



Economía, sociedad y territorio
ISSN: 1405-8421
ISSN: 2448-6183
El Colegio Mexiquense A.C.

Garcés Carrillo, Judith del Carmen; Bartorila, Miguel Ángel
Incidencias monocéntrica y policéntrica del urbanismo
residencial en la fragmentación de Tampico, México (1960-2015)
Economía, sociedad y territorio, vol. XXI, no. 66, 2021, pp. 441-472
El Colegio Mexiquense A.C.

DOI: <https://doi.org/10.22136/est20211640>

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11172857005>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

Incidencias monocéntrica y policéntrica del urbanismo residencial en la fragmentación de Tampico, México (1960-2015)

Monocentric and Polycentric Incidences of Residential Urbanism in the Fragmentation of Tampico, Mexico (1960-2015)

JUDITH DEL CARMEN GARCÉS CARRILLO*
MIGUEL ÁNGEL BARTORILA*

Abstract

The metropolitan expansion of Tampico observes a complex and diffuse urban panorama where the presence and proliferation of residential urban fragments manifest a diffuse image and of spatial fracture on the periphery. Using landscape ecology as a measurement instrument, the effect that these urbanizations generate between 1960 and 2015 is analyzed by obtaining the fragmentation index that evidence two different periods of urban growth: firstly, as a monocentric compact growth towards the 1990s, and secondly, as a growth with a fragmented trend towards the year 2015 with polycentric characteristics.

Keywords: fragmentation, expansion, closed urbanism, growth trends, fragmentation index.

Resumen

La expansión metropolitana de Tampico observa un panorama urbano complejo y difuso donde la presencia y proliferación de fragmentos urbanos residenciales, manifiestan una imagen difusa y de fractura espacial sobre la periferia. Utilizando la ecología del paisaje como instrumento de medición, se analiza el efecto que dichas urbanizaciones generan entre 1960 y 2015, mediante la obtención del índice de fragmentación que muestra dos lapsos diferenciados de crecimiento urbano, el primero como un crecimiento compacto de tipo monocéntrico hacia los años 1990 y el segundo un crecimiento con tendencia fragmentada hacia el año 2015 con características policéntricas.

Palabras clave: fragmentación, expansión, urbanismo cerrado, tendencias de crecimiento, índice de fragmentación.

* Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, correos-e: jgarces@uat.edu.mx y mbartorila@gmail.com

Introducción

La relación entre el proceso urbano y las formas de ocupación del suelo es profunda. Ambos forman parte de procesos geográficos de cambios espaciales, que son tan complejos y de tan amplio espectro que, al producirse la expansión urbana, las ciudades llegan a asimilar todo lo construido por el hombre y lo natural, manteniendo así su dependencia con el centro urbano de mayor influencia y la periferia que les rodea. Si embargo, este proceso ha sufrido cambios que generaron consecuencias estructurales en su función, su forma y la manera de relacionarse. Esto debido al tránsito de un modelo compacto con un solo centro autónomo y suficiente a otro más disperso y expandido, creado por la necesidad de servicios, empleo, educación, ocio, salud y residencia de los nuevos habitantes en la expansión de la periferia, y donde el clásico concepto de centro urbano ha sido modificado para dar paso a nuevas centralidades.

El crecimiento urbano se conforma de ciclos, se expande y se compacta, pasa por estados de expansión antes de compactarse y expandirse nuevamente (Cerda Troncoso, 2012). Dicha condición no puede considerarse como permanente o irreversible, de allí la incertidumbre acerca de la temporalidad de estos ciclos y de las formas cambiantes de ocupación del uso del suelo, así como de sus efectos de extensión y fragmentación para nuevamente continuar con el ciclo.

La fragmentación espacial sucede cuando se produce el aislamiento o la división de un *objeto íntegro* (Tron Piñero, 2015), que al estar dividido tendrá que encontrar la manera de continuar existiendo de forma independiente. Es decir, debe adaptarse a una situación de insularidad, de discontinuidad y aislamiento, adecuando sus mecanismos y posibilidades de cualquier naturaleza a la nueva realidad. Este fenómeno urbano surge cuando la brecha social y económica se materializa en una realidad espacial, enfatizando la polarización y por consecuencia la exclusión entre ambos grupos sociales. Este proceso tiene lugar en la ciudad de acuerdo con los niveles de contraste que manifieste su sociedad y su economía.

En ese sentido, Secchi (2013) resitúa la nueva cuestión urbana ante una creciente distancia entre ricos y pobres, denominada injusticia espacial; asimismo, reflexiona sobre las problemáticas ambientales como otro de los retos urbanos. La ciudad archipiélago ha servido para entender de manera más didáctica los procesos de fragmentación del territorio (Viganò, 2012). En tanto, los fragmentos urbanos y de paisaje muestran nuevas preocupaciones y enfoques en el acercamiento a la ciudad contemporánea. Entre los nuevos enfoques, en la ciudad inversa Viganò identifica el espacio abierto contemporáneo con un código invertido entre lo sólido y el

vacío. La escala de los nuevos vacíos posee una dimensión territorial más allá de la ciudad y permite la articulación y contención de fragmentos.

Es bajo este modelo urbano que prolifera el crecimiento expandido y blindado, particularmente en los intersticios y las periferias de las ciudades. Se hace referencia incluso a un concepto diferente de ciudad, rodeada de muros, bardas altas y rejas, de puertas o portones vigilados constantemente, con el propósito de cuidar a los residentes y mantenerlos aislados del mundo exterior. La fragmentación espacial urbana define un distanciamiento entre emplazamientos urbanos que dividen o fragmentan el paisaje, alejando las partes del todo. Esto debido a una desafortunada elección de territorios, a la división producida por vías de comunicación terrestre o a la edificación de muros que se elevan y circundan a los fragmentos urbanos residenciales, creando así un panorama disperso y desordenado. Según Cabrales y Canosa Zamora (2001) y Vidal-Koppmann (2014), la nueva concepción de las ciudades están formadas por fragmentos sin relación entre ellos mismos y la ciudad.

El presente artículo tiene como objetivo, medir el efecto que ejercen las urbanizaciones residenciales cerradas y/o aisladas en el territorio de la periferia de la Ciudad Metropolitana de Tampico entre 1960 y 2015. Se utilizó como instrumentos de medición indicadores de la ecología del paisaje con el propósito de describir su morfología, así como determinar la tendencia del modelo de crecimiento urbano a través del tiempo.

El estudio de la fragmentación y de su crecimiento puede proporcionar las claves para un desarrollo territorial más equilibrado (Salinas Varela, 2009). El conocimiento de los niveles de fragmentación del territorio permite en la planeación urbana describir lógicas de separación, extensión y nuevas fronteras urbanas.

1. De los fragmentos urbanos residenciales al mosaico territorial

1.1. *La fragmentación urbana*

Fragmentación urbana es el término utilizado para nombrar el resultado del fenómeno de expansión, debido al colapso de un espacio urbanizado que lo divide hacia el interior o se esparce en numerosas porciones sobre el territorio, dejando atrás lazos de conectividad, comunicación, función, cultura o arraigo, que son elementos necesarios de la comunidad y la convivencia humana. El discurso urbano presenta divergencias en el significado de fragmentación urbana. Kosak (2018) distingue la segregación de la fragmentación urbana, definiéndola como un modo de

organización espacial determinado por lo cercado y los obstáculos físicos. De modo que su principal dimensión de análisis es la espacial.

El término de fragmentación urbana contiene aspectos y aristas que comprende otras formas de dividir un espacio urbano: cuando incide directamente sobre la estructura interna de la ciudad, provocando problemas de discontinuidad y fractura, dividiendo barrios y colonias ya existentes a una escala menor; y cuando a una escala mayor fractura o divide mediante fragmentos urbanos esparcidos sobre un territorio, sin aparente orden o interés por la continuidad, la proximidad o la relación entre ellos.

Los diferentes enfoques sobre el fenómeno varían en Latinoamérica, tanto como la diversidad de denominaciones¹ para sus objetos de estudio. Para efectos de la presente investigación se les denominará *fragmento urbano residencial cerrado y/o aislado*, por la relación que guardan con su entorno y el impacto que ejerce su inserción sobre el territorio. Entre sus principales características destacan: 1) son una parte, o fragmento de lo urbano; 2) son de tipo habitacional; 3) están cerrados y/o aislados, distinguiéndose en algunos las condiciones del acceso mediante una barrera y personal de seguridad; 4) los que mantienen la barda perimetral divisoria; y 5) los que definen como característica su emplazamiento, porque determinan una situación de aislamiento de sus residentes, al colindar con terrenos baldíos de grandes dimensiones.

Así, la fragmentación urbana relaciona aspectos espaciales con aspectos sociales y políticos, por lo que el fenómeno de la discontinuidad y el distanciamiento comunitario físico fueron entendidos como procesos con tendencias de exclusividad al producirse las primeras urbanizaciones residenciales cerradas, junto con la dispersión y la autonomía de gestión y regulación urbana. La autoridad local ha delegado las cuestiones de interés urbano a las comunidades cerradas o privadas, cediendo la responsabilidad en sus acciones (Prévôt-Schapira y Cattaneo Pineda, 2008).

