



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

URBANIZACIÓN Y CAMBIOS DE COBERTURA/USO DE SUELO EN PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO (1985-2015)

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN GEOGRAFÍA

PRESENTA
M. EN C. CARLOS FRANCISCO OCHOA JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ MANUEL CAMACHO SANABRIA

ASESORES:
DR. JOSÉ ISABEL JUAN PÉREZ
DRA. ROSALÍA CHÁVEZ ALVARADO
DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN
DRA. MARÍA ESTELA OROZCO HERNÁNDEZ
DR. OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ
DR. JUAN CARLOS ARRIAGA RODRÍGUEZ



CHETUMAL, QUINTANA ROO A 08 DE ABRIL DE 2022





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE TESIS
DEL PROGRAMA DE DOCTORADO Y APROBADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN GEOGRAFÍA

COMITÉ DE TESIS



DIRECTOR:

DR. JOSÉ MANUEL CAMACHO SANABRIA

ASESOR:

DR. JOSÉ ISABEL JUAN PÉREZ

ASESOR:

DRA. ROSALÍA CHÁVEZ ALVARADO

ASESOR:

DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN

ASESOR:

DRA. MARÍA ESTELA OROZCO HERNÁNDEZ

ASESOR:

DR. OSCAR FRAUSTO MARTÍNEZ

ASESOR:

DR. JUAN CARLOS ARRIAGA RODRÍGUEZ



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, ABRIL DE 2022

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	Pág.
Planteamiento y delimitación del problema	1
Estructura de la tesis.....	8
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	
1.1 Estado del arte.....	9
1.2 Enfoques o perspectivas geográficas	
1.2.1 Geografía Urbana.....	29
1.2.2 Geografía Cuantitativa.....	32
1.3 Fundamentos teóricos-conceptuales.....	34
CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO	
2.1 Área de estudio	
2.1.1 Criterios de selección.....	42
2.1.2 Ubicación.....	42
2.1.3 Características geográficas.....	43
2.1.3.1 Características físico-naturales.....	43
2.1.3.2 Características antrópicas.....	47
2.1.3.3 Normatividad.....	51
2.2 Diseño de estudio.....	52
2.3 Metodología.....	52
2.3.1 Evaluación del proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015.....	55
2.3.2 Análisis de las fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) de la urbanización de Playa del Carmen.....	59
2.3.3 Análisis de la percepción de los actores clave respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen	61
CAPÍTULO III. RESULTADOS	

3.1 Evaluación del proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015.....	64
3.2 Análisis de las fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) de la urbanización de Playa del Carmen.....	74
3.3 Análisis de la percepción de los actores clave respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.....	86
APARTADO. DISCUSIÓN.....	98
APARTADO. CONCLUSIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	137

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de las interacciones e interrelaciones de Playa del Carmen visto como un sistema complejo.....	38
Figura 2. Ubicación geográfica de Playa del Carmen en el contexto internacional, nacional y estatal	43
Figura 3. Clima, temperatura y precipitación de Playa del Carmen, Quintana Roo.....	44
Figura 4. Coberturas o ecosistemas vegetales en Playa del Carmen, Quintana Roo.....	47
Figura 5. Vías de comunicación en Playa del Carmen.....	48
Figura 6. Crecimiento poblacional de Playa del Carmen (1970-2020).....	49
Figura 7. Incremento del número de establecimientos y cuartos de hospedaje de Solidaridad.....	50
Figura 8. Diagrama metodológico asociado al argumento teórico y sus enfoques geográficos.....	63
Figura 9. Mapas de CUS de Playa del Carmen: 2004, 2007 y 2015.....	64
Figura 10. Expansión urbana de Playa del Carmen. Periodo:1985-2015.....	73
Figura 11. Mapas de CUS de Playa del Carmen.....	74
Figura 12. Características ambientales impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.....	79
Figura 13. Incremento del número de establecimientos y cuartos de hospedaje de Solidaridad.....	80
Figura 14. Crecimiento de viviendas particulares habitadas del municipio de Solidaridad	81
Figura 15. Crecimiento urbano de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015.....	84
Figura 16. Segregación socioespacial de Playa del Carmen.....	86
Figura 17. Mapa de la mancha urbana de Playa del Carmen con sus posibles direcciones de crecimiento	93

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto internacional	10
Cuadro 2. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto nacional .	18
Cuadro 3. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto regional (región península de Yucatán, estatal y local)	21
Cuadro 4. Relación de objetivos y metodología.....	53
Cuadro 5. Definición de las categorías de análisis.....	55
Cuadro 6. Matriz de tabulación cruzada.....	57
Cuadro 7. Ecuaciones para calcular los indicadores de cambio.....	58
Cuadro 8. Descripción de las categorías de análisis.....	59
Cuadro 9. Representación de la matriz de tabulación cruzada	60
Cuadro 10. Fórmulas para calcular las ganancias, pérdidas, intercambios y el cambio total	61
Cuadro 11. Descripción de los actores clave encuestados	62
Cuadro 12. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2007.....	66
Cuadro 13. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2007-2015	67
Cuadro 14. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2015	68
Cuadro 15. Indicadores de cambio. Periodos: 2004-2007, 2007-2015 y 2004-2015.....	71
Cuadro 16. Tasas de cambio anual de las categorías: a) Vegetación natural y b) Urbano.....	73
Cuadro 17. Causas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.....	74
Cuadro 18. Matriz de tabulación cruzada del periodo 2004-2015.....	76
Cuadro 19. Indicadores de cambio del periodo 2004-2015.....	77
Cuadro 20. Fuerzas impulsoras y principales actores clave de la urbanización ..	83
Cuadro 21. Tabla cruzada de las características de los actores clave participantes en la encuesta.....	87

Cuadro 22. Tabla de cruzada entre Definición de la ciudad y Actividades que contribuyen a su crecimiento.....	88
Cuadro 23. Tabla cruzada de los beneficios y las consecuencias del turismo en la ciudad de Playa del Carmen.....	89
Cuadro 24. Tabla de frecuencias de los factores impulsores de la urbanización de Playa del Carmen.....	90
Cuadro 25. Tabla cruzada entre las principales actividades turísticas y los factores económicos del proceso de urbanización.....	91
Cuadro 26. Tabla de frecuencias de los factores político institucionales del proceso de urbanización.....	92
Cuadro 27. Tabla cruzada entre la dirección de la ciudad y la dirección óptima de crecimiento de la ciudad.....	94
Cuadro 28. Tabla cruzada entre la dirección óptima de crecimiento de la ciudad y las principales razones por la cual los actores consideran como óptima esa dirección.....	95
Cuadro 29. Tabla de frecuencias segmentado por los diferentes sectores de los encuestados.....	96

INTRODUCCIÓN

Planteamiento y delimitación del problema

En las últimas décadas, las actividades antrópicas con fines económicos, han incentivado el aprovechamiento de los recursos naturales y paisajísticos de diferentes territorios del mundo. Una actividad que ha coadyuvado a la transformación física de los territorios es la urbanización (Geist *et al.*, 2006). Este proceso surge derivado de los cambios de cobertura y uso de suelo (CCUS) que ocurren por la conversión en los patrones naturales de coberturas del suelo hasta llegar al uso urbano, así como los que experimentan las ciudades y zonas rurales (López *et al.*, 2002; Trucíos *et al.*, 2013; Soto-Cortes, 2015; Pal y Ziaul, 2017).

La urbanización se define como la transformación física del espacio geográfico provocada por el desarrollo y crecimiento de las ciudades y zonas rurales, la cual es impulsada por las actividades económicas que convierten a estas áreas en núcleos urbanos considerados como centros económicos. Además, estos territorios tienen sus propias características en lo relacionado a su infraestructura y equipamiento urbano, así como sus propias prácticas habituales y maneras de vivir de sus residentes (Lois *et al.*, 2012; López, 2015; Palafox *et al.*, 2015; Ochoa *et al.*, 2020).

A nivel mundial, el proceso de transformación territorial ha ido en aumento. Por ejemplo, el continente asiático tiene la mayor superficie ocupada con uso urbano, la cual se extiende en el 48% de su territorio y alberga el 53% de la población mundial, llegando a convertirse en un motor económico global que generó cerca del 33% de la producción mundial en 2010. Uno de los países asiáticos con acelerado crecimiento urbano es China, el cual ha presentado en las últimas décadas un elevado incremento poblacional derivado de la migración rural-urbana y de su desarrollo económico basado en la industrialización y urbanización, las cuales están sustentadas en grandes inversiones en infraestructura, innovación e intensa competitividad, convirtiendo a sus ciudades en puntos estratégicos del desarrollo global y regional (Angiano, 2016; ONU-Hábitat, 2016).

El acelerado crecimiento económico y urbano de China ha generado afectaciones hacia el medio natural y social que se derivan de la escasa planificación urbana, las cuales tienden a afectar directamente en la calidad de vida de sus residentes. Entre dichas afectaciones destaca la contaminación atmosférica producida por usar carbón como fuente de energía y el uso vehicular; la contaminación del agua y el suelo derivado de la ausencia de drenaje sanitario en los asentamientos periféricos de las ciudades y la falta de tratamiento de desechos industriales; la deforestación, producto de la expansión urbana que provocan CCUS; la desigualdad económica y social causada por conflictos sociales; así como las bajas condiciones salariales y la restringida disponibilidad de servicios públicos de salud, educación y vivienda hacia la población migrante (Correa y Núñez, 2013; Angiano, 2016).

La India es otro país asiático en proceso de urbanización, esto debido, principalmente, al flujo económico basado en productos básicos a nivel mundial, la inversión extranjera y a su acelerado crecimiento demográfico urbano (segunda población urbana más grande del planeta) (Kumar, 2011). Para el año 2010, los residentes de este país representaron el 11% del total a nivel mundial, además, este territorio también cuenta con 53 ciudades metropolitanas que albergan a más del 42% de sus habitantes en zonas urbanas (Ghosh y Kansal, 2014). Su rápido y continuo crecimiento económico lo ha posicionado como la séptima potencia económica mundial (por el tamaño del producto interno bruto) (CEPAL, 2016).

La transformación urbana de la India, orientada por la deficiente planeación, ha alterado las propiedades fisicoquímicas de los componentes del ambiente (agua, suelo, aire y biota) a causa de la contaminación y la deforestación de sus ecosistemas, también ha generado afectaciones sociales derivadas del establecimiento de infraestructura habitacional en zonas de riesgo que se caracterizan por carecer de servicios públicos básicos de primera necesidad (Nagendra *et al.*, 2014).

Por otra parte, en Europa las dinámicas de urbanización estuvieron marcadas por el desarrollo del sector manufacturero, primeramente, por el aumento de la productividad agrícola que constituyó la ciudad del Renacimiento y la Edad

Moderna y, segundo, por la Revolución Industrial y el desarrollo del Capitalismo a mediados del siglo XIX. Otro factor de cambio que surgió a partir de las actividades productivas mencionadas fue la migración rural-urbana producida por la alta demanda de trabajadores en la construcción de equipamiento urbano en sus ciudades, por lo que habitantes de las áreas rurales se trasladaron a las zonas urbanas (Hoyos, 2009; Vargas, 2017).

España se ha distinguido desde los años setenta por su constante crecimiento urbano, mismo que ha sustituido el modelo de ciudad compacta tradicional por el crecimiento de un urbanismo disperso ocasionado principalmente por la migración rural-urbana, su rápido crecimiento demográfico de sus áreas metropolitanas y la llegada masiva de inmigrantes extranjeros que se han asentado en las zonas adyacentes a las localidades turísticas de litoral y de agricultura intensiva ubicadas al sur y este del país (Gil-Alonso y Bayona-i-Carrasco, 2012).

Por otro lado, América Latina y el Caribe es el territorio con mayor crecimiento urbano del mundo en desarrollo, el cual ha experimentado, desde 1950, una considerable expansión urbana y grandes aumentos en la población de sus ciudades que derivaron un desarrollo económico a nivel regional. Esta transformación territorial se derivó por el arribo descontrolado de migrantes externos e internos que se asentaron en terrenos circundantes de las ciudades, provocando con ello CCUS y expansión de las zonas urbanas (Jordan y Simioni, 2002; Da Cunha y Rodríguez, 2009; Quimbayo y Vásquez, 2016).

México es uno de los países con grandes territorios urbanos de América Latina y el Caribe, puesto que contiene 401 ciudades de las cuales 74 son zonas metropolitanas, 132 conurbaciones y 195 centros urbanos, que en total albergan el 74.2% de la población nacional (92.7 millones de personas). La acelerada dinámica del crecimiento de las ciudades de este país tuvo sus implicaciones en el deterioro de los elementos naturales y la degradación del suelo, así como en la difícil planeación y reestructuración de los espacios urbanos (Alva y Martínez, 2018; CONAPO, 2018).

Las ciudades que destacan con grandes zonas urbanas y más de un millón de habitantes en México son las zonas metropolitanas ubicadas geográficamente en el centro del país como la Ciudad de México; Guadalajara en el estado de Jalisco; el área conurbada entre los estados de Puebla y Tlaxcala; Toluca en el estado de México; Querétaro, Querétaro; San Luis Potosí, San Luis Potosí y Aguascalientes, Aguascalientes. Al norte destaca la ciudad de Monterrey en el estado de Nuevo León; Tijuana en Baja California; Ciudad Juárez en el estado de Chihuahua; y La Laguna, en los estados de Coahuila y Durango. Y al sureste del país Mérida, Yucatán, ubicada en la Península de Yucatán (CONAPO, 2018).

En el territorio que comprende la Península de Yucatán se puede apreciar el crecimiento de la mancha urbana de sus ciudades costeras, aunado al incremento y concentración poblacional. Dicho aumento fue impulsado por el turismo y el comercio a través de grandes cadenas hoteleras y empresas de inversión, tanto nacionales como extranjeras. Lo anterior incentivó la transformación directa del uso de suelo vegetación natural a suelo urbano, provocando deforestación principalmente de selva mediana subperennifolia, además de pérdida de dunas costeras, tular y manglar. Por otro lado, estos cambios indujeron al surgimiento de asentamientos irregulares establecidos en zonas de riesgo, la carencia de servicios públicos básicos de primera necesidad, así como altos índices de concentración poblacional (Quiroz, 2006).

El estado de Quintana Roo, dentro de la Península de Yucatán, se encuentra experimentando un acelerado proceso de urbanización asociado con los CCUS, principalmente en la porción norte de la entidad donde se ubican las ciudades de Cancún, Cozumel y Playa del Carmen. El crecimiento de estos espacios urbanos ha sido a causa de actividades antrópicas que persiguen intereses económicos mediante la edificación de infraestructura habitacional, turística y de recreación, entre otras, misma que han originado empleos para la población local que ha provocado el aumento y concentración poblacional en estas ciudades (Cortina *et al.*, 1999; Dupuy *et al.*, 2007).

Playa del Carmen es una ciudad del caribe mexicano perteneciente al estado de Quintana Roo, el cual destaca por ser un destino de atracción turística nacional e internacional. Derivado de lo anterior y considerando los CCUS que ha experimentado este territorio desde 1980, esta ciudad se ha caracterizado por su incremento poblacional y la actividad turística de sol y playa que han contribuido de forma indirecta en su transformación, pasando de pueblo pesquero a convertirse en el centro urbano con el índice de crecimiento más acelerado de América Latina y uno de los más altos del mundo (Careaga e Higuera, 2011; Bagnera, 2015; Ruíz-Ramírez *et al.*, 2018; Castillo y Méndez, 2019).

El proceso territorial y socioeconómico de Playa del Carmen, aunque es el motor económico e innovador y otorga cierto grado de prosperidad en sus habitantes por la demanda de empleo, mejor calidad de vida, estabilidad económica, superación personal y profesional, entre otros (Palafox *et al.*, 2015), también ha provocado efectos como el crecimiento irregular de sus espacios, CCUS, alteraciones socioculturales, contaminación ambiental, entre otros, los cuales se derivan de la escasa organización y planeación para afrontar los cambios multidimensionales asociados a este proceso de cambio (Castillo, 2009; Merlotto *et al.*, 2012; Fang *et al.*, 2016; ONU-Hábitat, 2016; Alva y Martínez, 2018).

Con base en lo referido anteriormente, es importante que la urbanización considere el manejo adecuado de los recursos naturales del territorio, así como también establezca estrategias de planificación urbana adecuadas al territorio en desarrollo, esto con el objetivo de proporcionar las mejores condiciones de vida a los residentes de la ciudad, así como sustentar un adecuado desarrollo urbano para las futuras generaciones (Merlotto *et al.*, 2012; Guardia y Ruíz, 2014; López, 2015; Soto-Cortes, 2015).

Por otro lado, es importante mencionar que la urbanización, además de involucrar patrones espaciotemporales, también experimenta cambios multidimensionales dentro del sistema urbano, los cuales son necesarios conocer para encaminar su crecimiento hacia un adecuado desarrollo urbano asociado con la sostenibilidad. Es por ello que investigadores como Weaver (1948), Santos (1992), Morin (2002),

Buzai (2014; 2015), Edin (2014), López (2014) y, Felix y Castañón-Puga (2019) han propuesto el análisis de los espacios urbanos desde el enfoque de los sistemas complejos o complejidad, puesto que este proceso involucra un número considerable de fuerzas (causas y factores) impulsoras de la urbanización¹ que se encuentran relacionados e interrelacionados entre sí en uno o varios sistemas (Geist y Lambin, 2001). Estos autores, señalan que los espacios urbanos deben ser estudiados interdisciplinariamente desde ambos enfoques de la investigación.

Por lo que, además de realizar estudios para analizar la dinámica del espacio geográfico e identificar los actores relacionados con este proceso de cambio y sus posibles consecuencias que, en su mayoría, se elaboran bajo el enfoque cuantitativo (Rahimi, 2016; Tochiuitl *et al.*, 2016; Vargas y Julián, 2016; Dávila-Rodríguez *et al.*, 2017; Lal *et al.*, 2017; Mohammadian *et al.*, 2017; Pal y Ziaul, 2017; Escandón *et al.*, 2018; Nath *et al.*, 2018; Del Cid, 2019; Mari *et al.*, 2019; Guo *et al.*, 2019), también es importante investigar las fuerzas impulsoras de la urbanización, así como conocer la percepción de los actores clave sobre estas fuerzas, tal y como se está realizando recientemente en grandes países urbanizados como lo es China (Fan *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Buzai, 2018; Sedevich *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019; Cai y Fangyuan, 2020; Shi *et al.*, 2020; Jiao *et al.*, 2021).

Con base en los argumentos anteriores, se diseñó la siguiente pregunta de investigación que permitió guiar el desarrollo de la investigación:

¿Cuáles fueron las fuerzas impulsoras del proceso de urbanización y los cambios de cobertura y uso del suelo de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015?

El propósito de la presente investigación fue analizar la urbanización y los CCUS de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015. Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario plantear los siguientes objetivos particulares:

¹ Fuerzas impulsoras de la urbanización: conjunto complejo de acciones, factores y fundamentos relacionados e interrelacionados que se involucran y promueven los cambios geográficos. Estas fuerzas permiten comprender el proceso de urbanización y sus consecuencias ecológicas, además de establecer estrategias óptimas para su adecuado desarrollo (Liu *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2019).

1. Evaluar el proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen, durante el periodo de 1985-2015.
2. Analizar las fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) de la urbanización de Playa del Carmen.
3. Analizar la percepción de los actores clave respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.

A manera de justificación, el presente trabajo de investigación sobre la urbanización y CCUS en Playa del Carmen permitió explicar la dinámica y configuración territorial de esta ciudad en un periodo de treinta años, así como los patrones socioespaciales que han ocasionado este proceso de cambio.

Metodológicamente esta investigación permitió realizar una triangulación metodológica mediante ambos enfoques de la investigación (cuantitativo y cualitativo). Por un lado, se aplicaron métodos y técnicas de la Teledetección y Cartografía Automatizada para evaluar el proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen, y por el otro, se llevó a cabo la revisión documental y la aplicación de una encuesta dirigida a actores clave para el análisis de las fuerzas impulsoras de la urbanización de este territorio. Esto puede ser un referente para investigaciones futuras que pretendan abordar la urbanización en otras áreas geográficas a partir de enfoques metodológicos mixtos que coadyuven a la explicación de las causas y factores impulsores de este proceso de cambio bajo el enfoque de los sistemas complejos o complejidad. Esto contribuirá metodológicamente para obtener y sistematizar información innovadora bajo diferentes perspectivas sobre esta temática.

Como instrumento de apoyo para coadyuvar a la adecuada planificación urbana de Playa del Carmen, este trabajo bajo la perspectiva social contribuirá, mediante la elaboración de políticas públicas o el fortalecimiento de los instrumentos de planeación por parte de las dependencias gubernamentales, en proporcionar servicios básicos de primera necesidad a sus habitantes, tales como vivienda, drenaje sanitario, luz eléctrica, alumbrado y transporte público, agua potabilizada, así como espacios educativos y recreativos, entre otras.

Por último, y considerando el alto grado de importancia y vulnerabilidad de las áreas adyacentes a la ciudad de Playa del Carmen, relacionadas con las reservas de mantos acuíferos, así como su diversidad biológica, aunado al rápido crecimiento urbano y la planeación de la ciudad, resulta necesaria la elaboración de esta investigación para analizar, tanto cuantitativa como cualitativamente, el proceso de urbanización y con ello proporcionar información de referencia a las dependencias gubernamentales relacionadas con el ordenamiento y planeación de la ciudad, así como con los actores clave para la elaboración de instrumentos legales enfocados en la adecuada planificación y manejo sustentable de la ciudad y sus recursos que garanticen un crecimiento urbano controlado, ordenado y ambientalmente favorable, así como servicios básicos de primera necesidad para sus habitantes.

Estructura de la tesis

En el primer capítulo se presenta el marco teórico, el cual se subdivide en el estado del arte y el enfoque o perspectiva geográfica. En este capítulo, primeramente, se expone un análisis de artículos de divulgación científica con la finalidad de explorar y conocer el tema de investigación, el cual se efectuó a nivel internacional, nacional y local. Posteriormente, en el enfoque o perspectiva geográfica, se incorporaron las disciplinas geográficas utilizadas en la investigación, tales como la Geografía Urbana y la Geografía Cuantitativa.

En el siguiente capítulo se expone el marco metodológico. En él se describe el área y diseño de estudio, además de la metodología (métodos, técnicas y procedimientos) utilizada en cada objetivo de investigación. Y en el capítulo tres se presenta el apartado de resultados que se obtuvieron de cada uno de los objetivos.

Posteriormente se presentan los apartados discusión y conclusiones, en los que se describen los principales hallazgos y las limitaciones metodológicas de la investigación, además del apartado referencias bibliográficas, donde se establecen las bases que sustentan la investigación y, por último, anexos, en el cual se exponen los productos científicos derivados de la investigación, así como evidencias de la participación y difusión del conocimiento en eventos académicos nacionales e internacionales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ESTADO DEL ARTE

La urbanización es un proceso de transformación física del espacio geográfico que se ha acelerado en todo el mundo en las últimas décadas. Como se mencionó en la introducción, este proceso es muy benéfico para el desarrollo económico de las ciudades, sin embargo, también ha provocado consecuencias derivadas de los factores multidimensionales asociados a este proceso de cambio.

Por lo anterior, en este apartado se presentan las investigaciones realizadas con base a la urbanización por medio de CCUS en distintos territorios geográficos, esto se realizó de manera aleatoria considerando la escala de análisis internacional, nacional y en la región península de Yucatán (regional, estatal, local), además se presentan las causas de los cambios, el tipo de investigación y el enfoque de estudio (Cuadros 1, 2 y 3). Esto permitió conocer las áreas de oportunidad² en las diferentes escalas geográficas, así como las metodologías, técnicas y procedimientos utilizados por los autores.

Con respecto a los trabajos realizados bajo el contexto internacional (Cuadro 1), en color azul se encuentran los realizados en el continente asiático, en verde los elaborados en el continente africano, los trabajos europeos se encuentran en color amarillo y en anaranjado los sudamericanos.

² Áreas de oportunidad: resultado de analizar aspectos positivos y negativos de investigaciones que permiten identificar áreas de la investigación aún sin abordar para su posterior análisis.

Cuadro 1. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto internacional.

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2008	Cuenca de Kucukcekmece, Estambul, Turquía	1992-1993, 1993-2000, 2000-2006	LANDSAT y SPOT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Gonca <i>et al.</i> , (2008)
2017	Ciudad de Qom, Irán	1987-1999, 1999-2013	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Planeación urbana	Mohammadian <i>et al.</i> , (2017)
2017	Centro urbano English Bazar, India	1991-2010, 2010-2014	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Pal y Ziaul (2017)
2017	Centro urbano de Dhanbad, India	1972-1999, 1999-2011	LANDSAT	Agricultura, Minería de carbón y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Lal <i>et al.</i> , (2017)
2016	Mongolia interior y Xinjiang en China	1990-2000, 2000-2010	LANDSAT, entrevistas con expertos	Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Fan <i>et al.</i> , (2016)
2014	Ciudad de Guiyang, suroeste de China	1996-2000, 2000-2006, 2006-2010	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Liu <i>et al.</i> , (2014)
2011	Ciudad Delhi, India	1997-2000, 2000-2003, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2008	Imágenes LISS-III	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Mohan <i>et al.</i> , (2011)
2013	Ciudad de Tirupati, India	1976-2003	Imágenes LISS III y IRS ID	Agricultura, Minería y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Kumar y Sreenivasula (2013)
2021	Ciudad de Hefei, China	1995-2002, 2002-2006, 2006-2009,	LANDSAT y encuestas	Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Jiao <i>et al.</i> , (2021)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2014	Ciudad de Bandar Abbas, sur de Irán	2009-2013, 2013-2016 1956-1965, 1965-1975, 1975-1987, 1987-2001, 2001-2012	Fotografías aéreas, LANDSAT e imágenes IRS y GeoEye	Expansión urbana y Zona militar	Descriptivo	No	Planificación urbana	Dadras <i>et al.</i> , (2014)
2016	Ongniud Banner, Mongolia Interior, China	2000-2009, 2009-2015	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Bai <i>et al.</i> , (2017)
2016	Alor Gajah y Malacca central, Malasia	2001-2009, 2009-2015	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Kean (2017)
2015	Ciudad de Wuhan, China	1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010	LANDSAT y revisión documental	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	Si	Análisis geográfico	Li <i>et al.</i> , (2016)
2014	Hawalbagh en el distrito de Almora, del estado de Uttarakhand, India	1990-2010	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Rawat y Kumar (2015)
2017	Ciudad de Khulna, Bangladés	1996-2016	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Hasan <i>et al.</i> , (2017)
2016	China	1990-2005	LANDSAT y revisión documental	Urbanización e industrialización	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Fang <i>et al.</i> , (2016)
2016	Ciudad de Tabriz, Irán	1989-2005	LANDSAT, SPOT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Planificación urbana	Rahimi (2016)
2017	Ciudad de Zhangjiakou al norte de China	1989-2000, 2000-2010, 2010-2015	LANDSAT y revisión documental	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Liu <i>et al.</i> , (2017)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2018	Ciudad de Dujiangyan, China	2007-2008, 2008-2010, 2010-2015, 2015-2018	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Nath <i>et al.</i> , (2018)
2019	Región de Terai, Nepal	1990-2000, 2000-2016	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Yadav <i>et al.</i> , (2019)
2019	Provincia de Jiangsu, China	1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010	LANDSAT y revisión documental	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Shi <i>et al.</i> , (2019)
2015	Delhi, India	1973-1980, 1980-1998, 1998-2010	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Ramachandra <i>et al.</i> , (2015)
2015	Islamabad, Pakistán	1992-2012	LANDSAT y SPOT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Butt <i>et al.</i> , (2015)
2019	Beijing, Tianjin y Shijiazhuang en China	1980-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010	LANDSAT y datos cartográficos	Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	Si	Planificación urbana	Wu <i>et al.</i> , (2019)
2020	Estado de Sikkim, parte de los Himalayas, India	1988-1996, 1996-2008, 2008-2017	LANDSAT e imágenes Sentinel	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Kumar <i>et al.</i> , (2020)
2020	Ciudades de Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Anhui, Jiangxi, Hubei, Hunan, Chongqing, Sichuan, Yunnan y Guizhou, China	2000-2006, 2006-2012, 2012-2017	Análisis estadístico y revisión documental	Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Cai y Fangyuan (2020)
2020	286 muestras urbanas de China	2005-2010, 2010-2013, 2013-2015	Análisis estadístico y revisión documental	Expansión urbana	Descriptivo	Si	Planificación urbana	Shi <i>et al.</i> , (2020)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2019	Beijing, China	1997-2009, 2009-2017	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Guo <i>et al.</i> , (2019)
2015	Daqahlia, Egipto	1985-2000, 2000-2010	Imágenes Topográficas	Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Planificación urbana	Rizk y Rashed (2015)
2011	Ciudad de New Burg El-Arab, Alejandría, Egipto	1990-2000	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Afify (2011)
2014	Gilgel Tekeze distrito de Meket en Amhara, Etiopía	1976-1986, 1986-2008	LANDSAT y SPOT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Tesfaye <i>et al.</i> , (2014)
2009	Madrid, España	1990-2000	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Plata <i>et al.</i> , (2009)
2009	Ciudad de Olomouc, República Checa	1991-2001	LANDSAT	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Václavík y Rogan (2009)
2009	Municipios de Sintra y Cascais, Portugal	1989-1994, 1994-2000	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Análisis geográfico	Cabral y Zamyatin (2009)
2010	Costa norte de Galicia, España	1995-2003	Ortofotos	Industrias y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	García <i>et al.</i> , (2010)
2015	Las Palmas de Gran Canaria, España	1954-1998, 1998-2012	Fotografías aéreas	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Ginés <i>et al.</i> , (2015)
2014	Municipio de Prokuplje, Serbia	1969-1974, 1974-1984, 1984-2012	Mapas topográficos, CORINE	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Valjarevic <i>et al.</i> , (2014)
2006	Ciudad de Terrassa, España	1956-1984, 1984-2004	Fotografías aéreas y Ortofotos	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Nasarre y Badia (2006)
2012	Delegación municipal de Ingeniero White en la	1967-2012	Carta topográfica, LANDSAT,	Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Silva y Rubio (2014)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2012	provincia de Buenos Aires, Argentina Corregimiento de Pasquilla, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, al sur de Bogotá, Colombia	1995-2004, 2004-2009	revisión documental LANDSAT, ASTER, IKONOS y encuestas actores clave	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Hernández-Gómez <i>et al.</i> , (2013)
2013	Municipios conurbados perteneciente a la mancomunidad metrópoli de los Altos (Quetzaltenango, Salcajá, La Esperanza, Olinstepeque y San Mateo), Guatemala	1964-1970, 1970-1982, 1982-1990, 1990-2002, 2002-2006	Fotografías aéreas y Ortofotos	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Ordenamiento territorial	Alvarado-Quiroa y Araya-Rodríguez (2014)
2014	Área Metropolitana de Concepción (Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualqui, Lota, Penco, San Pedro de Paz, Santa Juana, Talcahuano y Tomé), Chile	2001-2009	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Rojas <i>et al.</i> , (2014)
2012	Área urbana de la costa del Partido de Necochea-Quequén, Buenos Aires, Argentina.	1967-1984, 1984-2004	Fotografías aéreas y QuickBird	Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Merlotto <i>et al.</i> , (2012)
2013	Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina.	1990-2010	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Planificación urbana	Ramírez y Pértile (2013)
2017	Ciudad de Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina.	2016	LANDSAT y revisión documental	Expansión urbana	Prospectivo	Si	Planificación urbana	Buzai (2018)
2008	Área metropolitana de Concepción, Chile.	1975-1990, 1990-2001, 2001-2004	LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planificación urbana	Smith y Romero (2009)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2014	Departamento Santa Lucia, provincia de San Juan, Argentina.	1973-1980, 1980-1993, 1993-2004, 2004-2014	Ortofotos, Fotografías aéreas, LANDSAT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Guardia y Ruíz (2014)
2019	Cinturón verde de la ciudad de Córdoba, Argentina.	1974-2014	LANDSAT	Agricultura, expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Mari <i>et al.</i> , (2019)
2009	Región del Biobío y La Araucanía en la zona centro sur de Chile	1979-2000	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Aguayo <i>et al.</i> , (2009)
2018	Municipio de Guaymallén, Mendoza, Argentina	2005-2018	Cartografía y revisión documental	Expansión urbana	Descriptivo	Si	Ordenamiento territorial	Sedevich <i>et al.</i> , (2019)
2015	Ciudad de San Juan, Argentina	2000-2010	Programa Corine Land Cover	Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Del Cid (2019)
2015	Cantón Cuenca, provincia de Azuay en la región centro sur de la República del Ecuador	1991-2001	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana, Ganadería	Descriptivo, Prospectivo	No	Planeación urbana	Pinos (2016)
2018	Municipio de Cartagena, Colombia	1990-2001, 2001-2016	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Guzmán (2018)
2019	Cuenca del Arroio Marrecas, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil	1966-2010, 2010-2015	Fotografías aéreas e imágenes QuickBird y GeoEye	Agricultura y Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Ordenamiento territorial	Tornquist y Da Silva (2019)
2017	Ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador	1994-2002, 2002-2010	Fotografías aéreas, Carta topográfica	Expansión urbana	Prospectivo	No	Planificación urbana	Reyna <i>et al.</i> , (2017)

Fuente: elaboración propia con base en Ellis *et al.*, (2017).

Las investigaciones relacionadas con la urbanización y los CCUS realizados a nivel internacional comprenden diversas escalas de análisis como son: cuencas, ciudades, municipios, estados, así como áreas metropolitanas. Se han revisado trabajos asiáticos, africanos, europeos y sudamericanos.

El enfoque de la investigación que más se ha utilizado es el cuantitativo con 43 trabajos, mientras que 12 utilizaron una combinación de ambos enfoques de la investigación, careciendo de trabajos bajo el enfoque cualitativo. Los primeros se basaron en análisis de sensores remotos, siendo el 53.5% de ellos los que usaron imágenes satelitales LANDSAT y 13.9% trabajos utilizaron imágenes LISS-III, Ortofotos, Fotografías aéreas e Imágenes CORINE, además 32.5% involucraron una combinación de dos o más instrumentos de teledetección. Por último, 12 trabajos emplearon una combinación de enfoques de investigación (cuantitativa-cualitativa), los cuales manejaron insumos como: cartas topográficas, imágenes LANDSAT, ASTER e IKONOS, también realizaron revisiones documentales, análisis estadísticos y encuestas dirigidas a actores clave.

Cincuenta y tres de los trabajos son de tipo descriptivo, de los cuales 52 evalúan cuantitativamente el proceso de urbanización de diversas zonas geográficas durante sus periodos de análisis. También se tienen, por un lado, el 20.7% de los trabajos presentan escenarios prospectivos de simulación espacial en diferentes escalas, tanto simulaciones espaciales de carácter tendencial como estratégico bajo diferentes enfoques de estudio. Y por el otro, el 20.7% analizan, además del proceso de urbanización, los factores impulsores de este proceso de transformación territorial bajo el enfoque de planificación urbana. Del total, solo dos investigaciones presentan evaluación del proceso de urbanización junto con escenarios prospectivos y análisis de fuerzas impulsoras de la urbanización.

Como se aprecia en el Cuadro 1, ciertas investigaciones han analizado el proceso de urbanización y los CCUS a nivel local en diversas ciudades alrededor del mundo, sin embargo, las áreas de oportunidad radican en la necesidad de elaborar investigaciones urbanas complejas mediante ambos enfoques de la investigación, por un lado, trabajos descriptivos y prospectivos (tendenciales y/o estratégicos), y

por el otro análisis de las fuerzas impulsoras de la urbanización. Esto proporcionará información base para conocer la complejidad urbana del área geográfica y con ello establecer estrategias para dirigir adecuadamente el crecimiento de la urbanización y aminorar las afectaciones hacia los recursos del territorio de interés, así como también proporcionar a los tomadores de decisiones herramientas o información de referencia para mejorar las condiciones de crecimiento urbano y así establecer o reforzar las políticas públicas actuales con la finalidad de orientarlas a un desarrollo ordenado.

Cuadro 2. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto nacional.

