términos de crecimiento.

Pesquería y El Carmen presentaron una mayor velocidad de la expansión, en términos porcentuales en la primera mitad del periodo, en el caso de Pesquería la tasa de crecimiento de su área construida fue de 93% entre el año 2013 y el año 2016, mientras que entre el año 2016 y el año 2019 fue de 28.4%. En el caso de El Carmen estas tasas fueron de 56.6% y 48.6% respectivamente. Caso diferente con los municipios de Abasolo y Santiago, cuyas tasas de crecimiento de píxeles urbanos fueron mayores entre el periodo 2016-2019 que en el periodo 2013-2016.

Por su parte, los municipios con un menor crecimiento porcentual de su área urbana, durante el periodo 2013-2019, fueron los de San Nicolás de los Garza, Monterrey, Guadalupe y San Pedro Garza García, todos municipios centrales o pericentrales del AMM. Debe señalarse además que los municipios de Monterrey y Guadalupe son los dos municipios que tenía más píxeles urbanos en el año 2013⁹² y que todos los municipios mencionados presentaron una mayor tasa de expansión urbana en la primera mitad del periodo 2013-2019.

CUADRO 4.3. PÍXELES URBANOS MUNICIPALES

MUNICIPIOS	2013	2016	2019
<i>Monterrey</i>	155613	162857	168034
<i>Pesquería</i>	8752	16894	21691
<i>San Nicolás de los Garza</i>	57753	59707	60936
<i>Santa Catarina</i>	49291	52677	57548
<i>Santiago</i>	1669	2505	3778
<i>Abasolo</i>	133	221	495
<i>Apodaca</i>	71910	84068	97535
<i>General Escobedo</i>	49356	57014	64750
<i>General Zuazua</i>	11527	15684	19748
<i>Guadalupe</i>	73108	77729	82067
<i>Cadereyta Jiménez</i>	15523	17665	19925
<i>El Carmen</i>	4978	7794	11584
<i>Ciénega de Flores</i>	6539	8801	11468
<i>García</i>	39445	49384	61426
<i>San Pedro Garza García</i>	23832	25549	27126
<i>Juárez</i>	26768	34976	42574
Total	596197	673525	750685

Fuente: Elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico (INEGI 2020c) y la Geomediana Landsat (INEGI 2021a)

⁹² Su potencial de crecimiento porcentual era menor que los otros municipios del AMM tanto por su ubicación céntrica (que se supone con menos áreas no urbanizadas) como por su número de píxeles mayor.

CUADRO 4.4. CRECIMIENTO DEL ÁREA URBANA

CRECIMIENTO ÁREA URBANA MUNICIPAL MEDIDO EN PÍXELES	(2013-2016)	(2016-2019)	(2013-2019)
<i>Monterrey</i>	4.7%	3.2%	8.0%
<i>Pesquería</i>	93.0%	28.4%	147.8%
<i>San Nicolás de los Garza</i>	3.4%	2.1%	5.5%
<i>Santa Catarina</i>	6.9%	9.2%	16.8%
<i>Santiago</i>	50.1%	50.8%	126.4%
<i>Abasolo</i>	66.2%	124.0%	272.2%
<i>Apodaca</i>	16.9%	16.0%	35.6%
<i>General Escobedo</i>	15.5%	13.6%	31.2%
<i>General Zuazua</i>	36.1%	25.9%	71.3%
<i>Guadalupe</i>	6.3%	5.6%	12.3%
<i>Cadereyta Jiménez</i>	13.8%	12.8%	28.4%
<i>El Carmen</i>	56.6%	48.6%	132.7%
<i>Ciénega de Flores</i>	34.6%	30.3%	75.4%
<i>García</i>	25.2%	24.4%	55.7%
<i>San Pedro Garza García</i>	7.2%	6.2%	13.8%
<i>Juárez</i>	30.7%	21.7%	59.0%

Fuente: Elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico (INEGI 2020c) y la Geomediana Landsat (INEGI 2021a)

Debido a la estrecha relación negativa entre el número de píxeles del año base y la tasa de crecimiento del área urbana construida se calculó la concentración del crecimiento del área urbana por municipio, con la que se puede determinar la participación de la expansión urbana municipal en la expansión metropolitana de Monterrey. El rango de valores de las tasas de concentración es más moderado (entre 0.2% y 16.6%). De los 16 municipios que contienen el AMM seis de ellos presentaron tasas de concentración del crecimiento del área urbana mayores a la media, estos son Apodaca (con una tasa de 16.6%), García (14.2%), Juárez (10.2%), General Escobedo (10%), Pesquería (8.4%) y Monterrey (8%).

Contrastando las tasas de concentración con la capa de píxeles urbanos (*Cuadro 4.5*) podemos decir que de los 6 municipios con mayor concentración de píxeles urbanos García y Pesquería son los más periféricos de la lista y parecen presentar una expansión urbana dispersa. Respecto a los municipios que parecen mostrar evidenciar procesos de *infilling* o relleno urbano podemos decir que Monterrey es un municipio centro de la ciudad, junto con San Nicolás de los Garza, mientras que los municipios de Apodaca y General Escobedo serían municipios peri centrales al norte del AMM. No obstante lo anterior, correspondería a un trabajo de investigación

posterior determinar si la expansión en cada uno de los municipios mencionada se caracteriza como dispersa o no.

El municipio de Juárez, por otra parte, parece encontrarse en un proceso de consolidación y conurbación que aún no concluye. Llama la atención la cercanía de su área urbana con el área urbana observada en Cadereyta Jiménez; esta cercanía entre centros urbanos puede sugerir que en un futuro no muy lejano la velocidad de expansión en ambos municipios podría acelerarse considerablemente.

CUADRO 4.5. CONCENTRACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL ÁREA URBANA

CONCENTRACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL ÁREA URBANA	(2013-2016)	(2016-2019)	(2013-2019)
<i>Monterrey</i>	9.4%	6.7%	8.0%
<i>Pesquería</i>	10.5%	6.2%	8.4%
<i>San Nicolás de los Garza</i>	2.5%	1.6%	2.1%
<i>Santa Catarina</i>	4.4%	6.3%	5.3%
<i>Santiago</i>	1.1%	1.6%	1.4%
<i>Abasolo</i>	0.1%	0.4%	0.2%
<i>Apodaca</i>	15.7%	17.5%	16.6%
<i>General Escobedo</i>	9.9%	10.0%	10.0%
<i>General Zuazua</i>	5.4%	5.3%	5.3%
<i>Guadalupe</i>	6.0%	5.6%	5.8%
<i>Cadereyta Jiménez</i>	2.8%	2.9%	2.8%
<i>El Carmen</i>	3.6%	4.9%	4.3%
<i>Ciénega de Flores</i>	2.9%	3.5%	3.2%
<i>García</i>	12.9%	15.6%	14.2%
<i>San Pedro Garza García</i>	2.2%	2.0%	2.1%
<i>Juárez</i>	10.6%	9.8%	10.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (INEGI, 2020c: 2021a)

CUADRO 4.6. POBLACIÓN MUNICIPAL

MUNICIPIOS DEL AMM	POBLACIÓN			TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN		
	2013	2016	2019	(2013-2016)	(2016-2019)	(2013-2019)
<i>Monterrey</i>	1137778	1140011	1142247	0.20%	0.20%	0.39%
<i>Pesquería</i>	37499	67465	121377	79.91%	79.91%	223.68%
<i>San Nicolás de los Garza</i>	433713	424358	415206	-2.16%	-2.16%	-4.27%
<i>Santa Catarina</i>	279659	290790	302363	3.98%	3.98%	8.12%
<i>Santiago</i>	42268	44148	46111	4.45%	4.45%	9.09%
<i>Abasolo</i>	2845	2899	2955	1.92%	1.92%	3.88%
<i>Apodaca</i>	560182	599584	641757	7.03%	7.03%	14.56%
<i>General Escobedo</i>	391170	427489	467180	9.28%	9.28%	19.43%

<i>General Zuazua</i>	66405	79865	96054	20.27%	20.27%	44.65%
<i>Guadalupe</i>	667353	656868	646547	-1.57%	-1.57%	-3.12%
<i>Cadereyta Jiménez</i>	95937	106471	118162	10.98%	10.98%	23.17%
<i>El Carmen</i>	28206	49438	86653	75.28%	75.28%	207.22%
<i>Ciénega de Flores</i>	33413	45520	62014	36.23%	36.23%	85.60%
<i>García</i>	194920	264456	358797	35.67%	35.67%	84.07%
<i>San Pedro Garza García</i>	125438	128280	131186	2.27%	2.27%	4.58%
<i>Juárez</i>	308296	369875	443753	19.97%	19.97%	43.94%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (INEGI 2010a: 2020a)

CUADRO 4.7. DENSIDAD MUNICIPAL⁹³

MUNICIPIO	2013	2016	2019
<i>Monterrey</i>	81.24	77.78	75.53
<i>Pesquería</i>	47.61	44.37	62.17
<i>San Nicolás de los Garza</i>	83.44	78.97	75.71
<i>Santa Catarina</i>	63.04	61.34	58.38
<i>Santiago</i>	281.39	195.82	135.61
<i>Abasolo</i>	237.65	145.77	66.33
<i>Apodaca</i>	86.56	79.25	73.11
<i>General Escobedo</i>	88.06	83.31	80.17
<i>General Zuazua</i>	64.01	56.58	54.04
<i>Guadalupe</i>	101.43	93.90	87.54
<i>Cadereyta Jiménez</i>	68.67	66.97	65.89
<i>El Carmen</i>	62.96	70.48	83.12
<i>Ciénega de Flores</i>	56.78	57.47	60.08
<i>García</i>	54.91	59.50	64.90
<i>San Pedro Garza García</i>	58.48	55.79	53.74
<i>Juárez</i>	127.97	117.50	115.81

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (INEGI 2010a, 2020a, 2020c y 2021a)

Para analizar posibles efectos de expulsión, suburbanización y periurbanización correlaciones con el fenómeno de la expansión urbana en los municipios del AMM calculé también un índice de *densidad municipal*, sin embargo, es necesario aclarar lo siguiente:

Los datos de población utilizados fueron a escala municipal, esto conlleva a una sobreestimación de la densidad urbana municipal debido a las siguientes dos razones, por una parte, se está considerando tanto población urbana como población rural en el cálculo del índice (sesgando el numerador al alza) y, por otra parte, en el tratamiento de datos posclasificación se

⁹³ Número de habitantes por hectárea de suelo urbano.

emplearon una serie de filtros que eliminaron áreas construidas de baja extensión física⁹⁴ (ver Anexo 2), sesgando el denominador a la baja. En el caso de los municipios con una menor población, el sesgo es aún mayor, debido a que estos municipios presentan, por lo general, un bajo grado de urbanización⁹⁵ y reducida extensión física de la infraestructura urbana.

De los dieciséis municipios analizados, los municipios de Santiago, Abasolo, Guadalupe y Juárez son los que presentaron unos mayores índices de densidad urbana municipal para los años 2013, 2016, y 2019, en el caso de Abasolo y Santiago sus índices de densidad disminuyeron considerablemente entre el años 2016 y el año 2019 (ver *Cuadro 4.7*).

Sin embargo, tanto el municipio de Abasolo como el de Santiago son dos de los municipios con menor población del AMM, también son los municipios, sin contar con el de Guadalupe, cuyos cambios en el índice de densidad fueron de los más abruptos, en el caso de Abasolo esto puede explicarse fácilmente por su bajas tasas de crecimiento poblacional y sus altas tasas de crecimiento de área urbana entre el año 2013 y el año 2019. En el caso de Santiago, si bien su tasa de crecimiento poblacional no es las más bajas entre los municipios del AMM, entre periodo 2013-2019, el crecimiento del área urbana en el mismo periodo de tiempo sí es una de las más altas.

Las tasas de expansión económica de la actividad industrial manufacturera en ambos municipios es significativa, sin embargo, en términos de participación con respecto del producto interno de la actividad industrial manufacturera de Nuevo León a año 2018 las cifras siguen siendo poco significativas. La participación de Abasolo fue solamente de 0,16% y la de 0,08%, por lo que aún es temprano para suponer una relación entre la relocalización industrial, las altas tasas de expansión de área urbana y la pérdida de densidad en ambos municipios.

El municipio de Guadalupe, uno de los municipios concéntricos del AMM presenta una reducción en sus densidad vinculada principalmente a la reducción de su población, tanto entre el año 2013 y el año 2016 como entre el año 2016 y el año 2019. Además de lo anterior la concentración y el crecimiento del área urbana en el municipios es poco significativa si se le compara con los demás. Teniendo en cuenta su condición de municipio pericentral parte de la expulsión poblacional en Guadalupe puede estar relacionada con procesos de expulsión

⁹⁴ Que entre otras cosas, fue vivienda rural unifamiliar.

⁹⁵ El grado de urbanización es la relación entre la población urbana y la población rural, entre mayor sea la población urbana mayor el grado de urbanización.

poblacional vinculados a altos precios de la vivienda y al envejecimiento de la población. Los datos analizados son incapaces de respaldar o no esta hipótesis.

Un caso similar al de Guadalupe es el de San Nicolas de los Garza, un municipio central del AMM; en este caso también se reduce la densidad de habitantes por hectárea urbana y la población municipal. Los niveles de densidad al inicio y al final del periodo son aun más bajos en San Nicolas de los Garza que en Guadalupe, por su ubicación central también supongo que se presentaron procesos de expulsión (gentrificación).

Por otra parte, los municipios que presentaron un aumento de densidad entre 2013 y 2019 fueron Pesquería, El Carmen, Ciénaga de las Flores y García. Si bien la población del año 2013 de los municipios de Pesquería y El Carmen fue de las más bajas del AMM, 37 499 y 28 206 habitantes respectivamente, lo cierto es que todos los cuatro municipios presentaron tasas de crecimiento de población y de crecimiento de área urbana considerables en el periodo 2013-2019, la tasa de crecimiento de población de Pesquería es de 234%, de El Carmen de 207%, de Ciénaga de las Flores de 86% y de García de 84%, mientras que sus tasas de crecimiento de su área urbana en el mismo periodo fueron de 148%, 133%, 75% y 56% respectivamente. Teniendo en cuenta además que todos estos cuatro municipios no son municipios centrales es posible que este aumento de densidad esté siendo motivado por desarrollos de vivienda urbana subsidiada, más allá de que los índices de densidad puedan ser sobreestimados o no⁹⁶.

El caso de Pesquería, sin embargo, el crecimiento porcentual de su actividad industrial manufacturera fue la más alta entre el periodo 2013-2018 con una tasa de crecimiento porcentual de 2776%; no sólo eso, su participación en el producto interno del estado de Nuevo León también entre el año 2013 y el año 2018 varió significativamente, pasando de 0.57% a 9.53% (un aumento de casi nueve puntos porcentuales). Esto podría ser indicativo de que la expansión urbana del municipio, así como su aumento de densidad poblacional, están relacionados con el crecimiento de la actividad industrial y el crecimiento de vivienda subsidiada por la política de PCU del CONAVI. Esto último no se comprueba con los datos analizados en esta tesis, pero es una hipótesis posible.

Santa Catarina, General Zuazua, Cadereyta Jiménez y San Pedro Garza García, por otra parte, fueron municipios que, además de presentar tendencias decrecientes de densidad, presentan índices

⁹⁶ De todas formas, nótese que salvo García (que es el municipio de mayor población de los cuatro) no presentan tasas de densidad mayores a la media del AMM, que fue calculada con ayuda del programa FRAGSTATS.

de densidad de los más bajos del AMM: en el año 2013 ninguno de los indicadores de densidad fue mayor a 65 y en el año 2019 ninguno fue mayor a 59.

Tanto Santa Catarina, como General Zuazua y Cadereyta Jiménez son municipios periféricos del AMM, mientras que el municipio de San Pedro Garza García podría catalogarse como pericentral, por su cercanía con el municipio de Monterrey. Dado que ninguno de estos municipios presenta decrecimiento poblacional probablemente las razones de su des densificación corresponda a la edificación de vivienda de baja densidad, en el caso de San Pedro Garza García, por su condición de municipio pericentral probablemente para familias con ingresos altos y medios.