En Estados Unidos de Norteamérica, la fragmentación está vinculada directamente con la expansión de las principales ciudades, tales como Los Ángeles, Atlanta y Miami. El fenómeno suburbano inició a partir de 1950, destacando el concepto de *sprawl*, relacionado con el medio ambiente y la baja densidad de población sobre un territorio exógeno de la ciudad, y denunciando un exceso de gasto de suelo, de tiempo en traslado o trayecto, gastos en energéticos y gastos en economía doméstica, entre otros. La crítica generalizada se centró en la pérdida de tierras rurales y de cultivo en la zona de borde o periferia de las ciudades y la desconcentración de sus centros urbanos con la consecuente ampliación de sus límites territoriales.

¹ Por ejemplo, en Argentina se les conoce como *countries y barrios cerrados*; en Brasil, *enclaves fortificados*; y en algunas ciudades de Jalisco y de Nayarit, México, *cotos y claustros residenciales*.

La fragmentación norteamericana se produjo con el desarrollo de conjuntos residenciales dirigidos a los sectores sociales de ingresos medios y altos (*las gated-communities*), formando extensas urbanizaciones cerradas o privadas en franco proceso de segregación.

En cuanto a la aparición de los síntomas de fragmentación urbana en las ciudades latinoamericanas, De Mattos (2002) y Vidal-Koppmann (2014) interpretan esta tendencia como la angelinización de las ciudades. Este concepto fue planteado hace una década por la Red de Investigadores Iberoamericanos² que hace referencia a la ciudad de Los Ángeles en Norteamérica, debido a su baja densidad habitacional y por un mayor uso del automóvil privado.

En la revisión de la literatura acerca del fenómeno de fragmentación se incluyen intentos de cuantificación de este fenómeno. Dichos trabajos de análisis sobre las transformaciones urbanas han profundizado en el análisis de las manchas urbanas con métodos provenientes de estudios sobre ecología del paisaje (Rojas Quezada, 2008), en los que destacan los trabajos de Wei *et al.* (2006) y de Huang *et al.* (2007), quienes utilizan otros indicadores relacionados con la forma, la complejidad, la centralidad, la compacidad y la porosidad del medio urbano.

1.2. El mosaico como herramienta de medición del paisaje urbano

La continuidad de los ecosistemas garantiza su funcionamiento y conservación. La ecología del paisaje (*landscape ecology*) estudia las transformaciones de los paisajes interrelacionando los aspectos temporales y espaciales. Podemos afirmar que el incremento de los fragmentos de paisaje y ciudad causan la perdida de continuidad física y funcional.

A la imposición de barreras que rompen el tejido social se produce simultáneamente la fragmentación de la matriz biofísica, particularmente en los ecosistemas periurbanos (Pfannensteiner *et al.*, 2018). Ahora bien, los estudios de la ecología de paisaje que analizan su fragmentación consideran a la urbanización dispersa como una parte responsable de los cambios de uso de suelo. El modelo actual de ocupación del territorio ineficiente está configurado por un mosaico de fragmentos urbanos y de paisaje que provoca la descomposición de la cohesión social y degradación de los ecosistemas. Por otra parte, Llop Torné *et al.* (2016) mencionan que la búsqueda desde el urbanismo y el paisaje muestra el interés por el concepto de mosaico territorial desde una visión morfológica.

² En el VIII Seminario de la Red de Investigadores Iberoamericanos celebrado en Mayo de 2004 en la ciudad de Río de Janeiro, se adoptó el neologismo *angelinización* para caracterizar a un determinado modelo de ciudad semejante a Los Ángeles California.

La ecología del paisaje brinda el marco conceptual y metodológico para el análisis de la composición del territorio junto con unidades de paisaje y sus relaciones entre los procesos ecológicos y ambientales. Posee herramientas de medición y de evaluación de los cambios y características espaciales de los territorios debido a los procesos ecológicos a los que son sometidos (Gustafson, 1998), tales como el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes, el flujo de energía y la dinámica de las comunidades. La ecología del paisaje es una disciplina estrechamente relacionada desde sus inicios con la geografía, que ha desarrollado una interesante perspectiva científica transdisciplinaria. Centra su atención en el estudio de los fragmentos que pueden incidir sobre el paisaje transformándolo en un paisaje fragmentado.

Gustafson (1998), Forman, (2004) y Aguilera-Benavente (2010) estudian el crecimiento urbano y el dimensionamiento de la influencia de factores que intervienen en los cambios espaciales del territorio, tales como la urbanización, expansión, fragmentación y compactación delineando tendencias. En este sentido, el estudio de la estructura del paisaje y sus propiedades de *composición* (tipos de elementos que forman parte del paisaje) y *configuración* (disposición espacial de dichos elementos) ha sido uno de los objetos de estudio de la ecología del paisaje (Dramstad *et al.*, 1996). El análisis trata de resolver no solamente las interrogantes acerca de los elementos de la naturaleza en el paisaje (bosques, pastizales, bancos de arena, etc.), sino también de todo lo construido por el hombre, centrando su atención en el estudio de los diferentes tipos de fragmentos que componen un paisaje urbano y de sus efectos en el proceso del crecimiento para valorar la morfología urbana.

El elemento básico para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, que se compone básicamente de tres grandes tipos de elementos: los fragmentos (parches), los corredores, y la matriz. Los fragmentos son las diferentes unidades morfológicas que se diferencian en el territorio. En nuestro estudio, los fragmentos representan las urbanizaciones residenciales cerradas y/o aisladas con uso homogéneo. Mientras que los corredores son las conexiones existentes entre los fragmentos, la matriz es el complejo formado por los distintos tipos de fragmentos y sus corredores. El elemento dominante es el que ocupa una mayor superficie, está mejor conectado y termina por dominar en la dinámica del paisaje. Sin embargo, esta dominancia no siempre es evidente y menos fácil de establecer. Bajo esta perspectiva, la ecología del paisaje observa los fenómenos de transformación de los distintos hábitats, su fragmentación, la disminución de su tamaño y el aumento de su aislamiento, entre otros. Dicho conocimiento puede ayudar en una mejor planeación del territorio.

1.3. Reversibilidad de la fragmentación y fragmentos

La fragmentación y el crecimiento en fragmentos son dos hechos distintos. Ambos forman parte del desarrollo urbanoiniciado hace 50 años, cuando las ciudades aún mantenían una percepción de límite urbano hasta llegar al campo. Sin embargo, el tiempo y la práctica del proceso de expansión han borrado sistemáticamente la memoria de una traza conocida, para dar paso a una complejidad de mapas con rutas, explanadas, recovecos, llenos y vacíos territoriales en la periferia, donde se extiende sin control la existencia urbana.

Tanto los fragmentos urbanos residenciales cerrados como los aislados ejercen un impacto de división o fractura sobre el territorio y la sociedad que les rodea. Los primeros mantienen su estatus de exclusividad, aún y cuando la mancha urbana los alcance e integre en su totalidad. Su condición de privacidad, exclusividad y sus barreras físicas permiten que se mantengan de forma aislada y estática de manera permanente, sin posibilidad de alguna conexión o práctica social de vecindad. Por otra parte, los fragmentos urbanos residenciales aislados sostienen una permanencia temporal. Dicha condición llega a su término cuando la continuidad y la contigüidad de la ciudad los alcance y permita mediante los enlaces y las coincidencias entre el fragmento y la estructura de la ciudad, que se mimetizaron dentro de la mancha urbana. La temporalidad de las condiciones de reversibilidad o disposiciones de porosidad de un fragmento posibilitará la integración o no al contexto a medida que avanza la urbanización metropolitana.

Por tanto, el estudio de la evolución del crecimiento urbano a través del tiempo y el interés por sus resultados favorece la visión hacia una cierta reversibilidad urbana, donde se manifiesta que los modelos de insularidad, de aislamiento y de división que generan fractura, puedan acceder a cambios favorables en su estructura interna y externa, conciliar relaciones y recuperar una integración sana no solo en el aspecto material sino en lo social.

2. Urbanismo cerrado y crecimiento en fragmentos del área metropolitana de Tampico

El urbanismo de fragmentos cerrados residenciales y/o aislados prolifera en su mayoría en las áreas metropolitanas del país: Toluca (Becerril Sánchez *et al.*, 2013), Guadalajara (Cabrales y Canosa Zamora, 2001; Pfannenstein *et al.*, 2018) y Mérida (Lara Navarrete, 2007). Destacan también los estudios de Méndez y Rodríguez (2004) y Enríquez Acosta (2007) en las ciudades de Tijuana, Nogales y Ciudad Juárez y la relación

con las ciudades fronterizas de Estados Unidos, enfatizando en problemáticas de segregación social, simulación de seguridad y confort entre sus residentes.