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2007	Zona metropolitana de la Ciudad de México	1989-2000	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	López y Plata (2009)
2016	Municipio de Cuautlancingo, Puebla, México	1958-1966, 1966-1979, 1979-1984, 1984-1999, 1999-2010	Fotografías aéreas	Agricultura, Expansión urbana, Industrias	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Tochihuitl <i>et al.</i> , (2016)
2015	Zona metropolitana de los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal y Chiapa de Corso, Chiapas	1986-2001, 2001-2014	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Silva <i>et al.</i> , (2015)
2014	Municipio de Morelia, Michoacán	1998-2008	Fotografías aéreas e imágenes IKONOS	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Larrazábal <i>et al.</i> , (2014)
2010	Ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua	2000-2010	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Uc <i>et al.</i> , (2012)
2013	Zona metropolitana de Toluca, México	2004-2013	SPOT	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Dávila-Hernández <i>et al.</i> , (2014)
2017	Estado de Morelos	2000-2009	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Escandón <i>et al.</i> , (2018)
2017	Municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua, Chihuahua	2000-2010	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Dávila-Rodríguez <i>et al.</i> , (2017)
2019	Municipios de Morelia, Tarímbaro, Charo y Álvaro Obregón en Michoacán	1995-2000, 2000-2005, 2005-2009	Ortofoto e imágenes SPOT	Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Planeación urbana	Lasso <i>et al.</i> , (2019)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2012	Ciudad Cuauhtémoc, poblado menonita y colonia Álvaro Obregón, estado de Chihuahua	1993-2006	Ortofoto y LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Erives <i>et al.</i> , (2012)
2018	Cuenca del Valle de México entre los estados de Hidalgo, Tlaxcala y el Estado de México	1992-2008	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Galván y Guadarrama (2018)

Fuente: elaboración propia con base en Ellis *et al.*, (2017).

Como se muestra en el Cuadro 2, se revisaron trabajos relacionados con la urbanización y los CCUS los cuales se realizaron a escala municipal, estatal, en ciudades, zonas metropolitanas y en cuencas. Con excepción de la Península de Yucatán, se han realizado tres investigaciones de esta índole al norte del territorio nacional, siete en el centro y uno al sur.

Todos los trabajos se realizaron mediante el enfoque de investigación cuantitativo bajo el análisis de sensores remotos, siendo seis los trabajos que emplearon imágenes satelitales LANDSAT y dos los que utilizaron imágenes SPOT y fotografías aéreas respectivamente, además tres usaron una combinación de dos instrumentos de teledetección.

A nivel nacional hay pocos trabajos relacionados con el proceso de urbanización y los CCUS, por ello es necesario realizar este tipo de trabajos a nivel local en zonas potenciales de desarrollo económico. Por otro lado, solo un trabajo empleó escenarios prospectivos de urbanización y CCUS de carácter tendencial con enfoque de estudio de planeación urbana, y ninguno empleo el enfoque de investigación cualitativa. Por lo anterior, es evidente analizar las fuerzas impulsoras de la urbanización, esto derivado de que hasta ahora no se han realizado investigaciones que contemplen dicha temática en zonas urbanas.

En el Cuadro 3 se presentan las investigaciones urbanas y de CCUS, en color azul se encuentran las investigaciones bajo el contexto regional en la Península de Yucatán (estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo), las elaboradas bajo el contexto estatal de Quintana Roo se presentan en color verde y en color amarillo se encuentran los trabajos a nivel local de Playa del Carmen.

Cuadro 3. Investigaciones sobre urbanización y CCUS en el contexto regional (región península de Yucatán, estatal y local).

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
1998	Región ejidal ubicada a lo largo de la carretera Escárcega-Chetumal, al sur de los estados de Campeche y Quintana Roo.	1975-1986, 1986-1990	Fotografías aéreas y LANDSAT.	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Cortina <i>et al.</i> , (1999)
1999	Municipio de Sotuta, Yucatán y pueblos aledaños	1985-1995	LANDSAT	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Sohn <i>et al.</i> , (1999)
2001	Ejido Guadalupe en la Reserva de la Biósfera de Calakmul	1970-1995	Fotografías aéreas	Agricultura	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Díaz <i>et al.</i> , (2001)
2001	Región sur de la Península de Yucatán en la Reserva de la Biósfera de Calakmul	1987-1997	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Turner <i>et al.</i> , (2001)
2004	Región sur de la Península de Yucatán en la Reserva de la Biósfera de Calakmul	1985-1996, 1996-1999, 1999-2001	LANDSAT	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Schneider (2004)
1997	Hocabá Yucatán	1997-2005	Encuestas	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Bautista-Zúñiga <i>et al.</i> , (2005)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2004	Reserva de la Biósfera de Calakmul y dos comunidades adyacentes	1987-1992, 1992-1996	LANDSAT, información estadística nacional (INEGI) y Encuestas.	Agricultura	Descriptivo, Prospectivo	No	Ordenamiento territorial	Roy (2006)
2007	La montaña, al sur del municipio de Hopelchén, Campeche	1988-2000, 2000-2005	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Porter-Bolland <i>et al.</i> , (2007)
2007	Región sur de la Península de Yucatán, Reserva de la Biósfera de Calakmul	1987-2000	LANDSAT	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Vester <i>et al.</i> , (2007)
2007	Municipio de Peto y Tzucacab en el centro del estado de Yucatán	1988-1994, 1994-2001	LANDSAT	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Wyman <i>et al.</i> , (2007)
2008	Corredor Mesoamericano incluida la franja de las Reservas Calakmul y Sian Ka'an. Municipios de Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco (Quintana Roo) y Calakmul (Campeche).	1980-2000	Cartografía digital INEGI e INF, y LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Díaz-Gallegos <i>et al.</i> , (2008)
2008	Región La Montaña en el municipio Hopelchén en Campeche y la Zona Maya en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo.	1988-2000, 2000-2005 (La Montaña) y 1984-2000, 2000-2004 (Zona Maya).	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Ellis y Porter-Bolland (2008)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2010	Reserva de la Biósfera de Calakmul, México	1989-1995, 1995-2000, 2000-2005.	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Schneider y Fernando (2010)
2011	Región sur de la Península de Yucatán en la Reserva de la Biósfera de Calakmul	1969-1997, 1997-2004	LANDSAT y Encuestas	Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Busch y Vance (2011)
2012	Municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo, México y Corozal y San Pedro en Belice.	1990-2003, 2003-2005	LANDSAT e imágenes SPOT	Expansión urbana, Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Díaz-Gallegos y Acosta-Velázquez (2012)
2014	Península de Yucatán	2005-2010	MODIS	Expansión urbana, Agricultura, Incendios	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Mascorro <i>et al.</i> , (2016)
2014	Región sur de la Península de Yucatán en la Reserva de la Biósfera de Calakmul	1990-2000, 2000-2006	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Ramírez-Delgado <i>et al.</i> , (2014)
2014	Ejidotes de los municipios de Calakmul y Hopelchén en Campeche, y Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo	1988-2010	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Romero (2014)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2014	Ejidos en municipios de Hopelchén y Calakmul en Campeche y Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo	1988-2010	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Ellis <i>et al.</i> , (2015)
2015	Región de Costa Maya en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo	1993-2000, 2000-2010	LANDSAT	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Simbangala <i>et al.</i> , (2015)
2016	Península de Yucatán	1980-2016	Revisión documental	Agricultura, Ganadería, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Ellis <i>et al.</i> , (2017)
2018	Límites municipales entre Othón P. Blanco en Quintana Roo y Calakmul en Campeche	1988-2000	Revisión documental	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Velasco y Velázquez (2019)
2004	Zona Maya de la parte central del estado de Quintana Roo. Municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos	1976-1984, 1984-2000	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Bray <i>et al.</i> , (2004)
2005	Ejidos Úrsulo Galván, Laguna Guerrero y Luís Echeverría en Othón P. Blanco, Quintana Roo	1990-2000	LANDSAT y Entrevistas	Recuperación de suelos agrícolas	Descriptivo, Prospectivo	No	Análisis geográfico	García <i>et al.</i> , (2005)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2005	Cancún y Riviera Maya, Quintana Roo	1960-1998	Revisión documental	Expansión urbana, Desarrollo turístico	Descriptivo	No	Planeación urbana	Torres y Momsen (2005)
2006	Ejido X-Maben de la Zona Maya, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	1976-1988, 1988-1991, 1991-1997, 1997-2000	LANDSAT	Agricultura	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Dalle <i>et al.</i> , (2006)
2004	Comunidades de Solferino y San Ángel en el municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	1979-2000	Fotografías aéreas, LANDSAT y Entrevistas	Ganadería	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Dupuy <i>et al.</i> , (2007)
2007	Ejidos de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	1980-2000	Fotografías aéreas e Imágenes satelitales	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Durán-Medina <i>et al.</i> , (2007)
2007	Área Natural Protegida Otoch Ma'ax Yetel Kooch en Quintana Roo.	1999-2003	Fotografías aéreas e Imagen SPOT	Agricultura	Descriptivo, Prospectivo	No	Ordenamiento territorial	García-Frapolli <i>et al.</i> , (2007)
2007	Zona de Cancún municipio de Benito Juárez, Quintana Roo	1960-2007	Revisión documental	Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Murray (2007)

Año	Área geográfica	Periodo de análisis	Fuente de datos	Causas CCUS	Tipo de investigación	Analiza fuerzas impulsoras	Enfoque de estudio	Referencia
2010	Ciudad de Chetumal, Quintana Roo	2005-2010	Revisión documental	Expansión urbana	Descriptivo	No	Planeación urbana	Alonzo y González (2010)
2010	Corredor costero Mahahual-Xcalak en Othón P. Blanco, Quintana Roo	1997-2007	LANDSAT, SPOT e IKONOS	Expansión urbana, Desarrollo turístico	Descriptivo	No	Ordenamiento territorial	Hirales-Cota <i>et al.</i> , (2010)
2013	Ejidos Chunhuhub, Naranja Poniente, Noh Bec, Nueva Loria, Nuevo Israel, Reforma Agraria, Tihosuco y X-Maben en el municipio de Felipe Carrillo Puerto Quintana Roo	1984-2000, 2000-2007/2010	LANDSAT	Agricultura, Ganadería	Descriptivo	No	Análisis geográfico	DiGiano <i>et al.</i> , (2013)
2014	Ejidos del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Bacalar y Othón P. Blanco, Quintana Roo	1984-2012	LANDSAT y SPOT	Agricultura	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Falcón (2014)
2016	Ciudad de Chetumal, Quintana Roo	1981-2005, 2005-2010, 2010-2015	Cartografía de uso de suelo y vegetación de Conabio	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo	No	Análisis geográfico	Vargas y Julián (2016)
2018	Estado de Quintana Roo	2007-2011, 2011-2014	Insumos cartográficos (INEGI)	Agricultura, Expansión urbana	Descriptivo, Prospectivo	No	Análisis geográfico	Batún (2018)
s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Fuente: elaboración propia con base en Ellis *et al.*, (2017). Sin datos (s/d).

Los estudios realizados en la Península de Yucatán describen procesos de urbanización y CCUS bajo diferentes escalas de análisis, estos se realizaron en Áreas Naturales Protegidas (ANPs), Reservas de la Biósfera, ejidos, municipios, ciudades y a nivel peninsular. Las investigaciones en esta región iniciaron desde el año de 1999 hasta 2019, de las cuales el 38.9% de ellas se realizaron en el interior de la entidad de Quintana Roo durante el periodo de 2004 a 2018.

El 71.4% de las investigaciones realizadas en la Península de Yucatán utilizaron el enfoque cuantitativo, mientras que el 17.1% tienen un enfoque cualitativo y el restante 11.4% emplearon una combinación de ambos enfoques. Los primeros se basaron en análisis de sensores remotos, siendo el 60% de ellos los que usaron imágenes satelitales LANDSAT, el 8% utilizaron fotografías aéreas, el 4% empleó imágenes MODIS y otros 4% manejó insumos cartográficos de INEGI, además el 24% involucró una combinación de dos o más instrumentos de teledetección. Bajo el enfoque cualitativo hay seis trabajos de los cuales cinco realizaron una revisión documental y uno empleó la encuesta como instrumento de obtención y recolección de datos. Por último, cuatro trabajos emplearon una combinación de enfoques de investigación en los cuales utilizaron imágenes satelitales LANDSAT, fotografías aéreas e insumos cartográficos de INEGI, así como entrevistas y encuestas.

En lo que respecta a las investigaciones de CCUS que contemplaron escenarios de simulación espacial de los procesos de cambios dentro de la Península de Yucatán se encontraron cuatro trabajos realizados en la escala regional, estatal y local. El primero se enfoca en la simulación de los CCUS causados por las actividades agrícolas en la Reserva de la Biósfera de Calakmul en el estado de Campeche y algunos ejidos adyacentes a ella, mientras que los otros se realizaron dentro del estado de Quintana Roo, uno de ellos contempló simulaciones de CCUS a causa de la recuperación de suelos agrícolas en algunos ejidos del municipio de Othón P. Blanco, el segundo presentó simulaciones de CCUS causados por las actividades agrícolas en el Área Natural Protegida (ANP) Otoch Ma'ax Yetel Kooh en Solidaridad, Quintana Roo y, por último, se realizó la simulación de CCUS

producidos por la actividad agrícola y la expansión urbana en todo el territorio de Quintana Roo.

Particularmente en el estado de Quintana Roo se han realizado 14 estudios relacionados a la urbanización y los CCUS de los cuales más de la mitad son de carácter cuantitativo (nueve trabajos), mientras que tres son cualitativos y dos utilizan ambos enfoques de investigación. Los trabajos elaborados en este territorio están enfocados a los CCUS causados por la agricultura y ganadería en los ejidos de la zona centro del estado (nueve trabajos), mientras que cinco por causa de la expansión urbana y desarrollo turístico de ciudades como Cancún, Chetumal, así como el corredor Mahahual-Xcalak y el estado de Quintana Roo. De los cinco trabajos relacionados con la expansión urbana en Quintana Roo, uno de ellos expone escenarios de simulación espacial de este proceso de cambio, el cual se analizó a escala estatal. Sin embargo, dos trabajos dentro del estado presentaron escenarios de simulación espacial considerando el proceso de cambio agrícola ocurridos dentro de algunos ejidos del municipio de Othón, P. Blanco y el ANP Otoch Ma'ax Yetel Kooh en Solidaridad, Quintana Roo.

Hay muchas necesidades y áreas de oportunidad en lo que respecta a investigaciones sobre expansión urbana y CCUS en Playa del Carmen y sus áreas adyacentes. Por lo que en los próximos párrafos se describirán algunas de ellas y cómo se pretenden abordar.

Primeramente, destacar la necesidad de realizar trabajos de urbanización y CCUS a escala local en la ciudad de Playa del Carmen, puesto que en el estado solo hay cinco sobre esta temática, siendo elaborados tres de ellos bajo el método de revisión documental y otros dos mediante CCUS, de los cuales ninguno fue realizado a escala local. Por lo que el proceso de urbanización a nivel local es un tema de investigación necesario en Playa del Carmen al igual que dentro del estado de Quintana Roo, debido al acelerado crecimiento urbano de sus ciudades costeras (Camacho, 2015; Sollerio y García, 2020).

En lo relacionado al enfoque de investigación cualitativa empleado para el análisis de la urbanización y CCUS, en Quintana Roo solo se presentan tres trabajos con

dicha temática, mismos que se centran en las ciudades de Cancún y Chetumal. Por otro lado, a nivel peninsular se carece de investigaciones enfocadas a identificar y analizar las fuerzas impulsoras que han dado lugar al acelerado proceso de urbanización de algunas ciudades costeras. Estas áreas de oportunidad permiten que la presente investigación contribuya en aportar información referente sobre este proceso de cambio a nivel local dentro del territorio de Playa del Carmen.

En la península solo un trabajo sobre urbanización y CCUS contempla simulaciones espaciales de dicho proceso de cambio, mismo que fue elaborado a una escala estatal. Estas áreas de oportunidad proporcionan las bases para simular la expansión urbana de Playa del Carmen a escala local en futuras investigaciones.

1.2 Enfoques o perspectivas geográficas

1.2.1 Geografía Urbana

La geografía urbana es una de las principales ramas sistemáticas de la geografía humana. Se dedica específicamente al estudio de las ciudades y su interrelación con sus espacios, visualizada dentro de sí misma o como un elemento que integra un sistema territorial de asentamientos dinámicos que van evolucionando o como un proceso de configuración histórica; considerando al espacio urbano como espacio construido por la acción humana (Berdoulay y Soubeyran, 2010; Precedo, 2010; Delgado, 2016; Montoya y Pulido, 2018).

Entre los antecedentes de este enfoque están los trabajos del geógrafo alemán Otto Schlüter con su obra *Bemerkungen zur Siedlungs-geographie* (1899). Este geógrafo es considerado como fundador de la geografía urbana debido a que, en su obra, analizó la ciudad pensando en los asentamientos humanos y la geografía regional. También destaca la “*primera geografía general urbana*” publicada por K. Hassert en 1907 (*Die Städte geographisch betrachtet*), la cual es considerada por algunos autores como el primer trabajo que intentó sistematizar los conocimientos sobre el tema. Este último trabajo profundizó en la descripción a fondo del paisaje y su génesis (Berdoulay y Soubeyran, 2010; Montoya y Pulido, 2018).

Durante el transcurso de la primera mitad del siglo XX, la geografía urbana comenzó a utilizar la corriente teórico-cuantitativa del neopositivismo aunado a la visión cultural y crítica, incorporando así el método científico experimental, así como la Teoría General de Sistemas. Estos cambios permitieron cambiar radicalmente su marco epistemológico, innovar en cuanto al lenguaje estadístico-matemático, y en la creación de modelos de procesos más cercanos a la realidad. Estas incorporaciones representaron avances en los estudios comparativos basados en el análisis de variables, los cuales facilitaron el análisis, comprensión y evolución de los procesos integradores del espacio urbano, proporcionando el sustento para resolver problemas concretos de estos espacios (Santos, 1992; Precado, 2010; Delgado, 2016).

Para llevar a cabo el estudio de la ciudad se recurre a su descripción, es decir, a la cartografía de los procesos urbanos que permitan analizar los elementos causales que dan lugar a los patrones de la ciudad. Esto permitirá abordar la planificación del territorio y visualizar los problemas o posibles problemas ambientales a tratar, el adecuado manejo del transporte y de los servicios públicos, el mejor aprovechamiento y manejo de los recursos naturales, las posibles razones de la concentración criminalística, los altos costos de la tierra y vivienda, entre otros temas esenciales para la comprensión y entendimiento del territorio (Montoya y Pulido, 2018).

Montoya y Pulido (2018) mencionan que *“la geografía urbana utiliza distintos enfoques que son contextuales a su evolución histórica como disciplina, de allí que tenga un carácter multiparadigmático, puesto que la geografía, lejos de aceptar un único modelo explicativo e interpretativo, combina varias concepciones, discursos y enfoques complementarios”*. Dichos enfoques se presentan a continuación:

- El primer enfoque enfatiza las múltiples interacciones e interrelaciones que limitan o condicionan el desarrollo de las ciudades, considerando los elementos naturales adyacentemente a ellas, tales como el relieve, el clima, la vegetación natural, entre otros.

- El segundo enfoque tiene la finalidad de establecer áreas específicas en la ciudad, considerando los usos o actividades establecidas en dichas áreas a fin de analizarlas espacialmente.
- El tercer enfoque analiza, mediante investigaciones sociales, los cambios o procesos que ocurren en la sociedad a causa de la segregación socioespacial.
- El cuarto enfoque pretende ordenar y regular espacialmente la ciudad por medio de la modelación de los cambios o procesos del territorio.
- El quinto enfoque busca erigir el espacio urbano considerando la construcción temporal sociohistórico para comprender los sistemas y procesos involucrados que han dado lugar al espacio urbano.
- El sexto enfoque analiza el espacio urbano a partir de mapas mentales que permiten visualizarlo como múltiples procesos relacionados.
- El último enfoque hace énfasis en el análisis de las implicaciones que el crecimiento urbano ha provocado hacia el medio natural.

Los fundamentos teóricos de esta disciplina contribuyeron, en parte, al estudio de la urbanización y los CCUS de la ciudad de Playa del Carmen en el periodo histórico de 1985 a 2015 mediante los objetivos de investigación destinados a evaluar el proceso de urbanización y de CCUS, y analizar las fuerzas impulsoras y las perspectivas de actores clave que han contribuido al desarrollo urbano de este territorio. De esta manera se obtuvo información de referencia que permitió obtener conocimiento y entendimiento esencial para conocer la ciudad, tanto la evolución de este territorio, así como las fuerzas que impulsaron su desarrollo.

Ahora bien, considerando los enfoques de la geografía urbana descritos anteriormente, el presente trabajo de investigación se analiza desde el quinto enfoque, puesto que el trabajo pretende, mediante un enfoque sociohistórico, construir el desarrollo temporal que ha dado lugar el espacio urbano de Playa del Carmen por medio del enfoque de investigación cuantitativo (análisis de insumos cartográficos) y el cualitativo (análisis documental y cualitativo).

Se utilizó este enfoque derivado de la complejidad de los procesos, causas y factores relacionados e interrelacionados asociados con la urbanización de la ciudad, de entre los cuales se encuentran categorías de uso de suelo de diferentes dimensiones temporales, así como diferentes causas y factores de tipo ambiental, social, económico, político institucional, entre otros, los cuales forman parte de este espacio urbano. Por otro lado, como enfoque geográfico de carácter sistémico, la geografía urbana puede estudiar los diferentes aspectos que conforman la complejidad mencionada con otros enfoques de la geografía u otras disciplinas (Precedo, 2010; Montoya y Pulido, 2018).

Derivado de lo expuesto con anterioridad y con base en el panorama de la geografía urbana, la presente investigación consideró a esta perspectiva geográfica como el principal enfoque del pensamiento geográfico utilizado en este trabajo, esto bajo la consideración del análisis complejo de los múltiples elementos relacionados e interrelacionados del espacio urbano de Playa del Carmen.

1.2.2 Geografía Cuantitativa

La geografía cuantitativa aparece como nuevo paradigma del pensamiento geográfico a finales de 1945. Surge a causa de la ausencia de respuestas y soluciones por parte de la geografía regional ante los acontecimientos, problemáticas y desestabilidades económicas, políticas, sociales y ambientales del momento. Este enfoque proporcionó las bases para explicar y dar respuesta a los acontecimientos o cambios socioambientales de la época mediante las matemáticas y la geometría como lenguajes de la ciencia y la forma espacial, lo cual dio lugar a la construcción de modelos representativos de la organización espacial que coadyuvó a cambiar las maneras de pensar y contemplar la realidad (Edin, 2014; Buzai *et al.*, 2015; Buzai y García, 2015).

La geografía cuantitativa proviene de la base filosófica del neopositivismo, surge a fines de 1940, sin embargo, trasciende entre las décadas de 1950 y 1960 en Estados Unidos de América, siendo sus principales representantes los geógrafos estadounidenses: Fred Kurt Schaefer (1904-1953), William Wheeler Bunge Jr. (1928-) y Edward Augustus Ackerman (1911-1973);, y los geógrafos británicos del

Grupo de Bristol: Peter Haggett (1933-), Richard Chorley y David Harvey (Álvarez-Cruz, 2012; Edin, 2014). El libro *Excepcionalismo en Geografía* del cuantitativista Fred Kurt Schaefer publicado en 1953, fue la obra que marcó el inicio del enfoque cuantitativo en Estados Unidos, representando así la descalificación a la geografía regional y sus representantes. Por otro lado, el Grupo de Bristol fue quien difundió en el Reino Unido este enfoque en la década de 1960, y en Francia hasta 1970 (Edin, 2014).

Según Álvarez-Cruz (2012), entre los antecedentes de esta geografía se tiene la *Teoría de la localización agraria* (Heinrich von Thünen 1783-1850), la *Teoría para la localización industrial* (Alfred Weber 1868-1958) y la *Teoría del lugar central* (Walter Christaller 1893-1969).

Nueva geografía, geografía neopositivista o geografía teórica, fueron las diferentes denominaciones de la geografía cuantitativa, considerando su capacidad paradigmática. Para el estudio del espacio geográfico emplea métodos y procedimientos hipotéticos-deductivos del análisis espacial, misma que ha sido impulsada por la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de los procesos geográficos (Álvarez-Cruz, 2012; Buzai *et al.*, 2015).

Según Buzai *et al.* (2015), “*la Geografía, como ciencia aplicada, se encuentra relacionada con el ordenamiento territorial, por ello diversas ciencias se están apoyando en el análisis espacial cuantitativo para la generación de conocimientos*”. En cuanto a las líneas de trabajo de esta geografía, según Álvarez-Cruz (2012), se tiene la diferenciación del espacio geográfico, es decir, la categorización de los elementos que componen el territorio; y la localización espacial de la población. Ahora bien, mediante la Teoría General de los Sistemas, los estudios regionales pasaron a formar parte de una sola geografía: la geografía sistemática, es decir, la geografía que visualiza el espacio geográfico como un sistema donde sus componentes se encuentran relacionados e interrelacionados unos con otros.

En cuanto a sus fortalezas, según Edin (2014) se encuentran la “*objetividad, neutralidad, generalización, mantiene un vocabulario universal, utilización de*

técnicas y herramientas que facilitan los procesamientos, aplica el método científico (hipotético-deductivo) y tiene un camino inductivo”.

Por lo anterior, la geografía cuantitativa complementó a la geografía urbana en el análisis de la urbanización y los CCUS que han propiciado este proceso de transformación territorial, mediante el tratamiento y análisis de datos espaciales de dicho proceso ocurrido en Playa del Carmen. Esta perspectiva permitió dimensionar sociohistóricamente los cambios espaciales de la ciudad e identificar los patrones de distribución socioespacial. Los productos podrán ser utilizados para la elaboración de instrumentos legales en materia de ordenamiento y planeación de la ciudad por parte de las dependencias gubernamentales correspondientes.

1.3 Fundamentos teórico-conceptuales

Las investigaciones en áreas urbanas han evolucionado paralelamente a las necesidades producidas por las dinámicas de su crecimiento, sin embargo, se fortaleció a partir del surgimiento de las teorías de localización y de estructuración de los espacios urbanos del siglo XIX y XX respectivamente, las cuales se elaboraron con la finalidad de potencializar las actividades económicas y organizar el espacio urbano. Como ya se mencionó, las primeras teorías de localización fueron la teoría de la localización agrícola, la teoría para la localización industrial, la teoría de los lugares centrales y para 1939 A. Lösch realizó una ampliación de esta última teoría. En lo relacionado a las teorías de estructuración urbana, estas iniciaron en 1925 mediante la teoría de la estructura del espacio urbano en anillos concéntricos de E.W. Burgess, seguida de la teoría de la estructura del espacio urbano en sectores de H. Hoyt (1939) y, por último, la teoría de estructuración del espacio urbano en núcleos múltiples desarrollada por Harris y Ullman en 1945 (Santos, 1992; Buzai, 2005; Álvarez-Cruz, 2012; Delgado, 2016).

Actualmente, estas teorías han proporcionado las bases para la investigación y organización de los espacios urbanos bajo diferentes enfoques y disciplinas, asimismo han permitido plantear sus problemáticas particulares de los sectores sociales, culturales, ambientales, económicos, político institucionales, entre otros, por medio de la investigación unidisciplinaria.

Sin embargo, investigadores como Weaver (1948), Santos (1992), Morin (2002), Buzai (2014), Edin (2014), López (2014), Buzai (2015) y, Félix y Castañón-Puga (2019), han propuesto abordar los espacios urbanos desde el enfoque de la teoría de los sistemas complejos o complejidad (TSC), puesto que este proceso involucra un número considerable de fuerzas involucradas que se encuentran relacionadas e interrelacionadas entre sí en un mismo sistema e incluso entre dos o más sistemas (Geist y Lambin, 2001).

Por lo anterior y considerando el enfoque geográfico de carácter sistémico, la presente investigación se abordó desde la TSC enfocado al estudio de la ciudad, esto a través del análisis de los patrones espaciotemporales, así como los cambios multidimensionales asociados a causas y factores impulsores de la urbanización, los cuales se abordaron bajo los dos enfoques de la investigación (Fan *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Buzai, 2018; Sedevich *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019; Cai y Fangyuan, 2020; Shi *et al.*, 2020; Jiao *et al.*, 2021).

Según García (2006), un sistema complejo es la representación del recorte de una realidad, la cual se considera como una totalidad organizada (sistema), en la que los componentes son heterogéneos y no son separables, es decir, deben ser estudiados de manera conjunta, además están en constante relación e interrelación (complejidad), formando así los procesos causantes que producen el fenómeno de investigación. Por lo tanto, la TSC pretende abordar el objeto o proceso de estudio como un *sistema complejo*, mediante el análisis de los elementos del proceso o procesos causantes.

Desde el enfoque sistémico de la TSC, los espacios urbanos son sistemas complejos de tipo abierto, los cuales están compuestos por fuerzas impulsoras, los cuales se traducen en causas y diversos factores (sociales, económicos, políticos, institucionales, culturales y ambientales) que resultan de la interacción e interrelación de diversos procesos o elementos que giran en torno a las actividades humanas, dichos procesos ocurren en su propio sistema, así como en sistemas adyacentes que logran afectar o beneficiar de manera directa y/o indirecta.

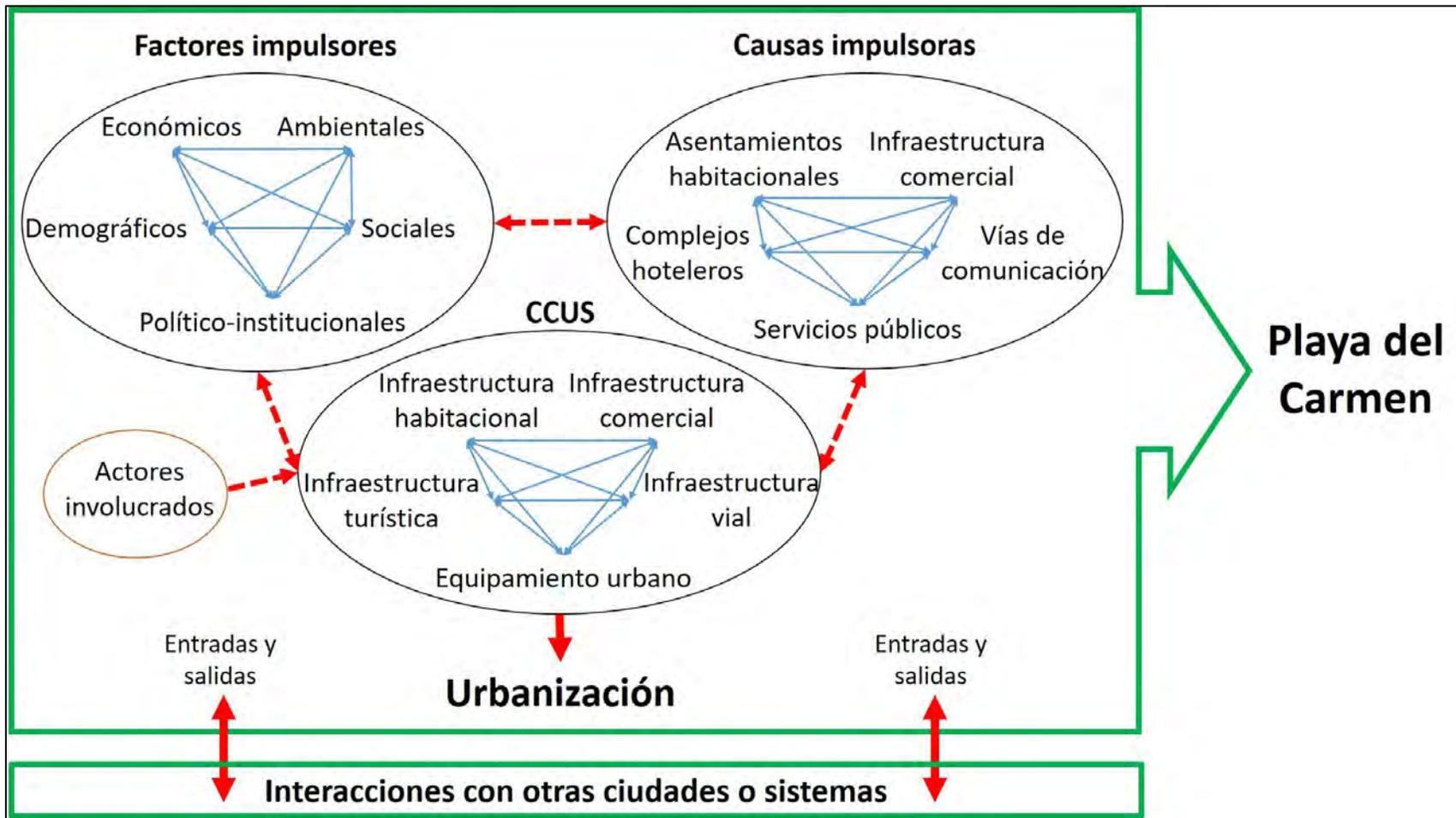
Por lo anterior, es importante que los sistemas urbanos se analicen mediante la integración de diversos enfoques disciplinarios con principal atención al objeto de investigación en común, bajo un sistema de elementos interdefinidos (no se pueden definir unos sin definir a los otros), cuyo análisis requiere de una coordinación interdisciplinaria, tal y como lo menciona Weaver (1948), Morin (2002), López (2014) y, Félix y Castañón-Puga (2019), es decir, se requiere de dos o más disciplinas e incluso de ambos enfoques de la investigación para abordar los problemas urbanos por medio de un marco conceptual y metodológico común que dirija el estudio de los problemas socioespaciales bajo un mismo enfoque.

Respecto al objeto de la presente investigación, la ciudad de Playa del Carmen fue considerada como un sistema, en donde la urbanización y los CCUS contienen un conjunto de procesos y elementos que intervienen en las causas y factores sociales, económicos, políticos-institucionales, ambientales, entre otros, que interactúan y se interrelacionan entre sí en uno o varios sistemas. Es decir, se deben considerar elementos como la construcción de infraestructura habitacional, vial, turística, comercial, de equipamiento urbano, las áreas verdes, el crecimiento demográfico, el turismo, los medios económicos, los recursos naturales y paisajísticos, la planeación urbana, la velocidad de crecimiento urbano y poblacional, la delincuencia o situación delictiva de la ciudad, entre otras variables, así como también los diversos actores clave que intervienen en el proceso de transformación física de la ciudad. Todo lo anterior comparten relaciones y se interrelacionan unos con otros, creando así los procesos causales que incentivan el sistema complejo del proceso de urbanización de la ciudad (Geist y Lambin, 2001) (Figura 1).

Por último, el enfoque metodológico de esta teoría se basa en una epistemología Constructivista, considerando análisis causales de cada uno de los elementos en el o los procesos. Por ejemplo, se tiene que realizar un análisis que permita explicar que “los CCUS” son la causa de “la urbanización”, lo que significa que hay una teoría dentro de la cual se pueden formular las dos situaciones, de tal manera que la primera es deducible o explica la segunda. Por lo que es necesaria la relación lógica entre los elementos del proceso, puesto que la explicación causal es inferida por los

elementos o procesos relacionados lógicamente (García, 2006). Por otro lado, las características de este modelo permiten estudiar sistemas de sistemas dinámicos interrelacionados, es decir, puede llegar a abordar y explicar alguna de las partes de la totalidad del sistema complejo, llegando a considerar a esa parte en términos del todo (López, 2014).

Figura 1. Diagrama de las interacciones e interrelaciones de Playa del Carmen visto como un sistema complejo.



Fuente: elaboración propia con base en Geist y Lambin, 2002.

Entre los conceptos que se utilizaron en la presente tesis destacan los relacionados con la urbanización y los CCUS.