Otra posibilidad es que en la expansión de los municipios periféricos de Santa Catarina, General Zuazua y Cadereyta Jiménez también influyera la localización industrial, sin embargo, en el caso de Cadereyta Jiménez lo considero muy poco probable teniendo en cuenta que allí la actividad industrial manufacturera se contrajo entre el periodo 2013-2018 a una tasa del -6.4%.

Por último, los municipios de Monterrey, Apodaca y General Escobedo presentaron tasas de densidad que oscilaron entre 81 y 88 personas por hectárea de suelo urbano en el año 2013 y entre 73 y 80 personas por hectárea de suelo urbano en el año 2019, valores no muy lejanos a los índices de densidad calculados para el AMM. En el caso de Monterrey, un municipio central del AMM, estas cifras se deben posiblemente a un proceso de relleno urbano y regeneración urbana. En los casos de Apodaca y General Escobedo, al no ser municipios centrales, pero tampoco periféricos, es difícil con los datos analizados hasta el momento sugerir si la razón de la des densificación es una expansión urbana dispersa, discontinua o de relleno.

Si bien tanto Monterrey como Apodaca y General Escobedo presentan cifras positivas de crecimiento del sector industrial manufacturero, sólo Apodaca presenta un crecimiento significativo, con una tasa del 110.3% entre el año 2013 y el año 2018. A diferencia de los municipios de Monterrey y General Escobe, su participación en el producto interno industrial manufacturero del estado de Nuevo León aumentó, pasando de una tasa de participación de 13.56% en el año 2013 a una de 16.67% en el año 2018, con lo que considero que es probable que su expansión urbana de baja densidad sea también producto de la localización de actividades industriales en el municipio.

Nótese que en el caso de los municipios de Apodaca y General Escobedo aumentó la participación en la expansión urbana metropolitana, lo que podría estar relacionado con la cercanía de ambos municipios a centros poblados en Salinas Victoria y la cercanía del municipio de Apodaca a Pesquería, este último también presentó una concentración importante del crecimiento del área urbana durante 2013-2019.

4.2.4. LOS PCU EN LA CIUDAD DE MONTERREY, 2013-2019

La política federal de Perímetros de Contención Urbana buscaba controlar la expansión urbana (dispersa, discontinua y de baja densidad), mejorar las condiciones de la vivienda en México y promover una movilidad sustentable (Monkkonen et al., 2017, p. 149). Si bien distintas métricas pueden usarse para valorar el posible desempeño de la política para controlar la expansión urbana en el AMM, también es cierto que este tipo de expansión menos dispersa y discontinua y más densa puede tener lugar aun cuando la expansión urbana del AMM sucede fuera de los contornos de la política de PCU, es decir, puede tener lugar por otras razones ajenas a la política por lo que se hace necesario contrastar los resultados que tratan de la dispersión, densidad y discontinuidad con las medidas de PEMPCU.

Con respecto a los PCU, en principio el contorno U1 se establecía según unos criterios mínimos de empleo, o mejor, la identificación de clústeres de mayor proporción de empleo por AGEB's, clústeres que estaban dados por la relación que había entre la población ocupada por AGEB (con respecto a la población ocupada del total de las AGEB's de la ciudad) y la población residente por AGEB (con respecto a la población residente del total de las AGEB's de la ciudad).

La fórmula que resume la relación anteriormente mencionada y con la que se calculaban los perímetros U1 era la siguiente:

$$Ri: \frac{\frac{PO_i}{\sum_{i=1}^n PO_1}}{PR_i}}{\sum_{i=1}^n PR_i}$$

Donde Ri es la relación Ocupación-Residencia de la AGEB, POi es el personal ocupado de la AGEB i (según datos del Censo Económico del año 2009), PRi es la población residente del AGEBi (según datos del Censo de Población y Vivienda del año 2010) y i= 1,2,3...n son las

AGEB's de la ciudad estudiada (SEDATU y CONAVI, 2014). Según esta fórmula si el valor obtenido R_i era mayor o igual a 1 se determinaba que en la AGEB seleccionada había un clúster de empleo, lo que hacía susceptible a la AGEB de considerarse parte del contorno U1 de acuerdo a la PCU.

Además del criterio anteriormente mencionado la política de PCU -en el año 2013- permitía otro criterio con el que establecer contornos U1, aun cuando estos no pertenecieran al grupo de las AGEB's urbanas. Este criterio era el que el área susceptible de considerarse como contorno U1 debía haber surgido de unidades económicas con más de 250 empleos, desde las cuales se traza un radio de influencia, desde el que a su vez se establece un buffer del mismo tamaño del radio de influencia⁹⁷. Si este último buffer se interceptaba con un contorno U3 de alguna ciudad cercana el radio de influencia surgido de las unidades económicas de 250 empleos podía pasar a considerarse como un contorno U1, mientras que el buffer que lo rodeaba, y que tenía su mismo tamaño, podía pasar a considerarse como un contorno U3.

En el *Cuadro 4.8* resume los tamaños que podían tener los rangos de influencia y los buffers de acuerdo a la política de PCU en el año 2013.

CUADRO 4.8. TAMAÑOS DE LOS RANGOS DE INFLUENCIA DE LA PCU PARA EL AÑO 2014, SEGÚN TAMAÑO DE POBLACIÓN URBANA.

Rango de población por número de habitantes de la ciudad SUN		Radio de Influencia
Más de	1,000,000	800
De	500,000 a 999,999	700
De	100,000 a 499,999	600
De	50,000 a 99,999	500
Menor	50,000	400

Fuente: SEDATU y CONAVI, 2014

El contorno U2 se determinaban según los siguientes requisitos: por una parte, debían ser AGEB's urbanas adyacentes a una AGEB urbana del contorno U1 y, por otra parte, el 75% de las viviendas dentro de estas AGEB debían contar con los servicios de agua y alcantarillado. Los contornos U3 de la época eran buffers alrededor de los contornos U1 y U2 que tenían una extensión

⁹⁷ El tamaño del buffer y del radio de influencia podían variar entre los 400 mts y los 800 mts, dependiendo del tamaño del área urbana más cercana.

que variaba entre los 400 metros y los 800 mts -de acuerdo a los mismos criterios poblacionales que se observan en el Cuadro 4.8 (Ibíd., 2014).

Para el año 2018 las modificaciones de la política de PCU eran bastante significativas, una de ellas el que los contornos U1 y U2 tenían ahora subdivisión, habiendo entonces los contornos U1a, U1b, U2a, U2b y U3, en lugar de simplemente los contornos U1, U2 y U3, otra de ellas la existencia de un sistema de puntos en el cual es necesario un puntaje mínimo de 350 para el otorgamiento de los subsidios habitacionales⁹⁸ (SEDATU y CONAVI, 2018, pp. 12, 17 y 18).

A continuación, se resume cómo en el año 2018 se determinaban los contornos urbanos de los PCU.

“U1a: Son zonas urbanas consolidadas con acceso a empleo, equipamiento y servicios urbanos. Esta ubicación contiene fuentes de empleo como elemento básico de atracción de la población, construido a partir de la relación entre la población que trabaja y la que reside en una AGEB, asegurando más de 251 empleos. Así mismo, cuenta con 3 equipamientos básicos en radios de influencia definidos de acuerdo al equipamiento: equipamiento educativo de primaria a máximo 1,000 m, equipamiento educativo de secundaria a máximo 2,000 m y equipamiento de salud a máximo 1,500 m. Si la reserva territorial se localiza dentro de este contorno se asignan 350 puntos.

U1b: Esta ubicación también está basada en la existencia de empleo, no cuenta con alguno o ninguno de los tres equipamientos básico (primaria a 1,000 m, secundaria a 2,000 m o Servicio de salud a 1,500m). Se consideran en esta clasificación todos los U1 producto de actualizaciones del DENUÉ fuera de AGEBs urbanas. Si la reserva territorial se localiza dentro de este contorno se asignan 350 puntos (...).

U2a: Zonas consolidadas con infraestructura y servicios urbanos de agua y drenaje mayor al 75% y densidad de vivienda mayor a 20 viv/ha o más de 500 viviendas, así mismo cuenta con equipamiento educativo primaria a máximo 1,000 m, equipamiento educativo secundaria a máximo 2,000 m y equipamiento de salud a máximo 1,500 m. Si la reserva territorial se localiza dentro de este contorno se asignan 300 puntos.

U2b: Zonas en proceso de consolidación con infraestructura y servicios urbanos de agua y drenaje mayor al 75% y densidad de vivienda mayor a 20 viv/ha o más de 500 viviendas; no obstante, no cuenta con alguno o ninguno de los tres equipamientos básicos (primaria a 1,000 m, secundaria a 2,000 m o Servicio de salud a 1,500 m. Si la reserva territorial se localiza dentro de este contorno se asignan 300 puntos.

U3: Zonas inmediatas al área urbana, en un buffer (cinturón periférico al área urbana) definido de acuerdo al tamaño de la ciudad. Si la reserva territorial se localiza dentro de este contorno se asignan 200 puntos” (Ibíd., 2018).

⁹⁸Donde, además de la ubicación dentro de los PCU, el cumplimiento de criterios de densificación, sostenibilidad y “buenas prácticas en la construcción de vivienda” suman puntos.

Para analizar la concentración de la expansión metropolitana de Monterrey en los Perímetros de Contención Urbana, se calculan los porcentajes del crecimiento del área construida del AMM según su lugar de ocurrencia, dentro o fuera de los PCU. Las participación porcentual (o porcentaje de la expansión metropolitana dentro de los PCU) se miden como: porcentaje de la expansión metropolitana entre 2013-2016 que se ubicó dentro de los PCU del año 2014; porcentaje de la expansión metropolitana, entre el periodo 2016-2019, que se ubicó dentro de los PCU del año 2017 y; porcentaje de la expansión metropolitana, entre el periodo 2016-2019, que se ubicó dentro de los PCU del año 2018. Todas las medidas porcentuales mencionadas comparten la fórmula:

$$PEMPCU_j^{t_1,t_2} = \left(\frac{TPPCU_{ij}^{t_2} - TPPCU_{ij}^{t_1}}{TP_i^{t_2} - TP_i^{t_1}} \right) * 100$$

Donde $PEMPCU_i^{t_1,t_2}$ es el porcentaje de expansión metropolitana, entre los años t_1 y t_2 , que se ubica dentro de los PCU del año i , $TP_i^{t_2}$ el total en píxeles del tipo de suelo i en el periodo t_2 , $TP_i^{t_1}$ el total en píxeles del tipo de suelo i en el periodo t_1 , $PPCU_{ij}^{t_2}$ el total en píxeles del tipo de suelo i en el periodo t_2 dentro de los PCU del año j y $PPCU_{ij}^{t_1}$ el total en píxeles del tipo de suelo i en el periodo t_1 dentro de los PCU del año j . Entre mayor sea el porcentaje de la expansión que ocurre dentro de los contornos de la política de PCU, mayor es la efectividad de la política de PCU para controlar la expansión urbana.

De acuerdo al inventario de vivienda del SIIV, se sabe que la mayor parte de la vivienda social, terminada y en proceso de construcción – gestionada por la política del CONEVAL – se encuentra en Nuevo León. Esto es así tanto para la vivienda social dentro de los contornos urbanos, como para la vivienda fuera los contornos urbanos (FC), como se muestra en el *Cuadro 4.9*.

CUADRO 4.9. INVENTARIO DE VIVIENDA AL 30 DE NOVIEMBRE DE 2020

Estado	PCU				
	U1	U2	U3	FC	Total
Aguascalientes	669	1,925	3,590	191	6,375
Baja California	447	633	2,539	758	4,377
Baja California Sur	59	413	1,297	110	1,879
Campeche	3	137	153	23	316
Chiapas	68	652	315	410	1,445
Chihuahua	572	2,636	3,232	337	6,777
Ciudad de México	3,227	1,084			4,311
Coahuila de Zaragoza	1,600	2,353	2,280	102	6,335
Colima	349	809	1,201	5	2,364
Durango	601	710	1,005	660	2,976
Guanajuato	986	2,180	5,348	2,677	11,191
Guerrero	855	192	568	240	1,855
Hidalgo	461	554	4,514	3,724	9,253
Jalisco	750	4,526	8,192	2,659	16,127
Michoacán de Ocampo	432	682	1,894	613	3,621
Morelos	467	417	456	1,970	3,310
México	480	2,072	7,760	1,307	11,619
Nayarit	204	284	939	256	1,683
Nuevo León	1,541	5,947	16,206	4,032	27,726
Oaxaca	76	196	314	260	846
Puebla	1,855	2,418	3,422	476	8,171
Querétaro	14	1,212	3,326	4,103	8,655
Quintana Roo	142	962	8,651	1,214	10,969
San Luis Potosí	318	1,131	2,299	275	4,023
Sinaloa	935	1,687	2,693	382	5,697
Sonora	276	1,715	3,264	199	5,454
Tabasco	36	71	375	444	926
Tamaulipas	515	1,856	3,832	305	6,508
Tlaxcala	108	678	369	25	1,180
Veracruz de Ignacio de la Llave	247	1,340	3,628	158	5,373
Yucatán	842	1,097	5,527	403	7,869
Zacatecas	129	277	1,519	80	2,005
Total	19,264	42,846	100,708	28,398	191,216

Fuente: CONAVI, 2020⁹⁹.

⁹⁹ El Contorno U1 (o intraurbano) son zonas urbanas consolidadas que se determinan según su potencial de empleo, equipamiento y servicios urbanos. El contorno U2 (o primer contorno) son zonas en proceso de consolidación con infraestructura y servicios urbanos de agua y drenaje -mayor al 75%- el contorno U3 (o segundo contorno) son zonas contiguas al área urbana, en otras palabras, un “cinturón periférico” que rodea al área urbana consolidada o en periodo de consolidación (SEDATU y CONAVI, 2018).

Estos datos corroboran los resultados de Ponce et al., (2021) en los que se demuestra que la población de Monterrey, a pesar de la política de subsidios habitacionales, sigue adquiriendo vivienda en las zonas más periféricas de la ciudad aumentando la expansión urbana mientras la densidad de población en las zonas céntricas de la ciudad disminuye. Estos datos también evidencian los límites, ya mencionados, de las métricas de dispersión y continuidad.

Por otra parte, uno de los objetivos de la política de PCU ha sido el de desincentivar la expansión urbana que se da fuera de unos determinados contornos urbanos, no obstante, cabe preguntarse si ha sido este el caso y en qué medida lo ha sido, para lo cual se calcularon porcentajes de la expansión metropolitana dentro de los PCU.