Los primeros indicios del urbanismo cerrado en México datan de principios del siglo XX con el desarrollo de los County Club y la introducción de urbanizaciones residenciales exclusivas para los empleados de compañías o empresas extranjeras de la minería y del petróleo, tal es el caso de los núcleos residenciales aún existentes en Tamaulipas y Veracruz, cuya antigüedad se remonta a principios del siglo XX. Sin embargo, las características de influencia del urbanismo cerrado actual responden a razones distintas, debido a que tienen un carácter más expansivo, similar a la versión norteamericana en cuanto al autogobierno, la privatización del espacio público, la pretensión de crear comunidad, pero sobretodo la defensa del vecindario de la inseguridad latente de la ciudad (Enríquez Acosta, 2007).

En las últimas dos décadas, los fragmentos urbanos residenciales tienen cada vez mayor presencia en las ciudades medias, como en la ciudad metropolitana de Tampico, en donde se han detectado procesos de cambio en las formas de crecer y expandir sus territorios urbanos, que parten desde un modelo de crecimiento por agregación de colonia en colonia, formando lo que se conoce como ciudad compacta, hasta la inserción del modelo de urbanización expandida junto con la incorporación de fragmentos urbanos residenciales cerrados y/o aislados dentro de las ciudades y su periferia.

La ciudad o zona metropolitana de Tampico está conformada por las ciudades tamaulipecas de Tampico, Madero y Altamira y por las ciudades veracruzanas de Pueblo Viejo y Pánuco. Esta zona ha sido como tal por el Consejo Nacional de Población (CONAPO). Sin embargo, solo se han considerado para el presente estudio a las tres ciudades de Tamaulipas, debido a que mantienen una relación estrecha y contigua compartiendo funciones, servicios, planes y programas para el mejor desarrollo local.

Su periferia comprende una extensión de 14, 300 ha, considerándolo como vacante y rural antes de los años 60. Dicho territorio está flanqueado por las tres ciudades que constituyen la ciudad metropolitana. Colinda al norte con Altamira y al sur con Tampico y Madero y forma un triángulo de espacio territorial central donde el 69% le pertenece a la ciudad de Altamira, el 22.6% a Ciudad Madero y solo el 8.4%, le corresponde a Tampico, de manera que a diferencia de otros casos, la expansión y la subsecuente fragmentación urbana se sucede sobre un espacio exógeno, pero delineado por bordes antrópicos y naturales que hacen del tema un caso particular.

Entre 1960 y finales de los 1970 la ciudad metropolitana de Tampico inicia su expansión urbana. La necesidad urgente de alojar a la población migrante del medio rural hacia al urbano para buscar oportunidades de empleo en la industria representó un peso extraordinario para la ciudad y la opción de alojamiento fueron los territorios baldíos en la periferia. En sus inicios, se formaron asentamientos marginales y desprovistos de todos los servicios, que se ubicaron en terrenos de manera ilegal. Posteriormente, se emplazaron en los bordes de la ciudad enormes urbanizaciones de vivienda popular auspiciada por Infonavit y dirigida a los trabajadores, con el fin de dotarles de una vivienda digna y adecuada.

En los años 1990, el crecimiento continuo de la población se suma a la migración interurbana, que genera los primeros impactos en la conformación de la estructura espacial de la periferia, caracterizada por la dispersión del emplazamiento de urbanizaciones de tipo popular, urbanizaciones residenciales tipo medio y popular cerradas, y urbanizaciones residenciales cerradas de lujo. Todas son separadas o divididas físicamente de su entorno, ya que la colindancia con grandes extensiones de territorios baldíos, lagos, carreteras, vías de ferrocarril, ríos o murallas da como resultado fragmentos urbanos que producen fractura y segregación.

Hacia el año 2015, la percepción panorámica de dicho territorio, reconocido como periferia es percibida como un rompecabezas desarticulado en el que se distinguen grandes fragmentos industriales, emplazamientos de universidades privadas, extensos centros comerciales y sus correspondientes superficies pavimentadas para estacionamiento, urbanizaciones tipo popular, medio y de lujo, en medio de un sistema vial carretero, en el que se instalan a lo largo de ellas cualquier tipo de comercio, incrementando con esto, el aspecto confuso y desordenado.

3. Metodología para el análisis del crecimiento urbano

La definición y caracterización de las unidades de estudio han sido determinadas por la ecología del paisaje como unidades homogéneas, o fragmentos. En nuestro caso de estudio, representan los emplazamientos urbanos residenciales que han sido cerrados mediante barreras físicas o materiales, tales como bardas, muros, rejas o vallas y los emplazamientos de fragmentos urbanos residenciales aislados tipo *enclaves* definidos como espacios aislados, mal conectados o desconectados de las redes de transporte y del resto del territorio (Capron y Esquivel Hernández, 2016) cuya ubicación distante y separada por efecto de barreras naturales o antrópicas supone efectos similares de fractura y división física con su entorno.

Además, su selección contempla: 1) la forma del fragmento urbano, 2) la extensión espacial interna del fragmento, 3) el número de viviendas y 4) la localización del fragmento en el contexto, debido al efecto que producen sus emplazamientos dispersos y aislados y a las diferencias entre los fragmentos a medida que su proliferación avanza en el tiempo.

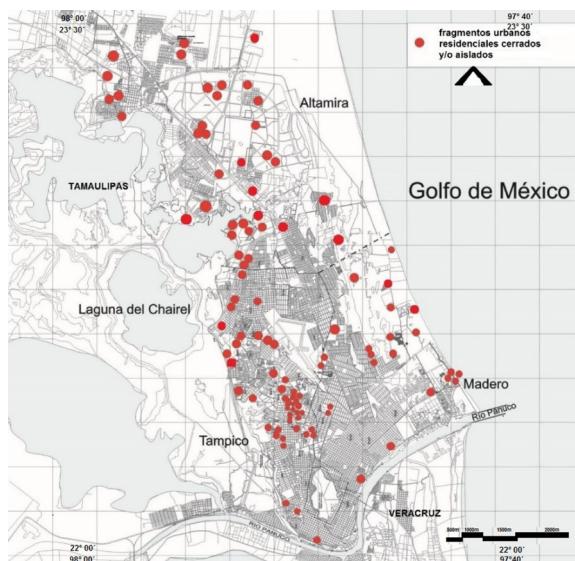
La investigación desarrolla el análisis longitudinal durante el período temporal entre 1960 y 2015. Considera como primera acción la delimitación de la zona de estudio identificada como la periferia de la ciudad metropolitana de Tampico, cuya dinámica de espacios vacíos cambia sus valores de superficie a medida conforme pasa el tiempo (14,300 ha en 1960 a 8710 ha en el 2015). Este espacio cambiante está delimitado por fronteras naturales y antrópicas, tales como las lagunas urbanas, el Golfo de México, las zonas de pozos petroleros adyacentes a la ciudad de Altamira, entre otras.

El estudio está determinado por intervalos de 10 años durante un lapso de 55 años, donde el último periodo es de 5 años, con el fin de obtener los datos de decrecimiento espacial de la periferia, el aumento de la expansión urbana y la lectura de la morfología del territorio a medida que crece la ciudad. Se seleccionaron 101 fragmentos urbanos residenciales cerrados y aislados sobre la ciudad metropolitana de Tampico y su periferia. El 68.86% se localizaron dentro de la trama urbana y el 26.41% sobre la periferia (mapa 1 y tabla 1). En un lapso de 15 años (2000-2015), la inserción de los fragmentos urbanos residenciales cerrados y los aislados ha sido más intensa. Se incrementó su presencia en la periferia, así como se consumieron los fragmentos urbanos de lujo en una superficie cuatro veces mayor que el consumido por todos los fragmentos urbanos de tipo de interés social.

Seleccionadas las unidades de estudio, se localizaron sobre los mapas elaborados en formato digital. Con base en los datos obtenidos de imágenes satelitales de Google Earth a partir de 1984, cartografía oficial antigua (Secretaría de la Defensa Nacional), mapas municipales, de información de catastro y de las empresas desarrolladoras de vivienda Constructora Aryve y Casas Geo se identificaron sobre ellos las urbanizaciones residenciales correspondiente al corte de cada década hasta el año 2015.

Finalmente, se procede a calcular la fragmentación urbana mediante la fórmula que integra los indicadores utilizados por la ecología del paisaje en la definición de patrones y procesos, tales como la distribución espacial de los hábitats y la fragmentación, considerados de suma importancia en la descripción de las características estructurales del paisaje y su morfología. La ecuación para el cálculo de los Índices de fragmentación y conectividad para el Indicador de biodiversidad y paisaje de la Comunidad

Mapa 1
Fragmentos urbanos residenciales cerrados y aislados
en la Ciudad Metropolitana de Tampico



Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del mapa digitalizado del Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira - Ciudad Madero - Tampico (PO Tamaulipas, 2010).

Tabla 1
Las dimensiones Fragmentos urbanos residenciales en 2015

Fragmentos	Tipología	Hab.	Viviendas	Superficie	Densidad
13	Tipo interés social cerradas y/o aisladas	76802	16341	185 ha	417 hab./ha
48	Tipo vivienda media cerradas y aisladas	27715	5897	268 ha	103 hab./ha
2	Residencial cerrado campestre de lujo	5897	1108	194 ha	26 hab./ha
26	Residencial de lujo	5207	1111	852 ha	56 hab./ha
6	Tipo multi-residencial	6918	1475	67 ha	103 hab./ha
6	Tipo vertical	907	193	2.55 ha.	75 hab./ha

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del Inventario de vivienda (INEGI, 2016) y del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tampico, Tamaulipas (PO Tamaulipas, 2018).