Según López (2015), la urbanización “*es la ocupación y/o transformación física del territorio debido al desarrollo y crecimiento de las ciudades. Desde el punto de vista sociológico, económico e histórico, este proceso se caracteriza por la concentración de la población en ciertos lugares del territorio considerados como urbanos*”. También el termino urbanización se puede utilizar cuando la tasa de crecimiento poblacional es superior a la tasa de crecimiento de la población total de la región, por otro lado, son evidentes los aumentos en la población, la edificación de infraestructura turística, vial, habitacional, de equipamiento urbano, entre otros factores, sin embargo, la consecuencia más clara son los movimientos migratorios de personas residentes de zonas rurales que buscan mejorar su calidad de vida. Este proceso territorial y socioeconómico ha modificado el entorno natural mediante la transformación de los ecosistemas, principalmente a través de CCUS de tipo natural por suelos urbanos o agrícolas, los cuales producen cambios en el medio ambiente y en el funcionamiento de los ciclos naturales, incentivando así los riesgos ante fenómenos naturales (López y Plata, 2009; Merlotto *et al.*, 2012; Tochihuitl *et al.*, 2016).

Este proceso de transformación incentiva cambios que se presentan en la cubierta del suelo, así como en los usos o aprovechamiento del mismo. Para entender estos términos, se tiene que, la cubierta del suelo es la cobertura física y biológica de la superficie de la tierra, incluyendo superficies artificiales, agrícolas, bosques seminaturales, tierras húmedas y cuerpos de agua. Y, por otro lado, los usos de suelo son las diferentes formas en las que se emplea o utiliza un terreno y su cobertura vegetal, la cual puede presentar características naturales como bosque, selva o duna costera, o bien estar destinado a alguna actividad antropogénica como turística, comercial, agrícola, industrial o habitacional (Velázquez *et al.*, 2010).

Por lo tanto, este proceso de conversión territorial incentiva CCUS, entendiendo este último como un proceso de transformación producto de las dinámicas de conversión espacial, el cual refleja las decisiones que toman los usuarios del suelo.

Para comprenderlo se emplea el concepto conversión o reemplazo, el cual es atribuido por el cambio de un tipo de cubierta o uso de suelo específico por otro diferente (Tochihuitl *et al.*, 2016). Este proceso se asocia a diferentes actividades provocadas antropogénicamente, los cuales alteran los ecosistemas y es considerada como una amenaza para la biodiversidad, debido a que, pone en riesgo la diversidad biológica, provoca alteraciones en los ciclos biogeoquímicos, contribuye al cambio del clima local, regional y global, además reduce la disponibilidad de hábitat. Este último a causa de la pérdida y/o transformación de bosques, selvas y praderas naturales en áreas para uso agrario, urbano, turístico o comercial (Dupuy *et al.*, 2007; Aguayo *et al.*, 2009; Guzmán, 2018).

También, desde el punto de vista geográfico se debe tener presente que el espacio está conformado por múltiples localizaciones materializadas de naturaleza muy diversas, las cuales se relacionan e interrelacionan entre sí creando procesos que conllevan a la edificación y transformación de la realidad mediante flujos de materiales y energía. Por consiguiente, el espacio geográfico es, en esencia, un espacio organizado que está constituido por una infinidad de elementos del medio físico y humanos de diversa naturaleza y magnitudes, éste permite comprender y explicar los fenómenos ocurridos en la superficie de la tierra (Vargas, 2012; Ramírez y López, 2015).

Entre las propiedades del espacio geográfico se encuentra el paisaje, este se caracteriza por su dinamismo en el que intervienen y se interrelacionan elementos abióticos, bióticos y antrópicos. Según Guzmán (2018), entre sus propiedades principales destaca su “*estructura (relacionada a su forma, tamaño, número y configuración), función (la cual determina las interacciones entre elementos espaciales en términos de flujos de energía y materia), y cambio (misma que considera las alteraciones de la estructura y función en el tiempo)*”. Debido a su complejidad, cualquier alteración al mismo provoca variaciones en sus características durante un periodo de tiempo determinado. Dichas alteraciones pueden ser originadas por diversas fuentes, siendo la acción humana las principales

causas. Esta propiedad del espacio tiene su propia escala y localización (Muñoz-Guerrero, 2017).

Ahora bien, entre las partes o porciones pertenecientes a la superficie terrestre se tienen las regiones, los lugares, los territorios, entre otros. Siendo este último una porción dentro de una nación o región, ya sea geopolíticamente o como circunscripción oficial política administrativa, este tiene sus propias características como su belleza natural y su entorno ecológico, así como su propio pasado histórico que lo identifica (Ramírez y López, 2015).

Tanto las perspectivas geográficas como el fundamento teórico proporcionan las bases para analizar el proceso de urbanización y los CCUS que han ocurrido en Playa del Carmen durante el periodo de 1985 a 2015, esto se logró bajo un enfoque de complejidad y multidisciplinariedad. Por un lado, permitieron visualizar la ciudad como un sistema complejo donde sus fuerzas impulsoras se relacionan e interaccionan internamente entre sí, así como con otros sistemas adyacentes. Y por otro, proporcionaron las herramientas e instrumentos necesarios para analizar complejamente los múltiples elementos del espacio urbano mediante el uso de tecnologías digitales de información.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Área de estudio

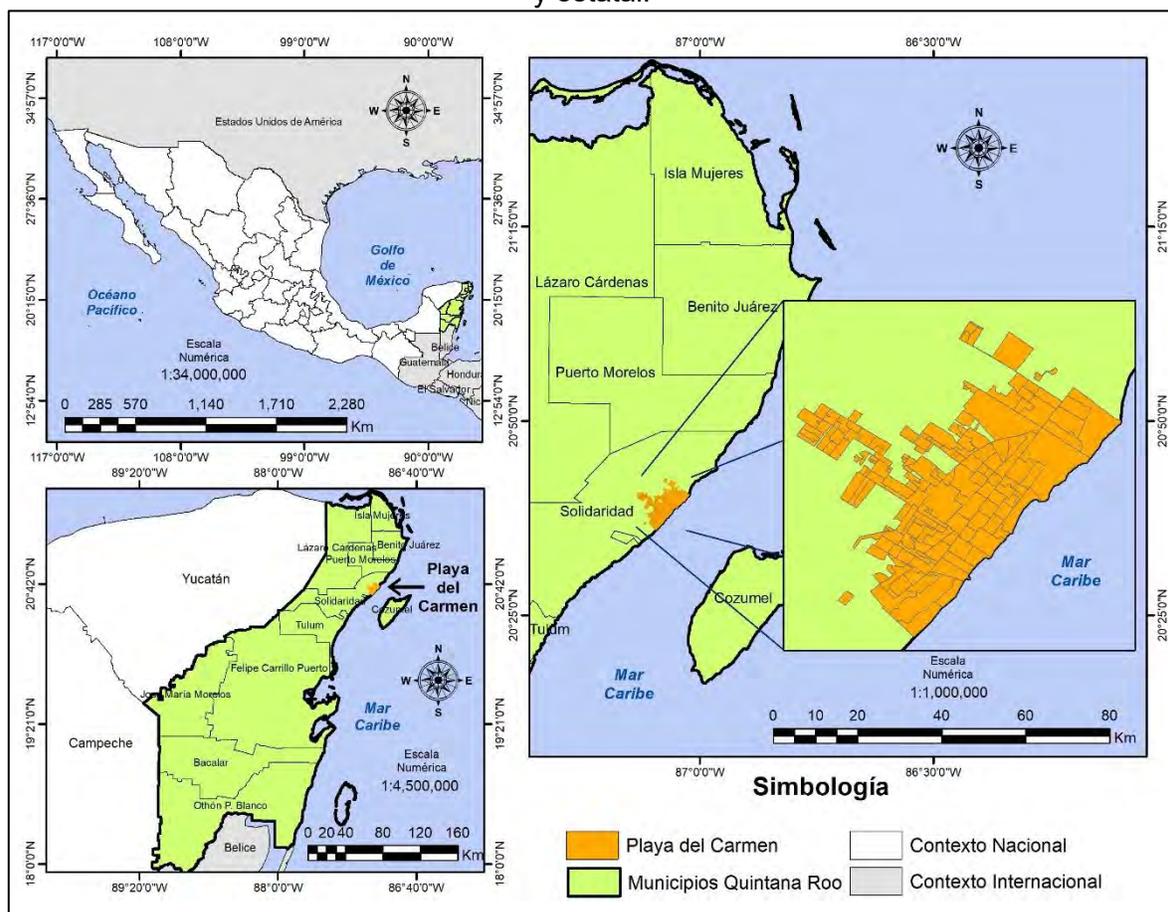
2.1.1 Criterios de selección

Playa del Carmen es una ciudad costera con los índices de crecimiento poblacional, económico y urbano más altos del país y de América Latina, esto debido principalmente a sus actividades económicas relacionadas con el turismo de litoral que atrae a turistas, inversionistas y migrantes (CONAPO, 2018). Estas características, que han venido surgiendo de manera rápida, han descontrolado la planeación de la ciudad, por lo que se necesitan de esfuerzos para analizar este proceso de transformación urbana y con ello proporcionar información y datos de apoyo para que los tomadores de decisiones controlen o redirijan de manera adecuada (social, económica y ambiental) su desarrollo urbano (Camacho, 2015; Ochoa *et al.*, 2020; Sollerio y García, 2020).

2.1.2 Ubicación

La ciudad de Playa del Carmen se encuentra ubicada al sureste de la República Mexicana, geográficamente entre los paralelos 20°36'01" y 20°42'46", y los meridianos 87°01'10" y 87°07'35" (Ochoa *et al.*, 2020). Así mismo, políticamente dentro del municipio de Solidaridad en el estado de Quintana Roo, colindando al norte con el municipio de Puerto Morelos, al sur con el municipio de Tulum, al oeste con parte del municipio de Lázaro Cárdenas y el estado de Yucatán, y al este con el mar Caribe y el municipio de Cozumel (Figura 2).

Figura 2. Ubicación geográfica de Playa del Carmen en el contexto internacional, nacional y estatal.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2019).

2.1.3 Características geográficas

2.1.3.1 Características físico-naturales

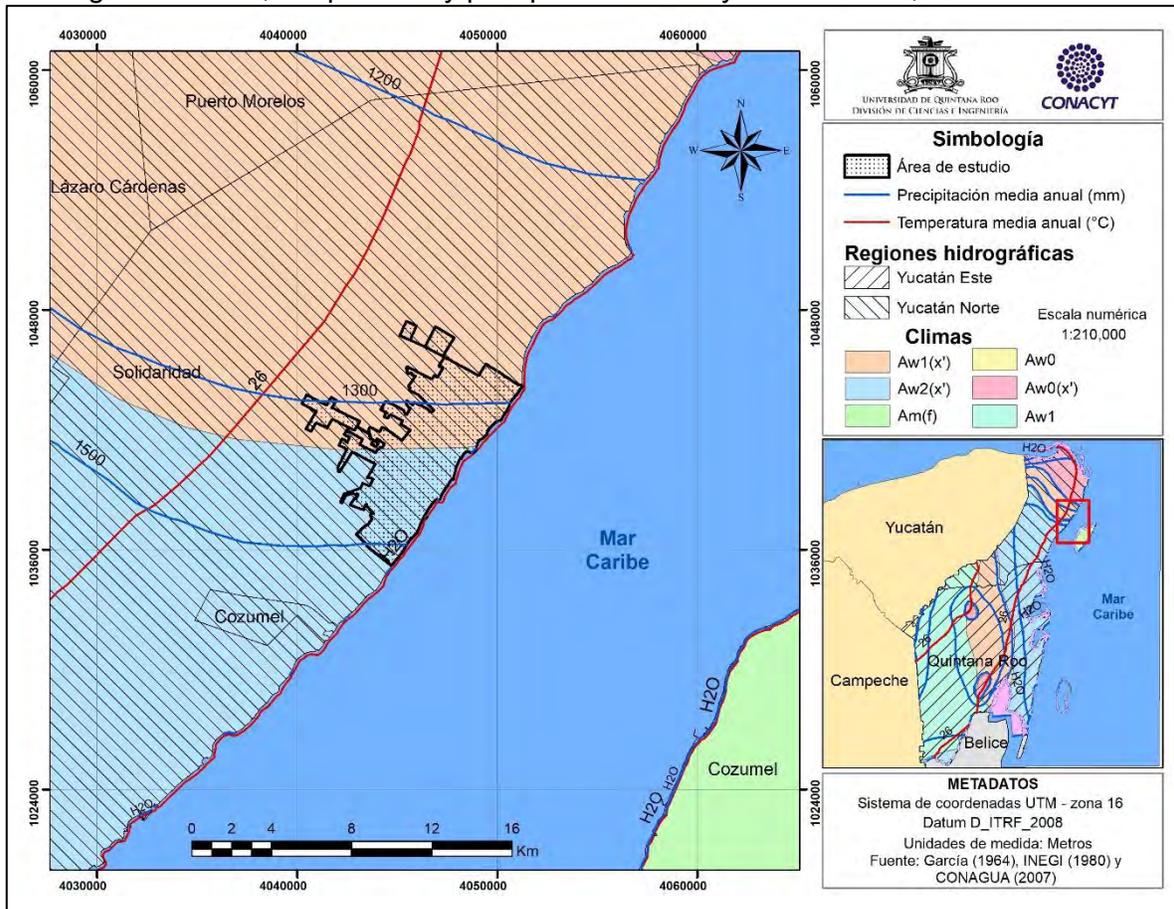
Hidrografía y clima

Quintana Roo se encuentra dentro de la región hidrológica-administrativa XII “Península de Yucatán”, la cual contiene dos regiones hidrológicas: Yucatán Este (RH33) y Yucatán Norte (RH32). Esta última abarca parte de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo que juntas conforman la península de Yucatán, ocupando para Quintana Roo un 31.77% de su territorio, dentro de los cuales se establece el área geográfica de Playa del Carmen (Herrera y Heredia, 2011).

Playa del Carmen presenta un rango de temperatura media anual de 26 °C y una condición climática cálida subhúmeda con lluvias en verano (Aw), así como los

subtipos climáticos: cálido con subhúmedad media ($Aw1(x')$) y cálido con subhúmedad alta ($Ax2(x')$). El primer subtipo climático ubicado hacia el sur tiene un rango de precipitación de entre 1,100 a 1,300 mm, y el segundo en el norte entre 1,300 a más de 1,500 mm (García, 2004; Herrera-Sansores, 2011) (Figura 3). Estas características han proporcionado las condiciones favorables para el desarrollo de actividades turísticas de sol y playa en esta ciudad.

Figura 3. Clima, temperatura y precipitación de Playa del Carmen, Quintana Roo.



Fuente: elaboración propia con base a García (1964) INEGI (1980) y CONAGUA (2007).

Uso de suelo y vegetación

La entidad de Quintana Roo posee una densa y gran variedad de especies vegetales características de la región neotropical perteneciente a la provincia fisiográfica Península de Yucatán. La distribución de estas especies las determina el clima, el relieve, los tipos de suelo, la topografía, además de la presencia del mar Caribe (Ek, 2011). Cabe mencionar que, como resultado de las actividades antropogénicas, se han modificado las coberturas y usos del suelo de algunas zonas

para establecer superficies utilizadas para la agricultura y la urbanización (Batún, 2018; Ochoa *et al.*, 2020).

Considerando lo anterior, los ecosistemas vegetales que caracterizan a Playa del Carmen y sus áreas adyacentes de acuerdo con el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 2016b) son: selva mediana subperennifolia y manglar, así como también se tienen los usos de suelo: área urbana construida, áreas sin vegetación y agricultura (Figura 4).

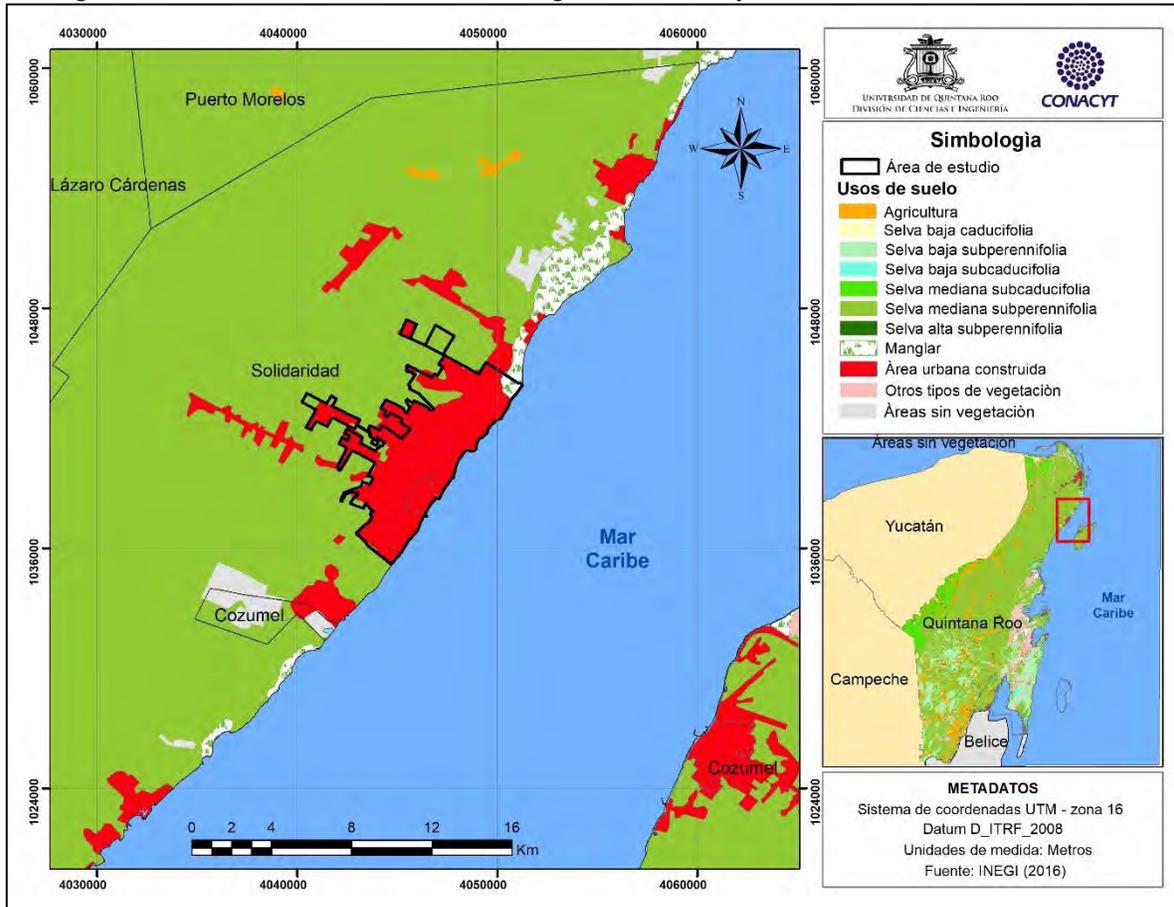
De acuerdo con la Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 2014b), los ecosistemas vegetales se describen a continuación:

- Selva mediana subperennifolia: *“esta vegetación pierde estacionalmente su follaje en un 25 a 50%, además se desarrolla en lugares con climas cálidos húmedos y subhúmedos entre una altitud de 0 a 1,300 m, en lugares de moderada pendiente, con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas, pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, además, el material geológico que sustenta a esta comunidad vegetal está conformado por rocas cársticas”*. Estos árboles tienen una altura media de 25 a 30 metros y poseen muchas epífitas y lianas. Entre las especies vegetales de la selva mediana subperennifolia más representativas de Quintana Roo se encuentran: el ox o ramón (*Brosimum alicastrum*), el chakah (*Bursera simaruba*), el sakchechem (*Cameraria latifolia*), el tzalam (*Lysiloma bahamensis*), el jabín (*Piscidia piscipula*), entre otros (Ek 2011; INEGI, 2014b).
- Manglar: *“es una comunidad densa con especies arbóreas conocidas como mangles que se distribuyen en los litorales de zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud, además se desarrollan en los márgenes de las lagunas costeras, esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas, crecen sobre suelos profundos en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo importante de los manglares es la presencia de raíces en forma de zancos o neumatóforos, las cuales les permiten estar en*

contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas (viven en ambientes con presencia de gran cantidad de sales). Estas especies son perennifolias y su altura pueden variar desde 1 hasta 30 metros”.

- *Agricultura de temporal: “este tipo de agricultura se clasifica por cultivos que se siembran dependiendo del agua de la lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, además, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo del suelo, el cual puede llegar a más de diez años en caso de los frutales, o en periodos de un año por cultivos de verano. Este tipo de agricultura temporal se caracteriza por permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola, llegando a ser áreas de monocultivo o policultivo. Por otro lado, en estos terrenos es común encontrar zonas abandonadas entre los cultivos, restableciendo la sucesión natural por las especies naturales”.*

Figura 4. Coberturas o ecosistemas vegetales en Playa del Carmen, Quintana Roo.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2016c).

El área urbana construida, así como las áreas sin vegetación, son actividades antrópicas que, por una parte, están afectando los ecosistemas naturales puntuales y adyacentes de la ciudad. Tal es el caso de algunas especies de importancia ecológica con algún tipo de protección especial otorgada por la NOM-053-ECOL-1993, como la palma *Thrinax radiata* y el manglar *Rhizophora mangle*, entre otras, aunado a las afectaciones hacia la fauna nativa.

2.1.3.2 Características antrópicas

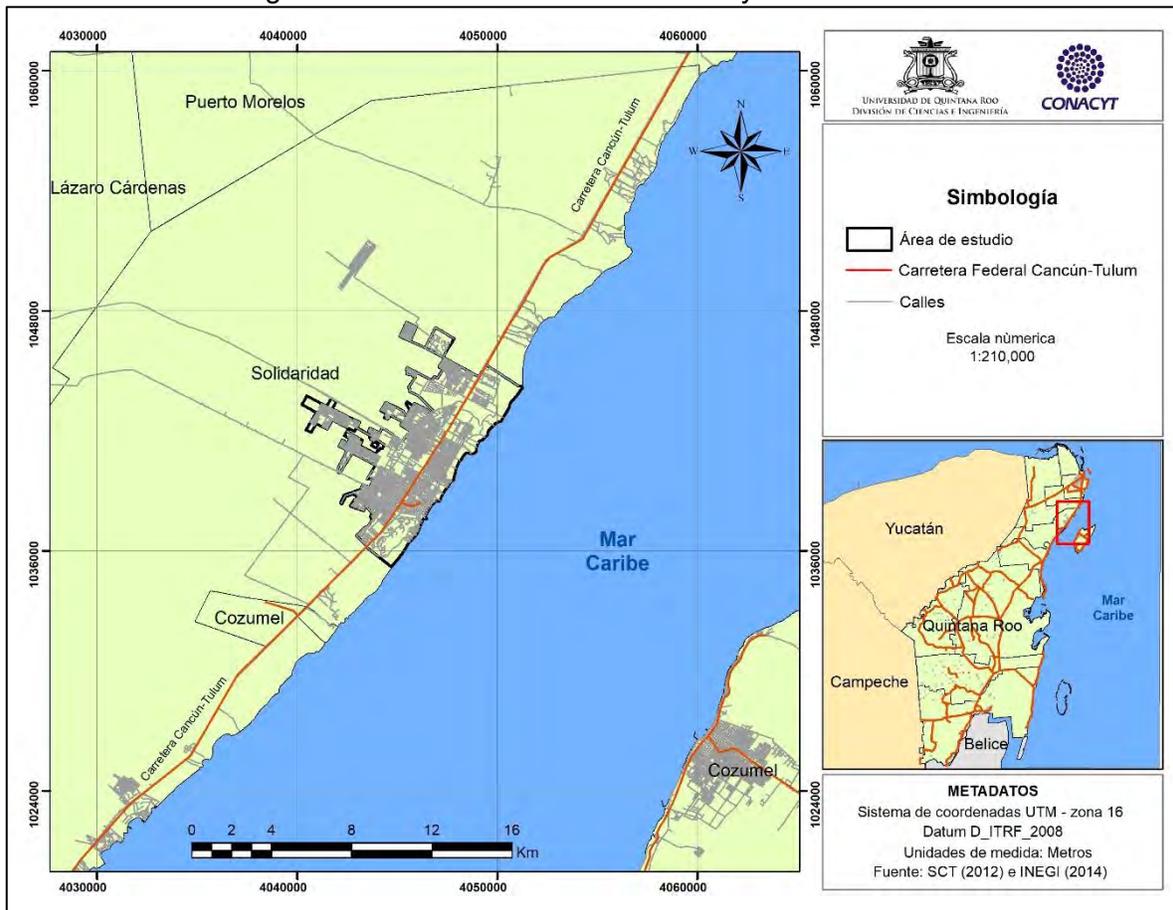
Vías de comunicación

A principios de 1990, con la expansión de la actividad turística mediante la Riviera Maya, la cual consiste en un corredor turístico costero de Cancún hasta Tulum, Playa del Carmen incrementó su infraestructura turística, así como también modernizó su infraestructura vial mediante la ampliación a cuatro carriles de la

carretera Cancún hasta Playa del Carmen, así como también la carretera de Playa del Carmen a Tulum (Camacho, 2015). Dicha modernización contribuyó al desarrollo turístico de la ciudad producto de la edificación de infraestructura urbana relacionadas al turismo de sol y playa, así como también en la creación de infraestructura habitacional derivado del crecimiento demográfico.

La Figura 5 presenta la principal vía de comunicación terrestre que conecta a Playa del Carmen con otras ciudades de importancia turística en el estado.

Figura 5. Vías de comunicación en Playa del Carmen.



Fuente: elaboración propia con base en Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2012) e INEGI (2014b).

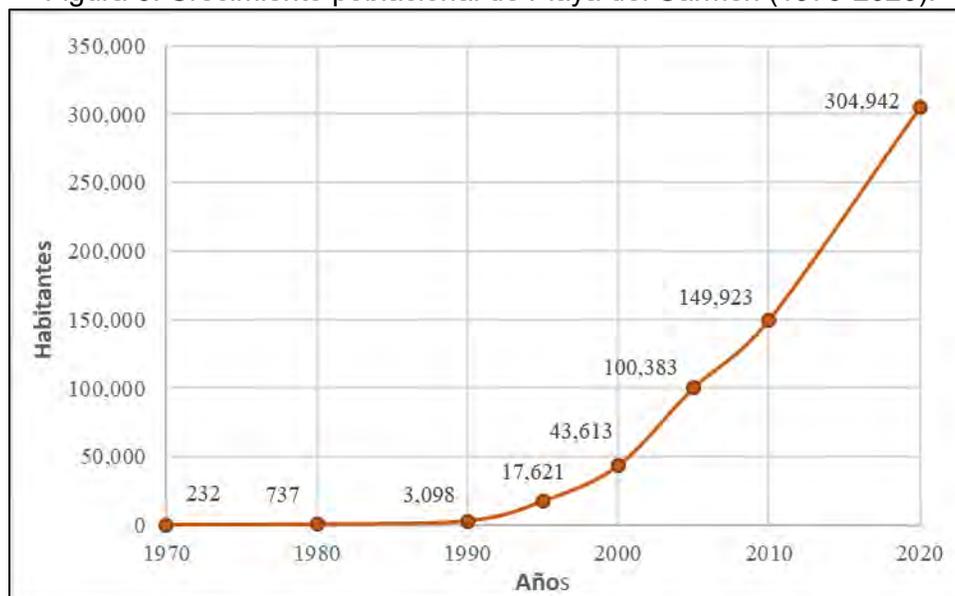
Población

Quintana Roo es un estado que está experimentando procesos de urbanización, siendo uno de los factores de transformación el aumento de la infraestructura turística en la mayoría de sus zonas costeras, las cuales contribuyen en la

generación de empleos, tanto para la población natal como migrante, es por ello que su población ascendió un 51.5% durante el periodo de 2000 al 2010 (INEGI, 2010; Camacho, 2015).

Dentro del territorio de Quintana Roo, una de las ciudades que, desde 1990, ha experimentado un proceso de transformación urbana es Playa del Carmen, asimismo, ha aumentado su población residente, pasando de pueblo dedicado a la pesca e intercambio de productos con 232 pobladores para 1970 a la ciudad con el índice de crecimiento urbano más acelerado de México, América Latina y entre los más elevados a nivel mundial (Figura 6) (Careaga e Higuera, 2011; Cruz y Pozo, 2011; CONAPO, 2018).

Figura 6. Crecimiento poblacional de Playa del Carmen (1970-2020).



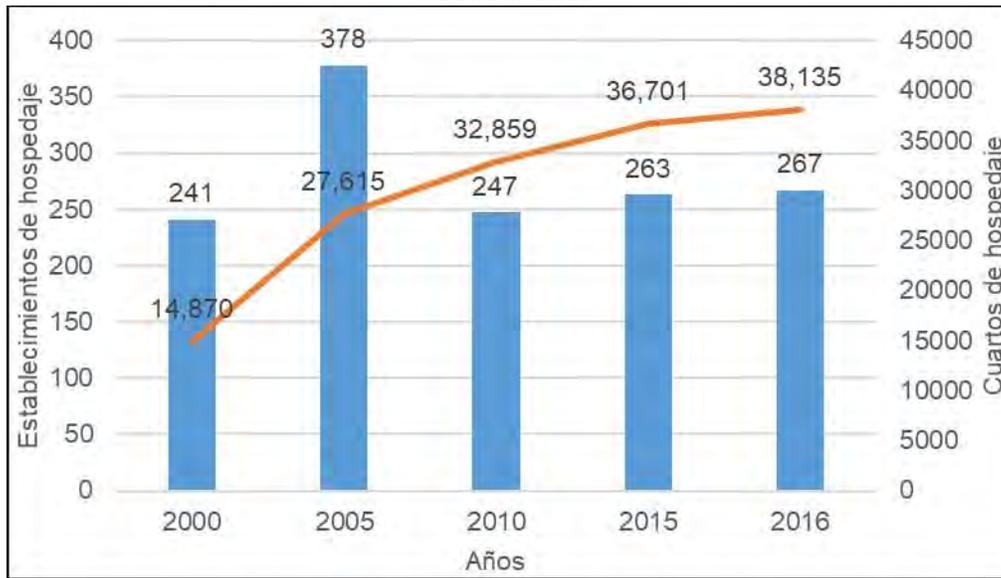
Fuente: elaboración propia con base en INEGI (1985; 1991, 1995, 2000b, 2005, 2010, 2020) y, Pérez y Carrascal (2000).

Turismo

De acuerdo a Ochoa *et al.* (2020), “Playa del Carmen es un centro de atracción turística de litoral que se caracteriza por la presencia de playas, arrecifes de coral, zonas arqueológicas, cenotes, complejos turísticos, hoteles, restaurantes y comercios. Su infraestructura y equipamiento urbano ha sido diseñado para satisfacer las necesidades de los turistas nacionales e internacionales que la visitan”. Para el año 2000, esta ciudad contaba con 241 establecimiento de

hospedaje que albergaban 14,870 cuartos hoteleros, mientras que para el año 2016 ascendió a 267 establecimientos con 38,135 cuartos hoteleros de diversas dimensiones y carácter, convirtiéndose así en el principal destino turístico de Quintana Roo por encima de Cancún. Otro rasgo importante es que su derrama económica anual supera los 8,000 millones de dólares mediante el turismo de Europa y Norte América (Figura 7) (SECTUR, 2013; Ruíz-Ramírez *et al.*, 2018).

Figura 7. Incremento del número de establecimientos y cuartos de hospedaje de Solidaridad.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2001; 2006; 2011; 2016a; 2017).

Este crecimiento en la infraestructura turística de sol y playa ha contribuido en el aumento de edificaciones de áreas urbanas de Playa del Carmen, además del encarecimiento del suelo y de productos de primera necesidad. Por lo que, de manera indirecta, ha propiciado un desarrollo urbano desordenado y un acelerado crecimiento demográfico en los últimos treinta años a causa de los flujos migratorios (Camacho, 2015; Sosa y Cazal, 2015; Castillo-Pavón y Méndez-Ramírez, 2017; Ellis *et al.*, 2017).

Migración

A fines de la década de 1980, con el arribo masivo de capitales de inversión turística a Playa del Carmen, la transformación de la ciudad se vio acelerada derivado de la inmigración poblacional proveniente de zonas rurales vecinas y de los estados de

Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán, los cuales se trasladaban a causa de la demandante mano de obra que se requería para la construcción de infraestructura urbana relacionada con el turismo de litoral. Este crecimiento demográfico representó un aumento poblacional y produjo asentamientos humanos habitacionales regulares e irregulares a la periferia de la ciudad (Gutiérrez y González, 1999; Torres y Momsen, 2005; Mendoza y Leal, 2010; Campos, 2011).

2.1.3.3 Normatividad

La normatividad aplicable al ordenamiento y planificación territorial de Playa del Carmen es relativamente joven, puesto que, en sus inicios, careció de instrumentos de planeación urbana. Fue hasta 2001 cuando se decretó el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) de la región corredor Cancún-Tulum ubicada en la zona costa norte de la entidad de Quintana Roo. Este corredor se extiende en los municipios de Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad (este último incluye la ciudad de Playa del Carmen) (Castillo-Pavón y Méndez-Ramírez, 2017). Este programa de política ambiental “*alentó al desarrollo turístico y la construcción de infraestructura de servicios en los centros de población*”, como fue el caso de Playa del Carmen (POGEQ, 2001, 5).

En 2009 se creó el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del municipio de Solidaridad, el cual tuvo por objeto “*alentar un desarrollo sustentable y congruente con políticas ambientales que permitan la permanencia de los recursos naturales en el municipio*” (HAS, 2009, 4). En 2010 se elaboró el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de Playa del Carmen, el cual está vigente actualmente. Dicho instrumento establece como política esencial el incremento superficial de áreas verdes y espacios abiertos por habitante a través de la creación de corredores recreativos con áreas verdes y reservas ecológicas con flora y fauna silvestre. Este Programa considera etapas de desarrollo con la finalidad de dirigir adecuadamente el desarrollo urbano dentro de lo establecido en el PDU (HAS, 2010a).

Estos instrumentos de planeación permitieron la edificación urbana actual de Playa del Carmen, un desarrollo carente de planeación urbana que, derivado del flujo

migrante, fuertes inversiones en proyectos turísticos y la apropiación del suelo, continúa creciendo descontroladamente (Camacho, 2015; Sollerio y García, 2020).

2.2 Diseño de estudio

La presente investigación es de tipo no experimental, esto derivado de que las variables carecieron de manipulación deliberada, es decir, no se modificaron intencionalmente las variables independientes para ver su efecto sobre otras (se observó el fenómeno ocurrido naturalmente, para posteriormente analizarlo).

Siguiendo con la catalogación de la investigación, se tiene que el trabajo es no experimental de tipo longitudinal o evolutivo, esto debido a que la investigación se centra en 1) estudiar la evolución de las relaciones entre variables, y 2) analizar los cambios a través del tiempo del área de interés. Por consiguiente, la investigación se subdivide en longitudinal de tendencia, longitudinal de evaluación de grupo y longitudinal diseño de panel, siendo el presente trabajo longitudinal de tendencia, puesto que se analizaron los cambios ocurridos a través del tiempo de las categorías y variables de estudio en la ciudad.

Por lo anterior, la presente investigación tuvo un diseño de estudio de tipo no experimental longitudinal de tendencia, de acuerdo con el plan o estrategia diseñada para cumplir con los objetivos planeados en el presente trabajo (Hernández *et al.*, 2010).

2.3 Metodología

Como consideraciones del método, esta investigación se realizó utilizando los enfoques de la investigación cualitativa y cuantitativa, a lo que Hernández *et al.*, (2010) denomina método mixto, la cual tiene preponderancia cuantitativa, es decir, la mayoría de los datos e información recabada son valores numéricos. Esto se logró bajo tres etapas (una etapa por objetivo) mediante la utilización de la teledetección y el análisis de las fuerzas impulsoras de la urbanización por medio del análisis de contenido y encuestas dirigidas a actores clave (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación de objetivos y metodología.