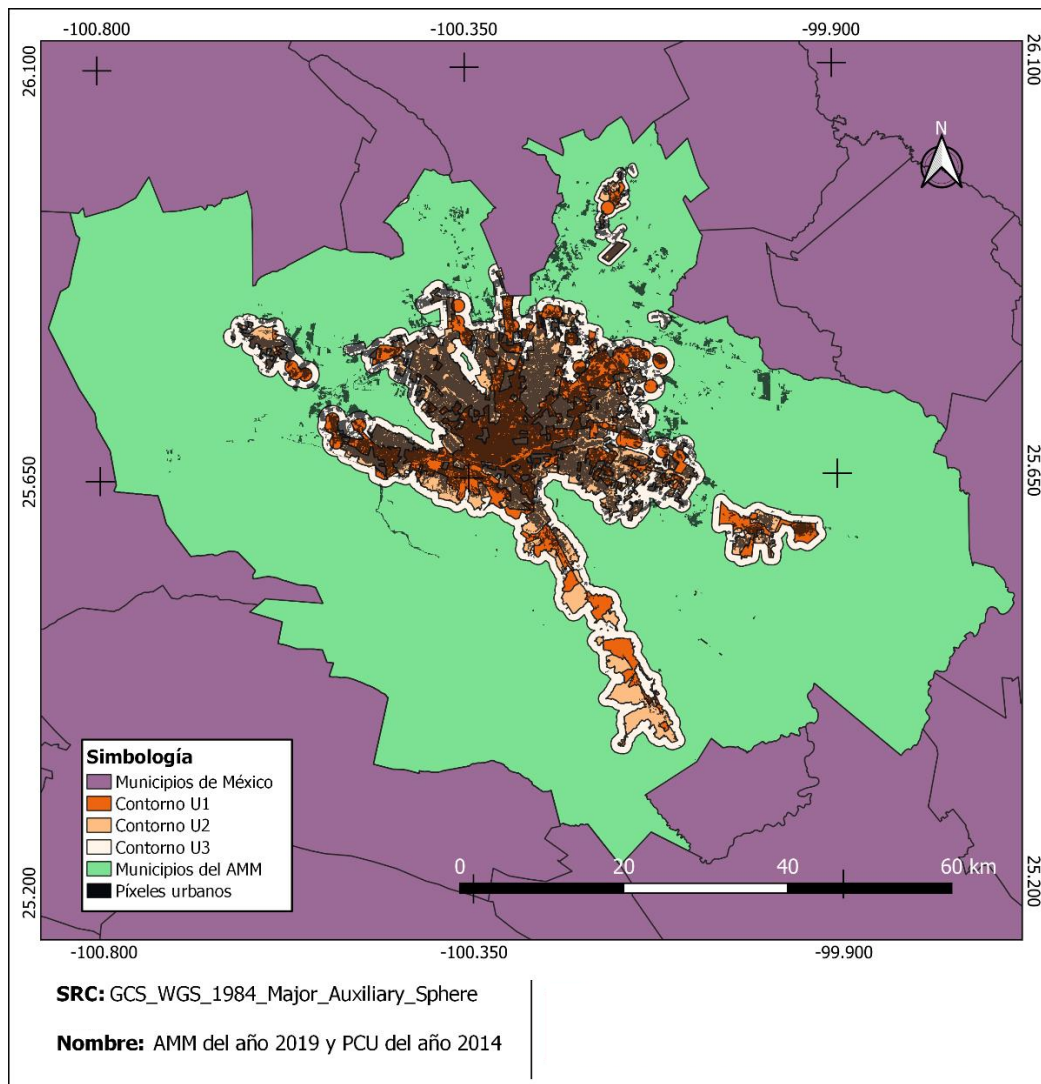
CUADRO 4.10. RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE LA EXPANSIÓN METROPOLITANA DE MONTERREY DENTRO DE LOS PCU

Expansión urbana %		Porcentaje de crecimiento es los PCU	
2013-2016	12.9702095	PCU del 2014 (2013-2016)	70.80229671
2016-2019	11.4561449	PCU del 2014 (2013-2019)	68.84806587
2013-2019	25.9122404	PCU del 2017 (2016-2019)	72.12415759
		PCU del 2018 (2016-2019)	81.1249352

Fuente: Elaboración propia con datos del CONAVI (2020) y el INEGI (2021a)

El crecimiento del área urbana construida de 2013-2019 fue de aproximadamente de 25.91%, de 2013 a 2016 de 12,97% y de 2013 a 2019 de 11.45%. Del 12.97% de la expansión ocurrida en el periodo 2013-2016 sólo el 70.80% ocurrió dentro de los PCU – según se determinaron en el año 2014 – mientras que para el 25.91% del crecimiento del área urbana construida en el periodo 2013-2019 el crecimiento contenido dentro de los PCU del año 2014 fue del 68.84%.

Por otra parte, del 11.45% del crecimiento del área urbana ocurrido en el periodo 2013-2016, el porcentaje de expansión metropolitana dentro de los PCU del año 2017 fue de 72.12%; si se analiza este porcentaje para los PCU del año 2018 esta cifra es de un 81.12% no obstante debe tenerse en cuenta que, además de las modificaciones importantes que tuvo la política federal de PCU ese año (SEDATU et al., 2018, pp. 12, 17 y 18) esta actualización de los perímetros es posterior a la expansión metropolitana ocurrida en los años 2017 y 2018.

MAPA 4.3. AMM DEL AÑO 2019 Y PCU DEL AÑO 2014

Fuente: Elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico Nacional (2020), la Geomediana Landsat (2021), el SNIIV (CONAVI, 2020)

De estos resultados se puede decir que la expansión que ocurrió fuera de los PCU durante el periodo 2013-2019 fue considerable –cerca de un 29 o 28 % - lo que sugiere que el control de la expansión por parte de la política sigue siendo limitado. Preocupa además que gran parte de la vivienda del inventario que corresponde al estado de Nuevo León se ubique en el contorno U3, tanto porque eso indica que la política incentiva la expansión urbana de baja densidad en Monterrey, en lugar de contenerla, como por los datos de rezago habitacional y abandono de vivienda los cuales no son despreciables, a pesar de que Monterrey es una de las metrópolis con un mayor grado de desarrollo social en México.

CONCLUSIONES

Analizando los índices que dan cuenta de la magnitud, velocidad y forma de la expansión metropolitana de Monterrey se puede destacar que, en términos de área construida, el AMM creció un 2,75% entre 2013 y 2019, siendo la primera mitad del periodo, 2013-2016 la de mayor expansión, tanto en términos absolutos como en términos de tasa porcentual promedio anual. De estos porcentajes aproximadamente un tercio de la expansión ocurrió por fuera de los PCU, tanto en el periodo 2013-2016 (con los PCU del año 2014), como en el periodo 2016-2019 (con los PCU del año 2017), evidenciando limitaciones de la política a la hora de controlar los procesos de suburbanización y periurbanización.

Por su parte, la expansión del área metropolitana del periodo 2013-2019 ha sido mayor, proporcionalmente, al crecimiento demográfico del mismo periodo, lo que indica que la política de PCU – en el caso de la metrópoli de Monterrey – no ha cumplido con uno de sus objetivos, a saber, el de aumentar la densidad urbana (o lo que es lo mismo, aumentar el número de habitantes por hectárea de suelo urbano). La mayor reducción de la densidad ocurrió en el periodo 2013-2016, lo que no sorprende teniendo en cuenta que también fue el periodo en que más rápidamente creció en términos de área construida.

Tanto la discontinuidad urbana como la expansión metropolitana dispersa, contrario a lo esperado, se han reducido del año 2013 al año 2019, así mismo, todo apunta a que el mayor porcentaje del crecimiento del área urbana construida se concentró en las zonas centrales y pericentrales de la ciudad. No obstante lo anterior esto no significa que no ha habido dispersión urbana, sino que el proceso de consolidación ha sido más importante en términos relativos (Peiser, 2001).

Si bien ha aumentado la continuidad urbana del AMM, la forma urbana del área metropolitana sigue siendo “irregular” o “compleja”, más si tenemos en cuenta las formas de abanico que toma la ciudad al oriente (por los municipios de Apodaca y Pesquería) o las formas alargadas que presenta en los municipios de Santiago (al sur) y Santa Catarina (al oeste).

Tanto en términos de dispersión como en términos de continuidad parece que la expansión metropolitana de Monterrey cada vez es menos desordenada, empero, en términos de densidad el

uso del suelo es cada vez más ineficiente en el AMM, ello puede deberse, entre otras cosas, al aumento del tamaño medio de la vivienda en la ciudad de Monterrey.

Por otra parte, también se evidencia que la expansión urbana no ha sido igual en todos los municipios que conforman el AMM. El municipio de Pesquería, por ejemplo, presentó un crecimiento porcentual sensiblemente más alto en población que todos los demás municipios del AMM, de igual forma también presentó importantes tasas positivas de crecimiento de la actividad económica industrial manufacturera y el área urbana, contrario a lo que ocurrió en municipios como San Nicolás de los Garza y Guadalupe, donde disminuyó la densidad urbana y a su vez disminuyó su población. Sin embargo, si bien hay diferencias es necesario seguir estudiando las causas de tales diferencias, como las que tienen que ver con la ubicación de estos municipios en el AMM.

CONCLUSIONES GENERALES

Con respecto a la pregunta de investigación que esta tesis se ocupó de responder sobre cómo se ha expandido el AMM durante el periodo 2013-2019 los resultados permiten concluir que desde el punto de vista de la densidad urbana ha sido una expansión urbana desordenada, en la medida que ha aumentado el área urbana per cápita. Desde el punto de vista de la dispersión y la discontinuidad de la expansión predominaron procesos de fusión de parches urbanos y de relleno del área urbana frente a los procesos de fragmentación y discontinuidad urbana por lo que la expansión tendió a perder su sentido desordenado. Sin embargo, la expansión del AMM ha sido desigual en el espacio, en tanto no se presenta de igual forma en todos los municipios que la componen. En algunos municipios la densidad del área urbana construida aumentó, en otros disminuyó, de igual forma los porcentajes de concentración y crecimiento del área urbana construida fueron diferentes en magnitud y porcentaje en cada uno de los municipios del AMM.

En otras palabras la hipótesis principal es parcialmente verificada en la medida que no se evidenció una expansión urbana predominantemente dispersa o discontinua, mientras que sí se encuentra cierta densificación urbana y una expansión urbana heterogénea entre los municipios que conforman el AMM.

La velocidad de la expansión si bien fue mayor a la del crecimiento demográfico, en la medida que aumentaron las hectáreas urbanas por persona, fue menor en el periodo 2016-2019, con respecto del periodo 2013-2019. Asimismo, puede decirse que el AMM pasó por un proceso de dispersión y consolidación urbana (Peiser, 2001) en el periodo 2013-2019, en donde el proceso de consolidación se impuso sobre el de dispersión, esto se soporta tanto en el comportamiento del Índice de Agregación (AI) como en el Índice Normalizado de Forma de Paisaje (NLSI).

El aumento que se evidenció de la continuidad y la agregación del área urbana de AMM puede deberse a varios factores, a saber: el efecto vecindad que tienen los parches urbanos y consolidados (Moreno et al., 2011), lo que deriva en el tiempo con parches urbanos de mayor tamaño y fusiones entre parches urbanos; ligado con el punto anterior, la subestimación de los índices que calculan la dispersión urbana, debido a la fusión de parches urbanos periféricos y a que

los proyectos de vivienda periférica son cada vez más masivos¹⁰⁰ y; la expansión urbana continua a los parches urbanos más centrales del AMM, donde la política federal de PCU puede estar jugando un papel importante al financiar un número considerable de vivienda nueva en los contornos U2 y U3, principalmente el último.

Si bien ha aumentado la continuidad urbana del AMM, que el área metropolitana siga siendo “irregular” o “compleja” al oriente (en Apodaca y Pesquería) y al sur y oeste (con Santiago y Santa Catarina) plantea retos importantes para mejorar la movilidad de la ciudad, tanto en términos de modalidad como en términos de financiamiento (para inversión y mantenimiento).

La expansión continua, por otra parte, se supone mejor en tanto no aumenta considerablemente los tiempos de transporte de las personas que allí viven o trabajan, comparado, por ejemplo, con la expansión urbana dispersa. Sin embargo, la expansión urbana de baja densidad en el AMM sí impacta negativamente sobre el suelo dedicado a la agricultura y recursos naturales estratégicos para la vida y la economía del AMM y otras zonas aledañas (Corporación Andina de Fomento, 2017; Coq-Huelva et al., 2019). Trabajos como el de Hernández (2021) ya señalan, para el caso de la ciudad de Monterrey, como la expansión metropolitana amenaza los recursos hídricos de la ciudad. La mayores distancias urbanas relacionadas con la expansión urbana también impactan negativamente sobre la calidad del aire de la ciudad y su sostenibilidad medioambiental por medio del aumento de emisión de contaminantes del transporte motorizado, de forma tal que promover la mixtura de usos de suelo y el policentrismo urbano no se consideran políticas equivocadas para mejorar el sustentabilidad y el desarrollo económico y social de la ciudad.

Retomando la revisión histórica de la ciudad que se hizo en el capítulo uno, se sabe que el agua fue uno de los recursos que promovió el desarrollo industrial de la ciudad de Monterrey durante el siglo XX, por sobre el que tuvieron otras ciudades ubicadas al norte del país (Bassols Batalla, 1978), por lo que se justifica, por una parte, promover la aplicación de políticas que protejan la conservación de este recurso en buenas condiciones para la vida y la producción y, por otra, proponer investigación que calculen los costos ambientales y económicos de la expansión urbana reciente en Monterrey con mucho mayor detalle.

¹⁰⁰ Aunque no por ello con una accesibilidad deseable de empleo y servicios públicos urbanos, lo que se evidencia en los trabajos que se refieren a las cifras de desocupación de vivienda social en Monterrey (Infonavit, 2015; Maldonado, 2020).

El proceso de dispersión se evidencia con el crecimiento del área urbana que tuvo lugar fuera de los PCU, no por ser menor al proceso consolidación la dispersión urbana ha desaparecido en el tiempo.

Parte importante de la expansión urbana que se dio en el AMM durante el periodo 2013-2016 y 2016-2019 ni siquiera ocurrió dentro de los contornos establecidos de la política federal de PCU, lo que evidencia los límites de la política y su ineficacia, ya sea porque los subsidios habitacionales no son accesibles a buena parte de la población con menos recursos, ya sea porque las personas con ingresos elevados prefieren vivir en grandes casas en la periferia urbana, ya sea porque gran parte de la expansión del área urbana construida en la periferia pertenece al sector industrial y no al de vivienda, determinar cuál de las causas ha tenido un mayor peso (si la perirurbanización o la suburbanización, si la vivienda o la industria) le correspondería determinarlo a otro trabajo de investigación¹⁰¹.

Lo que puede decirse de la concentración de las viviendas subsidiadas en Nuevo León, según el Inventario de vivienda al 30 de noviembre de 2020 (CONAVI, 2020), es que el AMM parece estar aprovechando la financiación de vivienda del CONEVAL para dar soluciones habitacionales a la creciente demanda que tiene la ciudad metropolitana, el aumento de la migración a la ciudad, así como la posición económica, relativamente favorable de Nuevo León y el AMM (que se mostró en el capítulo 2), pueden haber permitido tal escenario, pues los subsidios tienen unos criterios mínimos para su accesibilidad, de tal manera que favorecen a personas con empleo y con un nivel de ingreso mínimo establecido por la política (Diario oficial de la federación, 2014; SEDATU et al., 2018).

Si bien se puede sugerir un vínculo entre industrialización y la expansión urbana municipal, es bastante riesgoso concluir algo al respecto, ya que son necesarios nuevos trabajos de investigación que tengan por objetivo dar respuesta a hipótesis relacionadas con este tema.

Nuevo León recientemente ha aprovechado como ningún otro estado en México los subsidios del CONEVAL, esto no ha sido suficiente para que en Monterrey se revierta la tendencia a la baja de la población en las zonas centrales y pericentrales de la ciudad (Ponce et al., 2021). El AMM presenta el mismo fenómeno de expulsión de familias jóvenes que se presenta en la Zona

¹⁰¹ Se presume, sin embargo, dadas las tendencias de expulsión de familias jóvenes en la periferia, que esto es debido principalmente a problemas de especulación inmobiliaria y gentrificación.

Metropolitana del Valle de México 2000-2005 y que se vincula al ciclo vital de las familias (Moreno et al., 2011)

La incapacidad de la política de PCU para revertir los procesos de desdoblamiento de las zonas centrales y pericentrales de la ciudad de Monterrey, así como los procesos de desdensificación que se presentan tanto en Monterrey como en otras ciudades (Moreno et al., 2011, pp. 13 y 14), puede tener su origen en los altos precios del suelo y la vivienda – producto de la especulación – de las zonas centrales de la ciudad, lo que ha terminado por expulsar a buena parte de la población urbana a las periferias del AMM como sugiere la investigación de Ponce et al. (2021), trabajos de segregación y gentrificación urbana podrían complementarse muy bien con este tipo de análisis de expansión metropolitana en Monterrey. Por otra parte, el hecho de que la política de subsidios se haya dirigido principalmente a la adquisición de vivienda nueva en lugar de vivienda usada puede estar limitando también la efectividad de la política de PCU para controlar la expansión urbana.