Autónoma del País Vasco (Gurrutxaga, 2003) ha servido para la medición del paisaje antropizado de Tampico. Dicha medición nos arroja un índice que representa el nivel de fragmentación espacial, cuya fórmula contiene los siguientes indicadores:

-*Número de fragmentos*: es la métrica más sencilla. Puede dar una idea de la medida en que un uso de suelo se encuentra dividido o fragmentado y únicamente consiste en conocer el número de fragmentos individuales del uso urbano sobre el territorio en estudio. A mayor número de fragmentos, mayor dispersión y fragmentación en el territorio de estudio.

-*Tamaño medio de los fragmentos*: muestra el cambio en el tamaño medio de los fragmentos de cada uso urbano. Este dato, unido a una disminución del número de fragmentos, se interpreta como el incremento de la agregación. Sin embargo, un cambio en el mismo sentido que el número de fragmentos puede indicar un patrón de crecimiento más disperso.

-*Distancia media al fragmento más próximo*: es la media de la distancia al fragmento más próximo del mismo uso, aporta información acerca del grado de aislamiento de los distintos fragmentos del mismo uso. Para la obtención de este indicador se requiere obtener primero el centroide de cada fragmento.

-*Compacidad media de los fragmentos*: es la medida para todos los fragmentos de un mismo uso del valor del parámetro *radio de giro*. Se calcula para cada fragmento y cuanto más cercanos a la forma de un círculo son dichos fragmentos, menores serán los valores del gradiente y mayor será su compacidad; en el sentido contrario, cuanto mayor sean sus valores mostrará una mayor elongación o alargamiento en la forma de los fragmentos, mostrando una menor compacidad de éstos, es decir una mayor fragmentación.

-*Densidad de los fragmentos*: equivale al número de fragmentos de ese mismo uso, dividido por el área total de la zona de estudio. Tiene la misma utilidad básica que el *número de fragmentos*, pero al expresar este número de fragmentos por unidad de área facilita las comparaciones entre zonas de tamaño diferente.

La aplicación de la ecuación es con intervalos a cada diez años con el fin de dar lectura a la tendencia hacia un modelo de fragmentación o, por el contrario, la tendencia hacia un modelo más compacto. A continuación, se presentan los análisis que integran la fórmula para la obtención del índice de fragmentación.

4. Resultados

4.1. Número de fragmentos urbanos residenciales entre 1960 y 2015

Seleccionadas las unidades de estudio y ubicadas en sus correspondientes mapas, se procede a cuantificar el número de fragmentos urbanos sobre el territorio de estudio. A mayor número de fragmentos, hay mayor dispersión y fragmentación en el territorio.

En la tabla 2 se puede observar que el número de fragmentos urbanos en la década de 1960 correspondía a los asentamientos de pequeños ejidos, como parte de una extinta periferia rural. En 1970 se instalaron los fragmentos urbanos de vivienda social. Entre los años 1990 y 1999, el número de fragmentos urbanos cerrados y/o aislados disminuyó, debido a que la dinámica del crecimiento fue integrando fragmentos dispersos más próximos. Esta década se caracteriza por un crecimiento de agregación de los fragmentos urbanos. A principios de la década de los 2000, se inicia la proliferación de nuevos fragmentos urbanos residenciales, que llega a sumar 30 fragmentos dispersos sobre el territorio espacial.

De acuerdo con los términos de la ecuación para la obtención del índice de fragmentación (Gurrutxaga, 2003), el incremento del número de fragmentos urbanos residenciales muestra una mayor dispersión y fragmentación. En la tabla 3 se observa la dinámica de proliferación de los fragmentos urbanos residenciales entre 1960 y 2015.

Tabla 2
Dinámica de inserción de fragmentos urbanos residenciales en la periferia de la ciudad metropolitana de Tampico 1960 y 2015

Fragmentos urbanos en la periferia en 1960-1989			Fragmentos urbanos en la periferia en 2000-2015			Perímetro (m)			Perímetro (m)			Núm. viviendas
	Área (ha)	Perímetro (m)		Distancia al vecino más cercano (km)		Área (ha)	Perímetro (m)	Distancia al vecino más cercano (km)		Área (ha)	Perímetro (m)	Núm. viviendas
Ejido Vega de Esteros	39.30	2965	3.25		Vega de Esteros	41.4	2965	3.11		3.11	64	
Monte Alto	14.60	3535	2.79		Monte Alto	42.3	3972	2.79		2.79	304	
Ejido La Pedrera	44.25	1861	3.56		La Pedrera	51.7	3470	0.64		0.64	470	
Ejido Armenta	60.20	1591	4.54		Villa las Flores	6	1013	0.6		0.6	1709	
Francisco I. Madero	52.86	3250	2.79		Las Palmas	14	2070	4.02		4.02	2444	
Ejido Miramar	26.03	3061	2.62		Armenta	6	1592	4.32		4.32	24	
Contadero	7.45	1969	2.34		Francisco I. Madero	130	2834	2.07		2.07	459	
(1970) A. Villareal	11.02	1513	1.51		Lagunas de Miralta	194	8048	1.18		1.18	329	
Ejido Tancol	33.17	2737	5.26		Los Encinos	16	1776	1.02		1.02	113	
Ejido Arenal	74.71	3408	2.23		Residencial Náutico	21	1523	1.73		1.73	80	
Ejido Germinal	57.46	3091	3.65		Villas Náutico	15	1580	4.07		4.07	300	
(1970) Linda Vista	11.02	638	0.83		Punta Laguna	22	2385	2.15		2.15	208	
(1970) Col. Militar	5.30	1088	0.79		Sotavento	6	1070	2.07		2.07	257	
					Real Campesino	3.6	878	2.73		2.73	141	
					Jardines de Arboledas	34.2	2705	1.26		1.26	1348	

Tabla 2 (continuación)

<i>Fragmentos urbanos en la periferia en 1990-1999</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Perímetro (ml)</i>	<i>Distancia al vecino más cercano (km)</i>	<i>Fragmentos urbanos en la periferia en 2000-2015</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Perímetro (ml)</i>	<i>Distancia al vecino más cercano (km)</i>	<i>Núm. viviendas</i>
Ejido Vega de Esteros	39.30	2965	3.25	Nuevo Madero	90	4611	3.66	1144
Monc Alto	95.13	8345	2.79	Contadero	7	1970	2.14	68
Ejido La Pedrera	44.25	2594	3.56	Vélamar	37	3328	2.99	81
Ejido Laguna de la Puerta	43.60	3836	4.54	Tildillos	1	1235	4.18	24
Armenta	60.20	1592	4.54	Villas de Altamira	49	1821	3.89	929
Lagunas de Miralta	194.5	8048	2.13	Independencia	21	2267	1.14	119
Nuevo Madero	47.33	2834	3.66	Dunas	30	3098	1.37	297
Contadero	7.45	1969	1.94	Arecas	19.7	2174	1.70	600
Francisco I. Madero	52.86	2834	2.07	Laguna de la Puerta	15	1641	1.83	185
Col Anecca	25.88	2438	3.89	Colina de Altamira	156	7452	1.69	251
				Arboledas	77	4845	1.29	1216
				Olivos	32	2005	1.29	1980
				Fundadores	34	2637	2.15	45
				17 de enero	62	3993	0.86	1768
				Arboledas	17.25	3267	1.39	1126

Fuente: elaboración propia con base en los datos por Ejido y comunidad agraria (INEGI, 1996) y tabulados básicos ejidales por municipio (INEGI, 1999).

Tabla 3
Fragmentos urbanos residenciales cerrados y/o aislados
entre 1960 y 2015

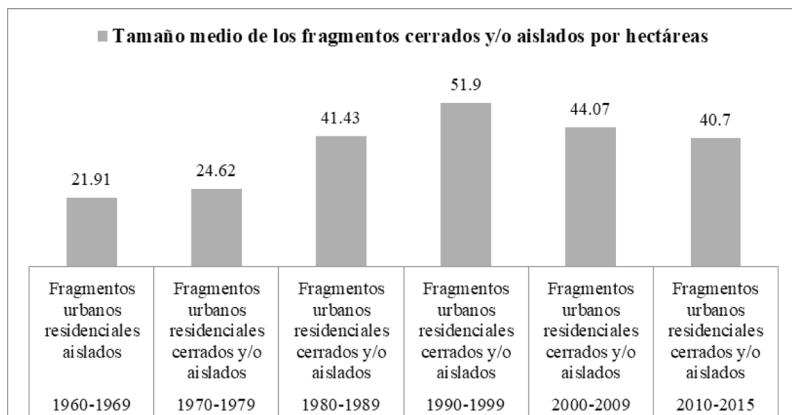
<i>Tipología de fragmentos</i>	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09	2010-15
Fragmentos urbanos aislados	10	14	5	9	14	15
Fragmentos urbanos residenciales cerrados	0	2	1	1	12	15

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del Inventario Nacional de Viviendas (INEGI, 2016).