Objetivos	Método y/o técnicas	Instrumentos	Fuentes	Variables	Indicadores y/o productos
Evaluar el proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen, durante el periodo de 1985-2015.	Método de interpretación interdependiente (FAO, 1996). Matriz de cambios (Pontius <i>et al.</i> , 2004). Cálculo de tasa de cambio (FAO, 1996).	Sistemas de información geográfica. Software ArcGIS versión 10.5.	Imágenes de Google Earth de los años 1985, 1990, 1995 y 2000. Imágenes satelitales de los años 2007 y 2015, además de un ortofoto digital de 2004.	Categorías de uso del suelo: Habitacional, Equipamiento urbano, Vialidades, Áreas verdes, Áreas sin vegetación, Vegetación natural y Cuerpos de agua artificial.	Matriz de cambios, Mapa de cambios, Indicadores de cambio y Tasas de cambio.
Analizar las fuerzas impulsoras (causas y factores) de la urbanización de Playa del Carmen.	Método de interpretación interdependiente (FAO, 1996), Matriz de cambios (Pontius <i>et al.</i> , 2004). Revisión bibliográfica y análisis de contenido (Hernández <i>et al.</i> , 2010).	Sistemas de información geográfica. Software ArcGIS versión 10.5.	Repositorios, revistas de divulgación e investigación científica indexadas nacionales e internacionales. Documentos oficiales locales, municipales y estatales. Imágenes satelitales de 2004 y 2015.	Categorías de uso del suelo: Habitacional, Comercial, Turístico, Equipamiento urbano, Vial, Vegetación natural, Áreas sin vegetación, Áreas verdes y Cuerpos de agua artificial. Causas y factores de la urbanización de la ciudad.	Matriz de cambios, Mapa de cambios, indicadores de cambios. Causas y factores de la urbanización.
Analizar la percepción de los actores clave	Método cualitativo, método muestra por cadena, método	Encuestas. Software IBM SPSS Statistics 26.	Perspectiva de los actores clave encuestados sobre las	Causas y factores impulsores de la urbanización.	Tablas de frecuencia y cruzadas o de

respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen	saturación de categorías (Hernández <i>et al.</i> , 2010)	causas y factores de la urbanización.	contingencia. Causas y factores impulsores.
---	---	---------------------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

2.3.1 Evaluación del proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015.

Los materiales que se utilizaron para el cumplimiento de este objetivo fueron imágenes obtenidas de la plataforma Google Earth correspondientes a los años 1985, 1990, 1995 y 2000. Además, se empleó una ortofoto digital escala 1:20,000 con resolución de 1.5 m correspondiente al año 2004, así como una imagen satelital QuickBird del año 2007 y otra WorldView-3 del 2015. El rango temporal fue de 30 años, para lo cual se consideraron los insumos cartográficos disponibles. Respecto a la elaboración de los mapas de cobertura y uso del suelo (CUS) se empleó el software ArcGIS.

Metodología

Mapas de cobertura y uso de suelo

En lo relacionado a la elaboración de los mapas de CUS se siguieron estos pasos: 1) se precisaron las categorías o variables de análisis (Cuadro 5). 2) se realizaron los mapas mediante las imágenes satelitales correspondientes a los años 2004, 2007 y 2015. 3) los insumos cartográficos se corrigieron geoméricamente puesto que presentaron un sistema de coordenadas arbitrario, lo cual se realizó mediante la herramienta *Spline* del Software ArcGIS que otorgó un error medio cuadrático de 0.004 m para la ortofoto y 0.0000047 m para los insumos de 2007 y 2015. El método utilizado para la elaboración de los mapas fue el método de interpretación interdependiente (FAO, 1996).

Cuadro 5. Definición de las categorías de análisis.

Cobertura/Uso del suelo	Definición
Habitacional	Edificaciones creadas para casas particulares, condominios, departamentos y fraccionamientos.
Equipamiento urbano	Conjunto de inmuebles utilizados para proporcionar servicios y herramientas para desarrollar las actividades económicas, sociales, culturales, deportivas, educativas, de traslado y de abasto a la población (hoteles, centros comerciales, restaurantes, dependencias de gobierno, comercios locales, áreas deportivas, iglesias, infraestructura de saneamiento y bombeo de agua

	residual y potable, puerto marítimo, aeropuerto, central de camiones, entre otros).
Vialidades	Calles de comunicación pavimentadas o de terracería.
Áreas verdes	Espacios ajardinados destinados a actividades de esparcimiento.
Áreas sin vegetación	Áreas desprovistas de vegetación natural posiblemente removidas por fenómenos naturales o actividades antropogénicas.
Vegetación natural	Densa masa de árboles característicos de la selva mediana subperennifolia y en menor grado vegetación de duna costera y manglares.
Cuerpos de agua artificial	Cuerpos de agua artificiales edificados para fines paisajísticos.

Fuente: elaboración propia con base en Tochiuitl *et al.*, (2016); Lal *et al.* (2017); Secretaría de Gobierno Mexicano (SEGOB, 2020).

Primeramente, las categorías o variables de análisis se digitalizaron mediante el software ArcGIS sobre la imagen de mayor resolución espacial e interpretabilidad, en este caso la imagen WorldView-3 del año 2015, obteniendo con ello el primer mapa de CUS para ese año. El mapa de CUS para la imagen del año 2007 se realizó colocando como base el mapa 2015 sobre la imagen QuickBird del año 2007, digitalizando así las áreas de las categorías que presentaron cambios. Al final, se colocó el mapa de 2007 sobre la ortofoto del 2004 con la finalidad de obtener el mapa de CUS de dicha imagen.

También se elaboraron mapas binarios considerando los usos de suelo urbano y vegetación natural, mismos que representaron el crecimiento de la urbanización de Playa del Carmen de los años 1985, 1990, 1995, 2000, 2004, 2007 y 2015 sobre la vegetación natural, los cuales se elaboraron mediante las imágenes de Google Earth y las imágenes satelitales referidas anteriormente. Es de importancia mencionar que se consideró la imagen WorldView-3 del año 2015 como área límite de análisis.

Evaluación de los CCUS

Primeramente, para evaluar los CCUS se construyeron matrices de cambio o transición (Pontius *et al.*, 2004) utilizando los mapas de CUS correspondientes a las imágenes satelitales de los periodos 2004-2007, 2007-2015 y 2004-2015. La matriz de cambios cuantifica las transformaciones registradas en las CUS de un

determinado espacio geográfico considerando la dimensión temporal. Las filas que comprenden dicha matriz representa el área de las categorías o variables cartografiadas en el mapa correspondiente a la fecha 1 (f1), por otro lado, las columnas contienen la superficie de las categorías de la fecha 2 (f2). La diagonal principal representa la persistencia (P), es decir, el área conservada de cada una de las categorías durante el periodo de análisis (Cuadro 6).

Cuadro 6. Matriz de tabulación cruzada.

		FECHA 2 (f2)				TOTAL f1
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría n	
FECHA 1 (f1)	Categoría 1	P₁₁ Categoría 1 (f1) Categoría 1 (f2)	Categoría 1 (f1) Categoría 2 (f2)	Categoría 1 (f1) Categoría 3 (f2)	Categoría 1 (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría 1 (TC1) (f1)
	Categoría 2	Categoría 2 (f1) Categoría 1 (f2)	P₂₂ Categoría 2 (f1) Categoría 2 (f2)	Categoría 2 (f1) Categoría 3 (f2)	Categoría 2 (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría 2 (TC2) (f1)
	Categoría 3	Categoría 3 (f1) Categoría 1 (f2)	Categoría 3 (f1) Categoría 2 (f2)	P₃₃ Categoría 3 (f1) Categoría 3 (f2)	Categoría 3 (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría 3 (TC3) (f1)
	Categoría n	Categoría n (f1) Categoría 1 (f2)	P _{n2} Categoría n (f1) Categoría 2 (f2)	P _{n3} Categoría n (f1) Categoría 3 (f2)	P_{nn} Categoría n (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría n (TCn) (f1)
TOTAL f2		Total Categoría1 (TC1) (f2)	Total Categoría2 (TC2) (f2)	Total Categoría3 (TC3) (f2)	Total Categoría n (TCn) (f2)	Suma de Totales

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, (2004), López y Plata (2009), Silva y Rubio (2014), Camacho-Sanabria *et al.* (2015), Tochiuitl *et al.*, (2016) y Del Cid (2019).

Con base en los datos de la matriz de tabulación cruzada se calcularon los siguientes indicadores de cambio: Ganancias (Gan), Pérdidas (Pér), Intercambio (Int), Cambio neto (Cn) y Cambio total (Ct). El cálculo de los indicadores se realizó con base en las ecuaciones establecidas por Pontius *et al.*, (2004) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ecuaciones para calcular los indicadores de cambio.

Ganancia	$Gan = TCn (f2) - Pnn$	Las Ganancias (Gan) se calculan a partir de la diferencia entre el total de la fecha 2 de cada categoría [Total Categoría n (TCn) (f2)] y la persistencia (Pnn). Esta última corresponde a la superficie del paisaje que permanece sin cambios.
Pérdida	$Pér = TCn (f1) - Pnn$	Las pérdidas (Pér) son la diferencia entre la suma total de la fecha 1 de cada categoría [(Total Categoría n (TCn) (f1)] y la persistencia (Pnn).
Intercambio	$Int = 2 * MIN (Gan o Pér)$	El intercambio (Int) implica pérdidas y ganancias simultáneas de una categoría. Indica la cantidad de superficie que se ha intercambiado entre clases y se calcula como el doble (2*) del valor mínimo (MIN) de las ganancias (Gan) o de las pérdidas (Pér).
Cambio neto	$Cn = Pér - Gan $	El cambio neto (Cn) se expresa por el valor absoluto de la diferencia entre las pérdidas (Pér) y las ganancias (Gan) de cada categoría.
Cambio total	$Ct = Gan + Pér$	El cambio total (Ct) es la suma del Cambio neto (Cn) y el Intercambio (Int), o bien, es la suma de las ganancias (Gan) y las pérdidas (Pér).

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, (2004) y Camacho-Sanabria (2019).

Por último, se calculó la tasa de cambio mediante mapas binarios. Dichas tasas se emplearon para calcular y representar en porcentajes la transición entre los usos de suelo urbano y vegetación natural durante periodos anuales. En este caso, se calcularon las transiciones de los periodos 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2004, 2004-2007, 2007-2015 y 1985-2015. Lo anterior se logró utilizando la ecuación siguiente establecida por la FAO (1996).

$$Tc = \left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

Tc: tasa de cambio (para expresar en % se multiplica por 100),

S1: superficie cubierta por un tipo dado de uso o cobertura del suelo en la fecha 1,

S2: superficie del mismo uso o cobertura del suelo en la fecha 2,

n: años transcurridos entre las dos fechas.

2.3.2 Análisis de las fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) de la urbanización de Playa del Carmen.

Para analizar los patrones espaciotemporales de la urbanización, así como las causas y factores impulsores de este proceso de cambio de la ciudad de Playa del Carmen se utilizaron ambos enfoques de la investigación mediante dos fases metodológicas, por un lado, un análisis cuantitativo mediante insumos cartográficos y, por el otro, un análisis cualitativo utilizando una revisión y análisis de contenido.

La primer fase metodológica consistió en realizar un análisis cartográfico, la cual permitió observar y cuantificar el proceso de transformación territorial que experimentó Playa del Carmen durante el periodo de análisis, esto se logró por medio de mapas de CUS elaborados a partir de una ortofoto digital escala 1:20,000 con resolución de 1.5 metros del año 2004 y una imagen satelital WorldView-3 escala multiespectral de resolución 1.24 metros del año 2015. Dichos mapas fueron producto de la identificación y digitalización de las categorías o variables de análisis (Cuadro 8), las cuales se validaron por medio de trabajo de campo. Los mapas se digitalizaron siguiendo el procedimiento del método de interpretación interdependiente establecido por la FAO (1996) a una escala de análisis de 1:2,000 con un área mínima cartográfica de 64 m² mediante el software ArcGIS. La disponibilidad y la resolución espacial de los insumos cartográficos fueron los criterios de selección que determinaron la dimensión temporal de este estudio, considerando como área poligonal la imagen satelital del año 2015.

Cuadro 8. Descripción de las categorías de análisis.

Cobertura/Uso del suelo	Definición
Habitacional	Infraestructura habitacional. Superficie construida para vivienda como casas particulares, vecindades, departamentos y fraccionamientos.
Comercial	Infraestructura comercial. Conjunto de inmuebles utilizados para prestar a la población servicios comerciales urbanos (centros comerciales, restaurantes, comercios locales, mercado de alimentos, entre otros).
Turístico	Infraestructura turística. Conjunto de inmuebles y construcciones hoteleras destinadas al turismo masivo de sol y playa (hoteles y complejos hoteleros).
Equipamiento urbano	Conjunto de inmuebles utilizados para prestar a la población servicios urbanos y desarrollar las actividades sociales, culturales, deportivas y educativas (dependencias gubernamentales e instalaciones de apoyo a la ciudadanía, estadios, áreas deportivas, escuelas, hospitales, iglesias, infraestructura de

	saneamiento y bombeo de agua residual y potable, aeropuertos, centrales camioneras, entre otros).
Vial	Infraestructura vial. Vías de comunicación pavimentadas y de terracería.
Vegetación natural	Conglomeración de vegetación de selva mediana subperennifolia, así como vegetación de manglar, dunas costeras y vegetación en crecimiento previo a su remoción.
Áreas sin vegetación	Áreas desprovistas de cobertura vegetal que, posiblemente, fue removida por las actividades antrópicas.
Áreas verdes	Áreas ajardinadas utilizadas para actividades recreativas.
Cuerpos de agua artificial	Masas de agua artificial creadas con fines paisajísticos dentro de hoteles y complejos hoteleros.

Fuente: Elaboración propia con base en Ochoa *et al.*, 2020.

Los mapas de CUS se emplearon para evaluar los CCUS por medio de una matriz de cambio conocidas también como matriz de transición o de tabulación cruzada (Pontius *et al.*, 2004) correspondiente al periodo 2004-2015, la cual resultó de cruzar los mapas de uso de suelo con sus categorías de análisis de las diferentes fechas, permitiendo cuantificar su transformación (Ochoa *et al.*, 2020). Las filas de dicha matriz representan las categorías de la fecha 1 (f1) y las columnas las categorías correspondientes a la fecha 2 (f2), mientras que la diagonal representa el área conservada o persistencia (P) de cada una de las categorías durante el periodo de análisis (Cuadro 9).

Cuadro 9. Representación de la matriz de tabulación cruzada.

		FECHA 2 (f2)			TOTAL f1
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría n	
FECHA 1 (f1)	Categoría 1	P₁₁ Categoría 1 (f1) Categoría 1 (f2)	Categoría 1 (f1) Categoría 2 (f2)	Categoría 1 (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría 1 (TC1) (f1)
	Categoría 2	Categoría 2 (f1) Categoría 1 (f2)	P₂₂ Categoría 2 (f1) Categoría 2 (f2)	Categoría 2 (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría 2 (TC2) (f1)
	Categoría n	Categoría n (f1) Categoría 1 (f2)	P _{n2} Categoría n (f1) Categoría 2 (f2)	P_{nn} Categoría n (f1) Categoría n (f2)	Total Categoría n (TCn) (f1)
TOTAL f2		Total Categoría 1 (TC1) (f2)	Total Categoría 2 (TC2) (f2)	Total Categoría n (TCn) (f2)	SUMA DE TOTALES

Fuente: Elaboración propia con base en Pontius *et al.*, (2004).

Con la información de la matriz de cambios se calcularon las ganancias (Gan), las pérdidas (Per), el intercambio (Inter) y el cambio total (Ct), considerando las fórmulas establecidas por Pontius *et al.* (2004), las cuales se describen en el Cuadro 10. Esto con la finalidad de cuantificar las transiciones que las categorías experimentaron durante el periodo de investigación.

Cuadro 10. Fórmulas para calcular las ganancias, pérdidas, intercambios y el cambio total.

$Gan = TCn(f2) - Pnn$	$Per = TCn(f1) - Pnn$	$Inter = 2 * MIN(Gan o Per)$	$Ct = Gan + Per$
La ganancia (Gan) es la diferencia entre el total de la fecha 2 de cada categoría (Total Categoría n (TCn) (f2)) y la persistencia (Pnn).	La pérdida (Per) es la diferencia entre el total de la fecha 1 de cada categoría (Total Categoría n (TCn) (f1)) y la persistencia (Pnn).	El intercambio es el doble (2*) del valor mínimo (MIN) de las ganancias (Gan) o las pérdidas (Per).	El cambio total es la suma de las ganancias (Gan) y las pérdidas (Per).

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, (2004).

Para la segunda etapa metodológica se realizó una revisión y análisis de contenido bibliográfico por medio de documentos oficiales, libros, reportes de investigación, artículos científicos e históricos, instrumentos de planeación urbana, proyectos turísticos, entre otros, cuya difusión fuese pública y proporcionara información de referencia, experiencias y/o situaciones relevantes con la finalidad de conocer los antecedentes históricos de la ciudad de interés e identificar las causas y factores que han impulsado el proceso de urbanización.

2.3.3 Análisis de la percepción de los actores clave respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.

Este objetivo sigue una estrategia caracterizada por el uso de herramientas cualitativas para conocer la perspectiva de los actores clave sobre las fuerzas impulsoras que han contribuido a la urbanización de Playa del Carmen.

Para el cumplimiento de este objetivo se empleó el método de encuesta mediante el instrumento de recolección de datos del cuestionario estructurado formulado con preguntas abiertas, cerradas y de escalamiento tipo Likert³. Dicho cuestionario fue dirigido a actores representativos o claves del sector social, académico y

³ Escala Likert: instrumento de medición donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre alguna afirmación mediante una escala ordenada y unidimensional (Matas, 2018).

gubernamental de la ciudad durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2021 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Descripción de los actores clave encuestados.

Actores clave encuestados	Descripción
Docentes e investigadores	Docentes e investigadores de licenciatura y posgrado de las universidades de Playa del Carmen, Cozumel y Chetumal, Quintana Roo.
Dependencias gubernamentales	Trabajadores de las dependencias gubernamentales del sector planificación urbana y medio ambiente a nivel municipal y estatal.
Estudiantes universitarios	Estudiantes universitarios (licenciatura y posgrado) de Playa del Carmen y Chetumal.
Organizaciones no gubernamentales	Miembros de organizaciones no gubernamentales de Playa del Carmen.
Población en general	Personas que radican en Playa del Carmen.

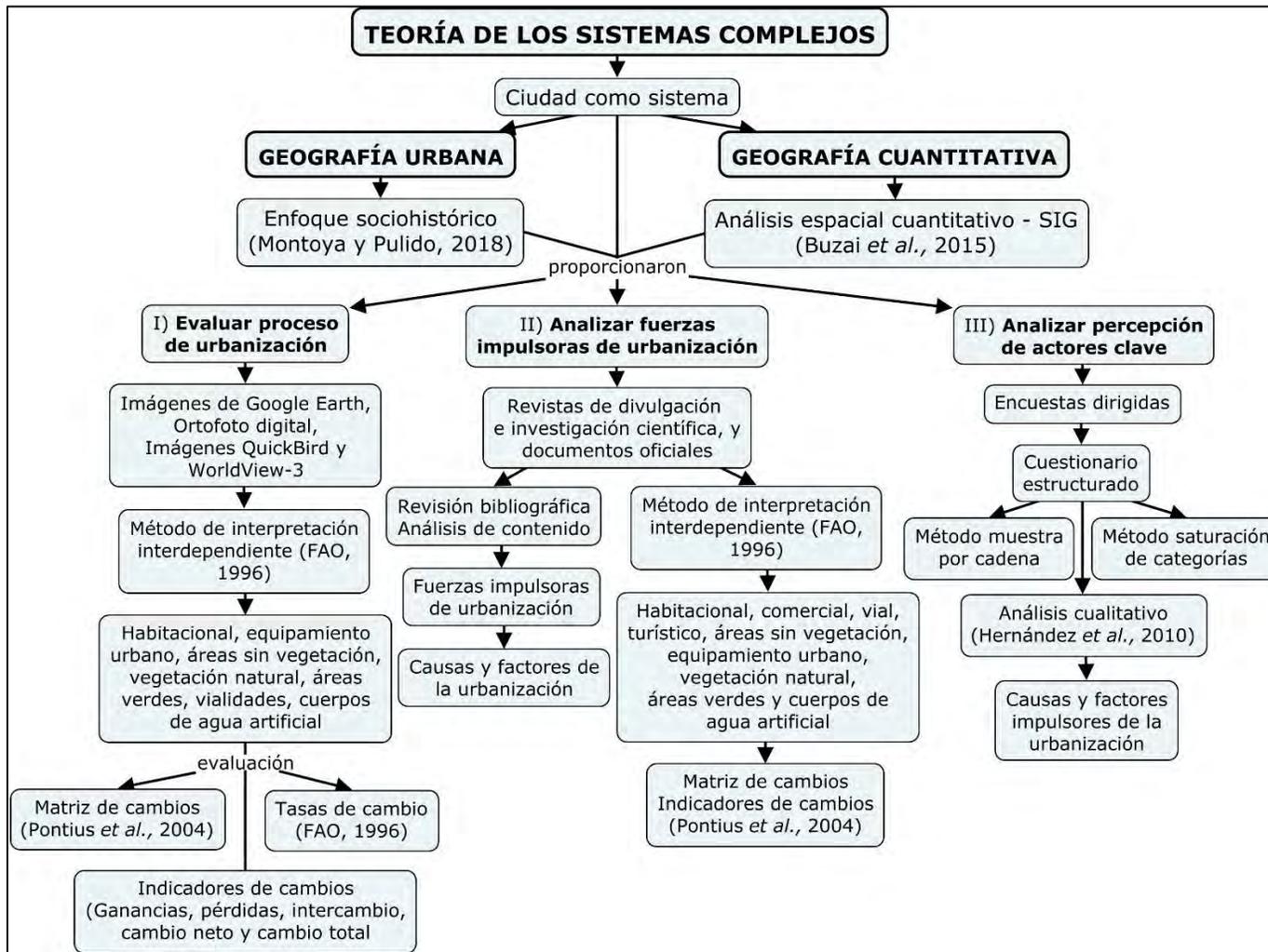
Fuente: elaboración propia.

La selección de la muestra se realizó utilizando el método “muestras por cadena o por redes”, también conocido como “bola de nieve” (método no probabilístico), el cual se utilizó para orientar la investigación hacia los participantes clave en la temática, es decir, si el actor encuestado proporcionaba o contactaba a otro actor, que pudiera proporcionar datos más amplios o información relevante, se agregará a la muestra. Para determinar el número de actores que se entrevistarían se utilizó el método “saturación de categorías”, el cual consiste en determinar como saturado el número de actores encuestados o la cantidad de información nueva o novedosa, es decir, la muestra final se conoce cuando los actores o los datos que iban adicionándose carecen de información novedosa y es repetitiva (Hernández *et al.*, 2010).

Se empleó un análisis estadístico y descriptivo de los resultados obtenidos a partir de las encuestas, esto se logró utilizando tablas de frecuencia y tablas cruzadas o de contingencia a través del software IBM SPSS Statistics.

Los tres objetivos descritos se llevaron a cabo mediante la utilización del enfoque sociohistórico de la geografía urbana mediante los enfoques de la investigación cualitativa y cuantitativa por medio de métodos y procedimientos del análisis espacial cuantitativo con herramientas SIG y a través del análisis de contenido y encuestas a actores clave, todo ello se desarrolló visualizando la ciudad de Playa del Carmen bajo la Teoría de los Sistemas Complejos (Figura 8).

Figura 8. Diagrama metodológico asociado al argumento teórico y sus enfoques geográficos.



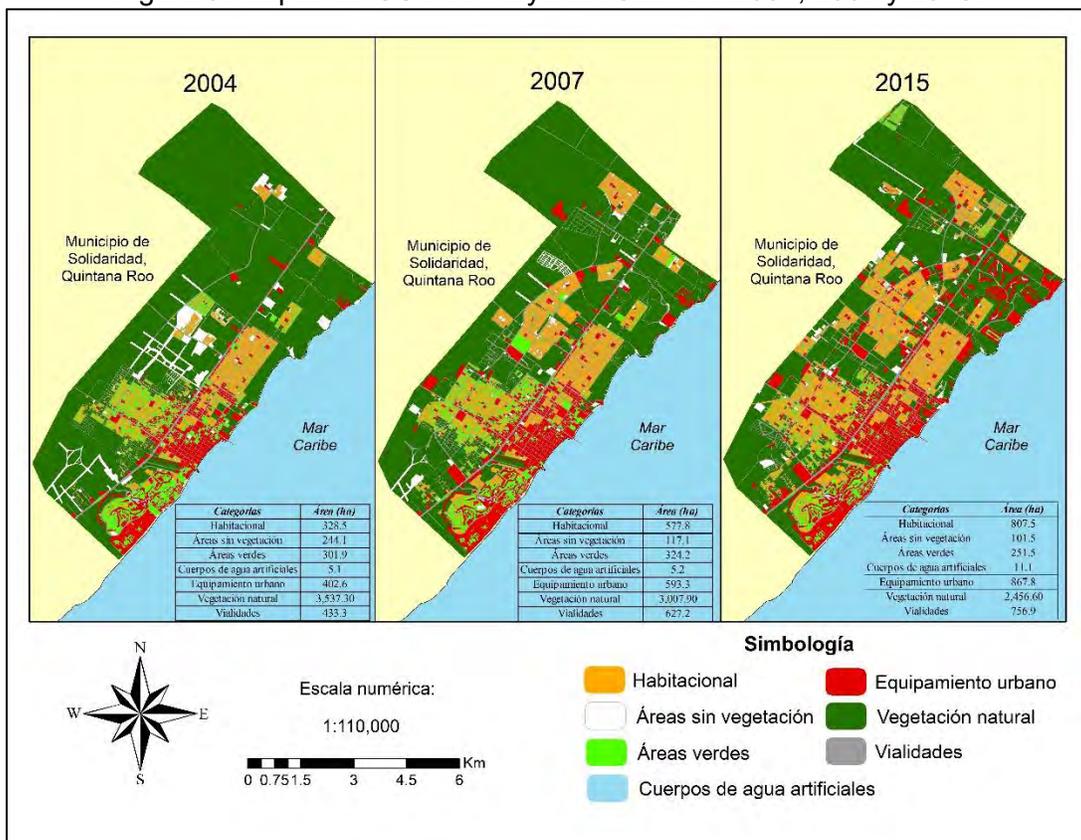
Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO III RESULTADOS

3.1 Evaluación del proceso de urbanización y los CCUS de Playa del Carmen durante el periodo de 1985-2015

Se crearon mapas de CUS de Playa del Carmen mediante los insumos cartográficos de los años 2004, 2007 y 2015. La leyenda de los productos cartográficos corresponde a las categorías: habitacional, áreas sin vegetación, áreas verdes, cuerpos de agua artificial, equipamiento urbano, vegetación natural y vialidades (Figura 9).

Figura 9. Mapas de CUS de Playa del Carmen: 2004, 2007 y 2015.



Fuente: elaboración propia con base en la ortofoto digital de 2004, imagen QuickBird de 2007 y la imagen WorldView-3 de 2015.

Los mapas exponen una disminución del área correspondiente a la cobertura vegetación natural, puesto que para el año 2004 tenía una superficie de 3,537.3 ha, decreciendo 14.9% (3,007.9 ha) de dicha área para 2007 y 30.5% (2,456.6 ha) para

2015. También se aprecia que, durante el año 2004, esta cobertura se extendía sobre las partes norte y noreste de la ciudad, mientras que en 2015 estas áreas se reemplazaron por los usos de suelo habitacional, equipamiento urbano y vialidades. Estas últimas categorías, para el año 2004, registraron 328.5, 402.6 y 433.3 ha respectivamente, mientras que para 2015 extendieron su superficie a 807.5, 867.8 y 756.9 ha respectivamente. Con respecto a las categorías áreas verdes, áreas sin vegetación y cuerpos de agua artificiales, disminuyeron el 16.7% (de 301.9 a 251.5 ha) y el 58.4% (de 244.1 a 101.5 ha) de las primeras dos, mientras que la última aumentó un 117.6% (de 5.1 a 11.1 ha) respectivamente durante el periodo 2004-2015. Por último, se puede percibir en el mapa que la dirección de crecimiento urbano de Playa del Carmen es hacia el norte y noreste.

Evaluación de los cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS)

La matriz de cambios del periodo 2004-2007 permitió observar, en un primer momento, la disminución de la cobertura vegetal, puesto que para el año 2004 la categoría vegetación natural constaba con un área de 3,537 ha, mientras que para el 2007 se conservaron (permanecieron) 2,930.5 ha, perdiendo así 606.5 ha, las cuales formaron parte de las categorías: habitacional con 155.4 ha, áreas sin vegetación con 73.3 ha, áreas verdes con 110.3 ha, cuerpos de agua artificiales con 0.1 ha, equipamiento urbano con 116.2 ha y vialidades con 151.2 ha. La cobertura vegetal también recuperó e incrementó su superficie conservada a 2,930.5 ha de vegetación natural que se mantuvieron estables y se adicionaron 77.5 ha que pertenecían a los usos de suelo habitacional (0.5 ha), áreas sin vegetación (61.4 ha), áreas verdes (2.1 ha), equipamiento urbano (3.7 ha) y vialidades (9.8 ha), sumando con ello 3,008 ha de área total para 2007.

La categoría habitacional y equipamiento urbano presentaron un aumento en sus áreas durante el periodo 2004-2007. La primera categoría tuvo un incremento de 248.9 ha a causa de la incorporación superficial de otras categorías, a saber, 50.8 ha de áreas sin vegetación fueron reemplazadas por el uso de suelo habitacional, 42.8 ha pertenecían a áreas verdes, 8 ha a equipamiento urbano, 155.4 ha a vegetación natural y 0.1 ha a vialidades. Para el caso de la segunda categoría, esta

aumentó 190.7 ha, de las cuales 5.9 ha correspondían al uso de suelo habitacional, 35.3 ha a áreas sin vegetación, 49.1 ha a áreas verdes, 116.2 ha a vegetación natural y 1.8 ha a vialidades (Cuadro 12).

Cuadro 12. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2007.

		AÑO 2007 (en hectáreas: ha)							TOTAL 2004
		Habitacional	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificiales	Equipamiento urbano	Vegetación natural	Vialidades	
AÑO 2004 (en hectáreas: ha)	Habitacional	320.8	0.0	1.8	0.0	5.9	0.5	0.1	329.0
	Áreas sin vegetación	50.8	36.1	7.0	0.0	35.3	61.4	53.5	244.1
	Áreas verdes	42.8	3.5	201.8	0.0	49.1	2.1	2.6	301.9
	Cuerpos de agua artificiales	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	5.1
	Equipamiento urbano	8.0	3.5	1.6	0.0	385.1	3.7	0.7	402.6
	Vegetación natural	155.4	73.3	110.3	0.1	116.2	2,930.5	151.2	3,537.0
	Vialidades	0.1	0.8	1.7	0.0	1.8	9.8	419.2	433.3
TOTAL 2007		577.9	117.2	324.2	5.3	593.3	3,008.0	627.3	5,253.1

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, 2004.

Durante el periodo 2007-2015 se percibió que en el año 2007 la categoría vegetación natural contaba con un área de 3,008.2 ha, de las cuales se mantuvieron intactas 2,351.3 ha para 2015, cambio asociado a actividades antrópicas como es la deforestación. Esta situación representó que las 656.9 ha pérdidas fueron ocupados por los usos de suelo habitacional (161.1 ha), áreas sin vegetación (76.6 ha), áreas verdes (64 ha), cuerpos de agua artificiales (5.7 ha), equipamiento urbano (209.3 ha) y vialidades (140.2 ha). Por otro lado, la vegetación natural recuperó 105.3 ha, de esta manera aumentó su superficie a 2,456.6 ha para 2015, dicho incremento se obtuvo de las categorías habitacional (0.5 ha), áreas sin vegetación

(36.5 ha), áreas verdes (47.8 ha), equipamiento urbano (3.5 ha) y vialidades (17.1 ha).

En lo relacionado con la categoría equipamiento urbano, este presentaba un área de 593.6 ha para 2007, conservando 579.5 ha (permanencia) y perdiendo 14.1 ha que se sumaron a las categorías: habitacional (2.2 ha), áreas sin vegetación (4.3 ha), áreas verdes (2.8 ha), vegetación natural (3.5 ha) y vialidades (1.3 ha). Además, se adicionaron 10.1 ha de la categoría habitacional, 23.6 ha de áreas sin vegetación, 37.8 ha de áreas verdes, 209.3 ha de vegetación natural y 7.5 ha de vialidades, teniendo un total de 867.8 ha de esta categoría para 2015.

En 2007, la categoría habitacional presentó una pérdida por 13.5 ha, la cual fue sustituida por 0.4 ha de áreas sin vegetación, 2.4 ha de áreas verdes, 10.1 ha de equipamiento urbano y 0.5 ha de vegetación natural. Por otro lado, se añadieron a este uso de suelo 243.5 ha que anteriormente formaban parte de las categorías áreas sin vegetación (20.6 ha), áreas verdes (56.5 ha), equipamiento urbano (2.2 ha), vegetación natural (161.1 ha) y vialidades (3.2 ha), llegando a un total de 808 ha (Cuadro 13).

Cuadro 13. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2007-2015.

		AÑO 2015 (en hectáreas: ha)							TOTAL 2007
		Habitacional	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificiales	Equipamiento urbano	Vegetación natural	Vialidades	
AÑO 2007 (en hectáreas: ha)	Habitacional	564.5	0.4	2.4	0.0	10.1	0.5	0.0	578.0
	Áreas sin vegetación	20.6	17.9	3.3	0.0	23.6	36.5	15.3	117.1
	Áreas verdes	56.5	1.6	177.6	0.0	37.8	47.8	2.9	324.2
	Cuerpos de agua artificial	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	5.3
	Equipamiento urbano	2.2	4.3	2.8	0.0	579.5	3.5	1.3	593.6

	Vegetación natural	161.1	76.6	64.0	5.7	209.3	2,351.3	140.2	3,008.2
	Vialidades	3.2	0.6	1.5	0.2	7.5	17.1	597.2	627.2
TOTAL 2015		808.0	101.5	251.5	11.1	867.8	2,456.6	757.0	5,253.5

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, 2004.

La matriz de cambios o de tabulación cruzada del periodo 2004-2015 describe que la vegetación natural contaba con un área de 3,537.4 ha para 2004, de este total hasta 2015 permanecieron 2,373.1 ha, por lo que fueron removidas 1,164.3 ha. Esta última cantidad de hectáreas removidas fueron ocupadas por las categorías habitacional con 357.6 ha, áreas sin vegetación con 86.5 ha, áreas verdes con 96.8 ha, cuerpos de agua artificiales con 5.8 ha, equipamiento urbano con 343.7 ha y vialidades con 274 ha. Para el caso de la vegetación natural, esta experimentó un proceso de recuperación de cobertura que favoreció con el aumento de su superficie conservada (2,373.1 ha) a 2,456.7 ha para 2015 que resultó de la suma de 83.6 ha (0.1 ha pertenecían al uso habitacional, 71 ha a áreas sin vegetación, 3.1 ha a áreas verdes, 1.4 ha a equipamiento urbano y 8 ha a vialidades).

Ahora bien, los usos de suelo habitacional y equipamiento urbano presentaron aumentos significativos durante el periodo, el primero tuvo 328.7 ha y el segundo 402.6 ha en 2004, de esta cantidad permanecieron 319.3 y 393.1 ha respectivamente. A la categoría habitacional se agregaron 54.5 ha de áreas sin vegetación, 71.1 ha de áreas verdes, 4.7 ha de equipamiento urbano, 357.6 ha de vegetación natural y 0.5 de vialidades para 2015, llegando a obtener un área de 807.6 ha. Por otro lado, al uso de suelo equipamiento urbano se sumaron 8.2 ha de uso habitacional, 41.8 ha de áreas sin vegetación, 76 ha de áreas verdes, 343.7 ha de vegetación natural y 5 ha de vialidades, sumando en total 867.8 ha (Cuadro 14).

Cuadro 14. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2015.