Por último, este trabajo no alcanza a estudiar los efectos negativos de la expansión metropolitana de Monterrey durante el periodo 2013-2019, entre otras cosas porque se centró en el estudio de la expansión urbana desde un punto de vista morfológico. Vinculado con lo anterior es posible que una mayor expansión urbana no implique necesariamente una menor accesibilidad a ciertos bienes y servicios urbanos, en tanto puede ocurrir junto con el mejoramiento del transporte público, un mayor policentrismo, una expansión urbana no discontinua y fragmentada y una mayor mixtura de los usos de suelo, por lo que se hace necesario que otros trabajos de investigación se planteen tales preguntas para el AMM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Flores, L. (04 de Febrero de 2021). *El Economista*. Obtenido de Nuevo León lidera los estados receptores de migrantes mexicanos y extranjeros: <https://www.economista.com.mx/estados/Nuevo-Leon-lidera-a-estados-receptores-de-migrantes-mexicanos-y-extranjeros-20210204-0088.html>
- Acheampong, R. A., Agyemang, F. S., & Abdul-Fatawu, M. (2016). Quantifying the spatio-temporal patterns of settlement growth in a metropolitan region of Ghana. *GeoJournal*.
- Adobe. (Página revisada el 23 de Febrero de 2021). *Modos de color*. Obtenido de <https://helpx.adobe.com/mx/photoshop/using/color-modes.html>
- Advanced Tech Computing Group UTPL (Loxa, Ecuador). (14 de Abril de 2008). *Clasificación supervisada y no supervisada*. Obtenido de <https://advancedtech.wordpress.com/2008/04/14/clasificacion-supervisada-y-no-supervisada/>
- Aguilar Barajas, I. (1995). Monterrey: formas de integración a la economía del sur de Estados Unidos. *Comercio Exterior, Vol 45.* , 409-415.
- Aguilar, A. G., & Olvera L., G. (1991). El control de la expansión urbana en la ciudad de México: Conjeturas de un falso planteamiento. *Estudios Demográficos y Urbanos, Vol. 6, No. 1.*, 89-115.
- Alonso, D. (Página visitada el 9 de Febrero de 2021). *Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sntinel*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>
- Aparicio Moreno, C. E., Ortega Rubí, M. E., & Hernández, E. S. (2011). La segregación socio-espacial en Monterrey a lo largo de su proceso de metropolización. *Región y Sociedad, No. 52*, 173-207.
- ArcGeek. (28 de Julio de 2013). *Combinación de bandas para Landsat 8*. Obtenido de <https://acolita.com/combinacion-de-bandas-para-landsat-8/>
- ArcGIS. (Página revisada el 23 de Febrero de 2021). *Capacidad de profundidad de bit para las celdas de dataset ráster*. Obtenido de [https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/bit-depth-capacity-for-raster-dataset-cells.htm#:~:text=La%20profundidad%20de%20bit%20\(profundidad,oscilan%20entre%200%20y%20255](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/bit-depth-capacity-for-raster-dataset-cells.htm#:~:text=La%20profundidad%20de%20bit%20(profundidad,oscilan%20entre%200%20y%20255)
- ART ROCKET. (Página revizada el 23 de Febrero de 2021). *Qué son RGB y CMYK y cuándo usar cada uno*. Obtenido de <https://www.clipstudio.net/aprende-a-dibujar/archives/157955>
- Ávila Sánchez, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios Agrarios*, 93-123.
- Bassols Batalla, Á. (1978). Monterrey y su región: páginas de historia económica. *Problemas del desarrollo, IX (34)*, 33-54.
- Bazant S., J. (2001). Interpretación teórica de los procesos de expansión y consolidación urbana de la población de bajos ingresos en las periferias. *Estudios Demográficos y Urbanos, Vol. 16, No. 2*, 351-374.
- Bazant S., J. (2010). Expansión urbana incontrolada y paradigma de la planeación urbana. *Espacio Abierto: Cuaderno Venezolano de Sociología, Vol. 19, No. 3*, 475-503.
- Bense, T. (2007). *Tutorial - Introducción a la percepción remota*. Obtenido de <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/clasificacion-supervisada.htm>

- Bhatta, B., Saraswati, S., & Bandyopadhyay, D. (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, Vol. 30, 731-740.
- Biderman, C., Hiromoto, M. H., & Ramos, F. R. (2018). *The Brazilian Housing Program Minha Casa Minha Vida: Effect on Urban Sprawl*. Lincoln Institute of Land Policy.
- Brueckner, J. K. (2000). Urban Sprawl: Diagnosis and remedies. *International regional science review*, vol. 3, 160-171.
- Byun, P., & Esparza, A. X. (2005). A revisionist model of suburbanization and sprawl: the role of political fragmentation. Growth control, and spillovers. *Journal of planning education and research*, 252-264.
- Castañeda Rincón, J. (2006). Las áreas naturales protegidas de México de su origen precoz a su consolidación tardía. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol. 10, Núm. 218 (13).
- Castells, M. (2002). *La cuestión urbana*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- CCM Benchmark. (29 de Enero de 2021a). *Características del formato TIFF*. Obtenido de <https://es.ccm.net/contents/724-el-formato-tif>
- CCM Benchmark. (29 de Enero de 2021b). *Imágenes vectoriales y de mapa de bits: ¿en qué se diferencian?* Obtenido de <https://es.ccm.net/contents/736-imagenes-vectoriales-y-de-mapa-de-bits>
- Cerutti, M. (1995). 2.5 Brote fabril, empresariado y expansión demográfica, 1980-1910. En G. Garza Villareal, *Atlas de Monterrey* (págs. 89-93). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Chavoya Gama, J. I., García Galván, J., & Rendón Contreras, H. J. (2009). UNA REFLEXIÓN SOBRE EL MODELO URBANO: CIUDAD DISPERSA-CIUDAD COMPACTA. *SCTV: 5º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Barcelona*, 37-50.
- CONAPO. (2016). *Datos abiertos del índice de marginación*. México, Consejo Nacional del Población (CONAPO). Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion
- CONAVI (2020). *Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIV)*. México, Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). Obtenido de <https://sniiv.conavi.gob.mx/inicio/index.aspx>
- Coq-Huelva, D., & Asián Chaves, R. (2019, Vol. 11). Urban sprawl and sustainable urban policies. A review of the cases of Lima, Mexico City and Santiago de Chile. *Sustainability*, 1-22.
- Corporación Andina de Fomento. (2017). ¿Urbanización sin desarrollo? En C. A. Fomento, *Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina* (págs. 19-67). Bogotá, Colombia: Corporación Andina de Fomento.
- Couch, C., & Karecha, J. (2006). Controlling urban sprawl: Some experiences from Liverpool. *Cities*, Vol. 23, No 5, 353-363.
- Das, S., & Angali, D. P. (2021). Assessment of urban sprawl using landscape metrics and Shannon's entropy model approach in town of Barrackpore sub-divisional region, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, Vol. 7, 1071-1095.
- De Mattos, C. A. (2001). Movimientos del capital y expansión metropolitana en las economías emergentes Latinoamericanas. *Revista de Estudios Regionales*, Vol. 60, 15-43.

- Demographia. (2021). *Demographia.com*. Obtenido de Demographia World Urban Areas:17th ANNUAL EDITION: <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- Deng, X., Huang, J., Rozelle, S., & Uchida, E. (2008). Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China. *Journal of Urban Economics*, 96-115.
- Diario oficial de la federación. (30 de Abril de 2014). Reglas de operación del programa de esquemas de financiamiento y subsidio federal para vivienda, del ejercicio fiscal 2015 y subsecuentes.
- Dieleman, F., & Wegener, M. (2004). Compact City and Urban Sprawl. *Alexandrine Press*, 308-323.
- Entran Durán, F. (2005). Procesos de periurbanización. *Papers*, Vol. 78, 59-88.
- ESRI. (30 de enero de 2021). *ArcGis Blog*. Obtenido de <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/?rmedium=redirect&rsource=blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>
- García Ortega, R., & Nava Ortiz, S. (1995). 6.1 Esquema metropolitano de usos del suelo. En G. Garza Villareal (Coord.), *Atlas de Monterrey* (págs. 311-318). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Garza Villarral, G. (1995). 3.2 Estructura macroeconómica. 1960-1988. En G. Garza Villareal (Coord.), *Atlas de Monterrey* (págs. 102-109). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Garza Villareal, G., y Sobrino, L. J. (1995). 3.9 Distribución industrial intrametropolitana, 1940-1988. En G. Garza Villareal (Coord.), *Atlas de Monterrey* (págs. 153-159). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Garza, G., Filion, P., y Sands, G. (2003). 5. MONTERREY EN EL CONTEXTO DE LA GLOBALIZACIÓN. En *Políticas urbanas en grandes metrópolis: Detroit, Monterrey y Toronto* (págs. 137-166). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Gis&Beers. (4 de Enero de 2019). *Profundidad de píxel en imágenes ráster*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/profundidad-de-pixel-imagenes-raster/>
- Gm Capital. (29 de Septiembre de 2020). *¿Qué es la densificación urbana y cómo beneficia a la comunidad: Una solución para el crecimiento desordenado de las ciudades*. Obtenido de <https://www.gmcapital.com.mx/densificacion-urbana>
- González Arellano, S., y Villeneuve, P. (2006). Transformaciones en el espacio socioresidencial de Monterrey, 1990-2000. *Estudios demográficos y urbanos*, Vol. 22, Núm. 1 (64), 143-178.
- Gutiérrez Mendoza, G. (1998). Estudio del crecimiento de la mancha urbana de la ZMCM a través de sensores remotos. Ciudad de México, México: El Colegio de México.
- Hernández, A. (9 de Marzo de 2021). *Contextual*. Obtenido de Descontrol y expansión urbana en Monterrey: <https://contextual.mx/contenido/descontrol-y-expansin-urbana>
- HISOUR: HI SO YOU ARE. (Página visitada el 23 de Febrero de 2021). *Sistema de color YUV*. Obtenido de <https://www.hisour.com/es/yuv-color-system-25916/>
- INEGI. (3 de octubre de 1993). *Aspectos técnicos de las imágenes landsat*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf
- INEGI. (2010a) *Censo de Población y Vivienda 2010*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

- INEGI. (2010b). *Manual de Cartografía Geoestadística*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/mg/metadatos/manual_cartografia_censal.pdf
- INEGI. (2019). Censos Económicos 2019. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/saic/default.html>
- INEGI. (2020a). *Censo de Población y Vivienda 2020*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2020b). *Cubo de Datos Geoestadístico de México (CDGM)*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/geomediana/doc/cubo_de_datos.pdf
- INEGI. (2020c). Marco Geoestadístico Nacional. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas>
- INEGI. (2021a). *Geomediana Landsat*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/investigacion/geomediana/#Descargas>
- INEGI. (2021b). *Presentación de resultados del Censo de población vivienda del año 2020, Estados Unidos Mexicanos*. México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/Censo2020_Principales_resultados_ejecutiva_EUM.pdf
- Infonavit. (2015). Atlas del abandono de vivienda. D.F: Cuadra.
- Joint Research Center. (17 de Noviembre de 2019). *Global Human Settlement Layer*. Obtenido de <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/>
- La Jornada*. (18 de noviembre de 2020). Obtenido de Presenta Inegi el Cubo de Datos Geoespaciales de México: <https://www.jornada.com.mx/ultimas/economia/2020/11/18/presenta-inegi-el-cubo-de-datos-geoespaciales-de-mexico-4551.html>
- Leal Iga, J., Sáenz López, K. A., López Estrada, R. E., & Hinojosa Cruz, A. V. (2013, No 2). La política pública para la vivienda social ubicada en la periferia. *Azarbe: Revista internacional de trabajo social y bienestar*, 33-41.
- León Rojas, H. E. (Agosto de 2019). Expansión urbana y exposición a riesgos asociados al aumento del nivel del mar: análisis comparativo de las ciudades costeras de la Península de Yucatán, 1975-2014. Ciudad de México, México: El Colegio de México.
- Lezama, J. L. (2014). Teoría Social: espacio y ciudad. En j. L. Lezama, *La emergencia del fenómeno urbano: ciudad e historia* (págs. 51-154). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Liu, J. G., & Mason, P. J. (2016). *Image processing and GIS for remote Sensing: Techniques and applications*. Oxford, UK: Wiley Blackwell.
- Liua, Z., Liua, S., Qia, W., & Jind, H. (2018). Urban sprawl among Chinese cities of different population sizes. *Habitat Internacional*, 79, 89-98.
- Maa, Y., & Xu, R. (2010). Remote sensing monitoring and driving force analysis of urban expansion in Guangzhou City, China. *Habitat International*, 34, 228-235.

- Maldonado, J. (27 de Febrero de 2020). *aviMéx*. Obtenido de Hay 50 mil viviendas del Infonavit abandonadas en Nuevo León: <http://avimexnews.com/hay-50-mil-viviendas-del-infnavit-abandonadas-en-nuevo-leon/>
- Marengo, C. (2004). Una aproximación a la segregación residencial, como punto de partida en la formulación de políticas. *Revista INVI*, vol. 19, núm. 50, 167-183.
- Martínez Camarena, J. A. (2018). Análisis de las políticas de contención urbana a partir de las relaciones intergubernamentales en México, un estudio de caso del estado de Guanajuato 2014-2016. Guanajuato, México.
- McGarigal, K. (2015). *FRAGSTATS HELP*. Amherst.
- Mendoza Cota, J. E. (2003). Especialización manufacturera y aglomeración urbana en las grandes ciudades de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. IV, núm. 13, 95-126.
- Mendoza Terrazas, C., & Sánchez Flores, E. (2009). Crecimiento urbano disperso en la frontera norte de México: organización espacial y eficiencia de los patrones de crecimiento urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory"* (págs. 107-118). Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions.
- Michellini, J. J., & Pintos, P. (2016). Metropolitan expansion and new socio-spatial segregation scenarios in contemporary Argentina. The case of Nordelta -Las Tunas (Buenos Aires). *Habitat Internacional*, Vol 54, 40-49.
- Monkkonen, P. (2011). Do Mexican Cities Sprawl? Housing Finance Reform and Changing Patterns of Urban Growth. En P. Monkkonen (Comp.), *Artículos sobre Urbanismo en México, Volumen II: Financiamiento de la Vivienda y Expansión Urbana (2019)* (págs. 31-50). Los Ángeles, California, Estados Unidos.
- Monkkonen, P., y Giottonini Badilla, P. (2017). Repensar la contención urbana en México: Del control del crecimiento a la promoción del crecimiento de calidad. En P. Monkkonen (Comp.), *Artículos sobre Urbanismo en México, Volumen II: Financiamiento de la Vivienda y Expansión Urbana (2019)* (págs. 69-94). Los Ángeles, California, Estados Unidos.
- Moreno Cortés, J., & Partida Bush, V. (2011). Factores que afectan la expansión urbana del noreste de la Zona Metropolitana del Valle de México (2000-2005). *Clío América*, Núm. 9, 12-49.
- Naciones Unidas. (2017). *Nueva Agenda Urbana*.
- Naciones Unidas. (12 de Octubre de 2020). *World Urbanizaion Prospects 2018*. Obtenido de <https://population.un.org/wup/>
- Navarro-Tec, S., Orozco del Castillo, M. G., Valdiviezo Navarro, J. C., Ordaz Bencomo, D. R., Moreno Sabido, M. R., & Bermejo Sabbagh, C. (2018). Análisis del crecimiento urbano y su relación con el incremento de temperaturas en la ciudad de Mérida utilizando imágenes satelitales. *Research in Computing Science* 147 (7), 285-294.
- Oueslati, W., Alvanides, S., & Garrod, G. (2015). Determinants of urban sprawl in European cities. *Urban Studies*, Vol. 52, No. 9, 1594-1614.
- Peiser, R. (2001, Vol. 72, No. 3). Decomposing urban sprawl. *The town planning review*, 275-298.
- Peisser, R. (1989). Density and urban sprawl. *Land Economics*, Vol. 65. No. 3, 193-204.

- Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025. (2012). Monterrey, Nuevo León, México.
- Ponce López, R., & Lozano García, F. (2021). <https://expansionurbanamty.mx/equipo.html>. Obtenido de Expansión urbana de Monterrey.
- Pradilla Cobos, E. (2011). Teoría sobre el sprawl y la ciudad compacta: de la ciudad compacta a las periferias dispersas de México. En J. M. Fitch Osuna, A. Escobar Ramírez, & C. Marmolejo Duarte, *Ciudad y territorio: ciudad compacta vs. ciudad dispersa, visiones desde México y España* (págs. 27-48). Tendencias.
- Razin, E. (1998). Policies to control urban sprawl: planning regulations or changes in the 'Rules of the game'. *Urban Studies*, Vol. 35, No. 2, 321-340.
- Reyes, A. (2020). *From the top down: The governance of urban development in Mexico*. Toronto, Ontario, Canada: IMFG perspectives.
- Scheteingart, M., & Salazar, C. (2003). Expansión urbana, protección ambiental y actores sociales en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, Vol. 18, Núm. 3 (54), 433-460.
- Schteingart, M. (1989). *Los productores del espacio habitable: Estado, empresa y sociedad en la Ciudad de México*. Ciudad de México: El Colegio de México.
- SEDATU y CONAVI. (Enero de 2014). *Perímetros de Contención Urbana, RENARET*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/80337/MODELO_PCU_Reservas_Territoriales_2014.pdf
- SEDATU y CONAVI. (2018a). *Guía de Aplicación del Anexo de puntaje de las Reglas de Operación 2018 para desarrolladores y verificadores*. Obtenido de https://www.conavi.gob.mx/documentos/SGAVPS/SUSTENTABILIDAD/Guia_de_aplicacion_d_el_Anexo_de_Puntaje_de_las_Reglas_de_Operacion_2018.pdf
- SEDATU, CONAPO e INEGI. (2018b). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*. Ciudad de México.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE*, Vol 6, No 8, 1-9.
- Sobrino, L. J. (2014). Migración interna y tamaño de localidad en México. *Estudios demográficos y urbanos*, 29(3), 443-480.
- Sousa, E. (2010). De la ciudad a la metrópoli: una interpretación teórica del fenómeno expansivo ligado a la vivienda, a la vulnerabilidad y a la pobreza. *INVI*, Vol. 25, 19-101.
- Suárez, M., & Delgado, J. (2007). La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativas para el año 2020. *Estudios demográficos y urbanos*, Vol. 22, núm. 1 (64), 101-142.
- Tamayo, S., Azuara, I., de la Rosa, J., & González, S. (2007). *Los Desafíos del Bando 2: Evaluación multidimensional de las políticas habitacionales en el Distrito Federal 2000-2006*. Ciudad de México.
- Tecco, C. A. (sf). Periurbanización y metropolización, desafíos y cuestiones críticas en el área metropolitana de Córdoba. 1-20.

- Unikel, L., Ruiz Chiapetto, C., & Garza Villarreal, G. (1978). El proceso de urbanización a nivel nacional. En L. Unikel, C. Ruiz Chiapetto, & G. Garza Villarreal, *El desarrollo urbano de México* (págs. 17-63). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Universidad de Morelia (México). (Página revisada el 9 de Febrero de 2021 a la 1:25pm). *Tema 1 Fundamentos físicos de la teledetección*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>
- Universidad de Morelia (México). (Página revisada el día 8 de Febrero de 2021b a las 7:22 p.m.). *Tema 10 Introducción a las técnicas de clasificación. Generación de clases*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/clasific.html>
- USGS. (31 de enero de 2021). *USGS: Science for a changing world*. Obtenido de https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-satellite-missions?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con
- Wang, X., Shi, R., & Zhou, Y. (2020). Dynamics of urban sprawl and sustainable development in China. *Socio-Economic Planning Sciences* 70, 1-13.
- Wassmer, R. W. (2000). What is Urban Sprawl. En *Urban sprawl in a U.S. Metropolitan Area*. Lincoln Institute of Land Policy.
- Ybáñez Zepeda, E., & Barboza Lara, C. (2017). Trayectorias recientes de la migración interna en la Zona Metropolitana de Monterrey: características, orígenes y destinos a nivel municipal, 2010. *Estudios demográficos y urbano*, Vol. 32, Núm. 2 (95), 245-281.
- Zhang, Z., Liu, F., Zhao, X., & Wang, X. (2018). Urban expansion in China base on temote sensing technology a review. *China Geography Science*, 727-743.

ANEXO 1. DIAGNÓSTICO DE DATOS

De la Geomediana Landsat del Cubo de Datos Geoespaciales de México -el cual fue presentado por el INEGI el mes de noviembre del año 2020 (La Jornada, 2020)- se descargaron en total 12 imágenes ráster las cuales están listadas en el *Cuadro I*, según su nombre, año de recolección de la información por parte del censor e índice espacial.

CUADRO I. CAPAS DESCARGADAS DE LA GEOMEDIANA LANDSAT SEGÚN NOMBRE DEL MOSAICO, AÑO E ÍNDICE ESPACIAL

Número	Mosaicos de la geomediana descargados	Año que representa	Índice espacial
1	gm_2013_mx_015006	2013	Mx_015006
2	gm_2013_mx_015007	2013	Mx_015007
3	gm_2013_mx_016006	2013	Mx_016006
4	gm_2013_mx_016007	2013	Mx_016007
5	gm_2016_mx_015006	2016	Mx_015006
6	gm_2016_mx_015007	2016	Mx_015007
7	gm_2016_mx_016006	2016	Mx_016006
8	gm_2016_mx_016007	2016	Mx_016007
9	gm_2019_mx_015006	2019	Mx_015006
10	gm_2019_mx_015007	2019	Mx_015007
11	gm_2019_mx_016006	2019	Mx_016006
12	gm_2019_mx_016007	2019	Mx_016007

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

Las capas ráster que se descargaron de los años 2013, 2016 y 2019 vienen en formato TIFF, una de las características de este formato es que además de almacenar imágenes en blanco y negro también permite el uso de espacios de color tipo RGB (Red, Green and Blue), CMYK (Cian, Magenta, Yellow, Key Black), Lab, YUV y YcrCB, otra que estas imágenes permiten almacenar información mediante etiquetas lo que simplifica la programación del software, sobre todo a la hora de guardar datos georreferenciados y otra característica es que el formato TIFF es uno ‘sin pérdida’, es decir, que cada uno de sus píxeles permite guarda una copia de la información sin comprimirla (otros formatos como el JPEG, por ejemplo, si presentan este problema y es por eso que se le denomina un formato destructivo de datos) (Gis&Beers, 2019; CCM Benchmark, 2021a, 2021b).

Al respecto del Cubo de Datos Geoespaciales de México ésta es una base de datos abiertos que cuenta con información georreferenciada, capturada por distintos satélites y almacenada en

distintos formatos, a la fecha las imágenes satelitales que allí se encuentran disponibles cubren un periodo que va desde el año 1984 hasta el año 2019 (INEGI, 2021a):

“La serie de mosaicos denominados Geomediana Landsat, se construye mediante el procesamiento y análisis de todas aquellas imágenes de los satélites Landsat, que captan alguna porción del territorio nacional. Este procesamiento consiste en agrupar todas las imágenes de un mismo año y alinearlas de acuerdo al territorio que cubren. La geomediana es el resultado de buscar la imagen que mejor representa todas las imágenes de un mismo año. El resultado final son mosaicos continuos y libres de ruido (nubes y sombras), que preservan las relaciones multi – espectrales”

La serie Geomedianas Landsat provee de una fuente idónea para la aplicación de métodos de ciencia de datos para analizar fenómenos con una periodicidad anual y que se reflejan en el territorio de manera persistente” (INEGI, 2021a).

Haciendo una revisión de los datos con ayuda del programa Qgis v. 3.16 se pudo determinar que la profundidad de los datos es de 16 bits, que cada imagen TIFF tiene una proyección Cónica Equiárea de Albers, que independientemente de su índice espacial las imágenes ráster descargadas representaron todas unas dimensiones de 5000 por 5000, de píxeles de 30 m² cada uno y que las bandas de color almacenadas para cada una de las capas ráster utilizadas son: una azul, una verde, una roja, una de infrarrojo cercano (NIR), una de infrarrojo de onda corta 1 (Swir 1) y una de infrarrojo de onda corta 2 (Swir 2).

El hecho de que la profundidad de imagen ráster en formato TIFF sea de 16 bits en números enteros implica que el rango de valores de color por cada una de las bandas del píxel se encuentra en un rango que va desde -32768 a 327670 (Gis&Beers, 2019; ArcGIS, 2021). Esto se corroboró por medio de un análisis de los datos que se hizo a cada una de las capas utilizando la opción ‘Información del ráster’ del complemento Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) del programa Qgis v. 3.16, el resumen estadístico obtenido por medio de la herramienta ‘Información del ráster’ es el siguiente:

CUADRO II. ESTADÍSTICOS RÁSTER POR BANDA, AÑO E ÍNDICE ESPACIAL

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 1 (Azul)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	10258	7643	12376	13457
Media	970.633621	899.9467961	837.7175148	535.8444599
Valor Mínimo	-36	-130	37	-7
Desviación estándar	426.5305454	429.7655646	287.2324793	262.1158774
% de píxel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 1 (Azul)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	12217	20000	19175	5674
Media	791.2175435	712.8413515	643.651722	448.4408626
Valor Mínimo	-1029	-731	16	-121
Desviación estándar	345.2339972	343.2298421	208.1255596	197.2066555
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
Banda del espectro	Banda 1 (Azul)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19883	18690	19747	4695
Media	792.2553151	763.3572453	636.7084	469.7970422
Valor Mínimo	-453	-88	31	-130
Desviación estándar	360.5962943	378.5310238	220.9960871	216.5436192
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 2 (Verde)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	11388	8237	12343	13856
Media	1347.882343	1249.235874	1253.056948	843.0092384
Valor Mínimo	22	-41	59	46
Desviación estándar	566.3492225	558.3948696	394.7072946	357.9571153
% de pixel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 2 (Verde)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	12536	18056	19226	6349
Media	1104.060326	990.6851621	986.002537	720.5193479
Valor Mínimo	-3	-73	49	-29
Desviación estándar	454.3551803	441.1094965	288.5951297	261.7337278
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
Banda del espectro	Banda 2 (Verde)			

Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19886	18766	19762	5325
Media	1104.402582	1052.537684	972.8413998	747.6918006
Valor Mínimo	34	-13	76	-43
Desviación estándar	472.4225747	487.3609162	300.7175285	292.7348173
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 3 (Rojo)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19897	20000	19691	14121
Media	1575.251722	1479.000405	1437.499824	863.6045242
Valor Mínimo	14	-26	44	4
Desviación estándar	741.1310122	728.9463106	538.815233	487.8361599
% de pixel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 3 (Rojo)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	20000	20000	19440	6975
Media	1252.071195	1149.885207	1090.403439	723.0677605
Valor Mínimo	-3	-49	26	-20
Desviación estándar	589.743516	572.1046803	404.5788274	369.5976232
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
Banda del espectro	Banda 3 (Rojo)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19888	20000	19850	5744
Media	1255.823981	1231.705968	1074.950124	750.3878718
Valor Mínimo	12	-16	33	-27
Desviación estándar	617.3398282	630.9769368	419.0405221	404.222919
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 4 (nir)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	11233	9148	9556	7891
Media	2638.56162	2602.029048	2841.303456	2637.30301
Valor Mínimo	134	109	74	134

Desviación estándar	632.700177	651.2384326	523.2657033	407.3880534
% de pixel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 4 (nir)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	11915	8511	7282	7276
Media	2387.08796	2238.704574	2580.180263	2468.250888
Valor Mínimo	90	47	67	68
Desviación estándar	515.9425506	540.2389383	470.919804	371.7587699
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
Banda del espectro	Banda 4 (nir)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	9718	8224	7057	6496
Media	2393.6512	2311.145783	2544.565096	2470.821976
Valor Mínimo	146	92	68	102
Desviación estándar	533.3209089	599.5724619	472.0349229	395.1597891
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 5 (swir1)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19909	20000	13242	12721
Media	3087.012793	3020.898613	3229.178116	2518.533212
Valor Mínimo	105	52	25	58
Desviación estándar	974.5890829	1060.432186	834.1464689	822.1033836
% de pixel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 5 (swir1)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	20000	20000	14006	7297
Media	2739.208565	2657.582931	2796.130041	2291.781145
Valor Mínimo	78	40	26	23
Desviación estándar	843.1009058	935.0157967	716.9628933	684.4706547
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
------------	-------------	--	--	--

Banda del espectro	Banda 5 (swir1)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	20000	20000	12518	7312
Media	2740.379008	2745.999888	2728.300826	2291.360692
Valor Mínimo	102	63	26	34
Desviación estándar	878.1745832	997.5045575	732.5598913	724.504664
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2013			
Banda del espectro	Banda 6 (swir2)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	19907	14157	13103	8786
Media	2452.357048	2387.819868	2381.707728	1646.0295
Valor Mínimo	63	40	15	30
Desviación estándar	946.9846942	990.7812923	784.7479149	780.5249556
% de pixel validos	99.999	99.999	100	99.999

Año	2016			
Banda del espectro	Banda 6 (swir2)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	14785	20000	11569	6475
Media	2072.977047	2016.083741	1885.635067	1400.731459
Valor Mínimo	37	20	15	8
Desviación estándar	807.981046	845.6261891	625.7981155	614.5007044
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Año	2019			
Banda del espectro	Banda 6 (swir2)			
Índice espacial	<i>MX_015006</i>	<i>MX_015007</i>	<i>MX_016006</i>	<i>MX_016007</i>
Valor Máximo	20000	20000	13123	6664
Media	2063.545406	2101.349419	1855.534779	1440.204621
Valor Mínimo	47	35	19	22
Desviación estándar	846.1624598	905.6161705	650.0119872	671.4082937
% de pixel validos	99.999	99.999	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)

Analizando los datos del del *Cuadro II*, se pudo observar que los valores corresponden a la escala de números enteros (que contempla positivos y negativos), que los promedios más altos del espectro corresponden a las bandas 4, 5 y 6, lo que nos dice que la reflectancia de estas bandas es

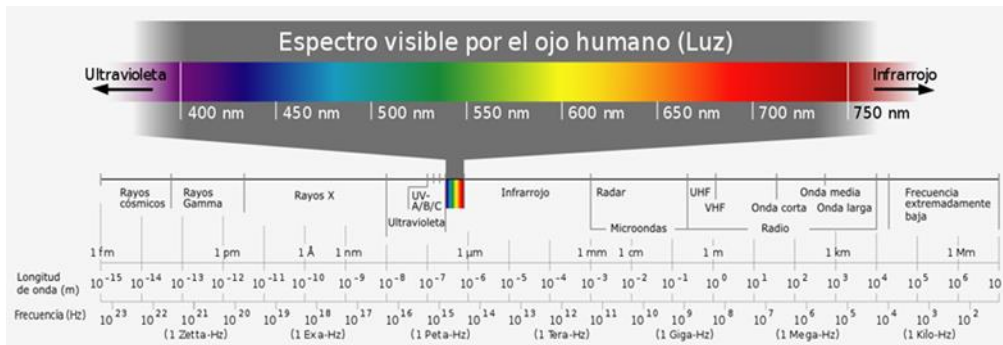
mayor a la reflectancia de las bandas 1, 2 y 3 (Universidad de Morelia, México, 2021) y que la mayor desviación estándar también la reportan las bandas 4, 5 y 6.

Las bandas de color que almacenan las capas ráster es información que se obtiene del espectro electromagnético y que se captura por medio de sensores, con el propósito de profundizar un poco sobre las características de las capas ráster descargadas de la Geomediana Landsat, a continuación se muestra, primero, la región del espectro electromagnético capturada por los satélites Landsat 7 y Landsat 8 (ESRI, 2021) y, segundo, una imagen que representa el espectro electromagnético, e indica su longitud de onda dependiendo de la franja de color que se esté analizando.