4.2. Cálculo del tamaño medio de los fragmentos urbanos residenciales entre 1960 y 2015

El tamaño medio de los fragmentos de uso residencial muestra la superficie media de los fragmentos individuales de un uso determinado, que junto con el número de fragmentos aporta el dato sobre los niveles de fragmentación del mismo uso residencial (gráfica 1), por lo que el incremento del número de fragmentos junto con una disminución del tamaño medio de los fragmentos indica un incremento de la fragmentación.

Gráfica 1
Promedio del tamaño de los fragmentos urbanos residenciales cerrados y/o aislados entre 1960 y 2015



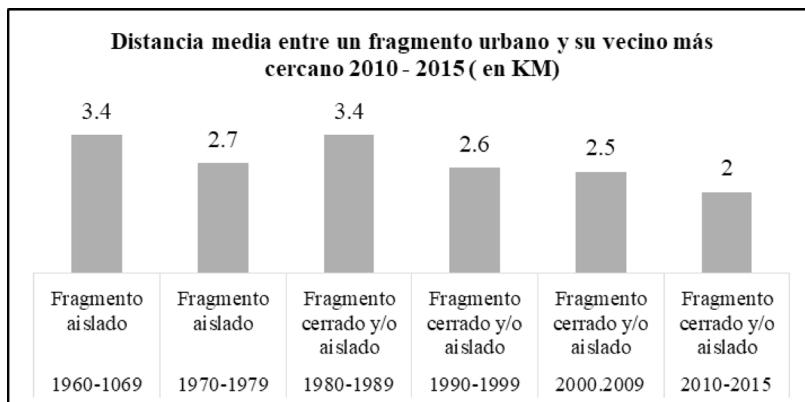
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, desde la década de 2000-2009 se registra el decremento del tamaño medio de los fragmentos de 44.07 ha, al año 2015 con 40.07 ha y de forma paralela junto con el incremento en el número de fragmentos confirman el aumento de la fragmentación en el área de estudio. Es importante mencionar que la observación del aumento del tamaño medio de los fragmentos entre 1990 y 1999 es el indicativo de una mayor compacidad, reuniendo los valores de un mayor tamaño de los fragmentos y una disminución de su número. Este hecho puede interpretarse como un incremento de la agregación de fragmentos en los años 1990.

4.3. Cálculo de la distancia media entre un fragmento urbano y su vecino más cercano

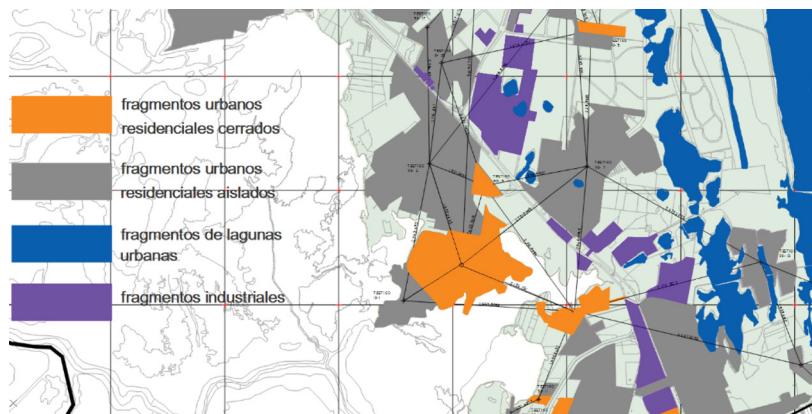
La disminución del valor de la distancia media al fragmento más cercano puede suponer la aparición de nuevos fragmentos residenciales, preferentemente de aquellos que se encuentren aislados. Sin embargo, el aumento de la medida de la distancia entre ellos, de 3.4 a 2 km, puede suponer también la agregación de otros fragmentos residenciales más cercanos, debido a su propio crecimiento (gráfica 2). Lo que determinaría un cambio en el centroide de la superficie de dichos fragmentos ya agregados y con ello un aumento en la medida de la distancia entre ellos mismos. Se muestra cómo en la década de 1990 el centroide del fragmento urbano estaba a una distancia de 2226 m con su vecino más cercano, pero hacia el 2015, al agregarse más fragmentos urbanos residenciales, el centroide cambió de posición aumentando su distancia 555 m (figuras 1y 2).

Gráfica 2
Distancia media entre un fragmento urbano y su vecino más cercano 1960-2015



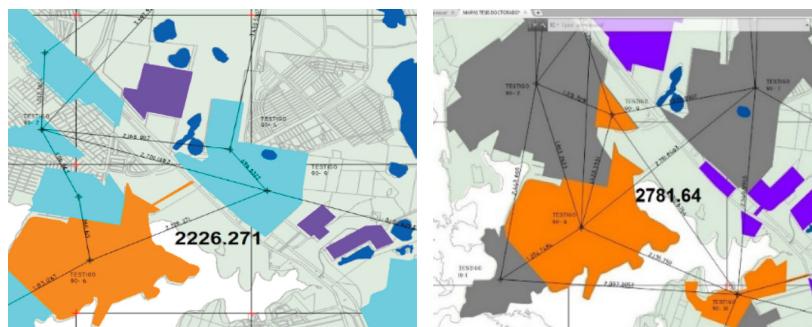
Fuente: elaboración propia.

Figura 1
Distancias entre fragmentos urbanos residenciales
cerrados y/o aislados



Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del plano digitalizado en AutoCAD (Autodesk, 1988) del Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira-Ciudad Madero-Tampico (PO Tamaulipas, 2010)

Figura 2
Diferencia de distancias entre fragmentos debido al cambio de posición del centroide por agregación de fragmentos urbanos residenciales: 1990-1999 (izq) y 2015 (der)



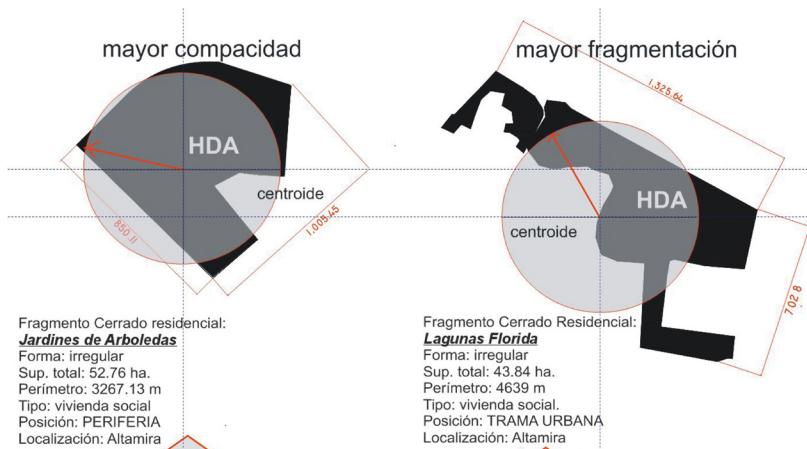
Fuente: elaboración propia.

4.4. Medida de la compacidad media de los fragmentos residenciales entre 1960 a 2015.

Este parámetro se calcula para cada uno de los fragmentos, como la distancia de cada punto del perímetro al centroide de dicho fragmento,

“Cuanto más se acercan dichos fragmentos a la forma del círculo, menores serán los valores del giro y mayor será su compacidad. Por el contrario, un aumento del valor del índice mostrará una mayor elongación de los fragmentos” (Aguilera-Benavente, 2010: 19) (figura 3).

Figura 3
Análisis de relación entre el perímetro de la forma de un FCR
y el perímetro de un círculo de igual superficie



Fuente: elaboración propia.

Se utilizó para este fin, la fórmula (ecuación 1) del índice de compacidad o de Gravelius (K_c), considerando una analogía de la forma de cada fragmento urbano residencial como la forma de una cuenca hídrica.

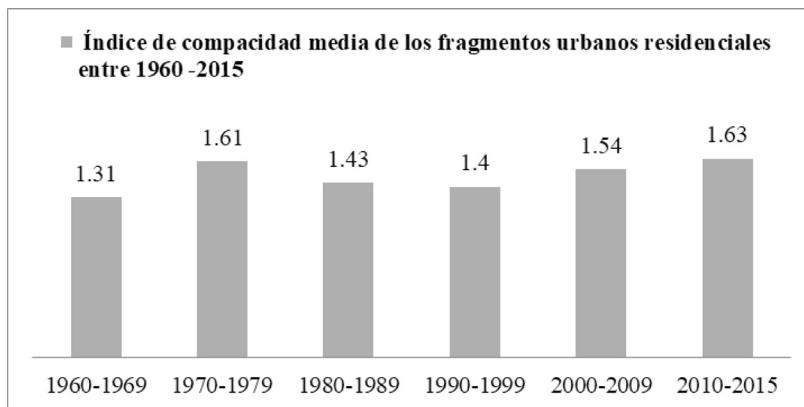
$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

En donde:

1. El índice de Compacidad es la relación entre el perímetro de la cuenca P y el perímetro de un círculo de área A igual a la cuenca (m^2). Cuando el índice tiende al valor de 1, indica mayor compacidad.
2. Cuando tiende a 2, indica menor compacidad y mayor elongación de la forma, en nuestro caso de estudio la forma de un fragmento urbano residencia (López Cárdenas de Llano y Mintegui Aguirre, 1987, citado en Gaspari *et al.*, 2013).