	AÑO 2015 (en hectáreas: ha)	
--	-----------------------------	--

		Habitacional	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificial	Equipamiento urbano	Vegetación natural	Vialidades	TOTAL 2004
AÑO 2004 (en hectáreas: ha)	Habitacional	319.3	0.4	0.6	0.0	8.2	0.1	0.1	328.7
	Áreas sin vegetación	54.5	11.6	6.4	0.0	41.8	71.0	58.9	244.1
	Áreas verdes	71.1	1.0	146.2	0.0	76.0	3.1	4.5	301.9
	Cuerpos de agua artificiales	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	5.2
	Equipamiento urbano	4.7	1.5	0.6	0.0	393.1	1.4	1.3	402.6
	Vegetación natural	357.6	86.5	96.8	5.8	343.7	2,373.1	274.0	3,537.4
	Vialidades	0.5	0.6	0.9	0.1	5.0	8.0	418.2	433.3
TOTAL 2015		807.6	101.5	251.5	11.1	867.8	2,456.7	757.0	5,253.3

Fuente: elaboración propia con base en Pontius *et al.*, 2004.

Indicadores de cambio

El 81.8% (4,298.6 ha) del territorio que comprende el polígono de trabajo en la ciudad se mantuvo intacto durante el periodo 2004-2007, las 954.6 ha (18.2%) restantes experimentaron algún tipo de transición en sus usos de suelo. La categoría que tuvo las mayores pérdidas en este periodo fue la vegetación natural con 11.5% lo cual corresponde a 606.8 ha. Por otro lado, las que obtuvieron mayores ganancias fueron la habitacional con 257 ha (4.89%), el equipamiento urbano con 208.2 ha (3.96%) y vialidades con 208 ha (3.95%). Por su parte, el análisis de cambio neto mostró la disminución de la cobertura vegetal en un 10% (529.4 ha) en comparación a la obtenida en 2004, mientras que otras aumentaron sus áreas, tal es el caso de la categoría habitacional con 249.3 ha (4.74%), vialidades con 193.9 ha (3.69%) y equipamiento urbano con 190.7 ha (3.63%). Ahora bien, los mayores cambios totales (experimentaron mayores ganancias y

pérdidas) lo tuvieron la vegetación natural con 13%, las áreas sin vegetación con 5.5%, la habitacional con 5% y el equipamiento urbano con 4.3% (Cuadro 15a).

En relación al periodo 2007-2015, el área estable fue de 4,293.3 ha que corresponden al 81.7% del territorio de análisis, mientras que el restante 18.3% (960.4 ha) presentaron algún tipo de CUS. Las categorías que tuvieron las mayores ganancias y pérdidas fueron, por un lado, la vegetación natural con las mayores pérdidas 656.6 ha (12.5%), mientras que el equipamiento urbano y la categoría habitacional las mayores ganancias con 288.3 ha (5.48%) y 243 ha (4.62%) respectivamente. El cambio neto mostró la disminución del 10.5% (551.3 ha) de la categoría vegetación natural en comparación a su área en 2007, mientras que el equipamiento urbano y habitacional incrementaron superficialmente en 5.22% (274.5 ha) y 4.37% (229.7 ha) respectivamente. Por otro lado, el cambio total mostró las categorías que presentaron las mayores ganancias y pérdidas del periodo, siendo la vegetación natural con 14.5%, el equipamiento urbano con 5.8%, el habitacional con 4.9% y las áreas verdes con 4.2% (Cuadro 15b).

En todo el periodo 2004-2015, el 69.8% (3,666.6 ha) de las CUS permanecieron estables, el restante (30.2% equivalente a 1,586.7 ha) presentaron cambios. La vegetación natural continuó como la categoría con mayores pérdidas (22.16% equivalente a 1,164.2 ha), mientras que la habitacional, el equipamiento urbano y las vialidades tuvieron las mayores ganancias con 488.3 ha (9.3%), 474.7 ha (9%) y 338.7 ha (6.44%) respectivamente. El cambio neto identificó la disminución del 10.5% (1,080.7 ha) de la vegetación natural respecto a 2004, mientras que el habitacional, el equipamiento urbano y las vialidades presentaron las mayores ganancias con 479 ha (9.1%), 465.2 ha (8.85%) y 323.6 ha (6.16%) respectivamente. Además, el Cuadro 15 c, también expone los mayores cambios totales donde destacan las categorías vegetación natural, habitacional, equipamiento urbano y vialidades.

Por último, las categorías áreas verdes, áreas sin vegetación y vegetación natural presentaron los mayores intercambios en todos los periodos analizados.

Cuadro 15. Indicadores de cambio. Periodos: 2004-2007, 2007-2015 y 2004-2015.

	Persistencia (ha)	%	Ganancia (ha)	%	Pérdida (ha)	%	Intercambio (ha)	%	Cambio Neto (ha)	%	Cambio Total (ha)	%
	a) Periodo 2004-2007											
Habitacional	320.8	6.1	257.0	4.9	7.7	0.1	15.4	0.3	249.3	4.7	264.7	5.0
Áreas sin vegetación	36.1	0.7	81.0	1.5	208.0	4.0	162.0	3.1	127.0	2.4	289.0	5.5
Áreas verdes	201.8	3.8	122.4	2.3	100.1	1.9	200.2	3.8	22.3	0.4	222.5	4.2
Cuerpos de agua artificiales	5.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Equipamiento urbano	385.1	7.3	208.2	4.0	17.5	0.3	35.0	0.7	190.7	3.6	225.7	4.3
Vegetación natural	2,930.5	55.8	77.4	1.5	606.8	11.6	154.8	2.9	529.4	10.1	684.2	13.0
Vialidades	419.2	8.0	208.0	4.0	14.1	0.3	28.2	0.5	193.9	3.7	222.1	4.2
TOTAL	4,298.6	81.8	954.1	18.2	954.2	18.2	297.8	5.7	656.4	12.5	954.2	18.2
b) Periodo 2007-2015												
Habitacional	564.5	10.7	243.0	4.6	13.3	0.3	26.6	0.5	229.7	4.4	256.3	4.9
Áreas sin vegetación	17.9	0.3	83.6	1.6	99.2	1.9	167.2	3.2	15.6	0.3	182.8	3.5
Áreas verdes	177.6	3.4	73.9	1.4	146.6	2.8	147.8	2.8	72.7	1.4	220.5	4.2
Cuerpos de agua artificiales	5.3	0.1	5.8	0.1	-0.10	0.00	-0.20	0.00	5.8	0.1	5.7	0.1
Equipamiento urbano	579.5	11.0	288.3	5.5	13.8	0.3	27.6	0.5	274.5	5.2	302.1	5.8
Vegetación natural	2,351.3	44.8	105.3	2.0	656.6	12.5	210.6	4.0	551.3	10.5	761.9	14.5
Vialidades	597.2	11.4	159.7	3.0	30.0	0.6	60.0	1.1	129.7	2.5	189.7	3.6
TOTAL	4,293.3	81.7	959.6	18.3	959.4	18.3	319.8	6.1	639.7	12.2	959.5	18.3
c) Periodo 2004-2015												
Habitacional	319.3	6.1	488.3	9.3	9.3	0.2	18.5	0.4	479.0	9.1	497.5	9.5
Áreas sin vegetación	11.6	0.2	89.9	1.7	232.5	4.4	179.8	3.4	142.6	2.7	322.4	6.1
Áreas verdes	146.2	2.8	105.3	2.0	155.7	3.0	210.6	4.0	50.4	1.0	261.0	5.0

Cuerpos de agua artificiales	5.1	0.1	6.0	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	6.0	0.1	6.0	0.1
Equipamiento urbano	393.1	7.5	474.7	9.0	9.5	0.2	19.0	0.4	465.2	8.9	484.2	9.2
Vegetación natural	2,373.1	45.2	83.5	1.6	1,164.2	22.2	167.0	3.2	1,080.7	20.6	1,247.7	23.8
Vialidades	418.2	8.0	338.7	6.4	15.1	0.3	30.2	0.6	323.6	6.2	353.8	6.7
TOTAL	3,666.6	69.8	1,586.4	30.2	1,586.3	30.2	312.6	6.0	1,273.8	24.2	1,586.3	30.2

Fuente: elaboración propia con base en Camacho-Sanabria (2019).

Tasas de cambio

De acuerdo al Cuadro 16, Playa del Carmen se ha extendido en superficies donde predominaba vegetación natural de selva mediana subperennifolia. Ahora bien, durante el periodo 1985-2015, esta cobertura presentó una disminución en su área con una tasa anual de cambio de -2.2%, mientras que el uso de suelo urbano aumentó incrementó un 11.6%. Este proceso de transformación con la pérdida de vegetación natural y el crecimiento de la mancha urbana tuvo sus inicios en la década de 1990 y comenzó a intensificarse en el periodo 2000-2004 con la pérdida de vegetación natural que registró una tasa de cambio anual de -5.1%. Por otro lado, el uso de suelo urbano presentó a incrementar durante el periodo 1990-1995 con un 22.3% anual, mientras que en el siguiente periodo (1995-2000) presentó un 25%, disminuyendo en el siguiente periodo (2000-2004) a 16.8% anual.

Ahora bien, la Figura 10 permitió identificar el acelerado crecimiento urbano de Playa del Carmen, así como observar que la dirección de expansión es de sureste a noreste sobre la línea costera⁴, hacia la ciudad turística de Cancún. También se percibe que para 2015 el uso de suelo urbano constaba con un área de 2,611.2 ha, mientras que la vegetación natural tenía aproximadamente la mitad de la superficie que tenía para 1985, teniendo una pérdida de 2,514.6 ha. Por lo anterior, es clara la fuerte presión e influencia del uso de suelo urbano sobre la vegetación natural.

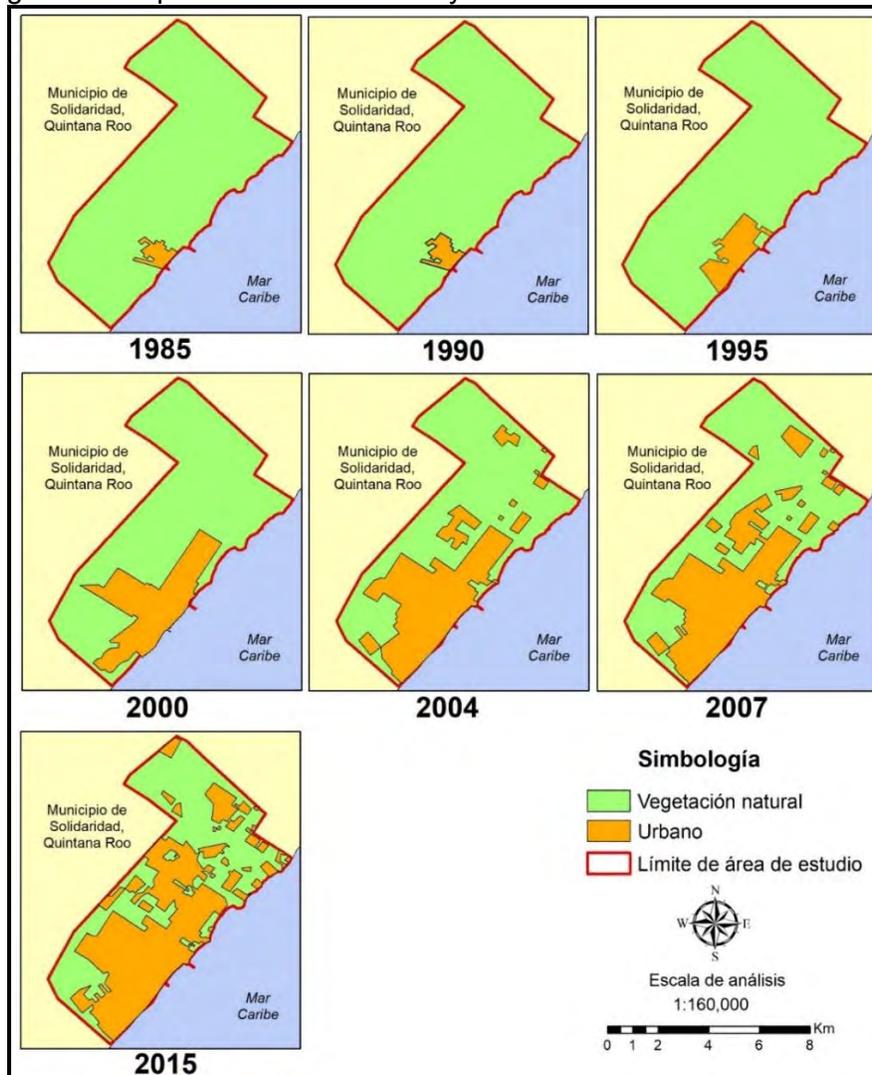
⁴ Línea costera: límite existente entre el mar y la tierra firme (Cifuentes *et al.*, 2017).

Cuadro 16. Tasas de cambio anual de las categorías: a) Vegetación natural y b) Urbano.

a) Tasas de cambio Vegetación natural				b) Tasas de cambio Urbano			
Años	Área (ha)	Periodos	Tasas de cambio (%)	Años	Área (ha)	Periodos	Tasas de cambio (%)
1985	5,155.4	1985-1990	-0.1	1985	96.6	1985-1990	3.4
1990	5,138	1990-1995	-0.8	1990	114	1990-1995	22.3
1995	4,940	1995-2000	-2.7	1995	312	1995-2000	25.0
2000	4,300	2000-2004	-5.1	2000	952	2000-2004	16.8
2004	3,480.7	2004-2007	-2.9	2004	1,771.3	2004-2007	5.2
2007	3,190.5	2007-2015	-2.3	2007	2,061.5	2007-2015	3.0
2015	2,640.8	1985-2015	-2.2	2015	2,611.2	1985-2015	11.6

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Expansión urbana de Playa del Carmen. Periodo:1985-2015.

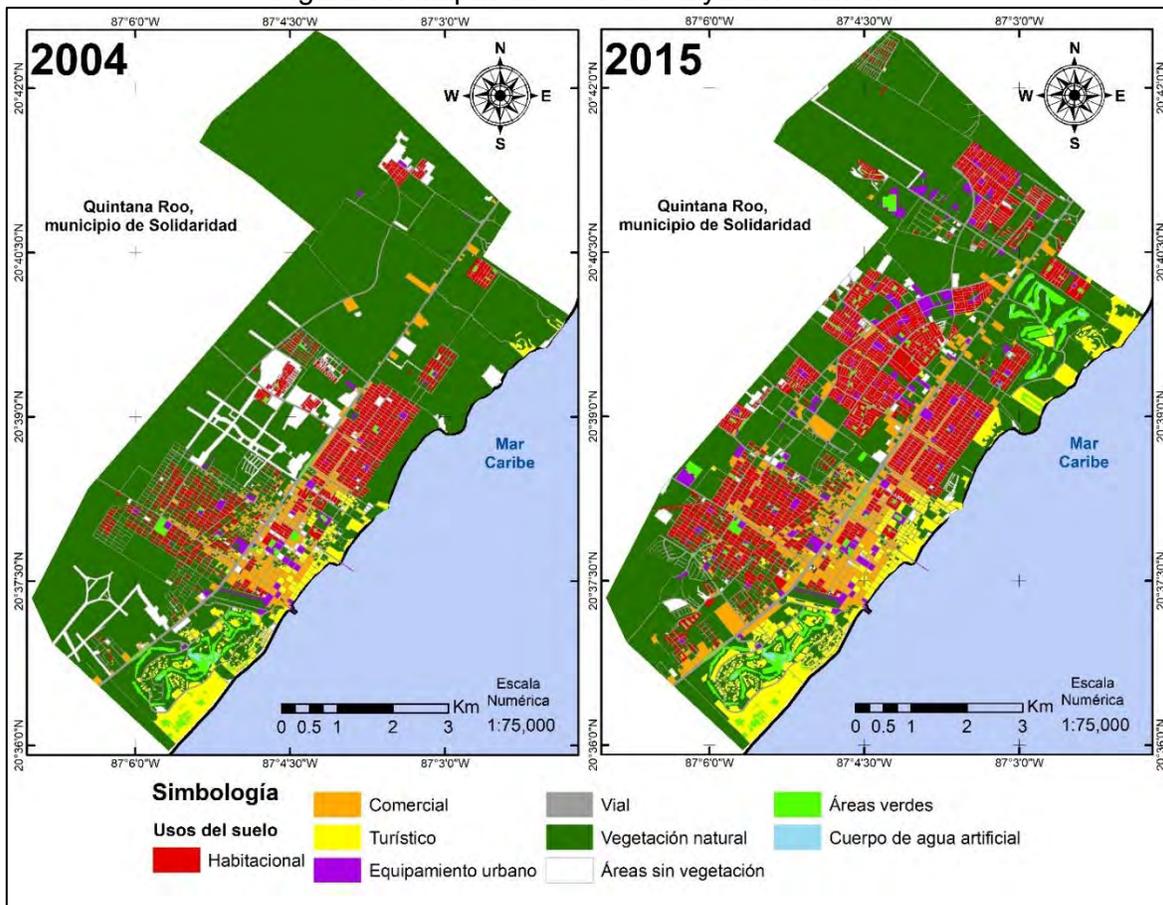


Fuente: elaboración propia con base en imágenes de Google Earth de los años 1985, 1990, 1995 y 2000, ortofoto digital del año 2004, e imágenes satelitales QuickBird del año 2007 y WorldView-3 del año 2015.

3.2 Análisis de las fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) de la urbanización de Playa del Carmen

Se elaboraron dos mapas de CUS de la ciudad de Playa del Carmen de los años 2004 y 2015 (Figura 11). Los usos de suelo corresponden a las categorías: habitacional, comercial, turístico, equipamiento urbano, vial, vegetación natural, áreas sin vegetación, áreas verdes y cuerpos de agua artificial.

Figura 11. Mapas de CUS de Playa del Carmen.



Fuente: Elaboración propia con base en Ortofoto digital (2004) e imagen WorldView-3 (2015).

Estas CUS se encuentran estrechamente relacionadas con las causas impulsoras que han contribuido al desarrollo urbano de Playa del Carmen, estas son (Cuadro 17):

Cuadro 17. Causas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.

Causas próximas impulsoras

Infraestructura habitacional	Asentamientos urbanos regulares	Viviendas establecidas dentro del área urbanizable.
	Asentamientos urbanos irregulares	Viviendas establecidas fuera del área urbanizable
Infraestructura comercial	Infraestructura pública	Mercado de alimentos, comercios locales, restaurantes, entre otros.
	Infraestructura privada	Mercado de alimentos, centros comerciales, restaurantes, comercios locales, entre otros.
Infraestructura turística	Infraestructura de empresas turísticas	Hoteles y complejos turísticos.
Equipamiento urbano	Servicios públicos	Escuelas, hospitales, áreas deportivas, instalaciones de agua y saneamiento, centrales camioneras, entre otros.
Infraestructura vial	Vías de comunicación	Calles pavimentadas y de terracería.

Fuente: Elaboración propia con base en Geist y Lambin (2001).

Evaluación de los cambios de CUS

La matriz de cambios de los mapas de CUS del periodo 2004-2015 indica que las categorías habitacional y vial registraron los mayores incrementos superficiales con 448.1 y 325.2 hectáreas (ha) respectivamente. La primera las obtuvo por la adición superficial de otras categorías, es decir, 0.2 ha de comercial, 0.1 ha de equipamiento urbano, 0.5 ha de vial, 401.2 ha de vegetación natural y 58.8 ha de áreas sin vegetación, pasando así de 308.9 ha a 757 ha en 11 años. La categoría vial pasó de 433.6 a 758.8 ha, de las cuales 0.1 ha correspondían a habitacional, 1 ha a comercial, 0.1 ha a equipamiento urbano, 275.6 ha a vegetación natural, 61.9 ha a áreas sin vegetación y 1.7 ha a áreas verdes (Cuadro 18).

Por otro lado, la categoría vegetación natural presentó las mayores pérdidas. Para 2004 tenía una superficie de 3,784.9 ha de las cuales conservó 2,567.7 ha para el año 2015, sin embargo, se perdieron 1,121 ha en 11 años, las cuales llegaron a formar parte de las categorías habitacional (401.2 ha), comercial (126.3 ha), turístico (134.8 ha), equipamiento urbano (85.6 ha), vial (275.6 ha), áreas sin vegetación (95.1 ha) áreas verdes (92.8 ha) y cuerpos de agua artificial (5.8 ha). Esta categoría presentó un proceso de recuperación de cobertura vegetal que ocasionó el aumento de la superficie conservada (2,567.7 ha) a un total de 2,663.9 ha para el año 2015, los cuales provinieron de los usos de suelo habitacional (0.7

ha), comercial (3.3 ha), turístico (0.9 ha), equipamiento urbano (0.3 ha), vial (8.5 ha), áreas sin vegetación (81.3 ha) y áreas verdes (1.3 ha).

Cuadro 18. Matriz de tabulación cruzada del periodo 2004-2015.

Tabulación cruzada 2004-2015		Usos de suelo 2015									TOTAL 2004
		Habitacional	Comercial	Turístico	Equipamiento o urbano	Vial	Vegetación natural	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificial	
Usos de suelo 2004	Habitacional	296.1	10.8	0.6	0.2	0.1	0.7	0.4	0	0	308.9
	Comercial	0.2	148.1	0	4.3	1	3.3	0	0	0	156.9
	Turístico	0	0	167.2	0	0	0.9	0	0	0	168.2
	Equipamiento urbano	0.1	0	0	45.6	0.1	0.3	0	0.1	0	46.2
	Vial	0.5	0.7	2.2	0.6	418.3	8.5	0.6	2.2	0.1	433.6
	Vegetación natural	401.2	126.3	134.8	85.6	275.6	2,567.7	95.1	92.8	5.8	3,784.9
	Áreas sin vegetación	58.8	27.4	19.8	10.1	61.9	81.3	12.3	4.6	0	276.2
	Áreas verdes	0	2.1	1.4	4.1	1.7	1.3	0.2	63.1	0	73.8
	Cuerpos de agua artificial	0	0	0	0	0	0	0	0	5.1	5.2
TOTAL 2015		757	315.3	326.1	150.4	758.8	2,663.9	108.4	162.7	11.1	5,253.8

Fuente: Elaboración propia con base en los insumos cartográficos (Valores en hectáreas).

Indicadores de cambio

Durante el periodo de estudio, el 70.9% de la superficie total del área de estudio permanecieron estables (3,723.5 ha) y el resto experimentaron algún tipo de cambio (29.1%). La categoría que presentó mayores pérdidas fue la vegetación natural con 23.2% que corresponden a -1,217.2 ha, por lo contrario, los usos de suelo habitacional y vial presentaron las mayores ganancias con 460.9 ha (8.8%) y 340.5 ha (6.5%) respectivamente. En relación a los intercambios entre las categorías de estudio, se aprecia que las coberturas vegetación natural, áreas sin vegetación, vial y habitacional son las que presentaron mayores cantidades superficiales intercambiadas durante el periodo de investigación. Por otro lado, el

mayor cambio total se identificó en el uso de suelo vegetación natural con 25% (1,313.3 ha) y habitacional con 9% (473.7 ha) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Indicadores de cambio del periodo 2004-2015.

Usos de suelo	Persistencia	%	Ganancia	%	Pérdida	%	Intercambio	%	Cambio total	%
Habitacional	296.1	5.6	460.9	8.8	12.8	0.2	25.6	0.5	473.7	9.0
Comercial	148.1	2.8	167.2	3.2	8.8	0.2	17.7	0.3	176.1	3.4
Turístico	167.2	3.2	158.9	3.0	1.0	0.0	1.9	0.0	159.9	3.0
Equipamiento urbano	45.6	0.9	104.8	2.0	0.6	0.0	1.2	0.0	105.4	2.0
Vial	418.3	8.0	340.5	6.5	15.3	0.3	30.6	0.6	355.8	6.8
Vegetación natural	2,567.7	48.9	96.2	1.8	1,217.2	23.2	192.4	3.7	1,313.3	25.0
Áreas sin vegetación	12.3	0.2	96.1	1.8	263.9	5.0	192.3	3.7	360.0	6.9
Áreas verdes	63.1	1.2	99.6	1.9	10.7	0.2	21.4	0.4	110.3	2.1
Cuerpos de agua artificial	5.1	0.1	6.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	6.1	0.1
TOTAL	3,723.5	70.9	1,530.3	29.1	1,530.3	29.1	241.6	4.6	1,530.3	29.1

Fuente: Elaboración propia con base en Camacho-Sanabria (2019). Valores en hectáreas.

Considerando los usos de suelo mencionados, se puede apreciar que las causas impulsoras del proceso de urbanización de Playa del Carmen han sido las relacionadas con el aumento de las infraestructuras habitacionales y viales, las cuales suman un total de 15.3% (801.4 ha), mismas que representan más de la mitad del total de las ganancias obtenidas entre todas las categorías, mientras que los causas de tipo comercial, turística y equipamiento urbano permanecieron de entre 2 y 3.2% con un promedio de 143.6 ha ganadas durante la temporalidad de análisis. Por otro lado, se observa que la categoría áreas sin vegetación perdió 263.9 ha que pasaron a formar parte de las causas impulsoras de la urbanización y también ganó 96.1 ha principalmente de la categoría vegetación natural que, seguramente, serán futuras edificaciones con algún tipo de infraestructura.

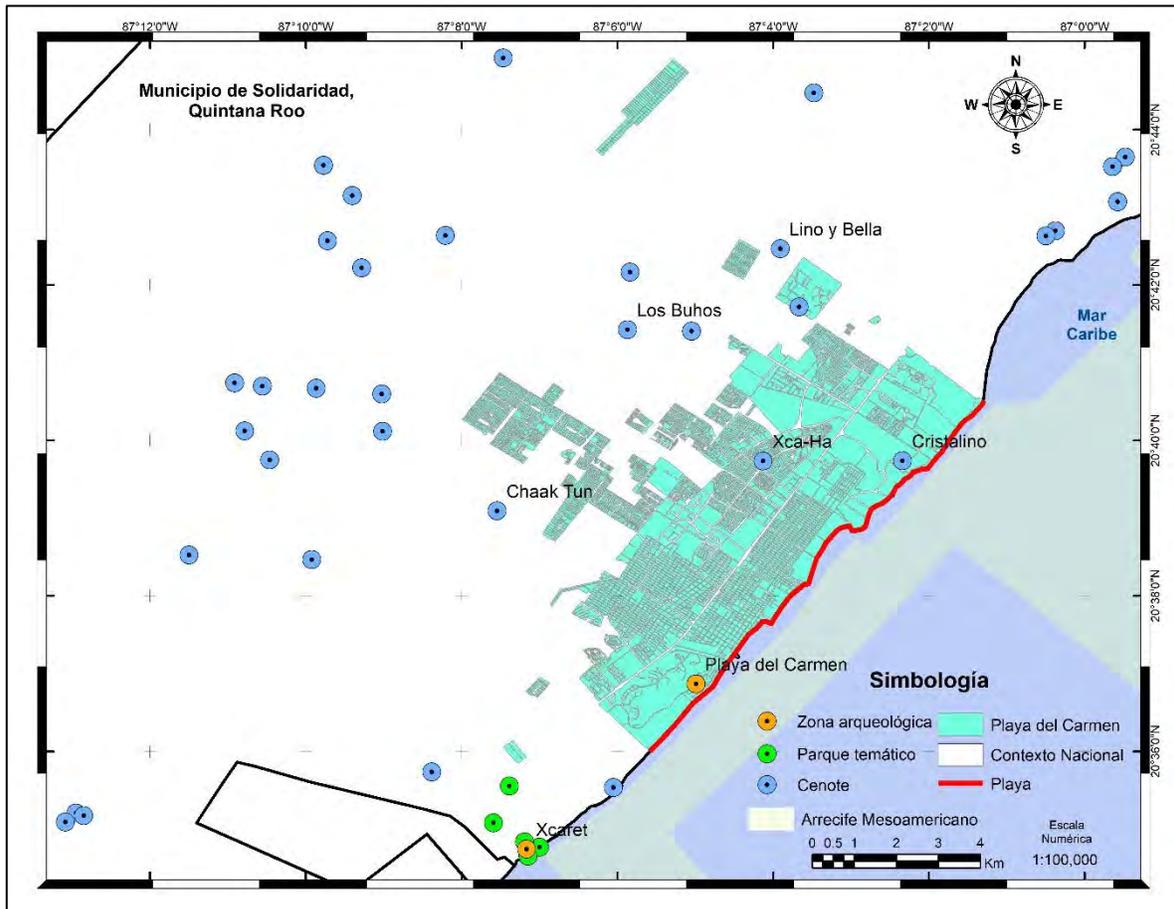
Los resultados anteriores mostraron un análisis detallado de los patrones espaciotemporales del proceso de urbanización de Playa del Carmen durante el periodo 2004-2015. Se identificaron las relaciones entre los usos de suelo y ciertas causas impulsoras como la infraestructura habitacional, vial, turística, comercial y de equipamiento urbano, las cuales derivaron de la acelerada expansión de la mancha urbana que experimentó esta ciudad. Dichas causas fueron inducidas por factores impulsores de tipo ambiental, económico, demográfico y político institucional que a continuación se describen.

Factores ambientales impulsores de la urbanización

Playa del Carmen es una ciudad costera del Caribe Mexicano que se ha caracterizado por su belleza de paisaje relacionada con sus playas, arrecifes coralinos, zonas arqueológicas, además de una gran variedad de cenotes ubicados adyacentemente a la ciudad, así como parques temáticos (Figura 12). Dichas características propiciaron que esta ciudad fuera visitada por turistas desde los años setenta, puesto que ofrecía la misma calidad de playas en comparación con Cancún y Cozumel, además de ofertar precios más accesibles (Mendoza y Leal, 2010). Estas cualidades paisajísticas formaron parte de la constructibilidad natural que lo ha llevado a convertirse en uno de los más importantes centros de atracción turística de sol y playa del país, la cual ha sido edificada para satisfacer las necesidades de confort, descanso y diversión del turismo nacional e internacional.

Como ya se mencionó, esta ciudad está rodeada de diversos recursos naturales que han sido los principales atractivos naturales que han atraído el turismo nacional y extranjero, entre ellos están 11.8 kilómetros aproximados de playa de arena blanca y mar con arrecifes coralinos del sistema arrecifal Mesoamericano; dos zonas arqueológicas, uno dentro de la mancha urbana que lleva su mismo nombre y otro cerca de los 5 parques temáticos ubicados a las afueras de la zona urbana; también, adyacentemente a este territorio, hay más de 30 cenotes que en su mayoría son utilizados como balnearios públicos ubicados entre la selva mediana subperennifolia (Figura 12).

Figura 12. Características ambientales impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI e imágenes de Google Earth del año 2017.

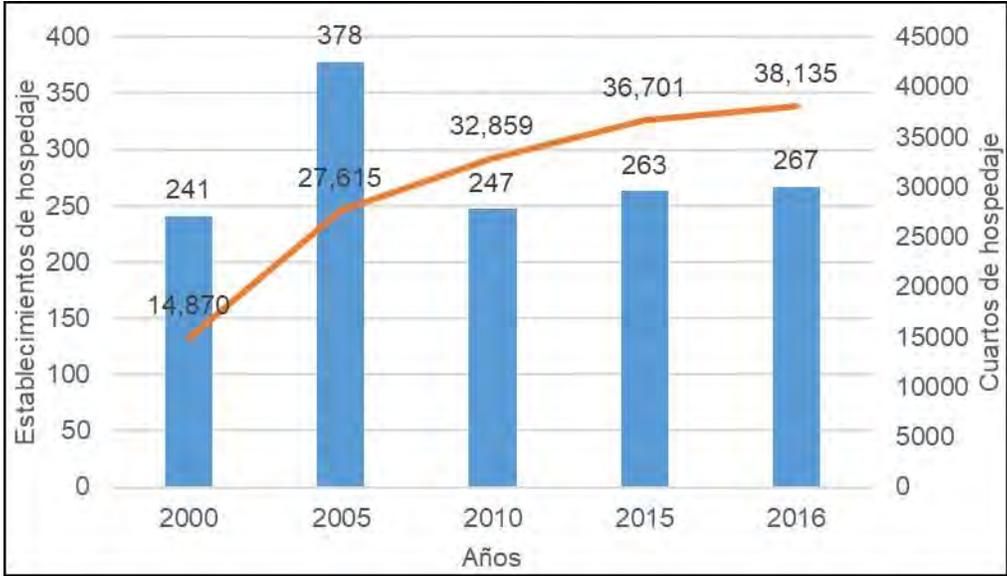
Factores económicos impulsores de la urbanización

La industria del turismo masivo le ha permitido a esta ciudad su desarrollo económico, aunado a las inversiones gubernamentales y la entrada de divisas extranjeras. A partir de 1970, Playa del Carmen resultó beneficiada de múltiples proyectos nacionales de inversiones para incrementar la infraestructura turística, crear empleos y captar divisas, por lo que para los años ochenta se impulsó el desarrollo de proyectos turísticos que promovieron la venta masiva de tierras (Fernández *et al.*, 2020).

Por lo anterior y considerando la saturación de la zona turístico hotelera de Cancún, para la década de los ochenta y principios de los noventa, se comenzó el proceso de expansión de “alto potencial económico turístico” a través del corredor Cancún-

Tulum conocido como Riviera Maya a lo largo de 200 kilómetros aproximadamente sobre la línea costera, la cual se extendió desde Cancún, pasando por Playa del Carmen, hasta Tulum. Dicho proceso inició un importante desarrollo turístico para Playa del Carmen a partir de múltiples inversiones públicas y privadas en la construcción de complejos hoteleros, campo de golf, casas y departamentos en renta y venta frente al mar, tales como Playacar, Mayakoba y Grand Coral. Este desarrollo incrementó el número de establecimientos y cuartos de hospedaje (Figura 13), así como revalorizó la plusvalía de la tierra, por lo que la ciudad paso a convertirse en el segundo centro turístico de sol y playa más importante de Quintana Roo y uno de los mejores del país (Dachary, 2008; Camacho, 2015; Sollerio y García, 2020).

Figura 13. Incremento del número de establecimientos y cuartos de hospedaje de Solidaridad.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2001; 2006; 2011; 2016a; 2017).

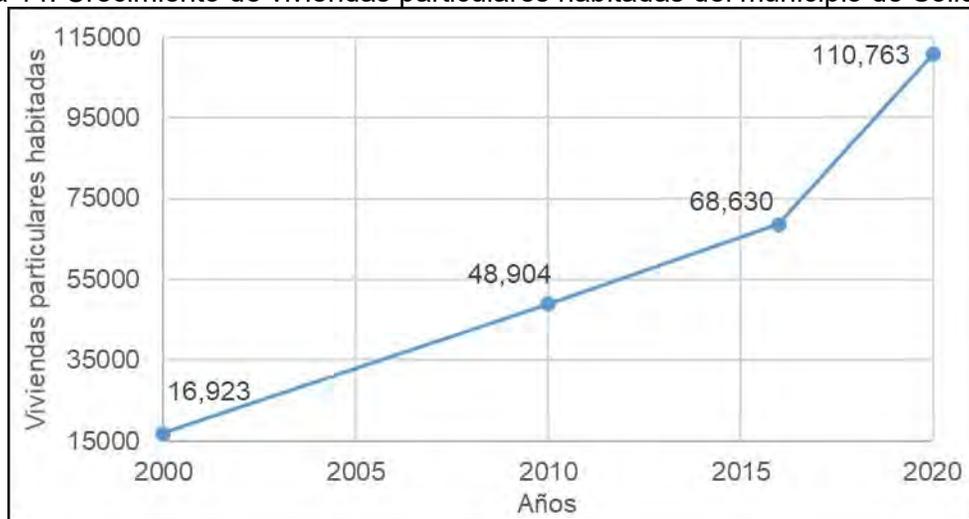
Factores demográficos impulsores de la urbanización

Derivado de la demanda de empleo para la construcción y desarrollo de enormes complejos hoteleros, así como de infraestructura habitacional y urbana, cientos de personas provenientes de los estados de Yucatán, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Guerrero y ciudad de México llegaron en busca de trabajo y mejorar su calidad de vida, lo cual provocó que la ciudad pasara de pueblo con 232 residentes para 1970

a una ciudad con 304,942 habitantes para el año 2020 (Pérez y Carrascal, 2000; Camacho, 2015; INEGI, 2021).

El rápido y explosivo crecimiento poblacional incentivó el aumento de infraestructura habitacional (Figura 14), así como el establecimiento de asentamientos humanos en terrenos selváticos no urbanizables mediante la construcción de viviendas endebles sin servicios básicos de primera necesidad, tal y como la colonia Luis Donald Colosio que, para 1994, ocupó 180 ha en lo que hoy día es el centro de la ciudad (Mendoza y Leal, 2010; Bagnera y Pennisi, 2015; Castillo-Pavón y Méndez-Ramírez, 2017).