CUADRO III. ANCHO DE BANDA Y RESOLUCIÓN SEGÚN COLOR DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO CAPTURADO POR LOS SATÉLITES LANDSAT 7 Y LANDSAT 8

Landsat 7			Landsat 8		
Band Name	Bandwidth (μm)	Resolution (m)	Band Name	Bandwidth (μm)	Resolution (m)
			Band 1 Coastal	0.43 - 0.45	30
Band 1 Blue	0.45 - 0.52	30	Band 2 Blue	0.45 - 0.51	30
Band 2 Green	0.52 - 0.60	30	Band 3 Green	0.53 - 0.59	30
Band 3 Red	0.63 - 0.69	30	Band 4 Red	0.64 - 0.67	30
Band 4 NIR	0.77 - 0.90	30	Band 5 NIR	0.85 - 0.88	30
Band 5 SWIR 1	1.55 - 1.75	30	Band 6 SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 SWIR 2	2.09 - 2.35	30	Band 7 SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 Pan	0.52 - 0.90	15	Band 8 Pan	0.50 - 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 6 TIR	10.40 - 12.50	30/60	Band 10 TIRS 1	10.6 - 11.19	100
			Band 11 TIRS 2	11.5 - 12.51	100

Fuente: ESRI, 2021

FIGURA I. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO, ORDENADO POR LONGITUD DE ONDA

Fuente: Alonso, 2021.

Como se puede observar en el *Cuadro III* y la *Figura I* las capas ráster con las que se trabaja captan información parcial del espectro electromagnético, así mismo, de acuerdo a la *Figura I*, el espectro visible el ojo humano sólo contempla una pequeña fracción del espectro electromagnético, las bandas azul, verde y roja se encuentran en esta zona, mientras que las bandas de infrarrojo cercano (nir) e infrarrojos de onda corta (swir1 y swir 2) no, por lo que su representación a color por medio de programas informáticos se conoce como de “falso color” Liu et al., (2016). Cabe notar que a medida que nos desplazamos a la derecha de la imagen que representa el espectro electromagnético (*Figura I*) podemos notar que la longitud de onda se hace cada vez mayor, siendo entonces normal que la desviación estándar que corresponde a las bandas infrarrojas de los datos sea mayor.

Respecto a las capas poligonales que se descargaron del Marco Geoestadístico del INEGI estas tienen por defecto un *Sistema de Referencia Espacial* MEXICO_ITRF_2008_LCC y una extensión en metros. Cada una de estas capas presenta un número de polígonos correspondiente a las divisiones administrativas que contempla. Por ejemplo, la capa que contiene los municipios de Nuevo León para el año 2019 está compuesta por 51 polígonos, donde cada uno de ellos representa un municipio del estado. Las capas vectoriales que se descargaron del Marco Geoestadístico fueron las que contenían los municipios de Nuevo León y la capa de los estados que conforman México en el año 2019 (esta capa se usó principalmente para hacer el mapa de localización del área de estudio).

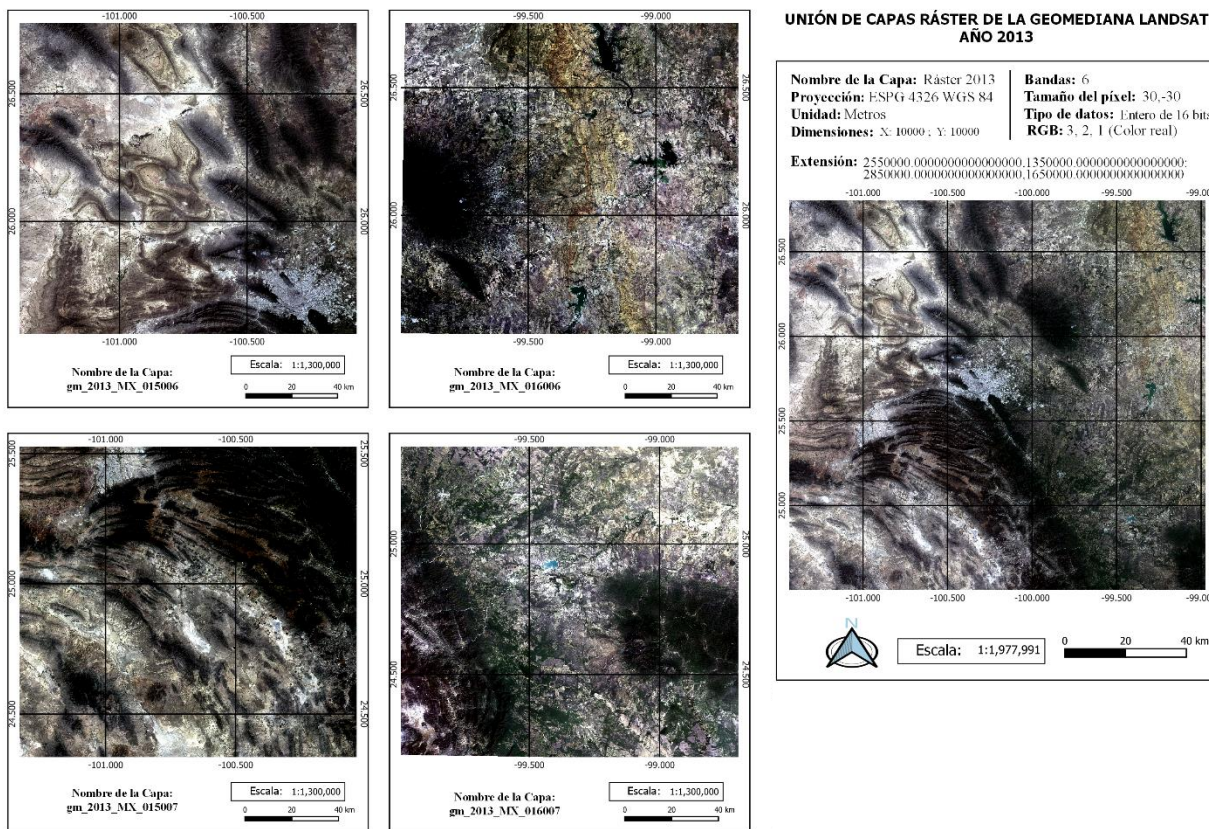
Las capas vectoriales de los PCU que se descargaron del SNIIV, por su parte, presentan un sistema de coordenada EPSG: 4326 datum WGS 84 (en grados), estas capas que también están

conformadas por varios polígonos representan los contornos de la PCU para diferentes años y ciudades mexicanas, para los propósitos de la tesis solamente se utilizaron las capas vectoriales de los PCU de los años 2014, 2017 y 2018 y que se encuentran dentro de los municipios que conforman el AMM.

ANEXO 2. TRATAMIENTO DE DATOS

Lo primero que se hizo fue reproyectar las capas vectoriales que contenían los municipios del estado de Nuevo León y las capas vectoriales de los contornos de la política de PCU a la proyección Albers WGS 80, después, para obtener la extensión de las capas ráster con la que se calcula la expansión metropolitana del Área Metropolitana de Monterrey, durante el periodo 2013-2020, se tuvo que utilizar 4 capas TIFF solamente para representar la extensión urbana de Monterrey de un año determinado, en otras palabras, para obtener la extensión urbana de Monterrey del año 2013 fue necesario fusionar o unir cuatro imágenes TIFF que representaban un área en el espacio de 150000 m2 cada una, lo mismo para el año 2016 y para el año 2019.

MAPA I. UNIÓN DE CAPAS RÁSTER DE LA GEOMEDIANA LANDSAT, AÑO 2013



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

Cada una de las cuatro imágenes de 150 000 m2 con las que se obtiene la extensión metropolitana de Monterrey de un año corresponde a alguno de los siguientes cuatro índices

espaciales: Mx_015006; Mx_015007; Mx_016006; Mx_016007 (esto se puede comprobar en el Cuadro I del Anexo I).

Como resultado de la unión de estas capas se obtuvieron 3 capas ráster que representaban los años 2013, 2016 y 2019, cada una de las cuales tenía una proyección Albers WGS 80, una resolución de 30 m2 por pixel, una extensión 2550000.000000000000000000000000 , 1350000.000000000000000000000000 : 2850000.000000000000000000000000 , 1650000.000000000000000000000000, un área de 300 000 m2 y 6 bandas del espectro electromagnético. Algunas estadísticas importantes que resumen la información que contiene cada una de las bandas pueden consultarse a continuación:

CUADRO IV. ESTADÍSTICAS DE LAS CAPAS ANUALES, 2013-2019

Año	2013					
Índice espacial	Banda 1 (Azul)	Banda 2 (Verde)	Banda 3 (Rojo)	Banda 4 (nir)	Banda 5 (swir1)	Banda 6 (swir2)
Valor Máximo	13457	13856	20000	11233	20000	19907
Media	811.0355056	1173.296031	1338.838981	2679.795589	2963.901068	2216.974938
Valor Mínimo	-130	-41	-26	0	0	0
Desviación estándar	396.1226433	516.7643427	692.8314043	570.0591596	966.0709048	940.9049728
% de pixel validos	99.999	99.999	99.999	99.999	100	100

Año	2016					
Índice espacial	Banda 1 (Azul)	Banda 2 (Verde)	Banda 3 (Rojo)	Banda 4 (nir)	Banda 5 (swir1)	Banda 6 (swir2)
Valor Máximo	20000	19226	20000	11915	20000	20000
Media	649.0373179	950.3164462	1053.856081	2418.540319	2621.155066	1843.841201
Valor Mínimo	-1029	-73	-49	0	0	0
Desviación estándar	309.7390878	397.5404528	532.6005237	495.0019758	824.9488467	777.4151609
% de pixel validos	99.999	99.999	99.999	99.999	100	100

Año	2019					
Índice espacial	Banda 1 (Azul)	Banda 2 (Verde)	Banda 3 (Rojo)	Banda 4 (nir)	Banda 5 (swir1)	Banda 6 (swir2)
Valor Máximo	19883	19886	20000	9718	20000	20000
Media	665.5289656	969.3678398	1078.216203	2430.041372	2626.49724	1865.148801
Valor Mínimo	-453	-43	-27	0	0	0
Desviación estándar	329.3237853	421.6429696	565.8655737	513.120557	862.8151914	819.3455117
% de pixel validos	99.999	99.999	99.999	99.999	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

Las capas resultantes de la unión, al igual que las que son usadas para tal unión, contienen pixeles que representan cada uno una firma espectral distinta, esta heterogeneidad responde a la interacción entre la radiación y los objetos dado el tipo de radiación capturada o registrada por los sensores empleados -que pueden ser, según su origen, radiación solar, terrestre o emitida por sensores remotos- y las características de reflectividad, absorción y transmisividad de los objetos para con la radiación (Universidad de Morelia, 2021).

Sobre la información espectral que contienen las capas ráster de la Geomediana Landsat del INEGI se identifica información de seis bandas del espectro electromagnético:

CUADRO V. BANDAS DE COLOR DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

No. de Banda	Color
Banda 1	Azul
Banda 2	Verde
Banda 3	Rojo
Banda 4	NIR
Banda 5	SWIR 1
Banda 6	SWIR 2

Fuente: Elaboración propia

Una vez unidas las capas lo que sigue es el corte de las capas ráster para que la información espectral a analizar coincida con los límites geográficos de los municipios que conforman el AMM, este paso se hizo con ayuda del programa ArcGIS y la capa vectorial de los municipios de Nuevo León al año 2019 que se descargó del Marco Geoestadístico.

Es a partir de las capas cortadas que se empieza el proceso de clasificación, con los que se obtienen mapas temáticos de tres tipos o clases de suelo: ‘Área construida’, ‘Área no construida’ y ‘Cuerpos de agua’¹⁰². Cuando se hace mención a los procesos de clasificación de imágenes espectrales se hace referencia a métodos de estadística multivariada con los que se pueden discriminar los pixeles en clases o tipos, esta discriminación puede hacerse gracias a la información multispectral de los pixeles (Liu et al., 2016, p. 91).

¹⁰² Las tres clases las elegí a partir de un proceso de prueba y error en el que terminé optando por el número de clases que, me pareció, identificaba mejor el área construida de la ciudad metropolitana de Monterrey.

Respecto a la clasificación de los datos ráster la literatura menciona principalmente el uso de dos grupos de métodos de aprendizaje automatizado, los métodos de *clasificación supervisada* y los métodos de *clasificación no supervisada* (Advanced Tech Computing Group UTPL, 2008).

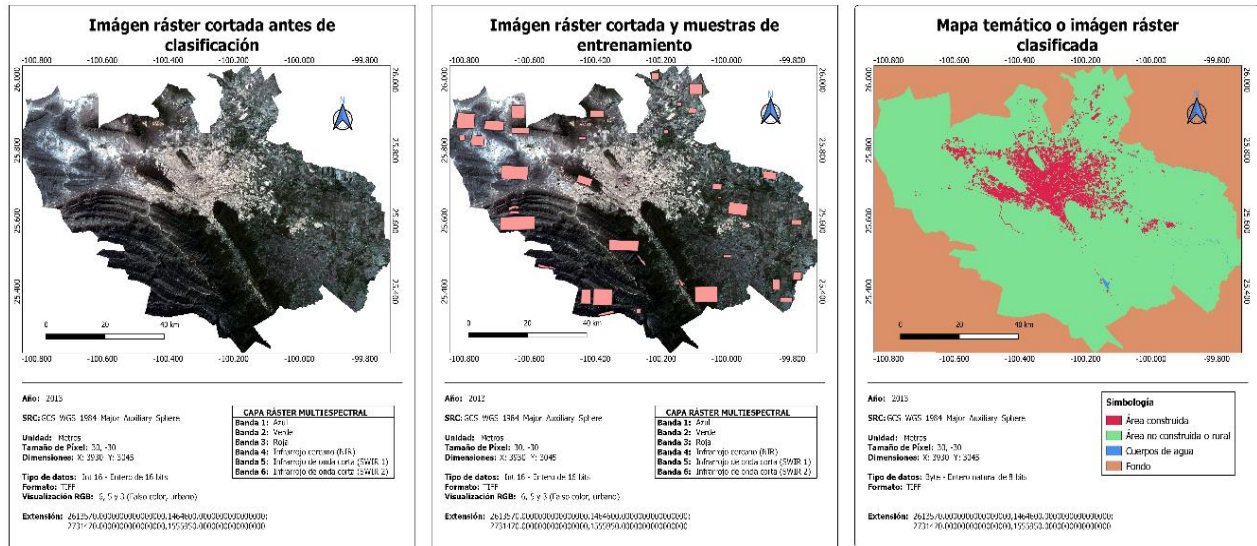
Por una parte, el método de *clasificación no supervisada* es aquel con el que, a partir de un algoritmo matemático, se clasifican elementos según medidas de similitud o diferenciación, este método por lo general se denomina como “objetivo” porque la clasificación depende casi que exclusivamente de los algoritmos empleados, aunque el número de clases estimadas dependa de la decisión del investigador (Universidad de Morelos, 2021b).

Por otra parte, el método de *clasificación supervisada* es aquel en el que, además de algoritmos matemáticos, depende en buena medida de la clasificación hecha a priori por el investigador, este método en particular depende del uso de campos de entrenamiento, que son muestras seleccionadas y clasificadas por el investigador según su conocimiento del objeto de estudio y su capacidad para diferenciarlo según sus características, estos campos de entrenamiento sirven posteriormente a herramientas de clasificación automatizada para que discriminen el resto del universo muestral de la imagen ráster estudiada, según el número de categorías previamente establecidas por el investigador (Ibid., 2021b). Para el caso de esta tesis el método que se usará es el de *clasificación supervisada*.

El proceso de clasificación supervisada cuenta con 3 fases, una primera fase que contempla la selección de áreas de entrenamiento, una segunda fase que comprende la selección del algoritmo a usar para la clasificación y clasificación y una tercera fase de operaciones de posclasificación (Bense, 2007).