En la gráfica 3, se observan las fluctuaciones del índice de compacidad media. Entre 1960-1969 y 1970-1979 existió un incremento de 1.31 a 1.61. Esto es, un aumento de 0.30, lo que indica una menor compacidad y mayor elongación de las formas del perímetro de los fragmentos urbanos hacia la década de 1970. Entre las décadas de 1980-1989 y 1990-1999 se reporta un decremento debido a una tendencia hacia una mayor compacidad urbana, el índice se acerca mayormente a la unidad. A partir del año 2000, se observa nuevamente un aumento del índice que desde el 1.40 de 1990-1999 hasta el año 2015 se incrementa a 1.63. Esto indica una menor compacidad y mayor elongación de la forma de los fragmentos, así como una tendencia hacia una mayor dispersión y mayor fragmentación urbana.

Gráfica 3
Índice de compacidad media de los fragmentos urbanos residenciales 1960-2015



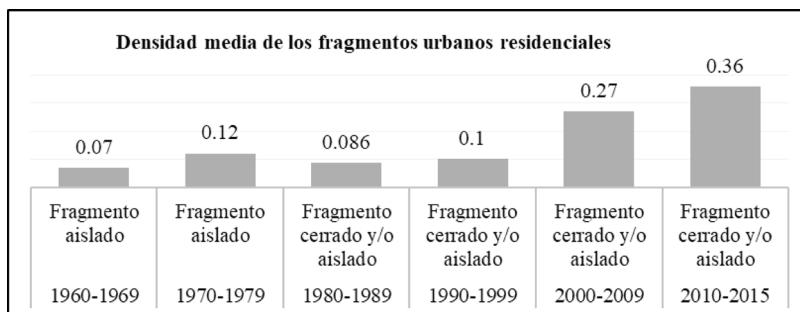
Fuente: elaboración propia.

4.5. Obtención de la densidad media de los fragmentos urbanos residenciales

Finalmente, el análisis de los valores del índice de Densidad Media de los fragmentos urbanos residenciales indica que la mayor fase de fragmentación tiene lugar en el periodo de 2010 al 2015 con un índice de 0.36, es decir en los últimos cinco años.

En la gráfica 4 se observa que entre la década de 1980 hasta el último intervalo de 5 años (2010-2015), se genera un aumento del índice de densidad media de los fragmentos. Esto significa que la ciudad mantiene un crecimiento fragmentado entre los años de 1999 y 2015.

Gráfica 4
Indice densidad media de los fragmentos urbanos residenciales
1960-2015



Fuente elaboración propia.

4.6. Ecuación de la fragmentación espacial urbana

A partir del análisis del proceso de la ocupación residencial en fragmentos cerrados y/o aislados, se procede al cálculo de fragmentación espacial urbana que prevalece; esto es con el objetivo de conocer el nivel de aproximación hacia un patrón de crecimiento urbano más disperso y fragmentado o más compacto. A continuación, se comparan las expansiones urbanas sucedidas entre las décadas de 1960 al 2015, aplicando la ecuación (2) utilizada por Gurrutxaga (2003) para el cálculo de la fragmentación espacial y los distintos usos de suelo, en este caso el uso urbano residencial.

$$F = \frac{ST}{(NM) R_c} \quad (2)$$

En donde:

- F** Es la Superficie total del hábitat/(Número de fragmentos) x la dispersión de los fragmentos
- ST** Es la Superficie total del hábitat (en has).
- NM** Es el número de fragmentos
- R_c** Es la Dispersión de fragmentos $R_c = 2 d_c (\lambda/\pi)$
- d_c** Es Distancia media desde un fragmento (su centroide) hasta el fragmento más cercano
- λ** Densidad media de fragmentos = (Número de fragmentos / Superficie total del área de estudio en ha) x 100 = Número de fragmentos por cada 100 ha.

Es importante considerar que para cada tipo de ambiente, la tendencia del índice será evaluada en función de su incremento o decremento. El índice de fragmentación urbana propuesto utiliza una escala inversamente proporcional al grado de fragmentación del paisaje.

[...] un aumento del valor del índice se relaciona con una disminución del grado de fragmentación. Esto es debido a que el incremento de la fragmentación se relaciona con la disminución de la superficie total de fragmentos, un mayor número de fragmentos y una mayor dispersión (Gurrutxaga, 2003: 18).

De acuerdo con esta lógica, cuando el valor del índice tiende a cero, significa mayor tendencia a la fragmentación espacial; en cambio, cuando se incrementa, la tendencia hacia la fragmentación disminuye. Dicho índice es calculado mediante vectores geométricos y no mediante celdas en formato ráster, lo que lo diferencia de los índices calculados con diferentes criterios en otros trabajos.

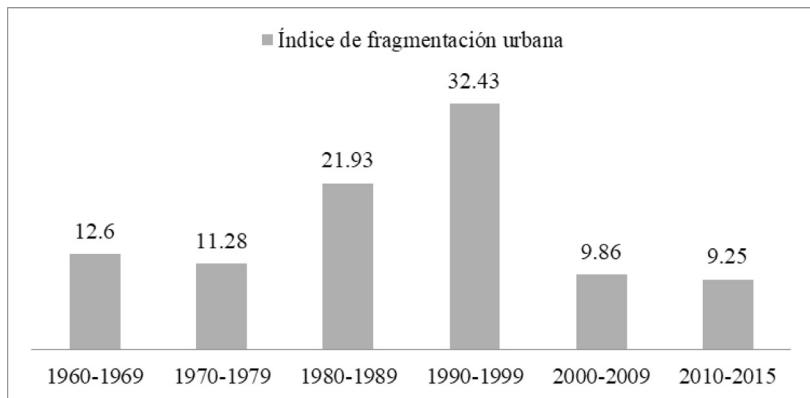
4.7. Cálculo del índice de fragmentación espacial urbana entre la década de 1960 y 2015

En la cartografía de la zona de estudio entre las décadas de 1960 al 2015 se ubicaron los fragmentos residenciales cerrados y/o aislados. Se calculó el índice de fragmentación espacial en seis intervalos cada 10 años entre 1960 y 2015 (gráfica 5) mediante la información obtenida de los indicadores espaciales y los datos de las superficies sobre la que se ha generado la expansión urbana. A continuación, se presentan los mapas 2 (1960-1969) y 3 (2010-2015) y el desarrollo de la obtención de los índices correspondientes (tablas 4 y 5).

4.8. Interpretación del índice de fragmentación

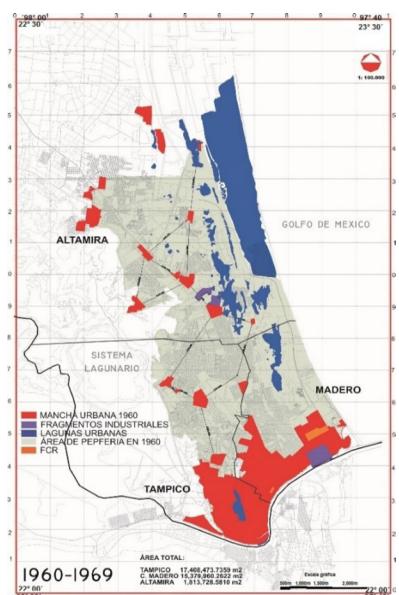
En la gráfica 5, el índice de fragmentación muestra dos momentos contrastantes en el proceso de crecimiento urbano de las ciudades de Tampico, Madero y Altamira. El primero indica una tendencia de crecimiento compacto hasta la década de los años 1990; y el segundo un crecimiento con tendencia hacia la expansión y la fragmentación, respondiendo a una estrategia nacional del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 (DOF, 1989). Esto último coincide con los hechos históricos acerca de la extensión de las ciudades hacia la periferia y la inserción del fenómeno de la proliferación del urbanismo cerrado, determinando una caída en el índice que se reduce del 32.43 en los años 1990, hasta el 9.25 en el año 2015.

Gráfica 5
Índice de fragmentación urbana entre 1960 y 2015

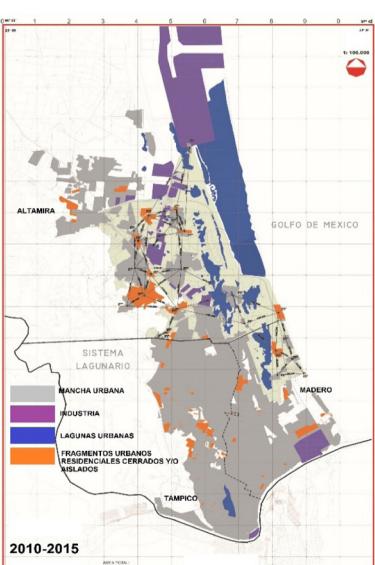


Fuente: elaboración propia con base Mapas digitalizados del Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira - Ciudad Madero - Tampico (PO Tamaulipas, 2010) e información de mapas históricos de la zona de estudio por cada década a partir de 1960 al 2015.