Figura 14. Crecimiento de viviendas particulares habitadas del municipio de Solidaridad.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2001; 2011; 2016a; 2021).

Factores políticos-institucionales impulsores de la urbanización

En los inicios de la expansión urbana de Playa del Carmen, se careció y no existían indicios de planificación urbana, fue hasta 2001 cuando se decretó el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) de la región corredor Cancún-Tulum ubicada en la zona costa norte de la entidad de Quintana Roo, la cual involucra los municipios de Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad, este último incluye la ciudad de Playa del Carmen (Castillo-Pavón y Méndez-Ramírez, 2017). Este programa de política ambiental “*alentó al desarrollo turístico y la construcción de infraestructura de servicios en los centros de población*”, como fue el caso de Playa del Carmen (POGEQ, 2001, 5). En 2009 se estableció el Programa de Ordenamiento Ecológico

Local (POEL) del municipio de Solidaridad, el cual tuvo por objeto “*alentar un desarrollo sustentable y congruente con políticas ambientales que permitan la permanencia de los recursos naturales en el municipio*” (HAS, 2009, 4). Por último, en 2010 se creó el Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de la ciudad de Playa del Carmen, mismo que pretende promover “*el desarrollo urbano sustentable por medio de proteger el ambiente natural y regular el ambiente construido a través de la planeación y gestión del centro urbano de la ciudad*”, además establece como política esencial el incrementar los espacios abiertos y de áreas verdes por residentes a través de la edificación de equipamiento recreativo con espacios y corredores de áreas verdes donde predominen vegetación y animales silvestres de la zona. Este Programa considera tres etapas de desarrollo para la ciudad: 2010-2030, 2031-2040 y 2041-2050, las cuales tiene el objetivo de controlar y dirigir el crecimiento urbano hacia las áreas establecidas en el PDU con la finalidad de prevenir la dispersión de la mancha urbana (HAS, 2010, 2; 2010a).

Lo anterior contribuyó de gran manera en el desarrollo urbano actual de la ciudad, así como también la apropiación del espacio físico se hizo notar derivado del otorgamiento de permisos y concesiones de uso de suelo a empresarios y políticos por parte de las distintas gubernaturas estatales y federales, particularmente en áreas privilegiadas cercanas a las playas, proporcionándoles las mejores facilidades para promover el desarrollo y construcción de infraestructura turística y habitacional (Camacho, 2015; Sollerio y García, 2020).

Identificación de actores impulsores de la urbanización

Entre los principales actores involucrados en el crecimiento de la mancha urbana de Playa del Carmen se encuentra el *Estado*, esto derivado de las distintas gubernaturas que han tenido lugar a nivel estatal y federal, las cuales han autorizado y proporcionado inversiones y fondos económicos para el desarrollo turístico, habitacional y urbano de la ciudad. También el gobierno municipal ha propiciado la “*escasa, discontinua y poco fundamentada planificación de crecimiento urbano*”, tal como lo establece el Plan Municipal de Desarrollo de

Solidaridad de la administración 2018-2021, con relación a los instrumentos de planeación urbana (HAS, 2018, 33).

Los *inversionistas y empresarios* fueron otro factor importante derivado del desarrollo de proyectos turísticos y habitacionales en la ciudad, esto, en parte, ha provocado el incremento del valor y la especulación del suelo urbano mediante la compra de extensos terrenos para posteriormente venderlos a precios más elevados, por lo que estos actores siguen influyendo de manera directa en la transformación del espacio urbano de la ciudad. Cabe mencionar que el sector privado ha obtenido absoluta libertad y permisibilidad por parte del *Estado* en materia de planeación territorial, proporcionando las mejores facilidades relacionadas al desarrollo y construcción de infraestructura turística en zonas privilegiadas, a lo que Camacho (2015, 131) llama estrategia de “*urbanización neoliberal*”.

Por extensión, la *población local y migrante* ha sido otro actor destacable, puesto que la llegada masiva de personas en busca de empleo y de mejorar su calidad de vida, ha demandado viviendas y servicios básicos de primera necesidad, incentivando con ello la construcción de infraestructuras habitacionales en zonas urbanizables y no urbanizables, así como infraestructuras comerciales, de servicios y de equipamiento urbano para satisfacer sus necesidades básicas.

De manera resumida, los factores impulsores de la urbanización de la ciudad y sus principales actores se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Fuerzas impulsoras y principales actores clave de la urbanización.

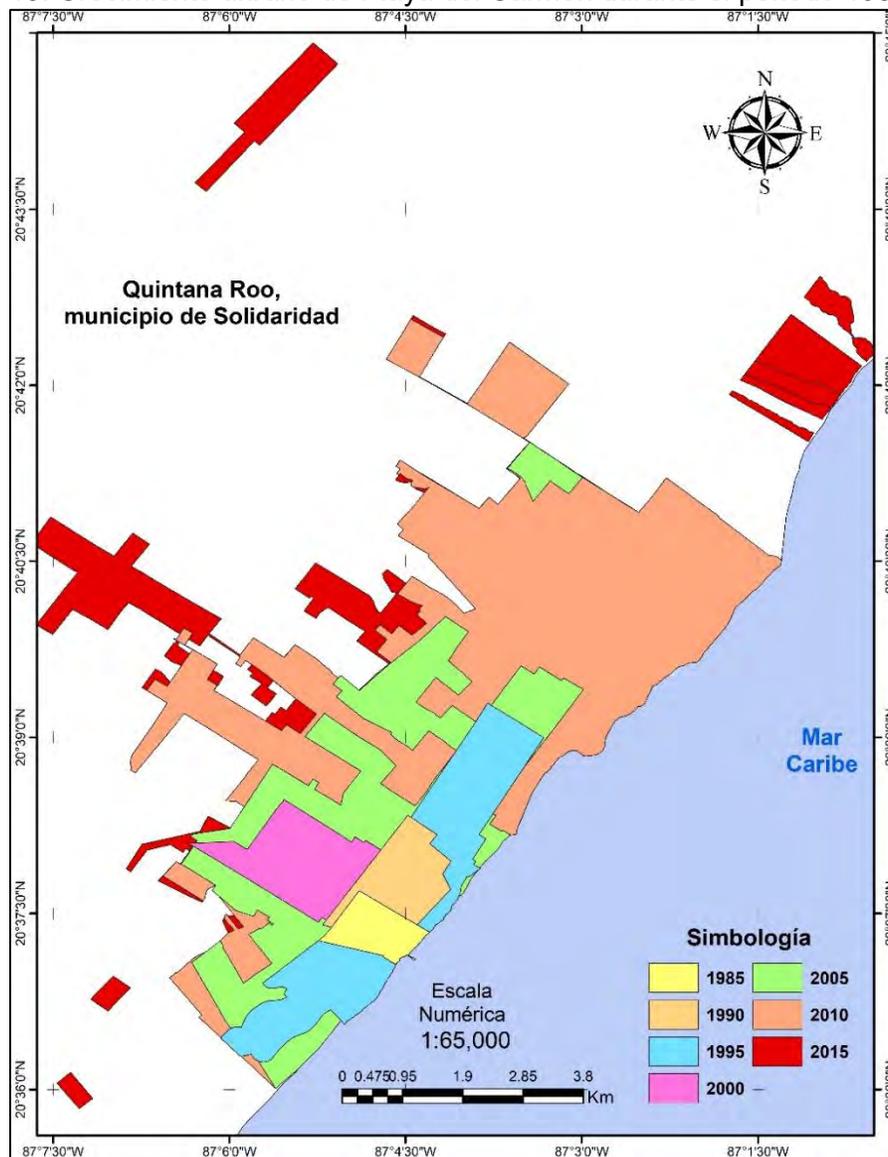
Factores impulsores		Actores clave
Factores ambientales	Playas de arena blanca y mar azul turquesa, arrecifes coralinos, zona arqueológica, variedad de cenotes y parques temáticos.	
Factores económicos	Fuertes y múltiples inversiones públicas y privadas en la construcción de proyectos y megaproyectos turísticos.	Gubernaturas estatales y federales, inversionistas y empresarios privados.
Factores demográficos	Alta demanda de viviendas ocasionada por la llegada masiva de	Población local y migrante.

	personas en busca de empleo y mejorar su calidad de vida.	
Factores político institucional	Autorización y otorgamiento de fondos económicos para el desarrollo turístico, habitacional y urbano de la ciudad.	Estado (gubernaturas estatales y federales).

Fuente: elaboración propia.

Las anteriores causas, factores y actores impulsores de la urbanización de Playa del Carmen han propiciado el desarrollo de la ciudad, tal y como se presente en la Figura 15.

Figura 15. Crecimiento urbano de Playa del Carmen durante el periodo 1985-2015.



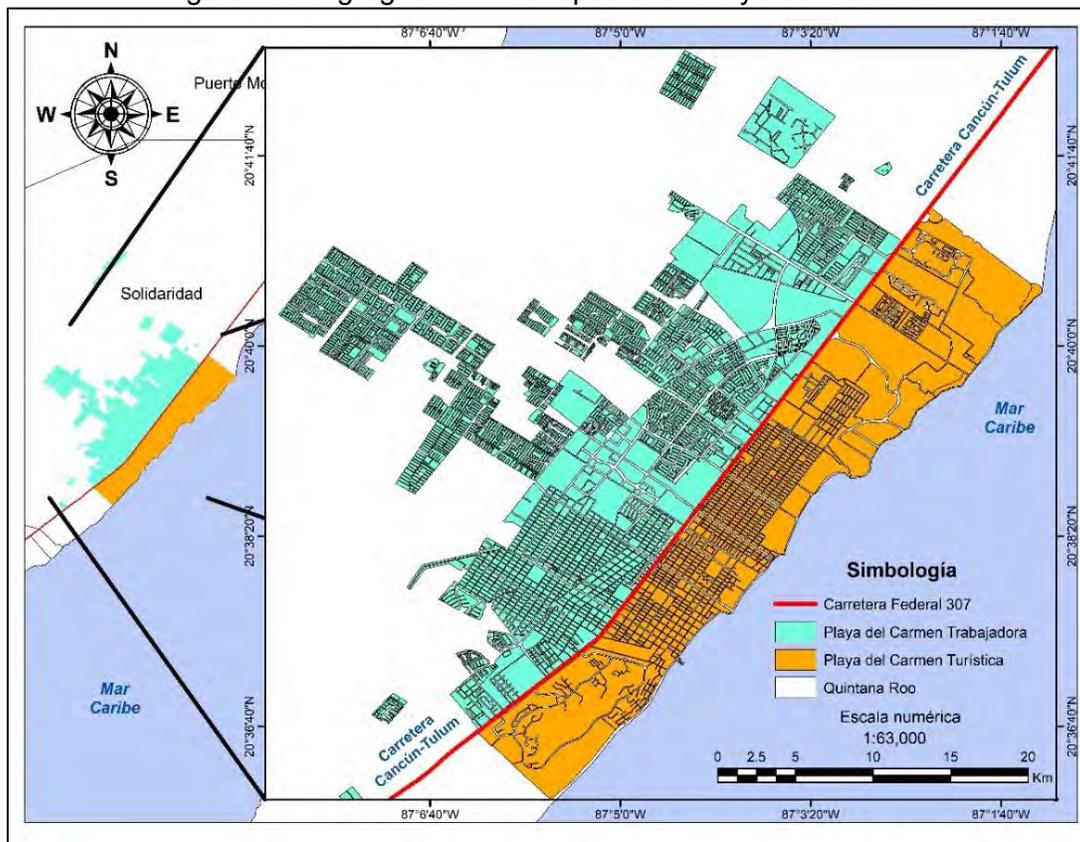
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI.

Interacción entre los factores impulsores de la urbanización.

Las interacciones e interrelaciones entre los factores impulsores de la urbanización de la ciudad, en parte, han provocado un patrón de distribución urbana y poblacional que se ha hecho característico de este territorio, tal es el caso de la segregación socioespacial de la población.

La segregación socioespacial en la ciudad se puede apreciar claramente por una marcada división a partir de la carretera federal Cancún-Tulum que divide por la mitad a la ciudad (Figura 16). Por un lado, el sector turístico y, por el otro, los espacios habitacionales de la población local y trabajadora. La primera está espacialmente marcada desde la línea costera hasta la carretera federal, la cual se encuentra ocupada y privatizada por grandes complejos comerciales y turísticos con hoteles, restaurantes, bares, villas y comercios diseñados para el turismo de clases media y alta; mientras que al noroeste de la carretera federal de la ciudad se localizan las casas habitación, los servicios y comercios para la población que trabaja en el sector turístico (Bagnera y Pennisi, 2015; Camacho, 2015; Sollerio y García, 2020).

Figura 16. Segregación socioespacial de Playa del Carmen.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI.

3.3 Análisis de la percepción de los actores clave respecto las fuerzas impulsoras de la urbanización de Playa del Carmen

Con base en las 101 encuestas realizadas por los actores clave, se identificaron al 44.68% como estudiantes universitarios residentes de la ciudad en su mayoría mujeres de 18 a 25 años de edad. También el 24.72% como población en general mayormente representada por hombres con edades de 18 a 25 años. Los actores del sector dependencias gubernamentales representaron el 17.76%, mientras que los docentes e investigadores el 8.86%, ambos en su mayoría hombres. Por último, los actores pertenecientes a organizaciones no gubernamentales fueron el 3.96% entre hombres y mujeres de 18 a 33 años (Cuadro 21).

Cuadro 21. Tabla cruzada de las características de los actores clave participantes en la encuesta.

		Sector					Total	
		Docente investigador	Dependencia gubernamental	Estudiante universitario	Organización no gubernamental	Población en general		
Género								
Mujeres	Edad	18-25	-	-	56	2	12	70
		26-33	2	4	-	2	8	16
		34-41	2	4	2	-	2	10
		42-49	-	4	-	-	-	4
		Total	4	12	58	4	22	100
Hombres	Edad	18-25	1.96	7.84	29.41	1.96	17.65	58.82
		26-33	1.96	3.92	1.96	1.96	5.88	15.69
		34-41	3.92	3.92	-	-	3.92	11.76
		42-49	3.92	3.92	-	-	-	7.84
		50 o más	1.96	3.92	-	-	-	5.88
	Total	13.73	23.53	31.37	3.92	27.45	100	

Fuente: elaboración propia. Valores en porcentaje (%) con base al número de respuestas.

Los actores definen a Playa del Carmen principalmente como un territorio con belleza paisajística (31%), siendo esta cualidad característica de la ciudad. Dicha cualidad ha permitido el desarrollo turístico (25.8%) de sol y playa, así como la urbanización (12.7%) que ha experimentado en las últimas décadas. Si bien, el desarrollo turístico trae consecuencias como aumento en la delincuencia y el crimen organizado (9.9%), también otorga beneficios económicos (8.5%) para sus habitantes. Dichos beneficios han atraído a familias de migrantes nacionales y extranjeros con miras de mejorar sus oportunidades y su calidad de vida, por lo que, en la actualidad, se ha convertido en un territorio multicultural (8%). Por último, derivado de lo anterior y no menos importante, Playa del Carmen ha venido experimentando problemas de contaminación y degradación ambiental (2.8%) a causa de la falta de servicios básicos de primera necesidad, así como de corrupción (1.4%) por parte de los tomadores de decisiones (Cuadro 22).

Causas impulsoras de la urbanización

Por otro lado, y con base en el número de encuestados, los actores consideran como las principales actividades que contribuyen a la expansión de la mancha urbana de la ciudad a las edificaciones de infraestructura turística con un 56.4%,

habitacional con 51.5%, de comercios y servicios con 46.5%, de equipamiento urbano con 33.7% y vialidades con 27.7% (Cuadro 22).

Cuadro 22. Tabla de cruzada entre Definición de la ciudad y Actividades que contribuyen a su crecimiento.

		Actividades que contribuyen al crecimiento de la ciudad					Total		
		Construcciones urbanas	Construcción turística	Construcciones habitacionales	Construcción vial	Construcción de comercios y servicios	Recuento	% total ¹	% total ²
Definición de la ciudad	Belleza de paisaje	20	38	30	15	27	66	31%	65.3%
	Turismo	18	33	26	14	25	55	25.8%	54.5%
	Economía	1	9	12	1	8	18	8.5%	17.8%
	Urbanización	11	16	19	10	15	27	12.7%	26.7%
	Multicultural	9	10	10	10	10	17	8%	16.8%
	Corrupción	2	0	1	1	1	3	1.4%	3%
	Delincuencia	5	13	7	6	12	21	9.9%	20.8%
	Contaminación	3	1	4	0	1	6	2.8%	5.9%
Recuento		34	57	52	28	47		100%	210.9%
% total ¹		15.6%	26.1%	23.9%	12.8%	21.6%	100%		
Total		33.7%	56.4%	51.5%	27.7%	46.5%	215.8%		100%
% total ²									

Fuente: elaboración propia. (¹ con base en el número de respuestas y ² con base en el número de encuestados).

En el Cuadro anterior se puede apreciar que los 66 actores que definieron a la ciudad con belleza del paisaje, 38 establecieron que la construcción de infraestructura turística contribuye más al crecimiento urbano, 30 con la construcción habitacional, 27 con la construcción de comercios y servicios, 20 con construcciones habitacionales y 15 con las construcciones viales. Por su parte, de los 57 actores que consideraron a la construcción de infraestructura turística como la principal actividad que contribuye al crecimiento urbano, 38 definieron a la ciudad como belleza del paisaje, 33 como turismo, 16 como urbanización, 13 como delincuencia, 10 como multicultural, 9 como economía y 1 como contaminación.

Los actores consideran que, así como el crecimiento de infraestructura turística hotelera es la actividad que contribuye más a la urbanización de la ciudad, también el turismo hotelero es la principal actividad económica con un 84.15% de las respuestas (8.91% para comercios-servicios y 6.93% para extracción de materiales

pétreos), como segundo lugar los comercios y servicios (77.22% de las respuestas para esta opción, 10.89% de turismo-hotelerero y 11.88% de extracción de materiales pétreos) y como tercer lugar la extracción de materiales pétreos con un 81.18% (13.86% para comercio-servicios y 4.95% para turístico-hotelerero).

Teniendo presente que el turismo de sol y playa es la principal actividad económica que contribuye al crecimiento de la ciudad, los actores encuestados mencionaron sus principales beneficios y consecuencias. Entre los beneficios destaca el económico (84 respuestas), puesto que la población se ha favorecido con el incremento del comercio y la oferta de servicios que ha proporcionado el turismo; el empleo (64 respuestas), derivado de la demanda de este que ofrecen los complejos hoteleros y los servicios para el turista; y mejoras en la calidad de vida de los residentes de la ciudad con 41 respuestas, esto como producto de los servicios básicos de primera necesidad que se han ido otorgando a la población como resultado de la expansión de la ciudad, además del flujo económico que la actividad turística que otorgado a este territorio. Por otro lado, entre las consecuencias se encuentran: el deterioro al medio ambiente y contaminación (79 respuestas), esto a causa de la deforestación de selva y zonas de manglar, además de la carencia de servicios básicos en asentamientos establecidos en la periferia de la ciudad y también los establecidos irregularmente; la delincuencia (57 respuestas), la cual se ha detonado por la llegada de grupos criminales atraídos por el flujo económico; y por último el Clasismo con 21 respuestas, el cual lo han provocado los prejuicios y la discriminación hacia los pobladores locales, dando preferencia al turismo (Cuadro 23).

Cuadro 23. Tabla cruzada de los beneficios y las consecuencias del turismo en la ciudad de Playa del Carmen.

		Consecuencias								Total
		Sobrepoblación	Crecimiento urbano desordenado	Deterioro medio ambiental	Delincuencia	Dependencia al turismo	Clasismo	Privatización de playas	Enfermedades	
Beneficios	Económico	17	15	70	46	15	15	7	7	84
	Comercial	4	2	8	9	6	1	2	4	14
	Empleo	10	14	50	42	14	12	4	4	64

Belleza de paisaje	73	21.5%	72.3%
Playas	93	27.4%	92.1%
Selva	28	8.3%	27.7%
Cenotes	70	20.6%	69.3%
Total	339	100.0%	335.6%

Fuente: elaboración propia con base a encuestas.

Factores económicos impulsores de la urbanización

Entre los principales factores económicos de Playa del Carmen, según los actores encuestados, están las inversiones hacia el turismo hotelero con 95 respuestas (con base al número de respuestas), las actividades comerciales y de servicios con 71, la construcción de viviendas con 36 y la extracción de materiales pétreos con 9. Por otro lado, se identificaron las actividades turísticas más importantes de la ciudad, de entre las cuales se encuentran los servicios hoteleros con 86 respuestas, el turismo de aventura con 68 y el ecoturismo con 44 (con base al número de respuestas). Estas actividades proporcionan empleo y son el motor de la economía de la ciudad (Cuadro 25).

Cuadro 25. Tabla cruzada entre las principales actividades turísticas y los factores económicos del proceso de urbanización.

		Actividades turísticas más importantes					Total
		Deportes acuáticos	Servicios hoteleros	Actividades comerciales	Ecoturismo	Turismo de aventura	
Factores económicos	Inversión al turismo hotelero	34	82	37	42	65	95
	Extracción de materiales pétreos	1	9	6	1	8	9
	Comercios y servicios	29	62	33	29	50	71
	Construcción de viviendas	14	33	17	17	28	36
Total		36	86	39	44	68	

Fuente: elaboración propia. Datos con base en el número de respuestas.

De acuerdo al Cuadro anterior, el sector económico más importante de la ciudad es el turístico, el cual ha sido el principal factor impulsor de la urbanización de la ciudad. Es por ello que las actividades económicas giran en torno a este factor, misma que están enfocadas al turismo de naturaleza como los servicios hoteleros, turismo de aventura, ecoturismo, actividades comerciales y deportes acuáticos.

Factores político institucionales del proceso de urbanización

El Cuadro 26 muestra que los factores político institucionales han influido en el crecimiento urbano de la ciudad, los cuales han sido identificados por los actores encuestados. En primer lugar, se tiene a la presión de inversionistas por construir con 54 respuestas que representan al 53.5% de las respuestas contestadas, y en segundo a una estrategia de desarrollo económico nacional con 48 (equivalente al 28.4% de los encuestados y 47.5% de las respuestas contestadas).

Cuadro 26. Tabla de frecuencias de los factores político institucionales del proceso de urbanización.

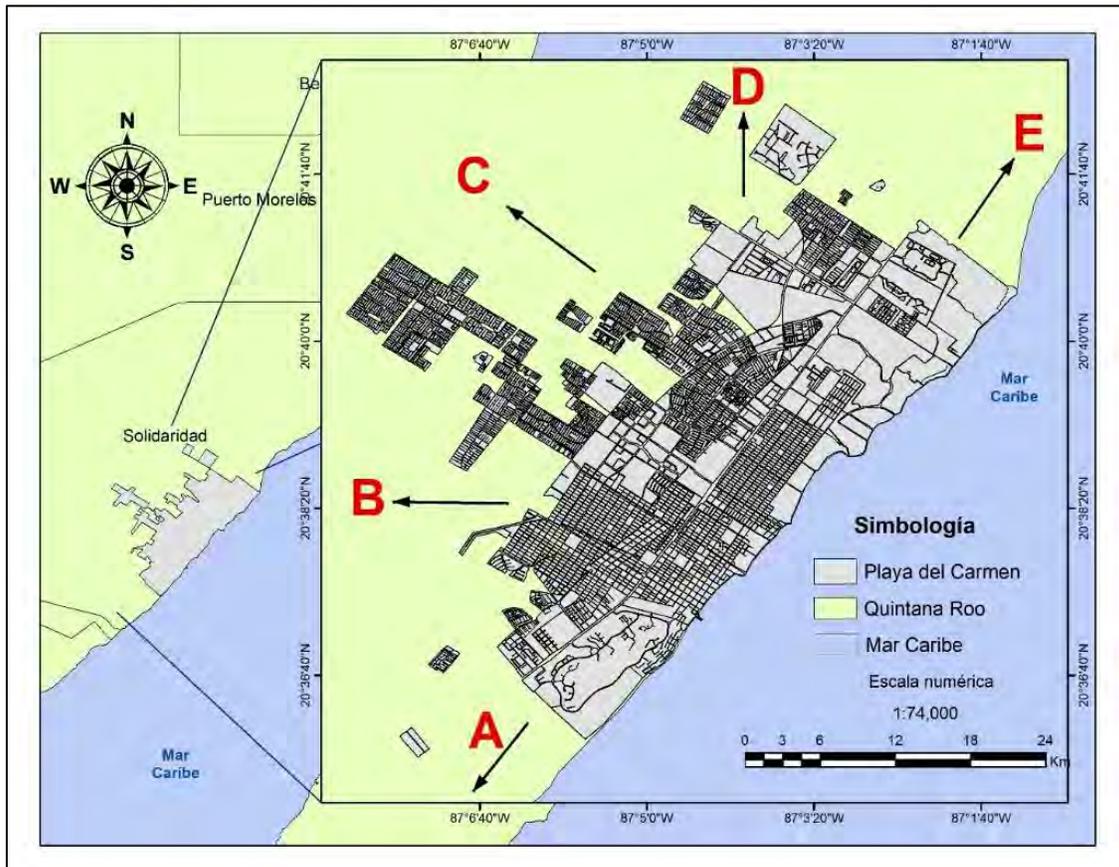
		Respuestas		
		N	Porcentaje en base a encuestado	Porcentaje en base a respuestas
Factores político institucionales	Objetivo del Plan de Desarrollo Urbano	45	26.6%	44.6%
	Presión de inversionistas por construir	54	32.0%	53.5%
	Estrategia de desarrollo económico nacional	48	28.4%	47.5%
	Ordenamiento territorial	22	13.0%	21.8%
Total		169	100.0%	167.3%

Fuente: elaboración propia con base a encuestas.

Crecimiento urbano y estrategias para su adecuado desarrollo

Con base en la Figura 17, los actores establecieron la dirección de crecimiento de la ciudad, a lo cual el 79.2% de los encuestados mencionaron que la ciudad se dirige hacia la opción C (Noroeste), rumbo hacia donde se están construyendo conjuntos habitacionales en la actualidad. Por otro lado, los encuestados indicaron que la dirección de crecimiento óptimo para la ciudad es la C (Noroeste) con 31.7%, también el 25.7% mencionó que el crecimiento óptimo debe ser hacia el Norte (opción D) y un 16.8% indica hacia la B correspondiente al Oeste (Figura 17).

Figura 17. Mapa de la mancha urbana de Playa del Carmen con sus posibles direcciones de crecimiento.



Fuente: elaboración propia con base en INEGI.

Los actores del sector docentes e investigadores establecieron que el crecimiento de la ciudad es con dirección Noroeste con 8 respuestas y consideraron que esa es la dirección óptima de crecimiento al igual que hacia el Norte con 3 respuestas cada una. Los actores pertenecientes a dependencias gubernamentales mencionan que el crecimiento va dirigido hacia el Noroeste con 14 y el crecimiento óptimo debe ser hacia el Norte y Noreste (ambos con 5 respuestas). Los estudiantes universitarios consideran el crecimiento de la ciudad y el crecimiento óptimo hacia el Noroeste con 36 y 17 respuestas respectivamente. Los miembros de organizaciones no gubernamentales mencionaron que el crecimiento de la ciudad va hacia el Noroeste y también establecen esa dirección de crecimiento como óptima con 3 y 2 respuestas respectivamente. Por último, la población en general también consideró el crecimiento hacia el Noroeste y el crecimiento óptimo hacia el Norte (19 y 10 respuestas respectivamente) (Cuadro 27).

Cuadro 27. Tabla cruzada entre la dirección de la ciudad y la dirección óptima de crecimiento de la ciudad.

			Dirección óptima de crecimiento					Total
			A Suroeste	B Oeste	C Noroeste	D Norte	E Noreste	
Sector del encuestado								
Docente investigador	Dirección de crecimiento	C Noroeste	1	-	2	3	2	8
		D Norte	-	-	1	-	-	1
		Total	1	-	3	3	2	9
Dependencia gubernamental	Dirección de crecimiento	A Suroeste	-	-	-	1	1	2
		B Oeste	-	-	-	1	-	1
		C Noroeste	2	1	4	3	4	14
		E Noreste	1	-	-	-	-	1
Total			3	1	4	5	5	18
Estudiante universitario	Dirección de crecimiento	A Suroeste	-	1	1	1	-	3
		B Oeste	1	1	1	-	-	3
		C Noroeste	4	11	14	6	1	36
		D Norte	-	-	-	-	1	1
		E Noreste	-	-	1	-	1	2
Total			5	13	17	7	3	45
Organización no gubernamental	Dirección de crecimiento	C Noroeste	-	-	1	1	1	3
		D Norte	-	-	1	-	-	1
		Total	-	-	2	1	1	4
Población en general	Dirección de crecimiento	B Oeste	-	1	-	-	-	1
		C Noroeste	1	2	6	8	2	19
		D Norte	-	-	-	-	1	1
		E Noreste	2	-	-	2	-	4
Total			3	3	6	10	3	25

Fuente: elaboración propia con base en encuestas.

Los actores encuestados en general, consideran que la dirección óptima de crecimiento de la ciudad es hacia el Noroeste (opción C), es decir, hacia el rumbo actual de la ciudad (31.68% de los encuestados). Un 25.74% considera que el óptimo crecimiento debe ser hacia el Norte, mientras que un 16.83% hacia el Oeste. También establecen las principales razones por las cuales consideraron esa dirección de crecimiento como óptima, entre las principales destaca la disminución de impacto ambiental (36.63%), el crecimiento unidireccional (25.74%) y más oportunidades para el turismo (24.75%). A partir de los 32 actores que consideraron el crecimiento óptimo de la ciudad en dirección Noroeste, 11 mencionan que hacia ese rumbo habrá disminución de impacto ambiental, es decir, es una trayectoria que

tiene superficies que han sido impactadas antropogénicamente, 10 que proporcionaría un crecimiento unidireccional y 7 que brindaría más oportunidades para el turismo (Cuadro 28).

Cuadro 28. Tabla cruzada entre la dirección óptima de crecimiento de la ciudad y las principales razones por la cual los actores consideran como óptima esa dirección.

		Dirección óptima de crecimiento					Total
		A Suroeste	B Oeste	C Noroeste	D Norte	E Noreste	
Razones del crecimiento óptimo de la ciudad	Crecimiento unidireccional	2	3	10	7	4	26
	Disminuir impacto ambiental	3	8	11	11	4	37
	Más oportunidades para el turismo	4	4	7	5	5	25
	Cercanía al centro de la ciudad	2	2	4	2	1	11
	Dirección de crecimiento del PDU	1	0	0	1	0	2
Total		12	17	32	26	14	101

Fuente: elaboración propia con base a encuestas.

Por último y considerando las opiniones de los actores clave acerca de las estrategias que pueden proporcionar el mejor crecimiento urbano de Playa del Carmen, se tiene que el 30% del total de respuestas (61 respuestas) mencionaron como estrategia principal la planificación y ordenamiento territorial, el 21.2% la mejora de servicios y equipamiento urbano, el 16.7% la diversificación de actividades económicas, el 15.3% la aplicación de la legislación ambiental, el 9.4% el mejorar la administración y organización gubernamental, el 3.9% propone el crecimiento vertical, el 3% la educación ambiental y el 0.5% el uso de energías limpias (Cuadro 29).

Los actores de las dependencias gubernamentales consideran como estrategia principal, entre los más altos, la planificación y el ordenamiento del territorio de la ciudad con un 29.3% de las respuestas y la aplicación de la legislación ambiental con un 24.4%. Por otro lado, la población en general también establece la planificación y ordenamiento territorial como estrategia principal (36.7%) y el mejoramiento de los servicios y equipamientos urbanos con un 20.4% del total de respuestas (Cuadro 29).

Cuadro 29. Tabla de frecuencias segmentado por los diferentes sectores de los encuestados.

			Respuestas		Porcentaje en base a respuestas
			N	Porcentaje en base a encuestados	
Sector del encuestado					
Docente investigador	Estrategias que pueden proporcionar un mejor crecimiento urbano de la ciudad	Planificación y ordenamiento territorial	7	43.8%	87.5%
		Diversificar actividades económicas	3	18.8%	37.5%
		Crecimiento vertical	2	12.5%	25.0%
		Mejorar servicios y equipamiento urbano	3	18.8%	37.5%
		Uso de energías limpias	1	6.3%	12.5%
		Total	16	100.0%	200.0%
Dependencia gubernamental		Planificación y ordenamiento territorial	12	29.3%	66.7%
		Diversificar actividades económicas	4	9.8%	22.2%
		Crecimiento vertical	5	12.2%	27.8%
		Aplicación de legislación ambiental	10	24.4%	55.6%
		Mejorar servicios y equipamiento urbano	5	12.2%	27.8%
		Mejorar administración y organización gubernamental	5	12.2%	27.8%
	Total	41	100.0%	227.8%	
Estudiante universitario		Planificación y ordenamiento territorial	20	22.7%	47.6%
		Diversificar actividades económicas	19	21.6%	45.2%
		Crecimiento vertical	1	1.1%	2.4%
		Aplicación de legislación ambiental	14	15.9%	33.3%
		Educación ambiental	6	6.8%	14.3%
		Mejorar servicios y equipamiento urbano	23	26.1%	54.8%
	Mejorar administración y organización gubernamental	5	5.7%	11.9%	
	Total	88	100.0%	209.5%	
Organización no gubernamental		Planificación y ordenamiento territorial	4	44.4%	100.0%
		Diversificar actividades económicas	1	11.1%	25.0%
		Aplicación de legislación ambiental	1	11.1%	25.0%
		Mejorar servicios y equipamiento urbano	2	22.2%	50.0%
		Mejorar administración y organización gubernamental	1	11.1%	25.0%
	Total	9	100.0%	225.0%	
Población en general		Planificación y ordenamiento territorial	18	36.7%	72.0%

Diversificar actividades económicas	7	14.3%	28.0%
Aplicación de legislación ambiental	6	12.2%	24.0%
Mejorar servicios y equipamiento urbano	10	20.4%	40.0%
Mejorar administración y organización gubernamental	8	16.3%	32.0%
Total	49	100.0%	196.0%

Fuente: elaboración propia con base en encuestas.

APARTADO. DISCUSIÓN

El presente trabajo percibió la necesidad de realizar una investigación en la que utilizara los enfoques de la investigación cuantitativa y cualitativa en el estudio de la urbanización y los CCUS de Playa del Carmen, esto derivado de los escasos trabajos con estas características, puesto que a nivel internacional se encontraron 12 investigaciones con esta temática bajo ambos enfoques de la investigación (Hernández-Gómez *et al.*, 2013; Silva y Rubio, 2014; Fan *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Buzai, 2018; Sedevich *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2019; Cai y Fangyuan, 2020; Shi *et al.*, 2020; Jiao *et al.*, 2021), mientras que cuatro a nivel local (García *et al.*, 2005; Roy, 2006; Dupuy *et al.*, 2007; Busch y Vance, 2011), aunque de estos últimos ninguno bajo el análisis de la urbanización y los CCUS dentro del estado de Quintana Roo.

Por otro lado, solo 11 investigaciones presentaron análisis de las fuerzas impulsoras de la urbanización en diferentes áreas geográficas (Fan *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Buzai, 2018; Sedevich *et al.*, 2019; Shi *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019; Cai y Fangyuan, 2020; Shi *et al.*, 2020; Jiao *et al.*, 2021), por lo que se percibió la necesidad de abordar este tipo de investigaciones en Playa del Carmen a fin de obtener una visión amplia de este proceso territorial.

Lo anterior coadyuvó a analizar el espacio urbano de Playa del Carmen con base en la teoría de los sistemas complejos mediante el análisis de los patrones espaciotemporales y los cambios multidimensionales asociados a las fuerzas impulsoras de la urbanización bajo ambos enfoques de la investigación. Por lo que la presente involucra trabajos de Weaver (1948), Santos (1992), Morin (2002), Buzai (2014), Edin (2014), López (2014), Buzai (2015) y, Félix y Castañón-Puga (2019) en lo relacionado a la forma de abordar los espacios urbanos desde el enfoque de dicha teoría. Esto ha permitido que, por medio de la geografía cuantitativa y urbana, se logre analizar parte de la complejidad del sistema urbano de estudio.