En la primera fase el investigador selecciona superficies de interés a las que se les conoce como *regiones, campos, zonas o muestras de entrenamiento*, que servirán posteriormente para la clasificación, en la segunda fase se selecciona y corre el algoritmo de clasificación que tendrá en cuenta los campos de entrenamiento seleccionados, generalmente los más usados son los de mínima distancia, paralelepípedos y máxima verosimilitud, mientras que la tercera fase sería la edición visual de los resultados obtenidos (Ibid., 2007). La siguiente imagen permite observar mejor este proceso, el cual se realiza para cada una de las capas ráster anuales cortadas:

MAPA II. PROCESO DE CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES RÁSTER PARA CAPA TEMÁTICA DEL AÑO 2013



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)

El algoritmo de máxima verosimilitud con el que se obtuvieron los mapas temáticos de los años 2013, 2016 y 2019 operó de acuerdo con información de firmas espectrales creadas a partir de los campos de entrenamiento y que se muestra a continuación:

CUADRO VI. FIRMA ESPECTRAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL AÑO 2013

# Type	Number of Classes	Number of Layers	Number of Parametric Layers			
1	3	6	6			
# =====						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
1	2280	Cuerpos de agua				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	419.94298	626.48246	435.06886	474.26096	315.92500	215.68377
# Covariance						
1	27769.38420	35191.67079	44572.66474	58476.39444	55151.97729	42826.95212
2	35191.67079	47339.12913	61239.62012	90221.68405	79243.72993	59492.54228
3	44572.66474	61239.62012	82472.56173	135498.76658	115758.35751	84822.82126
4	58476.39444	90221.68405	135498.76658	370204.59400	277186.34297	181623.71924
5	55151.97729	79243.72993	115758.35751	277186.34297	226798.98911	155127.92888
6	42826.95212	59492.54228	84822.82126	181623.71924	155127.92888	109654.83765
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
2	439558	Área no construida o rural				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	568.69020	835.98576	903.58206	2211.97150	2192.09567	1576.88787
# Covariance						
1	96840.16956	122850.78343	157442.19052	87237.57087	206768.93915	205035.35012
2	122850.78343	159263.62091	204002.84001	128464.82757	281195.50297	273110.37163
3	157442.19052	204002.84001	266207.81816	144278.44146	361213.73130	360024.97609
4	87237.57087	128464.82757	144278.44146	302918.19532	308647.20792	222316.36071
5	206768.93915	281195.50297	361213.73130	308647.20792	620403.51263	563681.37677
6	205035.35012	273110.37163	360024.97609	222316.36071	563681.37677	548536.89058
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
3	11825	Área construida				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	1543.18782	1910.94689	2125.25184	2549.56567	2563.51476	2158.64956
# Covariance						
1	504220.41694	587808.04668	647450.16295	585756.33387	623100.55393	484136.86006
2	587808.04668	692913.49177	766755.00610	708241.76719	743970.01812	567554.23156
3	647450.16295	766755.00610	855916.36705	788864.97898	823754.69918	618819.59917
4	585756.33387	708241.76719	788864.97898	847738.90944	820868.91609	551898.83433
5	623100.55393	743970.01812	823754.69918	820868.91609	934896.52771	750868.67356
6	484136.86006	567554.23156	618819.59917	551898.83433	750868.67356	738224.41473

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

CUADRO VII. FIRMA ESPECTRAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL AÑO 2016

# Type	Number of Classes	Number of Layers	Number of Parametric Layers			
1	3	6	6			
# =====						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
1	2280	Cuerpos de agua				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	400.88596	609.71272	395.75132	478.64605	298.00263	196.15746
# Covariance						
1	25674.50915	34133.40996	45218.77681	67487.00087	65685.30306	49790.22902
2	34133.40996	48925.78185	64089.68851	118394.87809	97698.44657	70669.34977
3	45218.77681	64089.68851	87671.34620	164491.43410	140144.37714	100696.50078
4	67487.00087	118394.87809	164491.43410	572381.19937	376035.61260	236912.41863
5	65685.30306	97698.44657	140144.37714	376035.61260	312630.69855	211663.30367
6	49790.22902	70669.34977	100696.50078	236912.41863	211663.30367	147994.55045
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
2	439558	Área no construida o rural				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	484.30964	706.90051	744.64439	2020.95321	1975.82202	1356.73981
# Covariance						
1	71032.28817	88206.77178	109593.65060	72527.90768	163894.92885	150195.47790
2	88206.77178	112029.88775	139087.99938	105530.80295	218229.70355	195239.32543
3	109593.65060	139087.99938	176112.56528	114714.98594	274268.86128	251190.17794
4	72527.90768	105530.80295	114714.98594	304405.21030	283419.69736	184973.29177
5	163894.92885	218229.70355	274268.86128	283419.69736	556460.06041	462609.18099
6	150195.47790	195239.32543	251190.17794	184973.29177	462609.18099	414134.98786
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
3	11825	Área construida				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	1432.03476	1771.43518	1961.84524	2406.92600	2396.89860	1988.36863
# Covariance						
1	375349.99160	442331.73166	490591.90829	449321.06093	471737.80900	345543.09299
2	442331.73166	526675.92123	586103.06338	546779.99584	568625.72216	413180.95307
3	490591.90829	586103.06338	657058.38149	610651.67114	633009.93069	455659.31602
4	449321.06093	546779.99584	610651.67114	680278.58882	649956.23057	409312.80062
5	471737.80900	568625.72216	633009.93069	649956.23057	719844.42840	540954.92650
6	345543.09299	413180.95307	455659.31602	409312.80062	540954.92650	516413.58662

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

CUADRO VIII. FIRMA ESPECTRAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL AÑO 2019

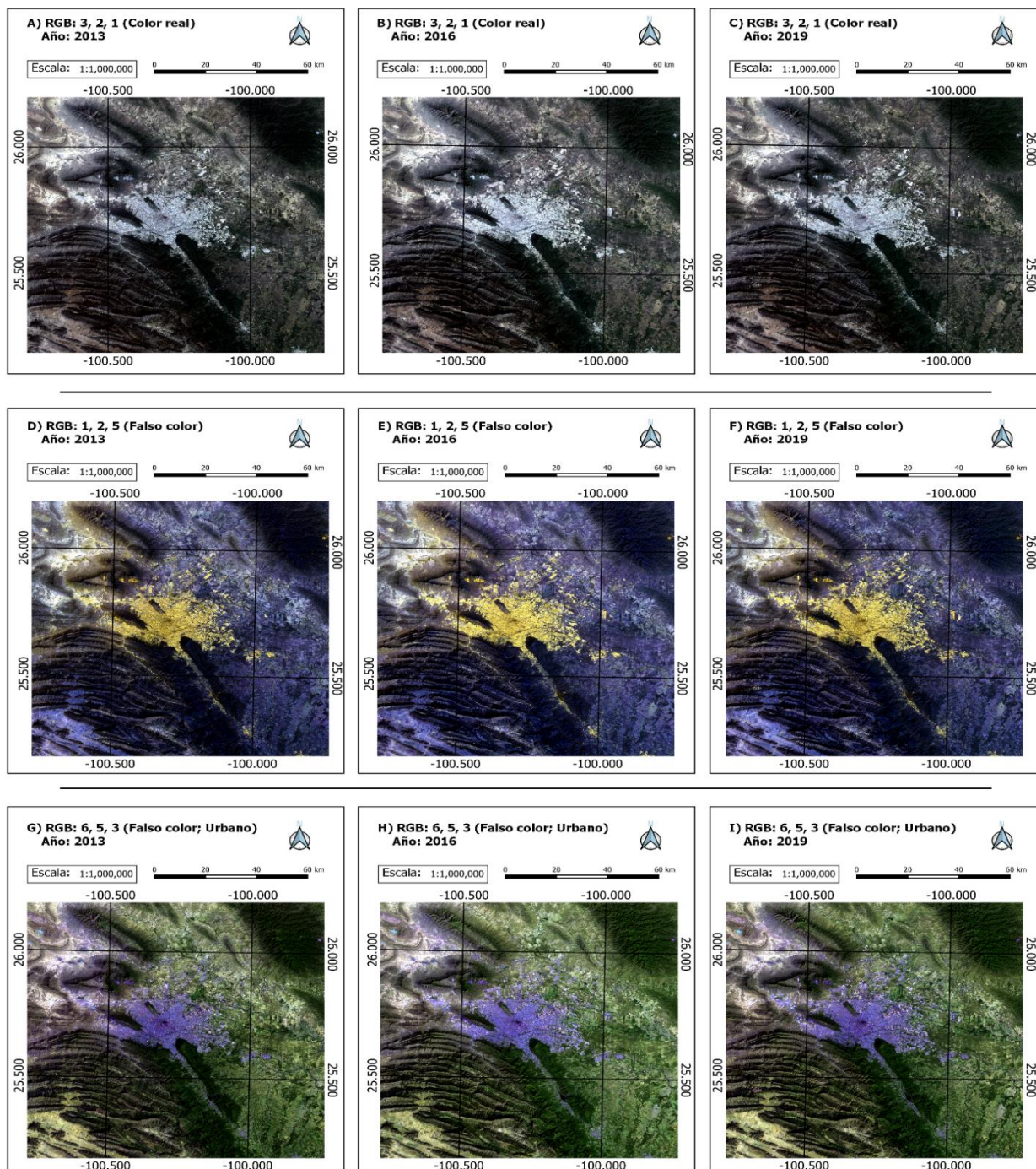
# Type	Number of Classes	Number of Layers	Number of Parametric Layers			
1	3	6	6			
# =====						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
1	2280	Cuerpos de agua				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	365.48465	543.59386	377.01974	550.82456	318.39737	202.26798
# Covariance	1	18867.13272	25931.81605	32497.64817	57843.33956	52297.20531 38519.94378
	2	25931.81605	40431.19171	49370.51614	119775.06342	88125.36374 60318.74689
	3	32497.64817	49370.51614	62253.72186	144257.06358	113367.48184 78532.55724
	4	57843.33956	119775.06342	144257.06358	617563.51550	369423.69502 221469.87854
	5	52297.20531	88125.36374	113367.48184	369423.69502	271432.20184 175790.90136
	6	38519.94378	60318.74689	78532.55724	221469.87854	175790.90136 118224.70876
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
2	439558	Área no construida o rural				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	484.30074	706.47295	741.00685	2041.94180	1973.52539	1348.22481
# Covariance	1	71345.32831	88254.78144	111633.88026	62379.87195	162361.52481 152867.47542
	2	88254.78144	111952.52189	141050.64764	96349.89427	216643.62584 197777.62047
	3	111633.88026	141050.64764	181873.01094	99994.76935	276799.53535 260280.30309
	4	62379.87195	96349.89427	99994.76935	326160.70953	259419.35569 156053.65077
	5	162361.52481	216643.62584	276799.53535	259419.35569	537202.46130 459350.08785
	6	152867.47542	197777.62047	260280.30309	156053.65077	459350.08785 425520.79054
# -----						
# Class ID	Number of Cells	Class Name				
3	11825	Área construida				
# Layers	1	2	3	4	5	6
# Means	1356.97962	1681.74892	1863.82926	2325.84550	2290.13734	1898.51188
# Covariance	1	336184.71009	397495.13477	448983.61831	399251.76038	424705.14928 316007.13104
	2	397495.13477	474858.09181	538777.81048	487275.36496	513702.83641 379157.00210
	3	448983.61831	538777.81048	617856.81278	553380.72852	582483.44564 424265.26856
	4	399251.76038	487275.36496	553380.72852	616906.68325	586218.68064 371903.72591
	5	424705.14928	513702.83641	582483.44564	586218.68064	654565.15367 501053.06941
	6	316007.13104	379157.00210	424265.26856	371903.72591	501053.06941 492542.02458

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

Debido a que la clasificación supervisada requiere la identificación y diferenciación en el espacio, por parte del investigador, de las áreas o clases de interés, toda ayuda visual relacionada es bienvenida.

Una de las ayudas visuales a las que se puede recurrir, y que se usó durante el proceso de identificación de campos de entrenamiento, es la visualización en falso y verdadero color RGB, opción que está disponible softwares como Qgis y ArcGIS, al respecto, ArcGeek (2013) y Alonso (2021) recomiendan usar -para distinguir más claramente las áreas urbanas en el caso de los satélites Landsat 7 y 8- una combinación de bandas de falso color que equivaldrían a las bandas 6, 5 y 3 de las imágenes ráster que se obtuvieron de la Geomediana del INEGI, esta combinación a color (que se encuentra dentro de las combinaciones mostradas en el Mapa III) representa con un color morado/lila las zonas urbanas, un azul oscuro los cuerpos de agua, un color verde cultivos y vegetación y un color amarillo/blanco zonas escarpadas, suelo arenoso y canteras.

MAPA III. COMBINACIONES RGB DE LAS CAPAS RÁSTER ANUALES (2013, 2016 Y 2019)



SRG: EPSG 4326 WGS 84
Unidad: Metros
Tipo de datos: Int16 - Entero de 16 bits
Dimensiones: X: 10000 Y: 10000
Tamaño de píxel: 30, -30

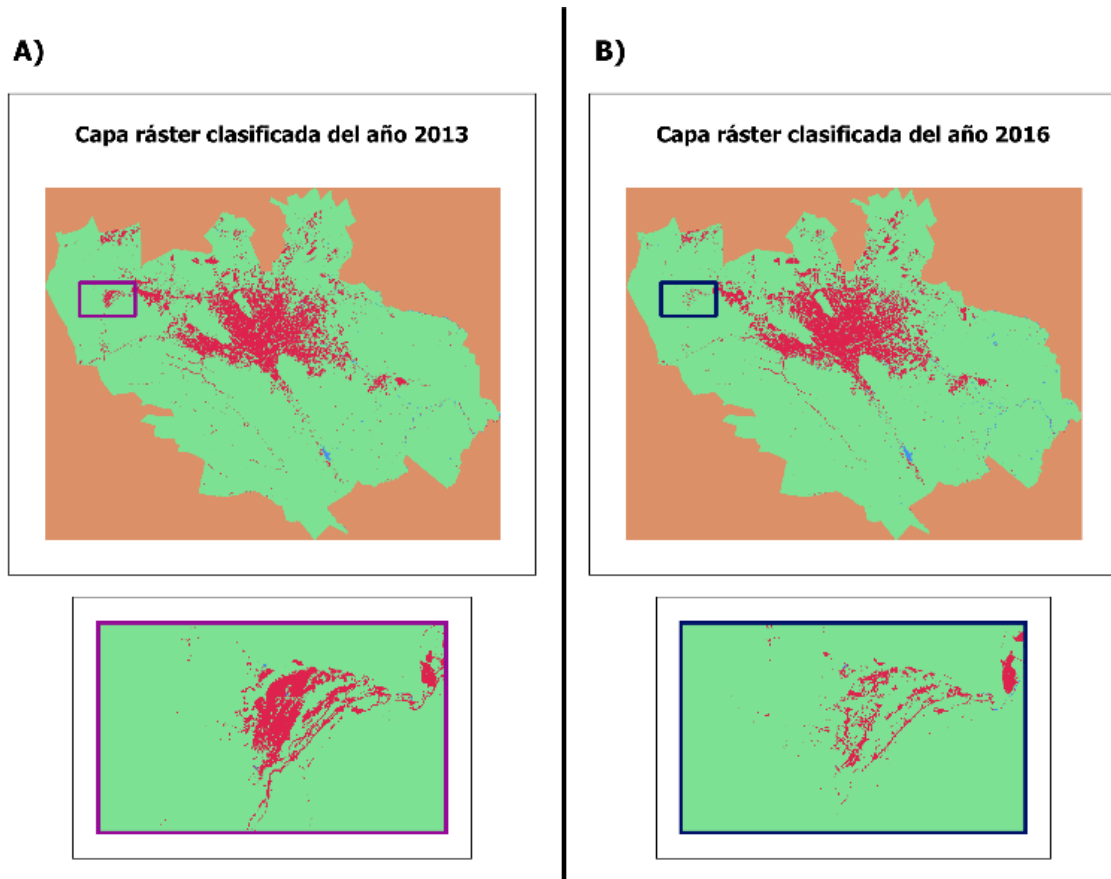
Banda 1: Azul
Banda 2: Verde
Banda 3: Rojo
Banda 4: Infrarrojo cercano (NIR por sus siglas en inglés)
Banda 5: Infrarrojo de onda corta (SWIR 1 por sus siglas en inglés)
Banda 6: Infrarrojo de onda corta (SWIR 2 por sus siglas en inglés)

Extensión: 2550000.000000000000000000,1350000.000000000000000000:
 2850000.000000000000000000,1650000.000000000000000000

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2021a

Posterior a la clasificación de las capas se procedió a reclasificarlas, de acuerdo a una serie de consideraciones sobre el objeto de estudio y a una variedad de tecnológicas o herramientas disponibles.