Mapa 2
Expansión urbana, 1960-1969



Mapa 3
Expansión urbana, 2010-2015



Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del mapa digitalizado en AutoCAD (Autodesk, 1988) del Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira-Ciudad Madero-Tampico (PO Tamaulipas, 2010) y la Cartografía de Tampico, Mapa14Q-C (10) UNAM y Mapoteca Orozco y Berra (1951).

Tabla 4
Mediciones del índice de fragmentación espacial urbana
de la década de 1960-1969

$F = \text{Superficie total del hábitat} / (\text{Número de fragmentos} \times \text{Dispersión de los fragmentos})$	Valores: $ST = 219,14 \text{ ha.}$ $NM = 10 \text{ fragmentos}$ $d_c = 3402,57 \text{ m. (} 34,02 \text{ hm)}$ $A = 14,202,58 \text{ ha}$
Desarrollo:	
$\lambda = (NM / ST) 100 = (10 / 14,202,58) 100 = 0,07$	
$\lambda = 0,07$	
$R_c = 2 d_c (1/p) = 2 (34,02) (0,07 / 3,1416)$	
$R_c = (68,04) (0,02) = 1,52$	
Aplicación de la fórmula:	
$F = 219,14 / (10) (1,52) = 191,58 / 15,2 = 12,60$	
En el mapa 2 se observa la localización de centroides en los fragmentos y la definición de las distancias entre los fragmentos residenciales más cercanos. 1hm equivale a 100 m lineales.	
Índice de fragmentación = 12.60	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5
Mediciones del índice de fragmentación espacial urbana
de la década de 2010-2015

$F = \text{Superficie total del hábitat} / (\text{Número de fragmentos} \times \text{Dispersión de los fragmentos})$	Valores: $ST = 1340,84 \text{ ha.}$ $NM = 30 \text{ fragmentos}$ $d_c = 2095 \text{ m. (} 20,95 \text{ hm)}$ $A = 8710,82 \text{ ha}$
Desarrollo:	
$\lambda = (NM / ST) 100 = (30 / 8710,82) 100 = 0,34$	
$\lambda = 0,34$	
$R_c = 2 d_c (1/p) = 2 (20,95) (0,34 / 3,1416)$	
$R_c = (41,90) (0,10) = 4,53$	
Aplicación de la fórmula:	
$F = 1258 / (30) (4,53) = 1258 / 136 = 9,25$	
En el mapa 3 se observa la localización de centroides en los fragmentos y la definición de las distancias entre los fragmentos residenciales más cercanos. 1hm equivale a 100 m lineales.	
Índice de fragmentación = 9,25	

Fuente: elaboración propia.

Entre los años 2000 y 2009 se observa la mayor expansión hacia la periferia de Altamira, con las urbanizaciones de vivienda popular. El índice continúa descendiendo hacia 2015, lo que significa que el modelo de urbanización dibuja una tendencia de fragmentación contraria a la tendencia de los años 1990-1999 (tabla 6).

Tabla 6
Valores de los indicadores para la medición de la fragmentación espacial urbana

Décadas	Índice de fragmentación	Número de fragmentos	Tamaño medio de fragmentos	Distancia media entre un fragmento y su vecino más cercano (m)	Compacidad media de los fragmentos (Índice)	Índice de densidad media de los fragmentos
1960-69	12.60	10	21.91	3402	1.31	0.07
1970-79	11.28	16	24.62	2746	1.61	0.12
1980-89	21.93	9	41.43	3499	1.43	0.086
1990-99	32.43	10	51.9	2640	1.40	0.10
2000-09	9.86	26	44.07	2541	1.54	0.27
2010-15	9.25	30	40.70	2095	1.65	0.36

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Las observaciones y el cálculo de indicadores desde la ecología del paisaje permiten seguir el rastro de los procesos de crecimiento urbano para contrastar finalmente el supuesto de la causalidad de la fragmentación urbana en la zona de estudio a lo largo de 55 años (entre 1960 y 2015). La metodología, traída de otra disciplina, nos permite observar como la inserción y las formas de proliferación de los fragmentos urbanos residenciales y/o aislados producen un impacto de fragmentación en la periferia de la ciudad metropolitana de Tampico.

El análisis cuantitativo de los fragmentos urbanos residenciales cerrados y/o aislados arrojó el dato de la cantidad de fragmentos durante el periodo de estudio. Se observó que el porcentaje de mayor ocupación del suelo y menor densidad de población correspondió a los fragmentos urbanos residenciales cerrados de lujo y a los campestres, con una densidad de población 16 veces menor que las urbanizaciones urbanas de tipo social, emplazadas en la misma periferia con una ubicación preferentemente

dispersa, entremezclados con la industria y el comercio alejados de la ciudad central.

Se observó también que, en el periodo comprendido entre 1990-1999, el aislamiento de los fragmentos urbanos residenciales en la periferia disminuyó debido a una etapa de agregación y compactación de la mancha urbana. Sin embargo, aumentó su número hacia el 2015. Esto coincidió con un panorama urbano disperso y fragmentado mayoritariamente en la periferia.

El indicador del tamaño medio de los fragmentos urbanos residenciales da cuenta de lo anteriormente mencionado, al revelar que el tamaño de los fragmentos y su incremento provocaron la intensificación de la fragmentación urbana. Se confirma la reducción de las distancias entre los fragmentos urbanos. Sin embargo, este dato coincide con el aumento del número de ellos. Esto significa que en realidad el estado de fragmentación permanece si los fragmentos se mantienen aislados o cerrados, de allí la importancia de estudiar la dinámica de la urbanización residencial en la tipología cerrada y aislada.

El índice de compacidad define la importancia que tiene la forma y su relación con el contexto externo. Esto es, cuanto más alargada sea la forma del fragmento urbano, mayor impacto de fragmentación produce en el territorio. En el caso de estudio, los fragmentos presentan una tendencia más alargada (menor compacidad).

El cálculo del índice de densidad indica que hacia el 2015 se dibuja una tendencia a una fragmentación urbana con el aumento de su índice, que no es más que el aumento del número de fragmentos identificados en el territorio de estudio. Asimismo, el índice de fragmentación observa un valor descendente que significa, según la ecología del paisaje, que el territorio tiende a la fragmentación.

Por lo tanto, establece que el crecimiento de la ciudad metropolitana de Tampico, entre los años de 1960 y 2015 ha presentado dos formas polarizadas de crecimiento urbano. La primera como producto de un modelo de crecimiento compacto mono-céntrico. Este modelo termina diluyéndose hacia la década de 1970, al perder sus límites morfológicos y el orden de una urbanización contigua y continua que hasta ese tiempo prevalecía, permitiendo la invasión y trasformación de la periferia rural en territorio urbano, sin servicios ni equipamiento alguno. En esta etapa aún temprana de metropolización se conservaba todavía un interés por el centro urbano de Tampico como primera opción de centralidad. Posteriormente, la inserción de fragmentos urbanos residenciales cerrados y/o aislados perfiló una franca expansión y fragmentación física de la organización del territorio, respondiendo a centralidades emergentes propios del

modelo policéntrico mostrando una mezcla de llenos y vacíos propios de un paisaje fragmentado.

Fuentes consultadas

Aguilera-Benavente, Francisco (2010), “Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el área metropolitana de Granada”, *Revista Anales de Geografía*, 30 (2), Madrid, Universidad Complutense de Madrid, pp. 9-29, <<https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/31845>>, 1 de mayo de 2017.

Autodesk (1988), “AutoCAD”, versión 10, Mill Valley, California, Autodesk Inc.

Becerril Sánchez, Teresa; Méndez, José y Garrocho, Carlos (2013), “Urbanizaciones cerradas y transformaciones socioespaciales en Metepec, Estado de México”, *EURE*, 39 (117), Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, pp.191-213, doi: 10.4067/S0250-71612013000200009.

Cabral, Luis Felipe y Canosa Zamora, Elia (2001), “Segregación residencial y fragmentación urbana: los fraccionamientos cerrados en Guadalajara”, *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad*, 7 (20), Guadalajara, Universidad de Guadalajara, pp. 223-253, <<https://www.redalyc.org/pdf/138/13802008.pdf>>, 22 de noviembre de 2017.

Capron, Guénola y Esquivel Hernández, María Teresa (2016), “El enclave urbano, lógica socioespacial de la periferia urbanizada y sus efectos sobre la segregación residencial y la fragmentación urbana”, *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 25 (2), Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 127-150, doi: 10.15446/rcdg.v25n2.54720.

Cerda Troncoso, Jorge (2012), “La expansión urbana discontinua analizada desde el enfoque de accesibilidad territorial aplicación a Santiago de Chile”, tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona.

De Mattos, Carlos (2002), “Transformación de las ciudades latinoamericanas. ¿Impactos de la globalización?”, *EURE*, 28 (85), Santiago

de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 5-10, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612002008500001>

DOF (Diario Oficial de la Federación) (1989), “Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994”, Ciudad de México, 31 de mayo, Ciudad de México, Poder Ejecutivo Nacional, <<https://n9.cl/ajnr4>>, 15 de setiembre de 2020.

Dramstad, Wenche; Olson, James and Forman, Richard (1996), *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*, Cambridge, Harvard University Graduate School of Design.