Lo descrito con anterioridad permitió percibir la ciudad de Playa del Carmen como un sistema complejo, a lo que García (2006) define como un recorte de la realidad considerada como una totalidad organizada en la que se involucran ciertas fuerzas

relacionadas e interrelacionadas entre sí dentro del sistema e incluso entre dos o más sistemas (Geist y Lambin, 2001). Lo cual permitió analizar la urbanización y los CCUS que han incentivado este proceso territorial desde una perspectiva integral y amplia, proporcionando así innovadoras herramientas metodológicas que pueden complementarse y/o combinarse para comprender el proceso territorial, los cuales se están utilizando recientemente en uno de los países más urbanizados como es China.

Por último, aunque los métodos, técnicas y herramientas utilizadas en la presente investigación proporcionaron los resultados deseados, es necesario realizar escenarios prospectivos de la urbanización de tipo tendencial y estratégico de Playa del Carmen que permitan obtener resultados e información de referencia con relación a simulaciones espaciales del crecimiento urbano de la ciudad, con la finalidad de que, los tomadores de decisiones y las dependencias gubernamentales, tengan más herramientas para mejorar los instrumentos de ordenamiento y planeación o bien, para la elaboración o fortalecimiento de políticas públicas orientadas al desarrollo ordenado de la ciudad.

En relación a los resultados, esta investigación tiene el propósito de proporcionar información sustentada de referencia por medio del análisis cartográfico, análisis de contenido y análisis cualitativo a partir de encuestas dirigidas a actores clave, para el diseño e implementación de estrategias y políticas públicas orientadas a la adecuada planificación urbana de la ciudad. De esa manera se proporcionará, mediante una adecuada dirección urbana por parte de los tomadores de decisiones, servicios básicos de primera necesidad que les provea a sus habitantes mejorar su calidad de vida, además otorgará herramientas e información de referencia que contribuirá al manejo sustentable de la ciudad y sus elementos naturales, con la finalidad de coadyuvar en una urbanización ordenada y ambientalmente favorable.

La complejidad de las áreas urbanas se denota por las múltiples causas, factores y actores impulsores de la urbanización, las cuales se relacionan e interrelacionan entre sí, tanto dentro de la ciudad como fuera de ella. Por lo anterior, la presente investigación permite conocer parte de la complejidad que promueve la

transformación territorial de Playa del Carmen. Entre los hallazgos más importantes destacan los patrones espaciotemporales del proceso de transformación de la ciudad, los cuales registraron una tasa de crecimiento anual de 11.6% durante el periodo de 1985 a 2015, situación asociada al crecimiento demográfico que fue ocasionada por la llegada masiva de migrantes a causa de la demanda de empleo, lo cual provocó la edificación de casas habitación e infraestructura urbana, aumentando así las superficies de los usos de suelo habitacional y equipamiento urbano sobre la vegetación natural. Este último uso del suelo presentó una tasa anual de cambio de -2.2% lo cual alude a la pérdida de 2,514.6 ha a causa del proceso de urbanización durante mencionado periodo.

Ahora bien, a nivel nacional, investigadores como López y Plata (2009), Erives *et al.*, (2012), Uc *et al.*, (2012), Dávila-Hernández *et al.*, (2014), Larrazábal *et al.*, (2014), Silva *et al.*, (2015), Tochiuitl *et al.*, (2016), Dávila-Rodríguez *et al.*, (2017), Escandón *et al.*, (2018), Galván y Guadarrama (2018) y Lasso *et al.*, (2019) han realizado trabajos sobre el análisis de CCUS derivados de la urbanización en diferentes ciudades mediante la utilización de insumos cartográficos, siendo en su mayoría LANDSAT, así como fotografías aéreas, ortofotos e imágenes IKONOS y SPOT, cabe mencionar que la calidad de los insumos cartográficos y la escala de análisis determinará la clasificación espacial que se le otorgará a dichos insumos, por lo que, entre más representativa sea la clasificación a la realidad del sistema urbano, se podrá puntualizar aún más los CCUS y las causas de la urbanización del sistema de análisis.

Para analizar el proceso de transformación territorial, los autores mencionados en el párrafo anterior crearon mapas de cambios y, dependiendo de los objetivos de la investigación, determinaron un análisis con las superficies de las CUS (Uc *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2015; Galván y Guadarrama, 2018; Lasso *et al.*, 2019), matriz de cambios (Erives *et al.*, 2012), una combinación de matriz de cambios e indicadores de cambios (López y Plata, 2009; Tochiuitl *et al.*, 2016), tasas de cambio (Dávila-Rodríguez *et al.*, 2017; Escandón *et al.*, 2018), métricas del paisaje con índices de fragmentación (Larrazábal *et al.*, 2014) y análisis de detección de cambios mediante

el módulo Feature Extraction del software Envi (Dávila-Hernández *et al.*, 2014). Con lo anterior y con la finalidad de obtener un análisis más completo conforme a los objetivos de investigación, se consideró la elaboración de matriz de cambios, indicadores de cambios y tasas de cambio mediante insumos cartográficos disponibles como lo fueron imágenes satelitales QuickBird y WorldView-3, así como una ortofoto digital.

También se identificaron las fuerzas impulsoras que han propiciado el crecimiento de la ciudad, por lo que las causas directas impulsoras de la urbanización fueron la construcción de infraestructura habitacional y vial, los cuales derivaron de los factores ambientales de belleza de paisaje que atrajo los factores económicos con fuertes inversiones al turismo hotelero de sol y playa, así como grandes proyectos turísticos de desarrollo, tales como Playacar, Mayakoba y Grand Coral. A su vez esto produjo que la población migrante (factores demográficos) fuera atraída por la alta demanda de empleo para la construcción y operación del turismo hotelero, esto dio paso a la alta demanda de viviendas e incentivó a la construcción de infraestructura habitacional y vial por medio de la venta de terrenos y el surgimiento de asentamientos en zonas urbanizables y no urbanizables en áreas adyacentes a la ciudad. Lo anterior se tradujo en las dos principales causas impulsoras de la urbanización, las construcciones de infraestructura habitacional y vial.

Es de importancia mencionar que, aunque se reconoció al factor demográfico como el principal factor impulsor de la urbanización, el factor ambiental ha sido el detonante más importante que, incluso, ha tenido el mayor impacto como factor impulsor de la urbanización en este territorio, puesto que características como la superficie plana, la belleza paisajística y playas con agua azul turquesa, entre otras, han permitido y proporcionado las bases para el desarrollo económico y urbano actual de esta ciudad.

Con base en lo anterior, los factores impulsores de tipo ambientales pueden ser un referente para el crecimiento de las ciudades, sin embargo, también puede ser una limitante, tal como lo establece Wu *et al.*, (2019) quien menciona que características

como la elevación o la pendiente del terreno puede limitar la expansión urbana y favorecer los ecosistemas naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales.

Por otro lado, el proceso de mercado de la ciudad basado en fuertes inversiones en infraestructura turística de sol y playa que ofrece comercios y servicios turísticos, colonias y calles populares, así como espacios exclusivos para turistas, ha propiciado la segregación socioespacial de la ciudad. Lo anterior ha provocado el encarecimiento del suelo y aumentos en los precios de artículos y productos de primera necesidad, lo cual ocasionó que la población local maya vendiera sus terrenos a causa de la presión ejercida por los agentes inmobiliarios o derivado del elevado precio de la vida, por lo que terminaron desplazándose y asentándose irregularmente en zonas no urbanizables ubicadas a la periferia de la ciudad hacia el noroeste de la carretera federal (Camacho, 2015; Castillo-Pavón y Méndez-Rodríguez, 2017).

Esta problemática socioespacial ha ocasionado la apropiación de playas, cambios de cobertura y uso de suelo de vegetación natural a urbana, contaminación del suelo, agua y aire por falta de servicios básicos de primera necesidad, así como aumento en la delincuencia (Castillo-Pavón y Méndez-Rodríguez, 2017; Sollerio y García, 2020), todo esto aunado a la escasa, discontinua y poco fundamentados instrumentos de planeación urbana de Playa del Carmen (HAS, 2018, 33). Por lo anterior, el Plan Municipal de Desarrollo de Solidaridad menciona que dicha insuficiencia en la planeación urbana puede provocar *“desigual provisión de servicios, arterias desbordadas por el tráfico vehicular, tensión e inconformidad en el trabajo público, gentrificación de zonas céntricas, colonias y fraccionamientos autocontenidos en calles cerradas y altos muros que generan rompimiento del tejido social, inseguridad, discriminación, insalubridad y afectaciones físicas y mentales, entre los más graves resultados de no planear adecuada y consistentemente el crecimiento urbano a través del tiempo”* (HAS, 2018, 102).

En lo que respecta al método para identificar las fuerzas impulsoras de la urbanización, este trabajo utilizó dos fases de investigación donde se empleó la Teledetección y la Cartografía Automatizada, y el análisis de contenido

bibliográfico, por un lado, y encuestas dirigidas a actores clave, en un segundo momento. Esta metodología solo la ha utilizado Jiao *et al.*, (2021) en la ciudad de Hefei, China. Otros emplearon solamente datos estadísticos a nivel local o nacional (Cai y Fangyuan, 2019; Shi *et al.*, 2020), Li *et al.* (2016), Buzai (2018) y Wu *et al.* (2019), únicamente datos de teledetección. Por su parte, Fan *et al.* (2016) y Liu *et al.* (2017) emplearon datos estadísticos y entrevistas a profundidad con campesinos, expertos y funcionarios locales de diferentes departamentos gubernamentales; mientras que Fang *et al.*, (2016) y Shi *et al.*, (2019) utilizaron datos estadísticos y de teledetección; mientras que Sedevich *et al.* (2019) usaron teledetección y análisis de contenido.

Por último, se analizaron las perspectivas de los actores clave sobre las fuerzas impulsoras de la urbanización de la ciudad, en la cual, por medio de sus opiniones, se identificaron las causas y los factores impulsores de este proceso de cambio, y establecieron la dirección óptima hacia donde debe dirigirse su desarrollo futuro, en el que la mayoría considera que la trayectoria a la que se dirige actualmente es la adecuada, es decir, hacia el noroeste. Al respecto Ochoa *et al.*, (2020) menciona, mediante parte de la mancha urbana de la ciudad, que la dirección de crecimiento de esta es hacia el norte y noreste, sin embargo, al observar completamente la mancha urbana, se percibe una trayectoria hacia el noroeste.

Ahora bien, considerando que la orientación de desarrollo de la ciudad es hacia el norte (noroeste, norte y noreste) y que esta se encuentra dentro del polígono del PDU, es importante mencionar que la mancha urbana actual se encuentra colindantemente con el área de reserva urbana de dicho instrumento de planeación hacia el norte, misma que tiene una política de aprovechamiento sustentable y es el polígono limítrofe de dicho instrumento. Considerando lo anterior, el instrumento contiguo que continua con la regulación territorial es el POEL del municipio de Solidaridad, el cual contiene, adyacentemente al polígono reserva urbana antes mencionado, las unidades de gestión ambiental “corredor carstico” con política de conservación, “camino a pozos” con política de protección y “reserva geohidrológica” con política de preservación, todos bajo la vocación de área natural (HAS, 2009; 2010).

Con lo anterior, es importante que las autoridades en materia de planeación dirijan el desarrollo de la ciudad hacia las áreas laterales de la mancha urbana, es decir, hacia las unidades de gestión ambiental llamada “reserva urbana norte-sur de Playa del Carmen”, las cuales cuentan con una política de aprovechamiento sustentable con vocación urbana ubicadas al suroeste y noreste de la ciudad (HAS, 2010). Lo anterior con la finalidad de mantener la vocación de área natural en dichas zonas vulnerables y evitar asentamientos humanos en terrenos no urbanizables como ha sido el caso de la colonia irregular Nuevo Noh-Bec ubicado en la periferia de la ciudad, la cual carece de servicios básicos de primera necesidad.

Los actores clave también expusieron su opinión sobre las principales razones por las cuales la dirección norte es adecuada para la expansión urbana, así como las principales estrategias convenientes que pueden ser utilizadas para lograr un adecuado crecimiento de la ciudad, en ambas la mayoría respondió “disminución de impacto ambiental” y “planificación y ordenamiento territorial” respectivamente. Al respecto, es importante mencionar que adyacentemente a la ciudad se encuentran cenotes y vegetación de selva mediana subperennifolia, por lo tanto, las afectaciones o el impacto ambiental que provocaría el crecimiento urbano sería inminente, sin embargo, en cierta parte dependerá de las dependencias gubernamentales en lo relacionado con la evaluación, autorización y seguimiento de manifestaciones de impacto ambiental de las edificaciones o proyectos para estas zonas, las cuales deben destinar superficies para áreas verdes considerando los coeficientes de ocupación del suelo establecidos en el PDU vigente, a su vez, deben continuar con la estrategia “*corredor verde urbano*” establecido en el instrumento antes mencionado como “*red de parques lineales Playa del Carmen*”, el cual funge como una estrategia como respuesta a la escasez de áreas verdes de la ciudad (HAS, 2010;4).

Por último, este tipo de estudios proporcionan una visión amplia, tanto espacial, cuantificable y documental de la urbanización, por lo que es un referente para las autoridades de planeación urbana y áreas involucradas para dirigir el desarrollo de las ciudades. Es por ello que se recomienda considerar y tomar en consideración

la opinión y participación de cada una de las autoridades competentes (ambientales, turísticas, económicas, sociales, políticas) relacionadas con este proceso territorial a fin de garantizar un desarrollo ordenado y adecuado a las características ambientales, demográficas, económicas, sociales y político institucionales actuales del territorio de interés, logrando dejar atrás las políticas tradicionales de planeación y dando lugar al desarrollo ordenado y debidamente planeado para las generaciones actuales y futuras (Fan *et al.*, 2016; Fang *et al.*, 2016; Sedevich *et al.*, 2019).

Para terminar, entre las limitaciones que se presentaron en la investigación está la dificultad para adquirir insumos cartográficos de alta resolución espacial para su análisis e interpretación, y otro aspecto importante fue contactar y aplicar las encuestas a los actores clave, esto derivado de las circunstancias de la pandemia y por el desinterés de los actores en participar en la investigación científica relacionada a la urbanización de la ciudad.

APARTADO. CONCLUSIONES

A manera de conclusión, la presente investigación ha podido constatar, bajo los enfoques de investigación cuantitativa y cualitativa, que Playa del Carmen es una ciudad que ha venido experimentando un acelerado crecimiento urbano sin adecuados instrumentos de planeación, lo cual se ha traducido en un crecimiento descontrolado y desordenado. Por otro lado, evaluar el proceso de transformación territorial, identificar las diferentes fuerzas impulsoras (causas y factores impulsores) que han inducido la expansión urbana, además de analizar la percepción de los actores clave sobre la urbanización, permitieron percibir mediante una visión compleja este proceso de transformación territorial.

Los mapas de cambio permitieron observar la evolución de la urbanización de Playa del Carmen durante el periodo de estudio, la matriz de cambios permitió cuantificar las transiciones que tuvieron las diversas categorías de usos de suelo, donde se pudo percibir el decrecimiento de la cobertura vegetación natural y el incremento de los usos de suelo habitacional y vial. Por su parte, los indicadores de cambio también establecieron a la vegetación natural como la categoría con mayores pérdidas con -1,217.2 ha durante el periodo de análisis, mientras que las mayores ganancias estuvo en las categorías habitacional con 460.9 ha y vial con 340.5 ha. Por último, el crecimiento urbano registró una tasa de cambio anual de 11.6%, mientras que la vegetación natural de -2.2% durante el periodo y dentro del polígono de estudio.

Es importante mencionar que la trayectoria de expansión de la ciudad puede llegar a ocasionar una conurbación urbana a mediano o largo plazo con la ciudad de Cancún, lo cual provocaría la fragmentación del paisaje entre los componentes naturales (selva, dunas costeras y manglares) y urbanos (áreas habitacionales, infraestructuras y equipamiento urbano). Lo anterior puede llegar a provocar problemas de diversas índoles ocasionadas por el desarrollo urbano escasamente planificado. Por lo anterior, es necesario fortalecer el PDU vigente y aplicar estrategias que permitan lograr su propósito mediante un trabajo conjunto con los diferentes actores involucrados, esperando con ello dirigir adecuadamente el

desarrollo urbano de Playa del Carmen y proporcionar un manejo de sus recursos naturales adyacentes.

Por otro lado, se detectaron las principales causas de la urbanización, las cuales están relacionadas con la edificación de infraestructura habitacional y vial, además las fuerzas impulsoras que han incentivado este proceso territorial ha sido, como principal detonante en la expansión urbana, el factor demográfico, derivado de la construcción de viviendas y caminos en la periferia de la ciudad a causa de la llegada masiva de migrantes. Ahora bien, aunque el factor detonante ha sido el demográfico, el factor ambiental ha promovido de gran manera el desarrollo económico y urbano actual de la ciudad debido a su belleza de paisaje.

Por su parte, la participación de los actores clave en la identificación de las causas y factores impulsores de la urbanización realizada mediante encuestas dirigidas, proporcionó información de referencia que permitió conocer la percepción de la población en general, docentes investigadores, estudiantes universitarios, organizaciones no gubernamentales y dependencias gubernamentales, acerca de la ciudad y su proceso de expansión urbana, dicha información pueden ser consideradas por las autoridades competentes en materia de planeación urbana para fortalecer los instrumentos y la legislación relacionada con la planeación y ordenamiento de Playa del Carmen.

La presente investigación proporciona bases y herramientas metodológicas a la comunidad científica para replicar este tipo de estudios en zonas urbanas con la finalidad de analizar, explicar e identificar las causas, factores y actores que contribuyen al proceso de transformación territorial de las ciudades desde un enfoque de complejidad utilizando los enfoques de la investigación cuantitativa y cualitativa, para, de esta manera, proporcionar a los tomadores de decisiones herramientas e información de referencia en materia de planeación que contribuyan en el fortalecimiento de los instrumento de planeación de sus ciudades.

Por último, es importante continuar investigando el territorio de Playa del Carmen mediante la línea de investigación prospectiva, es decir, por medio del análisis prospectivo de la urbanización de la ciudad a través de escenarios, tanto

tendenciales, que proporcionan una simulación urbana futura con base en la evolución de la ciudad sin aplicar acciones de manejo, así como estratégicas, que pretende aplicar acciones de manejo para dirigir adecuadamente la expansión urbana y sus recursos naturales. Lo anterior con la finalidad de proporcionar a los tomadores de decisiones herramientas y un panorama amplio de las posibles direcciones de crecimiento futuro para fortalecer el PDU vigente. Por otro lado, es recomendable continuar con el análisis de los sistemas urbanos complejos desde los enfoques de la investigación cuantitativa y cualitativa, a fin de obtener resultados más detallados que proporcionen una visión completa del proceso de transformación territorial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afify, H. (2011). Evaluation of change detection techniques for monitoring land-cover changes: A case study in new Burg El-Arab area. *Alexandria Engineering Journal*, 50, pp. 187-195.
- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82, pp. 361-374.
- Allen, J., y Barnes, D. (1985). The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the association of American Geographers*. 75(2), pp. 163-184.
- Alonzo, L., y González M. (2010). Pérdida de cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, 12(2), pp. 1-19.
- Alva, B., y Martínez, Y. (2018). Crecimiento urbano y su impacto en el paisaje natural. El caso del área metropolitana de San Luis Potosí, México. *Realidad, datos y espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 9(2), pp. 66-77.
- Alvarado-Quiroa, H., y Araya-Rodríguez, F. (2014). Cambios de uso del suelo y crecimiento urbano. Estudio de caso en los municipios conurbados de la Mancomunidad Metrópoli de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala. *Tecnología en Marcha*, 27(1), pp. 104-113.
- Álvarez-Cruz, P. (2012). Enfoques de la ciencia geográfica y su proyección en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *VARONA*, 54, pp. 58-64.
- Angiano, A. (2016). Políticas urbanas y sustentabilidad en China. *Barataria. Revista castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, 21, pp. 111-130.
- Bagnera, P., y Pennisi, B. (2015). La vivienda y la sustentabilidad en la Riviera Maya: los desbordes del turismo. *Habitat y Sociedad*. 8, pp. 97-112.

- Bai, X., Sharma, R., Tateishi, R., Kondoh, A., Wuliangha, B., y Tana, G. (2017). A detailed and high-resolution land use and land cover change analysis over the past 16 years in the Horqin Sandy Land, Inner Mongolia. *Mathematical Problems in Engineering*, pp. 1-13.
- Batún, A. (2018). Cambios de cobertura y uso de suelo en Quintana Roo, México: acciones estratégicas para la conservación forestal (tesis de maestría). Universidad de Quintana Roo, México.
- Bautista-Zúñiga, F., García, J., y Mizrahi, A. (2005). Diagnostico campesino de la situación agrícola en Hocabá, Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 23(4), pp. 571-580.
- Baxendale, C. (2015). Ordenar el territorio con base en la geografía cuantitativa. En: Buzai, Gustavo; Cacace, Graciela; Humacata, Luis; Lanzelotti, Sonia (comps.). *Teoría y métodos de la geografía cuantitativa 1era ed* (pp. 39-51). Argentina: MCA Libros.
- Berdoulay, V., y Soubeyran, O. (2010). La irrupción de la geografía urbana en la génesis del urbanismo. *Ería*, 81, pp. 39-57.
- Bocco, G., Mendoza, M., y Maserá, O. (2001). La dinámica del cambio del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. (44), pp. 18-38.
- Bray, D., Ellis, E., Armijo-Canto, N., y Beck, C. (2004). The institutional drivers of sustainable landscapes: a casu study of the Mayan Zone in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy*, 21, pp. 333-346.
- Busch C., y Vance, C. (2011). The diffusion of cattle ranching and deforestation. Prospects for a hollow frontier in Mexico's Yucatán. *Land Economics*, 87(4), pp. 682-698.
- Butt, A., Shabbir, R., Saeed, S., y Aziz, N. (2015). Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed,

Islamabad, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18, pp. 251-259.

Buzai, G. (2004). Geografía y tecnologías digitales del siglo XX: Una aproximación a las nuevas visiones del mundo y sus impactos científicos-tecnológicos. *Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 8(170-58).

Buzai, G. (2005). Geografía automatizada, ciencias de la información geográfica y ciencias sociales integradas espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI. *Fronteras*, 4(4), pp. 31-36.

Buzai, G. (2014). Geografía, complejidad e investigación aplicada. *Boletín de estudios geográficos*, 102, pp- 46-66.

Buzai, G. (2015). Evolución del pensamiento geográfico hacia la geografía global y la neogeografía. En: Fuenzalida, M; Buzai, G; Moreno Jiménez, A; García de León, A. *Geotecnología y análisis espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones, 1ra ed* (pp. 4-16). Santiago de Chile: Editorial Triángulo.

Buzai, G. (2017). La geografía como ciencia aplicada. Articulación de enfoques en perspectiva sistémica. *Revista Vientos del Norte*, 5(1), pp. 1-11.

Buzai, G. (2018). Crecimiento urbano y potenciales conflictos entre usos del suelo en el municipio de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Modelado espacial 2016-2030. *Cuadernos Geográficos*, 57(1), pp. 155-176.

Buzai, G., y Baxendale, C. (2015). Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la geografía. *Revista Ciencias Espaciales*, 8(2), pp. 391-408.

Buzai, G., y García, A. (2015). Balance y actualidad de la geografía cuantitativa. En: Fuenzalida, M; Buzai, G; Moreno Jiménez, A; García de León, A. *Geotecnología y análisis espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones, 1ra ed* (pp. 31-54). Santiago de Chile: Editorial Triángulo.

Buzai, G., Cacace, G., y Lanzelotti, S. (2015). Presentación. En: Buzai, Gustavo; Cacace, Graciela; Humacata, Luis; Lanzelotti, Sonia (comps.). *Teoría y*

- métodos de la geografía cuantitativa 1era ed* (pp. 15-20). Argentina: MCA Libros.
- Cabral, P., y Zamyatin, A. (2009). Markov processes in modeling land use and land cover changes in Sintra-Cascais, Portugal. *Dyna*, 76(158), pp. 191-198.
- Cai, W., y Fangyuan, T. (2020). Spatiotemporal characteristics and driving forces of construction land expansion in Yangtze river economic belt, China, *PLoS ONE*, 15(1), pp. 1-20.
- Camacho, R. (2015). Urbanización turístico-costera desigual en Playa del Carmen, Quintana Roo (México). *GeoGraphos*. 6 (77), pp. 107-134.
- Camacho, J., Chávez, R., y Velázquez, D. (2019). Propuesta metodológica para medir la resiliencia urbana ante huracanes e inundaciones en el Caribe Mexicano. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)*, 3 (2), pp. 28-43.
- Camacho-Sanabria, J. (2019). *Alcance descriptivo de los cambios de cobertura y uso del suelo. El caso de la porción surponiente del estado de México (1989-2009)*. México: Universidad de Quintana Roo y Colegio de Ciencias Geográficas del Estado de México A.C. México, 136 pp.
- Camacho-Sanabria, J., Juan, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L., y Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña. *Madera y bosques*, 21(1), pp. 93-112.
- Campos, B. (2011). Presión turística y urbanística: Vulnerables al cambio climático en el caribe mexicano. *Quivera*, 13(2), pp. 1-13.
- Cappelletti, A. (1994). *Positivismo y evolucionismo en Venezuela*. Caracas: Monte Avila Editores.
- Careaga, L., e Higuera, A. (2011). Quintana Roo. Historia breve (págs. 1-36). México: Fideicomiso Historia de las Américas.

- Carvalho, T., Carvalho, C., y Soares-Filho, B. (2018). Integrating econometric and spatially explicit dynamic models to simulate land use transitions in the Cerrado biome. En: Camacho Olmedo, María; Paegelow, Martin; Mas, Jean-Francois; Escobar, Francisco (Eds.). *Geomatic approaches for modeling land change scenarios* (pp. 399-417). Springer International Publishing.
- Casal, R., y Vilorio, N. (2002). La corriente positivista y su influencia en la ciencia contable. *Actualidad contable FACES*, 5(5), pp. 7-22.
- Castillo, O., y Méndez, J. (2017). Los desarrollos turísticos y sus efectos medioambientales en la Riviera Maya, 1980-2015. *Quivera*, (19), pp. 101-118.
- Castillo, O., y Méndez, J. (2019). Los efectos del crecimiento urbano en Playa del Carmen, Quintana Roo: Una aproximación desde la resiliencia urbana. En: Castillo Villanueva, Maria Lourdes (coord.). *Resiliencia en ciudades costeras del caribe mexicano ante desastres por huracán* (pp. 185-204). México, Universidad de Quintana Roo.
- Castillo, L. (2009). Urbanización, problemas ambientales y calidad de vida urbana. México: Plaza y Valdés S.A. de C.V., pp. 239.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2016. Fortaleciendo la relación entre la India y América Latina y el Caribe. Naciones Unidas. Impreso en ciudad de México. 92 pp.
- Cifuentes, M., Rosero, L., y Josephraj, J. (2017). Detección de cambios de la línea costera al norte del distrito de Buenaventura mediante el uso de sensores remotos. *Boletín de investigaciones marinas y costeras*, 46(1), pp. 137-152.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2007). Regiones Hidrológicas, escala 1:250,000. México.
- CONAPO (Concejo Nacional de Población) (2018). *Sistema urbano nacional 2018*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. México. 66 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400771/SUN_2018.pdf

- Correa, G., y Núñez, R. (2013). Migración y exclusión en China: Sistema Hukou. *Revista Problemas del Desarrollo*, 172 (44), pp. 105-122.
- Cortina, S., Macario, P., y Obneva, Y. (1999). Cambios en el uso de suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones geográficas*. 38, pp. 41-56.
- Cruz, A., y Pozo, C. (2011). Introducción. En: Carmen Pozo; Natalia Armijo Canto; Solphie Calme (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. México: Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad. Tomo 1* (pp. 15-23). México, Conabio.
- Da Cunha, J., y Rodríguez, J. (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. *Revista latinoamericana de población*, 3(4-5), pp. 27-64.
- Dachary, A. (2008). Los límites del desarrollo local en una región de turismo global. El caso del corredor Cancún-Tulum, México. *Aportes y transferencias*, 12, pp. 40-56.
- Dadras, M., Mohd, H., Ahmad, N., Pradhan, B., y Safarpour, S. (2014). Land use/cover change detection and urban sprawl analysis in Bandar Abbas City, Iran. *The Scientific World Journal*, pp. 1-12.
- Dalle, S., Blois, S., Caballero, J., y Johns, T. (2006). Integrating analyses of local land-use regulations, cultural perceptions and land-use/land cover data for assessing the success of community-based conservation. *Forest ecology and Management*, 222, pp. 370-383.
- Dávila-Hernández, N., Carrasco, B., y Némiga, X. (2014). Crecimiento urbano y su impacto espacial en los procesos de subsidencia en el Valle de Toluca-México a partir de imágenes satelitales. *Geografía y Sistemas de información Geográfica (GEOSIG)*, 6(6), pp. 226-241.
- Dávila-Rodríguez, A., Pinedo-Álvarez, A., Pinedo-Álvarez, C., y Prieto-Amparán, J. (2017). El proceso de expansión urbana y su impacto en la cobertura y uso

- de suelo de la zona de presión intermunicipal de Chihuahua. *Ciencia UANL*, 20(86), pp. 32-38.
- Del Cid, M. (2019). La ciudad actual: Un espacio con signos de fragmentación espacial. Aplicación al aglomerado urbano de la ciudad de San Juan, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 11(13), pp. 103-120.
- Delgado, C. (2016). Miradas sobre la ciudad desde la geografía, la historia y el urbanismo. El estado de la cuestión a comienzos del siglo XXI. *Ciudades*, 19(1), pp. 117-142.
- Delgado, Luz., Matteucci, S., Acevedo, M., Valeri, C., Blanca, R., y Márquez, J. (2017). Causas directas que inducen el cambio de uso del suelo y de la cobertura boscosa, a escala de paisaje, en el sur de Venezuela. *INTERCIENCIA*, 42(3), pp. 148-156.
- Días-Gallegos, J., Reyes, J., Mas, J., y Velázquez, A. (2008). Monitoreo de los patrones de deforestación en el corredor biológico Mesoamericano, México. *Interciencia*, 33(12), pp. 882-890.
- Díaz, J., García, G., Castillo, O., y March, I. (2001). Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 44, pp. 39-53.
- Díaz-Gallegos, J., y Acosta-Velázquez, J. (2012). Trends of land use and land cover change in a complex landscape of tropical coastal wetlands: The case of Chetumal-Corozal Bay, Mexico and Belice. En: Devarajan Thangadurai, Carlos Alberto Busso, Luis Gerardo Abarca y Sangeetha Jayabalan (Eds.). *Frontiers in Biodiversity Studies* (pp. 291-309). India: International Publishing House.
- DiGiano, M., Ellis, E., y Keys, E. (2013). Changing landscape for forest commons: linking land tenure with forest cover change following Mexico's 1992 agrarian counter-reforms. *Human Ecology*, 41, pp. 707-723.

- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2002). Decreto por el que se declara área natural protegida, con la categoría de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Otoch Ma'ax Yetel Kooh, ubicada en los municipios de Valladolid, en el Estado de Yucatán, y Solidaridad, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 5,367-42-35 hectáreas. Primera sección.
- Dupuy, J., González, J., Iriarte, S., Calvo, L., Espadas, C., Tun, F., y Dorentes, A. (2007). Cambios de cobertura y uso de suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 62, pp. 104-124.
- Durán-Medina, E., Mas, J., y Velásquez, A. (2007). Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y Áreas Naturales Protegidas de México. En: David Bray, Leticia Merino y Deborah Barry (Edits.). *Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales* (pp. 267-301). México: Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat)
- Edin, D. (2014). Los enfoques de la geografía en su evolución como ciencia. *Revista geográfica digital*, 11(21), pp. 1-22.
- Ek, A. (2011). Vegetación. En: Pozo, C., Armijo-Canlo, N., y Colmé, S. (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo 1* (pp. 62-77). México: Conabio.
- Ellis, E., Hernández-Gómez, I., y Romero-Montero, J. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas. Revista científica de Ecología y Medio Ambiente*, 26(1), pp. 101-111.
- Ellis, E., Romero A., y Hernández, I. (2015). Evaluación y mapeo de los determinantes de deforestación en la Península de Yucatán. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), alianza México REDD+, México, Distrito Federal.

- Ellis, E., y Porter-Bolland, L. (2008). Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 256, pp. 1971-1983.
- Erives, V., García, A., Miramontes, S., Ojeda, L., Pérez, G., Servin, Y., y Bravo, L. (2012). Cambios de uso del suelo y cobertura vegetal en el centro de Chihuahua: Una comparación preliminar entre menonitas y mestizos en la región Cuauhtémoc. En: Jean-Francois Mas y Gabriela Cuevas. *XIX Reunión Nacional SELPER-México. Sociedad de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial* (pp. 302-306). México: Universidad Nacional Autónoma de México – Centro de Investigación en Geografía Ambiental (CIGA).
- Escandón, J., Ordóñez, J., Nieto, M., y Ordóñez, J. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), pp. 27-51.
- Falcón, O. (2014). Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Fan, P., Chen, J., y John, R. (2016). Urbanization and environmental change during the economic transition on the Mongolian Plateau: Hohhot and Ulaanbaatar. *Environmental Research*, 144(B), pp. 96-112.
- Fang, C., Li, G., y Wang, S. (2016). Changing and differentiated urban landscape in China: Spatiotemporal patterns and driving forces. *Environmental Science & Technology*, 50, pp. 2217-2227.
- Félix, J., y Castañón-Puga, M. (2019). From simulation to implementation: practical advice for policy makers who want to use computer modeling as an analysis and communication tool. En: Sanches M.A., Aguilar L., Castañón-Puga M., y Rodríguez A., (Eds.). *Applied decision-making. Applications in computer sciences and engineering* (pp. 115-155). Springer Nature Switzerland.

- Fernández, A., Figueroa, M., Medina, A., y Pacheco, M., (2020). Migración interna y dinámicas laborales en la industria turística de la Riviera Maya, Quintana Roo, México. *Revista ABRA*, 40(60), pp. 77-98.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1996). Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. FAO Forestry Paper. Roma. 30 pp.
- Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O., y Pereira, A. (2014). Características de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50,000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(1), pp. 127-137.
- Galván, A., y Guadarrama, M. (2018). Cambio de uso del suelo: los procesos de urbanización en el Valle de México y su relación con el cambio climático. En: Guadalupe del Carmen Hoyos, Pilar Mora, Norma Baca y Serena Serrano. *Dinámicas urbanas y perspectivas regionales de los estudios culturales y de género* (pp. 53-71). México: Universidad Nacional Autónoma de México – Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C.
- García, A., Santé, I., y Crecente, R. (2010). Análisis de los factores que condicionan la evolución de los usos del suelo en los pequeños asentamientos urbanos de la costa norte de Galicia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 54, pp. 57-79.
- García, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (1ª. ed). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5ta edición). México: Conabio.
- García, G., Schmook, B., y Espejel, I. (2005). Dinámica en el uso del suelo en tres ejidos cercanos a la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 58, pp.122-139.

- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, España: Editorial Gedisa, S.A.
- García-Frapolli, E., Ayala-Orozco, B., Bonilla-Moheno, M., Espadas-Manrique, C., y Ramos-Fernández, G. (2007). Biodiversity conservation, traditional agricultura and ecotourism: land cover/land use change proyections for a natural protected area in the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, 83, 137-153.
- García-Frapolli, E., Ramos-Fernández, G., Galicia, E., y Serrano, A. (2009). The complex reality of biodiversity conservation through Natural Protected Area policy: Three casas from the Yucatan Peninsula. Mexico. *Land Use Policy*, 26, pp. 715-722.
- Geist, H., y Lambin, E. (2001). What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation base don subnational case study evidence. Belgica: Lucc International Project office, University of Louvain, pp. 136.
- Geist, H., McConnell, W., Lambin, E., Moran, E., Alves, D., y Rudel, T. (2006). Causes and trajectories of land-use/cover change. En: Eric F. Lambin y Helmut Geist (Eds.). *Land-use and land-cover change. Local processes and global impacts* (pp. 41-70). Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Geymonat, L. (2006). Del neopositivismo al materialismo dialéctico. En: L. Geymonat y F. Minazzi (Eds.), *Neopositivismo y Marxismo* (pp. 56-67). Buenos Aires: Jorge Baudino.
- Ghosh, R., y Kansal, A. (2014). El desafío urbano en la India y la misión por un hábitat sustentable. *DOSSIER*, 2(2), pp. 141-168.
- Gil-Alonso, F., y Bayona-i-Carrasco, J. (2012). La dinámica urbana en España: evolución y tipología. *Papeles de Geografía*, 55(56), pp. 95-108.

- Ginés, C., Hernández, S., y Cárdenes, D. (2015). Aplicación de la fotografía aérea en el análisis de los procesos espaciales y la ordenación del territorio en Canarias. *Ería*, 98, pp. 327-344.
- Gonca, H., Alganci, U., y Usta, G. (2008). Analysis of land use change and urbanization in the Kucukcekmece wáter basin (Istanbul, Turkey) with temporal satellite data using remote sensing and GIS. *Sensors*, 8, pp. 7213-7223.
- Guardia, E., y Ruíz, M. (2014). Variabilidad espacio-temporal de la perdida de suelos productivos como consecuencia del crecimiento urbano. Análisis mediante el geoprocso intersección. Caso del departamento de Santa Lucía (Provincia de San Juan, Argentina) Periodo 1973-2014. *Geografía y sistemas de información geográfica (GEOSIG)*, 6(6), pp. 145-159.
- Guo, M., Chen, S., Wang, W., Liang, H., Hao, G., y Liu, K. (2019). Spatiotemporal variation of heat fluxes in Beijing with land use change from 1997 to 2017. *Physics and Chemistry of the Earth*, 110, pp. 51-60.
- Gutiérrez, M., y González, J. (1999). Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. *Investigaciones Geográficas*, 40, pp. 110-126.
- Guzmán, K. (2018). Análisis de la dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso de la tierra y su relación con las transformaciones en la estructura y cambio del paisaje natural en el municipio de Cartagena para el periodo 1990.2001 y 2016. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 10(12), pp.33-57.
- HAS (Honorable Ayuntamiento de Solidaridad) (2009). *Decreto del ejecutivo del Estado, mediante el cual se establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México.* <http://sema.groo.gob.mx/bitacora/index.php/decretos/municipio-de-solidaridad>.
- HAS (Honorable Ayuntamiento de Solidaridad) (2010). *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen.*

<http://seduvi.groo.gob.mx/pdus/25PDU%20CENTRO%20DE%20POBLACION%20PLAYA%20DEL%20CARMEN%2020%20DIC%202010.pdf>.

HAS (Honorable Ayuntamiento de Solidaridad) (2010a). *Programa de Desarrollo Urbano del municipio de Solidaridad*.
<http://seduvi.groo.gob.mx/pdus/29PDU%20MUNICIPIO%20DE%20SOLIDARIDAD%2020%20DIC%202010.pdf>.

HAS (Honorable Ayuntamiento de Solidaridad) (2018). *Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 Actualización*.
<https://gobiernodesolidaridad.gob.mx/category/PMD/2PMD2018-2021.pdf>.

Hasan, R., Hossain, J., Arefin, M., y Salehin, M. (2017). Study on landuse change and its impact on Groundwater at the peri-urban areas an outcome of urbanization process: A case study of Khulna city, pp. 1-12.
https://www.researchgate.net/publication/311415526_STUDY_ON_LANDUSE_CHANGE_AND_ITS_IMPACT_ON_GROUNDWATER_AT_THE_PERI-URBAN_AREAS_AN_OUTCOME_OF_URBANIZATION_PROCESS_A_CASE_STUDY_OF_KHULNA_CITY.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill 5ta edición. México, pags. 613.

Hernández-Gómez, A., Rojas-Robles, R., y Sánchez-Calderón, F. (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). *Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), pp. 257-271.

Herrera, J., y Heredia, J. (2011). Recursos hídricos. Hidrología superficial. En: Pozo, C., Armijo-Canlo, N., y Colmé, S. (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo1* (pp. 42-49). México: Conabio.

Herrera-Sansores, J. (2011). Clima. En: Pozo, C., Armijo-Canlo, N., y Colmé, S. (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo 1* (pp. 50-56). México: Conabio.

- Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J., Schmook, B., Ruíz-Luna, A., y Ramos-Reyes, R. (2010). Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico. *Ciencias Marinas*, 36(2), pp. 147-159.
- Hoyos, G. (2009). El cambio urbano, concentración, difusión descentrada y desarticulación. *Quivera*, 11(1), pp. 103-124.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1980). *Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1,000,000, serie I*. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1985). X Censo general de población y vivienda 1980: integración territorial estado de Quintana Roo (pags. 1-35). México: Secretaría de programación y presupuesto.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1991). Quintana Roo: resultados definitivos: datos por localidad (integración territorial): XI Censo general de población y vivienda 1990 (pags. 1-40). México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1995). Censo de población y vivienda 1995. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1999). *Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica 1:1,000,000, serie I*. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2000). *XII Censo general de población y vivienda 2000*. INEGI. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2000a). *Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1,000,000, serie I*. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2000b). XII Censo general de población y vivienda 2000. México.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2001). *Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Edición 2001.*
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825157432>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2002). *Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos, escala 1:250,000, serie I.* México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2005). *II Censo de población y vivienda 2005.* México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2006). *Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Edición 2006.*
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825153052>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010). *Censo de población y vivienda 2010.* INEGI. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2011). *Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Edición 2011.*
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825201791>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014a). *Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III.* México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014b). *Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación: escala 1:250,000: serie V.* México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016). *Anuario Estadístico y geográfico de Quintana Roo 2016.*
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2016/702825084370.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016b). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000, serie VI.* México.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016c). *Marco Geoestadístico, junio 2016. Áreas Geoestadísticas estatales*. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095130.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2019). *Marco geoestadístico integrado*. INEGI. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2021). *Panorama sociodemográfico de Quintana Roo. Censo de población y vivienda 2020*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197964.pdf.
- Jiao, H., Zhang, X., Yang, C y Cao, X. (2021). The characteristics of spatial expansion and driving forces of land urbanization in counties in central China: A case study of Feixi country in Hefei city. *PLoS ONE*, 16(5).
- Joachim, H. (2013). *Historia universal de la Filosofía* (2da. Ed.). Madris: Tecnos.
- Jordan, R., y Simioni, D. (2002). Hacia una nueva modalidad de gestión urbana. En CEPAL. *Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible*. Santiago de Chile, pp. 80.
- Kean, A. (2017). Land use land cover changes in detection of wáter quality: A study base don remote sensing and multivariate statistics. *Journal of Environmental and Public Health*, pp. 1-12.
- Kumar, P., Rai, A., y Chand, S. (2020). Land use and land cover change detection using geospatial techniques in the Sikkim Himalaya, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 23, pp. 133-143.
- Kumar, P., y Sreenivasula, J. (2013). Analysis of land use/land cover chanfes using remote sensing data and GIS at an urban area, Tirupati, India. *The Scientific World Journal*, pp. 1-6.

- Kumar, R. (2011). La india como potencia económica mundial: desafíos para el futuro. En: Anna Borrull, Rafael Bueno, Pablo Bustelo, Seán Golden y Pilar Tena (Eds.) *Anuario Asia-Pacífico* (pp. 309-322). Barcelona: Centre for international affairs.
- Lal K., Kumar, D., y Kumar, A. (2017). Spatio-temporal landscape modeling of urban growth patterns in Dhanbad urban agglomeration, India using geoinformatics techniques. *The egyptian journal of remote sensing and space sciences*, 20, pp. 91-102.
- Larrazábal, A., Gopar-Merino, L., y Vieyra, A. (2014). Expansión urbana y fragmentación de la cubierta del suelo en el periurbano de Morelia. En: Vieyra, A., y Larrazábal, A. (Eds.). *Urbanización, sociedad y ambiente. Experiencias en ciudades medias*, (pp. 89-119). México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) – Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- Lasso, S., Mas, J., y Vieyra, A. (2019). Modelo prospectivo de crecimiento periurbano para una ciudad media. El caso de Morelia, Michoacán. En: Judith Ley y Jean-Francois Mas. *Análisis geoespacial en los estudios urbanos*, (pp. 99-122). México: Universidad Autónoma de Baja California – Universidad Nacional Autónoma de México – Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial.
- Li, X., Wang, Y., Li, J., y Lei, B. (2016). Physical and socioeconomic driving forces of land-use and land-cover changes: A case study of Wuhan city, China. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, pp. 1-11.
- Liu, C., Xu, Y., Sun, P., Huang, A., y Zheng, W. (2017). Land use change and its driving forces toward mutual conversión in Zhangjiakou City, a farming-pastoral ecotone in Northern China. *Environmental Monitoring and Assessment*, (189).

- Liu, Y., Hianjin, H., Hong, Y., y Taiyang, Z. (2014). Environmental effects of land-use/cover change caused by urbanization and policies in Southwest China karst area, A case study of Guiyang. *Habitat International*, 44, pp. 339-348.
- Lois G., González, J., y Escudero, L. (2012). *Los espacios urbanos. El estudio geográfico de la ciudad y la urbanización*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- López, R. (2014). Las teorías urbanas, un tema transdisciplinario no neutral. En: Blanca Rebeca Ramírez Velázquez y Emilio Pradilla Cobos (Comp.). *Teorías sobre la ciudad en América Latina* (pp. 73-101). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- López, L. (2015). Diccionario de geografía aplicada y profesional: terminología de análisis, planificación y gestión del territorio. México: Universidad de León, pags. 676.
- López, V., y Plata, W. (2009). *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 68, pp. 85-101.
- López, E., Mendoza, M., y Acosta, A. (2002). Cambio de cobertura y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta ecológica*, 64, pp. 19-34.
- MAGBMA (Ministro de Agricultura, Ganadería, Bosques y Medio Ambiente) y FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2018). *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial (2004-2014)*. República de Guinea Ecuatorial, págs. 118.
- Mari, N., Giobellina, B., Benitez, A., y Marinelli, V. (2019). Mapping and characterizing the Green belt of Córdoba: land dynamics and the urban-rural transformation process. *Journal of Agronomy Research*, 2(1), pp. 29-46.
- Marquina, J., y Mogollón, A. (2018). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. *Revista Geográfica Venezolana*. 59(1), pp. 42-52.

- Mas, J., y Flamenco, A. (2011). Modelación de los cambios de cobertura/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTropico*, 5(1), pp. 1-24.
- Mascorro, V., Coops, N., Kurz, W., y Olguín, M. (2016). Attributing changes in land cover using independent disturbance datasets: a case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change*, 16, pp. 213-228.
- Matas, A (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa (REDIE)*, 20(1), pp. 38-47.
- Matías, A., y Hernández, A. (2014). Positivismo, dialéctica materialista y fenomenología: tres enfoques filosóficos del método científico y la investigación educativa. *Revista electrónica "Actualidades investigativas en educación"*, 14(3), pp. 1-20.
- Mendoza, M., y Leal, S. (2010). Turismo en Playa del Carmen-México. Impactos socioculturales en la colonia Colosio. *Estudios y perspectivas en turismo*, 19, pp. 850-865.
- Merlotto, A., Piccolo, M., y Bértola, G. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, (53), pp. 159-176.
- Mohammadian, H., Tavakoli, J., Khani, H., Teymouri, A., y Kazemi, M. (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms. The case of Qom city. *The egyptian journal of remote sensing and space sciences*, 20, pp. 103-116.
- Mohan, M., Pathan, S., Narendrareddy, K., Kandya, A., y Pandey, S. (2011). Dynamics of urbanization and its impact on land-use/land-cover: A case study of Megacity Delhi. *Journal of Environmental Protection*, 2, pp. 1274-1283.
- Montes, E. (2015). Estructura diacrónica de los procesos de investigación aplicada a la geografía cuantitativa. En: Buzai, Gustavo; Cacace, Graciela; Humacata, Luis; Lanzelotti, Sonia (comps.). *Teoría y métodos de la geografía cuantitativa 1era ed* (pp.53-67). Argentina: MCA Libros.

- Montoya, J., y Pulido, N. (2018). La geografía urbana y el estudio de la urbanización. En: Jhon Williams Montoya G. (Ed.). *Temas y problemas de geografía humana. Una perspectiva contemporánea* (pp. 25-60). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Morin, E. (2002). La cabeza bien puesta. Repensar la reforma, reformar el pensamiento. Buenos Aire, Argentina: Editions du Seuil.
- Muñoz-Guerrero, D. (2017). Transformaciones y prospectiva del paisaje en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia. *Prospectiva Geográfica*, 22(2), pp. 47-66.
- Murray, G. (2007). Constructing paradise: the impacts of big tourism in the Mexican Coastal Zona. *Coastal Management*, 35, pp. 339-355.
- Nagendra, H., Sudhira, H., Madhusudan, K., Tengö, M., y Schewenius, M. (2014). La urbanización y su impacto sobre el uso de la tierra, la biodiversidad y los ecosistemas en la India. *Interdisciplina*, 2 (2), pp. 169-178.
- Nasarre, M., y Badia, A. (2006). Una aproximación al crecimiento de áreas urbanas a través de fotografía aérea y de sistemas de información geográfica. La ciudad de Terrassa como caso de estudio. *Cuadernos Geográficos*, 39(2), pp. 185-201.
- Nath, B., Niu, Z., y Singh, R. (2018). Land use and land cover changes, and environment and risk evaluation of Dujiangyan City (SW China) using remote sensing and GIS Techniques. *Sustainability*, 10, pp. 1-32.
- Ochoa, C., Camacho, J., Chávez, R., Juan, J., y Fragoso, P. (2020). Expansión urbana y cambios de cobertura/uso del suelo en Playa del Carmen, Quintana Roo, México (1985-2015). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, (12), p. 1-18.
- Ojima, D., Galvin, K., y Turner, B. (1994). The global impact of land-use change. *BioScience*. 44(5), pp. 300-304.

- ONU (Organización de las Naciones Unidas) - Habitat (2016). *Urbanización y desarrollo. Futuros emergentes*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos 2016. Nairobi, Kenia.
- Pal, S., y Ziaul, S. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban center. *The egyptian journal of remote sensing and space sciences*, 20, pp. 125-145.
- Palafox, A., Aguilar, A., y Anaya, J. (2015). Cozumel y la transformación de su paisaje por el turismo de cruceros. *Revista de Ciencias Sociales*. 149, pp. 103-115.
- Pérez, G., y Carrascal, E. (2000). El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. *Investigaciones geográficas*. 43, pp. 145-166.
- Pillet, F. (2004). La geografía y las distintas acepciones des espacio geográfico. *Investigaciones Geográficas*, (34), pp. 141-154.
- Pinos, A. (2016). Prospectiva del uso de suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial. Caso cantón Cuenca. *Estoa*, 9(5), pp. 7-19.
- Plata, W., Gómez, M., y Bosque, J. (2009). Cambios de uso del suelo y expansión urbana en la comunidad de Madrid (1990-200). *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 13(293), pp. 1-20.
- POGEQ (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo) (2001). *Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la región denominada corredor Cancún-Tulum*. Recuperado el 09 de junio de 2021: <http://sema.qroo.gob.mx/bitacora/index.php/decretos/region-corredor-cancun-tulum>.
- Pontius, R., Shusas, E., y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, pp. 251-268.

- Porter-Bolland, L., Ellis, E., y Gholz, H. (2007). Land use dynamics and landscape history in La Montaña, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, 82, pp. 198-207.
- Precedo, A. (2010). Un ensayo sobre la evolución de la geografía urbana en España: reinventar el estudio de la ciudad. *Geographicalia*, 58, pp. 5-27.
- Prezas, B. (2011). Áreas Naturales Protegidas en Quintana Roo. En: Pozo, C., Armijo-Canlo, N., y Colmé, S. (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo 1* (pp. 300-309). México: Conabio.
- Quimbayo, G., y Vásquez, F. (2016). Hacia una ecología política de la urbanización en América latina. *Ecología política*, 51, pp. 43-51.
- Quiroz, H. (2006). Turismo, arquitectura e identidad urbana: El caso de tres ciudades recientes en la costa del Caribe, México. *Encuentro de Latinoamericanistas Españoles (12. 2006. Santander): Viejas y nuevas alianzas entre América Latina y España, 2006, s.l., España. CEEIB*, pp. 1479-1489.
- Rahimi, A. (2016). A methodological approach to urban land-use change modeling using infill development pattern. A case study in Tabriz, Iran. *Ecological Processes*, 5(1), pp. 1-15.
- Ramachandra, T., Bharath, A., y Sowmyashree, M. (2015). Monitoring urbanization and its implications in a mega city from space: Spatiotemporal patterns and its indicators. *Journal of Environmental Management*, 148, pp. 67-81.
- Ramírez, B., y López, L. (2015). Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo. México: UNAM, Instituto de Geografía: UAM, Xochimilco, pág. 205.
- Ramírez, L., y Pértile, V. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 5(5), pp. 194-216.

- Ramírez-Delgado, J., Christman, Z., y Schmook, B. (2014). Deforestation and fragmentation of seasonal tropical forests in the southern Yucatán, Mexico. *Geocarto International*, 29(8), pp. 822-841.
- Rawat J., y Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18, pp. 77-84.
- Rey, A., y Ferrás, C. (2015). Urbanización. En: López-Trigal, L. *Diccionario de geografía aplicada y profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. Universidad de León. México, pp. 676.
- Reyna, A., Reyna, J., y Vences, C. (2017). Escenarios de crecimiento urbano 2017 y 2022 de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, a partir de autómatas celulares. *Revista San Gregorio*, 19, pp. 20-33.
- Rizk, I., y Rashed, M. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, pp. 117-124.
- Rojas, C., Plata, W., Valdebenito, P., Muñiz, I., y De la fuente, H. (2014). La dinámica de expansión urbana del área metropolitana de Concepción. En: Jhon Williams, Rodrigo Hidalgo, Peter Brad, Leonel Pérez (Edits.). *Metropolizaciones Colombia-Chile: Experiencias de Bogotá, Medellín, Santiago y Concepción*, (pp. 39-56). Medellín: Universidad de Colombia.
- Romero, J. (2014). Evaluación de los factores ambientales, socioeconómicos e institucionales que intervienen la dinámica del cambio de cobertura forestal en ejidos de Campeche y Quintana Roo, México (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Centro de investigaciones tropicales, México.
- Roy, R. (2006). Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico: Modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels. *Applied Geography*, 26, pp. 129-152.

- Ruíz-Ramírez, J., López, G., y Cabrera, R. (2018). Manglares, desarrollo turístico y cambio climático en Playa del Carmen, corazón del caribe mexicano. *Cuadernos de Biodiversidad*, 55, pp. 28-40.
- Santos, J. (1992). *El desarrollo de la geografía urbana en la evolución del pensamiento geográfico contemporáneo*. *Espacio, Tiempo y Forma*, 4, pp. 9-40.
- Schneider, L. (2004). Bracken fern invasión in Southern Yucatán: A case for land-change science. *The Geographical Review*, 94(2), pp. 229-241.
- Schneider, L., y Fernando, N. (2010). An untidy cover: Invasion of bracken fern in the shifting cultivation systems of Southern Yucatán, Mexico. *BIOTROPICA*, 42(1), pp. 41-48.
- SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transporte) (2012). *Red de vías de comunicación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, escala 1:250,000*. México.
- SECTUR (Secretaría de Turismo) (2013). *Agendas de competitividad de los destinos turísticos de México. Riviera Maya, Quintana Roo*. SECTUR. México.
- Sedevich, A., Langer, K., Becerra, C., Femenia, A., y Mustoni, N. (2019). Avance urbano en el cinturón verde de Guaymallen. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 11(13), pp. 138-166.
- SEGOB (Secretaría de Gobierno Mexicano) (2020). *Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano*. Cámara de Diputados. México.
- Shi, G., Ye, P., Ding, L., Quinones, A., Li, Y., y Jiang, N. (2019). Spatio-temporal patterns of land use and cover change from 1990 to 2010: A case study of Jiangsu Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, (16): 907.

- Shi, Y., Zhu, Q., Xu, L., Lu, Z., Wu, Y., Wang, X., Fei, Y., y Deng, J. (2020). Independent or influential? Spatial-temporal features of coordination level between urbanization quality and urbanization scale in China and its driving mechanism. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, (17): 1587.
- Silva, A., y Rubio, M. (2014). Análisis de cambios de uso del suelo en la delegación municipal de Ingeniero White (Buenos Aires, Argentina): aplicación de geo tecnologías. *Cuadernos geográficos, revista colombiana de geografía*, 23(1), pp. 133-146.
- Silva, M., García, A., y Hernando, A. (2015). Crecimiento de la mancha urbana en la zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México). *Quehacer Científico en Chiapas*, 10(2), pp. 35-41.
- Simbangala, M., Campos, B., Castillo, L., Frausto, O., Velázquez, D., Romero, R., y Orozco, M. (2015). Using object-oriented image analysis to map and monitor land cover change in the Region Costa Maya, Mexico: 1993-2010. *Investig. Geogr. Chile*, 50, pp. 33-50.
- Smith, P., y Romero, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del área metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43, pp. 81-93.
- Sohn, Y., Moran, E., y Gurri, F. (1999). Deforestation in north-central Yucatan (1985-1995): Mapping secondary succession of forest and agricultural land use in sotuta using the cosine of the angle concept. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65(8), pp. 947-958.
- Sollerio, A., y García, M. (2020). La producción del espacio social en Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Espacialidad e Historicidad. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo, Sao Paulo*, 14, p. 95-122.
- Sosa, A., y Casal, A. (2015). El espacio público en la ciudad de Cancún frente al proyecto turístico. *URBS. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 5(2), pp. 65-80.

- Sosa-Escalante, J., Pech-Canché, J., MacSwiney, M., y Hernández-Betancourt, S. (2013). Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: Riqueza, endemismo y riesgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84.
- Soto-Cortés, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoque desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma económico*. 7(1), pp. 127-149.
- Tello-Taracena, H., y Castellanos-Martínez, E. (2011). Características geográficas. En: Pozo, C., Armijo-Carlo, N., y Colmé, S. (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación. Tomo 1* (pp. 24-32). México: Conabio.
- Tesfaye, S., Guyassa, E., Raj, A., Birhane, E., y Wondim, G. (2014). Land use and land cover change, and Woody vegetation diversity in human driven landscape of Gilgel Tekeze Catchment, Northern Ethiopia. *International Journal of Forestry Research*, pp. 1-10.
- Tochihuitl, A., Villarreal, L., Ramírez, B., Gutiérrez, E., y Tlapa, M. (2016). Análisis de los cambios y la persistencia en los usos del suelo de 1958 a 2010 en el municipio de Cuautlancingo, Puebla, México. *Ambiente y desarrollo*, 20(39), pp. 35-54.
- Tornquist, C., y Da Silva, D. (2019). Current and future land use and land cover scenarios in the Arroio Marrecas watershed. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(3), pp. 215-222.
- Torres, R., y Momsen, J. (2005). Planned tourism development in Quintana Roo, Mexico: Engine for regional development or prescription for inequitable growth? *Current Issues in Tourism*, 8(4), pp. 259-285.
- Trucíos, R., Rivera, M., Delgado, G., Estrada, J., y Cerano, J., (2013). Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. *Terra Latinoamérica*, 31(4), pp. 339-346.

- Turner, B., Cortina, S., Foster, D., Heoghegan, J., Keys, E., Klepeis, P., Lawrence, D., Mendoza, P., Manson, S., Ogneva-Himmelberger, Y., Plotkin, A., Pérez, D., Roy, R., Savitsky, B., Schneider, L., Schmook, B., y Vance, C. (2001). Deforestation in the southern Yucatán peninsular región: an integrative approach. *Forest Ecology and Management*, 5521, pp. 1-18.
- Uc, M., Gill, M., García, H., y Banda, J. (2012). El crecimiento irregular de la mancha urbana provocado por huertas y polígonos agrícolas dentro de la ciudad. En: Jean-Francois Mas y Gabriela Cuevas. *XIX Reunión Nacional SELPER-México. Sociedad de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial* (pp. 287-292). México: Universidad Nacional Autónoma de México – Centro de Investigación en Geografía Ambiental (CIGA).
- Václavík, T., y Rogan, J. (2009). Identifying trends in Land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in Central Europe: A case study of the Greater Olomouc Region, Czech Republic. *GIScience & Remote sensing*, 46(1), 54-76.
- Valjarevic, A., Zivkovic, D., Valjarevic, D., Stevanovic, V., y Golijanin, J. (2014). GIS analysis of land cover changes on the territory of the Prokuplje municipality. *The Scientific World Journal*, pp. 1-8.
- Vargas, G. (2012). Espacio y territorio en el análisis geográfico. *Revista Reflexiones*, 91(1), pp. 313-326.
- Vargas, A., y Julián, M. (2016). Proceso de urbanización en Chetumal Quintana Roo 1981-2015. Un análisis de sus efectos sociales y ambientales, pp. 1-19. <http://ru.iiec.unam.mx/3230/1/066-Vargas-Julian.pdf>
- Vargas, J. (2017). ¿Urbanización sin desarrollo? En: Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). *Crecimiento urbano y acceso oportunidades: un desafío para América Latina* (pp. 17-66). Bogotá, Colombia: Corporación Andina de Fomento.

- Velasco I., y Velázquez D. (2019). El contexto geopolítico de la explotación forestal en la Península de Yucatán, México. *Revista Perspectiva Geográfica*, 24(1), pp.116-137.
- Velázquez, A., Duran, E., Larrazábal, A., López, F., y Medina, C. (2010). La cobertura vegetal y los cambios de uso de suelo. En: Manuel Mendoza, Alejandro Velázquez, Alejandra Larrazábal y Alejandro Toledo (compiladores). *Atlas fisicogeográfico de la cuenca del Tepalcatepec* (pp. 28-32). México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Vester, H., Lawrence, D., Eastman, J., Turner, B., Calmé, S., Dickson, R., Pozo, C., y Sangermano, F. (2007). Land change in the southern Yucatán and Calakmul biosphere reserve: effects on hábitat and biodiversity. *Ecological Applications*, 17(4), pp. 989-1003.
- Weaver, W. (1948). Science and complexity. *American scientist*, 36, pp. 536-544.
- Wu, W., Zhao, S., y Henebry, G. (2019). Driving of urban expansión over the past three decades: a comparative study of Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191:34.
- Wyman, M., Gomez, Z., y Miranda, I. (2007). Land-use/land-cover change in Yucatán state, Mexico: An examination of political, socioeconomic, and biophysical drivers in Peto and Tzucacab. *Ethnobotany Research & Applications*, 5, pp.59-66.
- Yadav, Y., Khanal, B., Raymajhi, S., RajTiwari, K., y Kumar, B. (2019). Dynamics of land use land cover change and mapping of tree outside forest (TOF) in Terai, Nepal. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 19(1), pp. 4-9.

ANEXOS

A. Producción científica

Artículo de divulgación científica publicado en la revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG) de Argentina en el año 2020.



Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG).
Revista digital del Programa de Docencia e Investigación en
Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG), Universidad
Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 12, Número 18, 2020, Sección I: Artículos, pp. 1-18

EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIOS DE COBERTURA/USO DEL SUELO EN PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO, MÉXICO (1985-2015)

¹Carlos Francisco Ochoa Jiménez - ²José Manuel Camacho Sanabria - ³Rosalía
Chávez Alvarado - ³José Isabel Juan Pérez - ¹Patricia Fragoso Servón
¹ Universidad de Quintana Roo, campus Chetumal - ² Conacyt-Universidad de
Quintana Roo, campus Chetumal - ³ Universidad Autónoma del Estado de México
k_lo_5@hotmail.com; - jmanuelcs@live.com.mx - rosaliadf@gmail.com -
jupi582602@gmail.com - pfragoso@uqroo.edu.mx

RESUMEN

Los cambios de cobertura y uso del suelo han contribuido a la configuración del espacio geográfico. La urbanización es uno de los principales procesos de cambio que ha ocasionado la transformación de los paisajes naturales. Este estudio presenta la evaluación de los cambios de cobertura y usos del suelo originados por la expansión urbana en Playa del Carmen, Quintana Roo (México), durante el periodo 1985-2015. Esto se realizó mediante el cálculo de indicadores y tasas de cambio obtenidos de una matriz de cambios y mapas de cobertura y uso del suelo. Estos últimos se elaboraron a partir de imágenes del Google Earth de los años 1985, 1990, 1995 y 2000, una ortofoto digital del año 2004 e imágenes satelitales QuickBird y WorldView-3 de los años 2007 y 2015 respectivamente. Los resultados muestran que el proceso de urbanización de Playa del Carmen ha ocasionado la pérdida de 2,514.6 hectáreas (ha) de vegetación natural durante el periodo 1985-2015. Entre 2004 y 2015 esta misma cobertura disminuyó 1,080.7 ha, producto del aumento de los usos de suelo urbano. Se concluye que, en un periodo de 30 años, el crecimiento urbano de Playa del Carmen registró una tasa de cambio anual de 11.6% (aumentó 2,514.6 ha), situación que se atribuye al crecimiento demográfico ocasionado por la oferta de trabajo que demandan los servicios turísticos de esta ciudad, generando con ello el aumento de zonas de uso residencial y áreas destinadas a la construcción de equipamiento urbano.

Palabras claves: Indicadores de cambio, mapas de cobertura y uso de suelo, método de interpretación interdependiente, tasas de cambio.

Artículo de divulgación científica enviado y aceptado para su publicación en la Revista de Geografía Norte Grande de Chile en diciembre de 2021.



Santiago, 06 de diciembre de 2021

Estimado
Carlos Francisco Ochoa Jiménez
Universidad de Quintana Roo
Presente

Junto con saludar, hacemos constar que su trabajo "Patrones espacio-temporales y fuerzas impulsoras de la urbanización en Playa del Carmen, Quintana Roo, México (2004-2015).", en coautoría con JOSÉ MANUEL CAMACHO SANABRÍA, ROSALÍA CHÁVEZ ALVARADO Y MARÍA ESTELA OROZCO HERNÁNDEZ, se encuentra aceptado en la Revista de Geografía Norte Grande.

Nuestra revista no compromete tiempos de publicación de los trabajos en proceso de gestión editorial. Agradecemos su enorme contribución con nuestro espacio de difusión y extendemos esta constancia para los fines que usted disponga.

Rodrigo Hidalgo Dattwyler
Director y Editor Jefe
Revista de Geografía Norte Grande

ANEXO. CUADRO DE DOBLE ENTRADA

Sugerencia del revisor 1	Cambios al manuscrito
También es necesario corregir algunas palabras a lo largo del texto.	Cambios corregidos.
Sugerencia del revisor 2	Cambios al manuscrito
Describir en la parte introductoria la relevancia de analizar el caso de Playa del Carmen, ya que, aunque queda claro la selección del caso en el seguimiento del trabajo, vale la pena conocer el contexto del mismo desde el inicio de éste.	Se atendió la observación y se agregó una descripción de la relevancia de analizar el caso de estudio de Playa del Carmen.
En la sección metodológica es importante mencionar el propósito de emplear todas las técnicas y herramientas utilizadas para el análisis, ya que no queda clara la intención de implementar esos métodos, se propone que se explique de manera lógica y coherente las etapas en las cuales se realiza la investigación y cómo las técnicas implementadas sirven al propósito de esas indagaciones.	Se atendió la observación agregando el propósito de emplear las técnicas y herramientas utilizadas.
La metodología hace referencia a realizar un análisis cartográfico de la cobertura y usos de suelo; un aspecto a complementar con la metodología utilizada, es integrar los coeficientes de ocupación de suelo que se tienen en la zona de estudio, con éstos se podrán determinar densidades e intensidades de ocupación del suelo y superficies de construcción, lo cual contribuye a identificar los lugares de concentración poblacional y con ello las características de urbanización que se logran	El trabajo pretende realizar el análisis cartográfico mediante los resultados obtenidos en los mapas de cobertura y uso del suelo elaborados con base en los insumos cartográficos, sin embargo, aunque es muy buena sugerencia, este aspecto será empleado en trabajos futuros.
Cuando se explican los <i>factores ambientales impulsores de la urbanización</i> , es pertinente recuperar conceptos como el de <i>"Suelo Apto"</i> o <i>"constructibilidad"</i>	Se atendió la sugerencia.

<p><i>natural</i>”, que se convierten en factores determinantes que retoman las condiciones naturales del suelo para realizar procesos de edificación en un ambiente urbano.</p>	
<p>Cuando se describen los <i>factores políticos-institucionales promotores de la urbanización</i>, resulta relevante comentar acerca de las directrices que se promovieron por parte de los programas mencionados, para fomentar la urbanización que se tiene en la actualidad, en ocasiones existen programas sectoriales de fomento a la vivienda o de generación de nuevas infraestructuras que permiten impulsar los procesos de urbanización acelerada, y vale la pena comentarlos en función de sus alcances.</p>	<p>Se agregaron las directrices promovidas por los programas indicados en este apartado.</p>
<p>Con relación a la sección referente a la <i>identificación de actores impulsores de la urbanización</i>, se recomienda retomar los aspectos que influyen en la especulación del suelo, haciendo hincapié en el rol que tienen los agentes privados y sociales en las nuevas configuraciones urbanas.</p>	<p>Se atendió la sugerencia.</p>
<p>Cuidar el formato de entrega del trabajo, ya que a lo largo del mismo existe la omisión de letras en algunas palabras; no se utilizan mayúsculas y minúsculas en algunos nombres propios; y algunas figuras no se colocaron (figuras 6 y 7).</p>	<p>Atendido.</p>

B. Difusión del conocimiento en eventos académicos



Academia de Geografía
Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística

otorga la presente:

Constancia

a Carlos Francisco Ochoa Jiménez

Por su participación como ponente
en el "XXIV Congreso Nacional de Geografía, Colima 2020".

13 - 15 de octubre de 2021

Ponencia titulada:

Expansión urbana y cambios de cobertura/uso del suelo en
Playa del Carmen, Quintana Roo, México (1985-2015).


Dr. José Juan Zamorano Orozco
Presidente

C. Formación académica continua (cursos)



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

A través de la División de Ciencias e Ingeniería

Otorga Constancia a :

Carlos Francisco Ochoa Jiménez

POR HABER CONCLUÍDO SATISFACTORIAMENTE EN CALIDAD DE OYENTE, EL CURSO “PERCEPCIÓN SOCIAL Y PSICOLOGÍA AMBIENTAL” CON DURACIÓN DE 64 HORAS , DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN GEOGRAFÍA,. SE EXTIENDE LA PRESENTE EL 17 DE DICIEMBRE DEL AÑO 2020 EN LA CIUDAD DE CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO

“FRUCTIFICAR LA RAZÓN: TRASCENDER NUESTRA CULTURA”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Velázquez Torres'.

Dr. DAVID VELÁZQUEZ TORRES

COORDINADOR DEL DOCTORADO EN GEOGRAFÍA



Otorga el presente Certificado y

Constancia

a **Carlos Francisco Ochoa Jiménez**

IND-1627-2021-SEM-75-MICDPM-027

DEPARTAMENTO DE
GESTIÓN Y DISEMINACIÓN
DEL CONOCIMIENTO

Código de ingreso
IND-1627-2021-SEM-75

Folio
12082001-10052021-1627

Libro
Año2021/CURSO- MICDPM-75

Curso No. 75
Metodología en la investigación
científica: diseños, procesos y
métodos

Duración
46 horas



Por su destacada participación en el Seminario-Taller: **Metodología en la investigación científica: diseños, procesos y métodos**, impartido en el marco del Seminario INDEHUS: *Dissemination of knowledge: Theory, research and practice*. Realizado del 10 de abril al 8 de mayo de 2021 con una duración de 46 horas.

Dado en la Ciudad de México a los 10 días del mes de mayo del año 2021.

Dr. Filiberto Toledano-Toledano
Profesor Titular INDEHUS, UNAM. Investigador HIMFG.
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. CONACYT