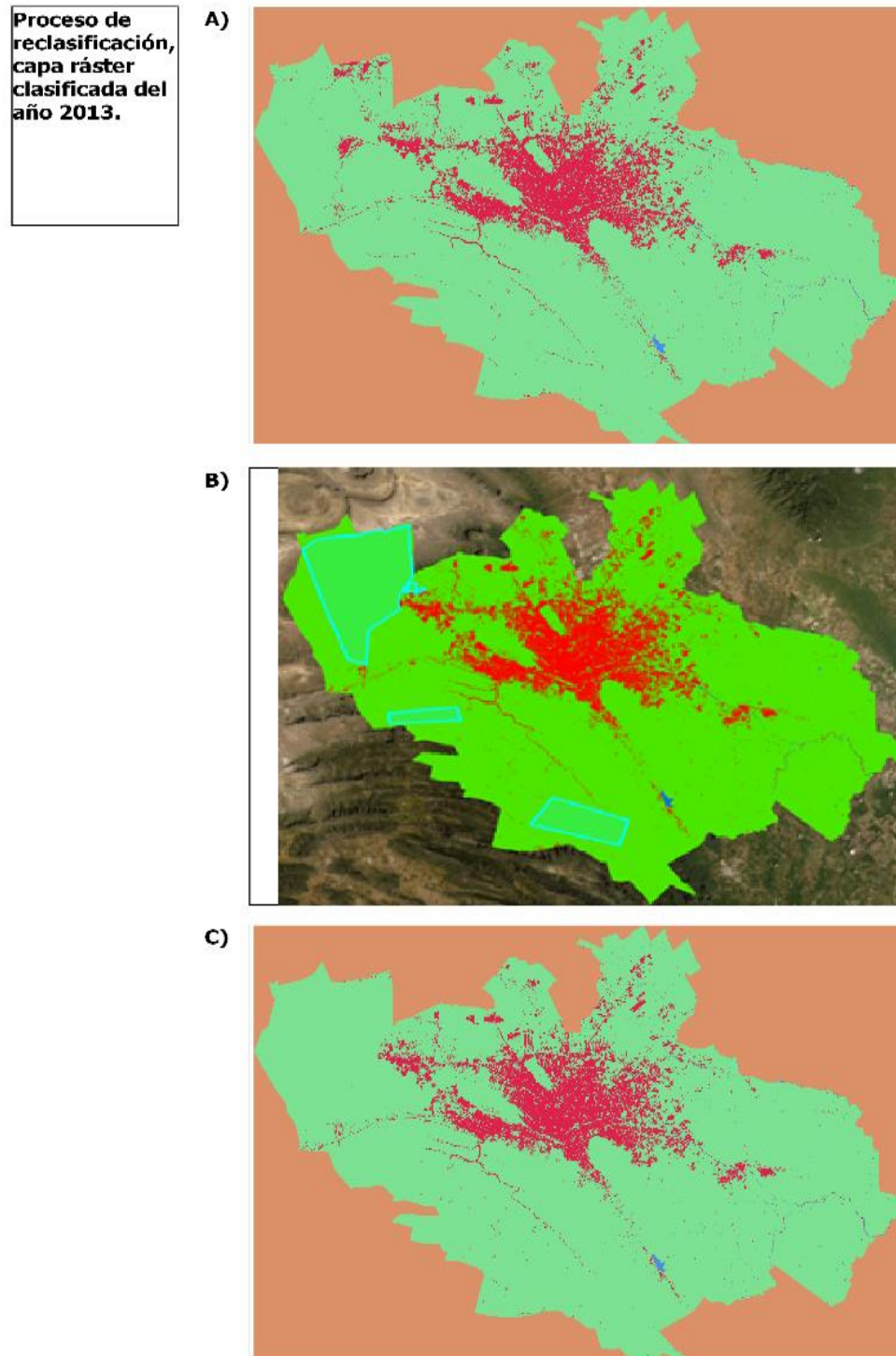
FIGURA II. COMPARATIVA DE ZONA CON CLASIFICACIÓN SOBREESTIMADA



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)

Para empezar se hizo uso de la herramienta 'Reclasificador' del programa ArcGIS, con la que se reclasificaron algunas zonas de los mapas temáticos donde claramente se sobreestimaba el área construida con respecto de un año posterior, esto se consideró lógico en el sentido de que es poco probable que un área que se identifica claramente como construida deje de serlo en un periodo de 3 años, lo más probable es que en esos casos haya errores provocados por la variabilidad de información espectral.

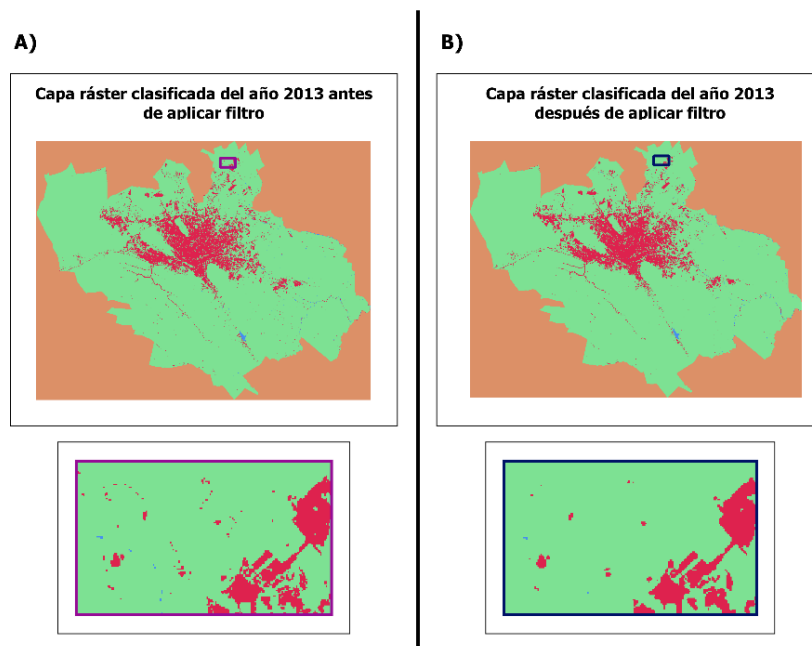
FIGURA III. PROCESO DE RECLASIFICACIÓN CON ARCGIS



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c :2021a)

También se hizo uso de la herramienta ‘Filtro de mayoría’ que permite reclasificar píxeles aislados de acuerdo con el tipo de clase al que pertenezcan los píxeles que le rodeen, lo que también es lógico si se entiende al área urbana no contempla viviendas rurales y construcciones poco extensas alejadas de los centros y/o parches urbanos.

FIGURA IV. PROCESO DE APLICACIÓN DE FILTRO DE MAYORÍA EN ARCGIS



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)

Posteriormente transformando la capa ráster a polígonos pudo eliminarse -por medio de la herramienta ‘Eliminate’ de ArcGIS¹⁰³- aquellos polígonos de ‘Área construida’ con un tamaño menor a 140 m², así como algunos polígonos en zona de canteras, autopistas interestatales y polígonos no urbanos que habían sido clasificados como área construida¹⁰⁴. La forma vectorial también permitió hacer cortes de algunos polígonos que, en algunas de sus secciones, habían sido sobreestimados como ‘Áreas construidas’, lo que permitió la eliminación de estas zonas sobreestimadas sin la necesidad de eliminar toda el área de los polígonos que originalmente presentaban este problema.

¹⁰³ Su dirección específica en la caja de herramientas de ArcGIS es: **Data Management/Tools/Generalization/Eliminate**

¹⁰⁴ Algunos errores de clasificación se pudieron observar contrastando la información espectral de los años 2013, 2016 y 2019 con el mapa base ‘Imagery’ del programa ArcGIS.

corresponde al AMM-, por otra parte, creé también una serie de capas ráster que contienen únicamente los píxeles de ‘área urbana construida’ del AMM para los mismos años anteriormente mencionados (2013, 2016 y 2019).

Es a partir del primer tipo de capas ráster, junto con la capa poligonal de ‘campos de entrenamiento’, que se calcula la ‘Matriz de confusión’ en el programa ENVI, de donde se obtienen los resultados que indican la confiabilidad de la clasificación de los mapas temáticos, esto es importante ya que indica la confiabilidad de los datos con los que se calculan los distintos índices con los que se interpreta la expansión urbana del Área Metropolitana de Monterrey en el capítulo 3. También es con este primer grupo de capas que se calculan los distintos índices que se obtienen con ayuda del programa FRAGSTAT, que tratan de la dispersión, densidad, continuidad, velocidad y magnitud de la expansión en el AMM.

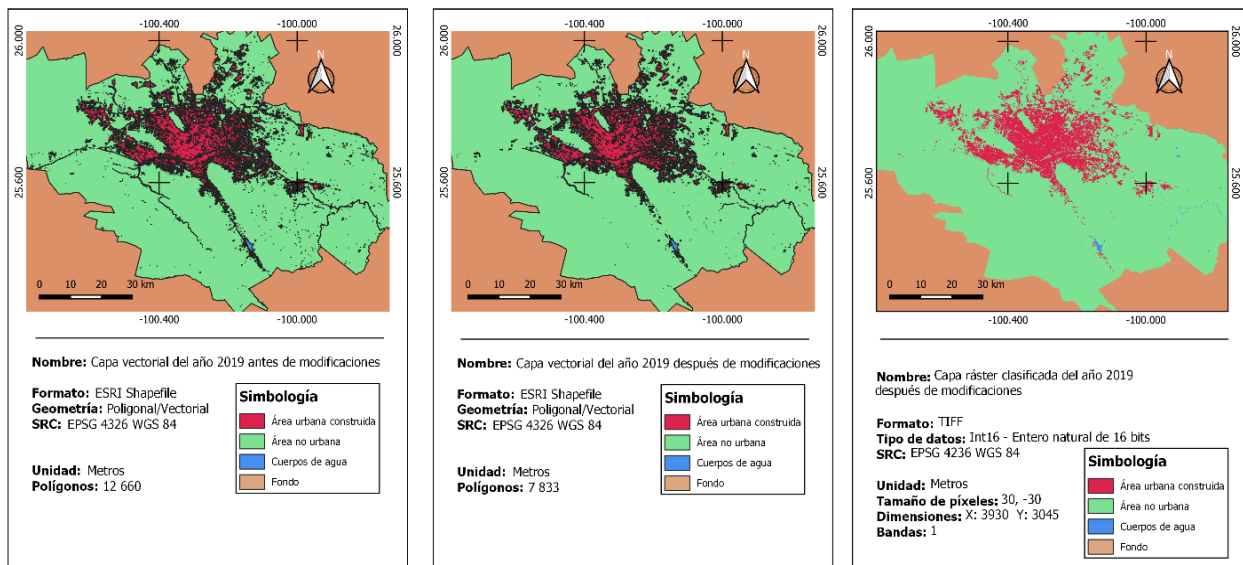
Con el segundo grupo de capas se calcularon los porcentajes de expansión urbana que ocurrieron dentro de los contornos de PCU, así como los distintos índices que tienen que ver con la expansión y la densidad urbana municipal del AMM. Algunos de estos valores no coinciden con los índices que se obtuvieron con ayuda del programa FRAGSTAT y el otro grupo de capas debido a que, en un proceso previo a la transformación de imágenes vectoriales a ráster, fue posible eliminar áreas que se habían clasificado como ‘urbanas’ en un momento dado pero no lo había sido en un momento posterior, es decir, áreas que probablemente, debido a la variabilidad de la información espectral, habían sido clasificados erróneamente como urbanas.

El proceso de eliminación de áreas mal clasificadas se realizó de la siguiente manera, a partir de las capas vectoriales urbanas anteriormente mencionadas y la herramienta de geoprocésamiento vectorial ‘Cortar’ se eliminó la información poligonal que representaba todo tipo de clasificación de usos de suelo no urbano: la capa vectorial de usos de suelo urbano del año 2019 se superpuso con la capa vectorial de usos de suelo urbano del año 2016 en el programa Qgis, después de eso se usó la herramienta ‘Cortar’ del programa y se eliminó toda “área urbana” de la capa vectorial del año 2016 que no se encontraba dentro del área urbana de la capa vectorial de usos de suelo urbano del año 2019, la capa que resulta de este procedimiento es la capa vectorial de usos de suelo urbano del año 2016 “sin errores de clasificación”, que se usa para el cálculo de índices y que se superpone a la capa vectorial del año 2013 con “errores de clasificación” para obtener la nueva capa vectorial del año 2013 “sin errores de clasificación” (repetiendo el procedimiento ya mencionado).

A continuación, se muestra por medio de gráficas las etapas del proceso de creación de los dos grupos de capas ráster mencionados (las capas temáticas y las capas de píxeles urbanos):

MAPA V. PROCESO DE CREACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS A PARTIR DE LAS CAPAS VECTORIALES

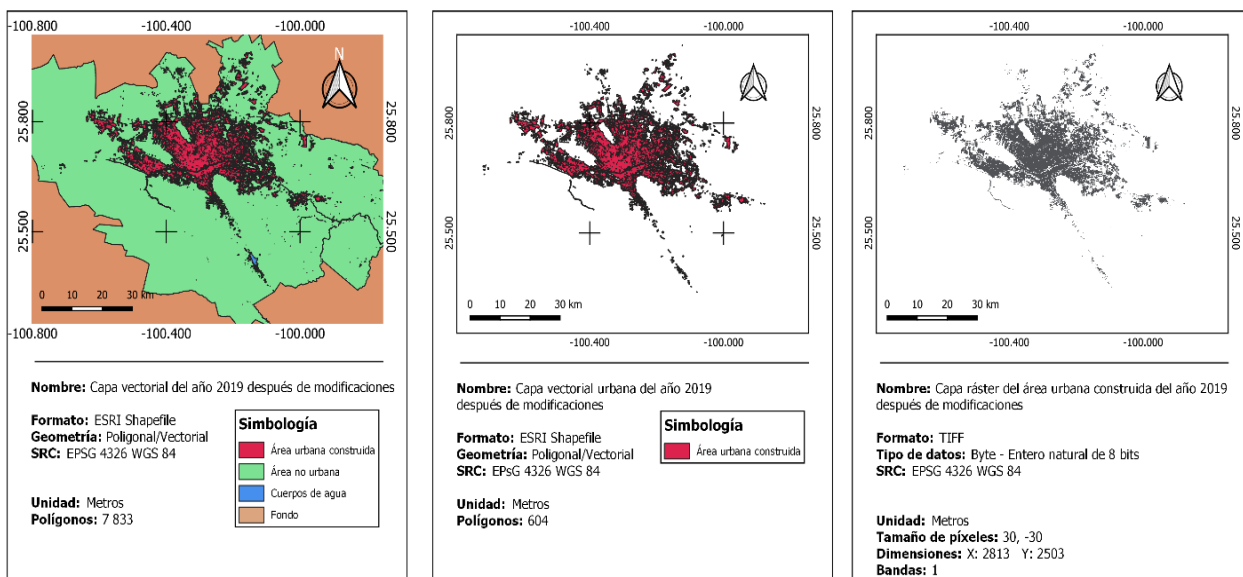
Proceso de reclasificación supervisada a partir de capas vectoriales



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)

MAPA VI. PROCESO DE CREACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS A PARTIR DE LAS CAPAS VECTORIALES

Creación de capas ráster para el conteo de la expansión metropolitana dentro y fuera de los PCU



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2020c : 2021a)