Enríquez Acosta, Jesús Ángel (2007), “Entre el miedo y la distinción. El estado actual del fraccionamiento cerrado en las ciudades fronterizas de Tijuana, Nogales y Ciudad Juárez”, *Estudios fronterizos. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8 (15), Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California, pp. 9-49, doi: 10.21670/ref.2007.15.a01

Forman, Richard (2004), *Mosaico Territorial para la Región Metropolitana de Barcelona*, Barcelona, Gustavo Gili.

Gaspari, Fernanda Julia; Rodríguez Vagaría, Alfonso; Senisterra, Gabriela; Delgado, María Isabel y Besterio, Sebastián (2013), *Elementos Metodológicos para el manejo de Cuencas Hidrológicas*, La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de la Plata, doi: 10.35537/10915/27877.

Gurrutxaga, Mikel (2003), *Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la CAPV*, Vitoria-Gasteiz, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco, <<https://cutt.ly/WzXK1uQ>>, 12 noviembre 2017.

Gustafson, Erik (1998), “Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?” *Ecosystems*, 1 (2), New York, Springer, pp. 143-156. <<https://n9.cl/s9d2c>>, 15 de enero de 2018.

Huang, Jingnan; Xi Xi, Lu y Sellers, Jefferey (2007), “A Global Comparative Analysis of Urban form: Applying Spatial Metrics and Remote Sensing”, *Landscape and Urban Planning*, 82 (4), Amsterdam, Elsevier, pp. 184-197, doi: 10.1016/j.landurbplan.2007.02.010

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1996), “Tamaulipas: datos por ejido y comunidad agraria”, Aguascalientes, INEGI, <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825116866/702825116866_3.pdf>, 4 de diciembre de 2020

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1999), “Tamaulipas: Tabulados Básicos Ejidales por Municipio. Procede 1992-1998”, Aguascalientes, INEGI, <<https://cutt.ly/PzCcoXd>>, 4 de diciembre de 2020.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2016), “Inventario Nacional de Viviendas 2016”, Aguascalientes, INEGI, <<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>> 14 de mayo de 2017.

Kosak, Daniel (2018), “Revisitando el debate sobre la fragmentación urbana: una década y media después de “Splintering Urbanism”, *Revista Iberoamericana de Urbanismo*, (14), Barcelona, RIURB, pp. 15-22.

Lara Navarrete, Ileana Beatriz (2007), “Las urbanizaciones cerradas: impactos den la ciudad y posibilidades normativas. El caso de la ciudad de Mérida, Yucatán”, tesis de doctorado, Universidad de Colima, Colima.

Llop Torné, Carlos Juan; Carrasco Bonet, Marta; Calderón, Arturo; Font Arellano, Antonio; Kourkoutas, Konstantinos ; Maristany Jackson, Lorena; Mas, Silvia; Batlle Durany, Enric; Mayor, Xavier; Ricci, Mosè; Ceccarelli, Paolo y Morgado, Sofía (2016), *Ciudades, territorios metropolitanos y regiones urbanas eficientes: estrategias y propuestas de proyecto para la regeneración de la Ciudad-Mosaico-Territorial después de la Explosión de la Ciudad: la Región Metropolitana de Barcelona como laboratorio*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya y Milenio Publicaciones, <<http://hdl.handle.net/2117/97155>>, 20 de diciembre de 2020.

McArthur, Robert and Wilson, Edward (2001), *The Theory of Island Biogeography*, Princeton, Princeton University Press.

Méndez, Eloy y Rodríguez, Isabel (2004), “Comunidades cerradas en la frontera México- Estados Unidos”, *Scripta Nova*, 7 (171),

Barcelona, Universidad de Barcelona, <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-171.htm>>, 5 de mayo de 2017.

Pfannenstein, Bernd; Martínes Jaramillo, Jonatán Obed; Anacleto Herrera, Edgar Eduardo y Sevilla Villalobos, Salvador (2018), “Planificación urbana y la influencia de las urbanizaciones cerradas: El Área Metropolitana de Guadalajara, México”, *Economía Sociedad y Territorio*, Zinacantepec, El Colegio Mexiquense A.C., 19 (59), pp. 1087-1117, doi: 10.22136/est20191278.

PO Tamaulipas (Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas) (2010), “Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira - Ciudad Madero - Tampico”, 2 de diciembre, Ciudad Victoria Tamaulipas, Órgano de Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas, <<https://n9.cl/om029>>, 1 de enero de 2019.

PO Tamaulipas (Diario Oficial del Estado de Tamaulipas) (2018), “Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tampico, Tamaulipas”, 22 de mayo, Cd. Victoria Tamaulipas, Órgano de Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas, <<https://n9.cl/ujve7>>, 1 de enero de 2019.

Prévôt-Schapira, Marie y Cattaneo Pineda, Rodrigo (2008), “Buenos Aires: la fragmentación en los intersticios de una sociedad polarizada”, *EURE*, 34 (103), Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 73-92, doi: 10.4067/S0250-71612008000300004.

Rojas Quezada, Carolina Alejandra (2008), “Análisis de la sostenibilidad de los modelos territoriales metropolitanos: el caso de Concepción (Chile). Aplicación de las Tecnologías de Información Geográfica”, tesis de doctorado, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.

Salinas Varela, Edison (2009), “Fragmentación Urbana y su relevancia en la planificación urbana y territorial actual”, *Ignire-Centro de Estudio de Política Pública*, pp. 49-58.

Secchi, Bernardo (2013), *La ciudad de los ricos y la ciudad de los pobres*, Madrid, Los libros de la Catarata.

Tron Piñero, Fabián (2015), “Fragmentación formal y simplificación funcional de la ciudad de Tacubaya, dentro de la metrópoli de México, durante los procesos de expansión de la primera mitad

del siglo XX”, tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

UNAM y Mapoteca Orozco y Berra, (Universidad Nacional Autónoma de México) (1951), Cartografía de Tampico, mapa 14Qc-(10), Archivo (30), Ciudad de México, Secretaría de la Defensa Nacional.

Vidal-Koppmann, Sonia (2014), *Countries y barrios cerrados. Mutaciones socio-territoriales de la región metropolitana de Buenos Aires*, Buenos Aires, Editorial Dunken.

Viganò, Paola (2012), “The Contemporary European Urban Project: Archipelago City, Diffuse City and Reverse City”, en Greig. Crysler, Stephen Cairns, and Hilde Heynen (eds.), *The SAGE Handbook of Architectural Theory*, Londres, SAGE Publications, pp. 657-670
doi: 10.4135/9781446201756.n39.

Wei Ji; Ma, Jia; Twibell, Rima Wahab y Underhill, Karen (2006), “Characterizing Urban Sprawl Using Multi-Stage Remote Sensing Images and Landscape Metrics”, *Computers, Environment and Urban Systems*, 30 (6), Londres, Elsevier, pp. 861-879, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2005.09.002

Recibido: 2 de mayo de 2020.

Reenviado: 27 de octubre de 2020.

Aceptado: 12 de enero de 2021.

Judith del Carmen Garcés Carrillo. Doctora en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Actualmente, es profesora en la carrera de arquitecto e investigadora en el Cuerpo Académico de Urbanismo y Medioambiente. Cuenta con perfil SNI nivel C (candidato). Sus líneas de investigación son: expansión urbana, ordenamiento territorial y urbanismo cerrado. Entre sus más recientes publicaciones se encuentra como coautora en: “Escenario socioeconómico y proyección de empleo para 2060 en la extensión de la centralidad urbana de Tampico”, en Miguel Ángel Bartorila, *Sostenibilidad y Plusvalía. Proyecto de Revitalización y Conservación para el Humedal Laguna del Carpintero y entorno*, Ciudad de México, Consejo de publicaciones UAT, pp. 35-55 (2020); “Lógicas de inserción del urbanismo residencial cerrado al sur de Tamaulipas”, en *Revista Estudios Demográficos y Urbanos*, 33 (3), Ciudad de México, Colegio de México, pp. 639-669 (2018); “Fragmentos

cerrados residenciales como entidades de excepción en el sur de Tamaulipas”, *Nova Scientia*, 10 (20), Guanajuato, Universidad de La Salle Bajío A. C., pp. 697-726 (2018).

Miguel Ángel Bartorila. Doctor en Urbanismo por la Universitat Politècnica de Catalunya. Actualmente, es profesor e investigador en el cuerpo académico de urbanismo y medio ambiente. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Sus líneas de investigación son: planeación, ordenamiento territorial, proceso de coevolución del ecosistema natural y las ciudades y sus posibles articulaciones para la eficiencia urbana. Entre sus publicaciones más recientes se encuentran como autor en, *Sostenibilidad y Plusvalía. Proyecto de revitalización y conservación para el humedal Laguna del Carpintero y entorno*, Ciudad de México, Colofón-UAT, (2020); como coautor, *AUL: Atlas urbanístico de León, cartas para conocer la ciudad*. León, Guanajuato, Universidad de la Salle Bajío (2018); y como coordinador, *Revitalización urbana, aportaciones para la ciudad vertical*. Ciudad de México, Colofón, (2018).