

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 - ²Rosalía 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.

ABSTRACT

Changes in coverage and land use have contributed to the configuration of the geographical space. Urbanization is one of the main processes of change that has caused the transformation of natural landscapes. This study presents the evaluation of changes in coverage and land use caused by urban expansion in Playa del Carmen, Quintana Roo (Mexico), during the period 1985-2015. This was done by calculating indicators and rates of change obtained from a matrix of changes and maps of land cover and use. The latter were made from Google Earth images from the years 1985, 1990, 1995 and 2000, a digital orthophoto from 2004 and QuickBird and WorldView-3 satellite images from 2007 and 2015 respectively. The results show that the urbanization process of Playa del Carmen has caused the loss of 2,514.6 hectares (ha) of natural vegetation during the period 1985-2015. Between 2004 and 2015 this same coverage decreased 1,080.7 ha, as a result of the increase in urban land uses. It is concluded that, in a period of 30 years, the urban growth of Playa del Carmen registered an annual exchange rate of 11.6% (it increased 2,514.6 ha), a situation that is attributed to the demographic growth caused by the job offer demanded by tourist services of this city, thereby generating an increase in areas for residential use and areas for the construction of urban equipment.

Keywords

Indicators of change, land use and coverage maps, interdependent interpretation method, rates of change.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los cambios de cobertura y uso del suelo (CCUS) han acelerado los procesos de transformación del espacio geográfico, debido a la conversión de la cobertura del terreno original o natural a otro distinto a éste. Dichos cambios se atribuyen a la conversión de la cobertura del suelo, así como a la degradación e intensificación de los usos de suelo. Estas transformaciones se derivan, principalmente, a causa de las actividades antropogénicas (López *et al.*, 2002; Trucíos *et al.*, 2013; Pal y Ziaul, 2017).

Las actividades antropogénicas, derivadas de intereses económicos, han propiciado la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales y culturales de diversas zonas geográficas, algunas de ellas son las que presentan belleza paisajística con potencial y viabilidad económica turística. Estos intereses contribuyen a la transformación del espacio geográfico, en ocasiones, sin considerar los aspectos sociales y culturales de sus habitantes nativos, por lo que el suelo y sus recursos son percibidos como mercancía a ser vendida u ofertada al mejor postor, incentivando así los CCUS (Soto, 2015). Dichos cambios, con escasa planificación, se convierten en la forma más drástica e irreparable de transformación del suelo, el cual tiene sus consecuencias puntuales y circundantes (Lal *et al.*, 2017).

Uno de los principales procesos que provocan los CCUS es la urbanización, definida como la ocupación y transformación física del espacio geográfico ocasionada por el desarrollo antropogénico de las ciudades. Este proceso debe establecer un equilibrio en el manejo y uso de sus recursos naturales, así como regular su crecimiento y desarrollo mediante una adecuada planificación urbana, todo ello con la finalidad de reducir y/o evitar impactos que pudiesen alterar las propiedades originales del territorio o poner en

riesgo vidas humanas (Merlotto *et al.*, 2012; Guardia y Ruíz, 2014; Rey y Ferrás, 2015; Soto, 2015).

A nivel mundial, la urbanización se promociona como grandes ciudades que se caracterizan porque sus habitantes cuentan con una mejor calidad de vida, servicios de salud, vivienda y educación, estabilidad económica, innovación tecnológica, superación personal y profesional, entre otros. Por supuesto, estas zonas se convierten en importantes áreas comerciales, turísticas, industriales y residenciales con grandes inversiones y aspiraciones económicas, llegando a ser, en algunos casos, los motores económicos de su país (Palafox *et al.*, 2015).

Aunque la urbanización tiene el potencial para que las ciudades sean más prósperas y los países más desarrollados, muchas de ellas no están preparadas para los cambios multidimensionales asociados a este proceso, debido a la escasa planificación urbana que origina impactos como la expansión irregular de los espacios, tanto urbanos, industriales, comerciales y turísticos, que conllevan a reorganizar el sistema de asentamientos; el aumento descontrolado de la población originada por la migración nacional e internacional; y las alteraciones y modificaciones a la estructura social y sus formas de vida (ONU-Hábitat, 2016; Alva y Martínez, 2018; Castillo, 2019).

América Latina y el Caribe es la región más urbanizada del mundo en desarrollo, la cual desde 1950 ha venido experimentando un importante crecimiento en el proceso de urbanización y concentración poblacional, propiciando en sus ciudades un desarrollo económico y regional. Este proceso estuvo marcado por la pobreza, la precariedad y el desorden, ocasionado principalmente por el descontrol en la migración externa e interna que originaron procesos de expansión y reordenamiento territorial de sus ciudades, las cuales conllevan a CCUS (Jordan y Simioni, 2002; Da Cunha y Rodríguez, 2009; Quimbayo y Vásquez, 2016).

Uno de los países de América Latina y el Caribe más urbanizados es México, conformado por más de 400 ciudades y 59 zonas metropolitanas en las cuales se concentra el 85% de la población urbana del país (Alva y Martínez, 2018). Entre las ciudades con mayor crecimiento urbano se encuentran: Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana, Toluca de Lerdo, entre otras (CONAPO, 2018). Al sureste del país, particularmente en el estado de Quintana Roo, es notorio observar el crecimiento de las ciudades costeras de este territorio, así como la pérdida de la cobertura y densidad forestal para satisfacer las necesidades de infraestructura turística y recreación de estos espacios urbanos. Esta situación ha incentivado la generación de empleos que resultó en el aumento y concentración de la población en las ciudades costeras de esta entidad (Cortina *et al.*, 1999; Dupuy *et al.*, 2007).

Uno de los destinos turísticos costeros de Quintana Roo, considerado entre los más importantes del país, es la ciudad de Playa del Carmen. Este territorio ha experimentado CCUS desde la década de 1980, producto del proceso de urbanización que se atribuye principalmente al crecimiento demográfico. Según la clasificación del Consejo Nacional de Población, esta ciudad es el centro urbano más grande del país con casi 215,000 habitantes, además, es la segunda ciudad con mayor tasa de crecimiento medio anual (4.35% durante el periodo 2010-2018), solo por debajo de San José del Cabo (5.02%) y por encima de Cancún (2.93%) que se coloca en la novena posición (CONAPO, 2018).

Con base en lo expuesto, el objetivo de este estudio es evaluar la expansión urbana de Playa del Carmen y los CCUS que ha ocasionado este proceso de cambio durante el

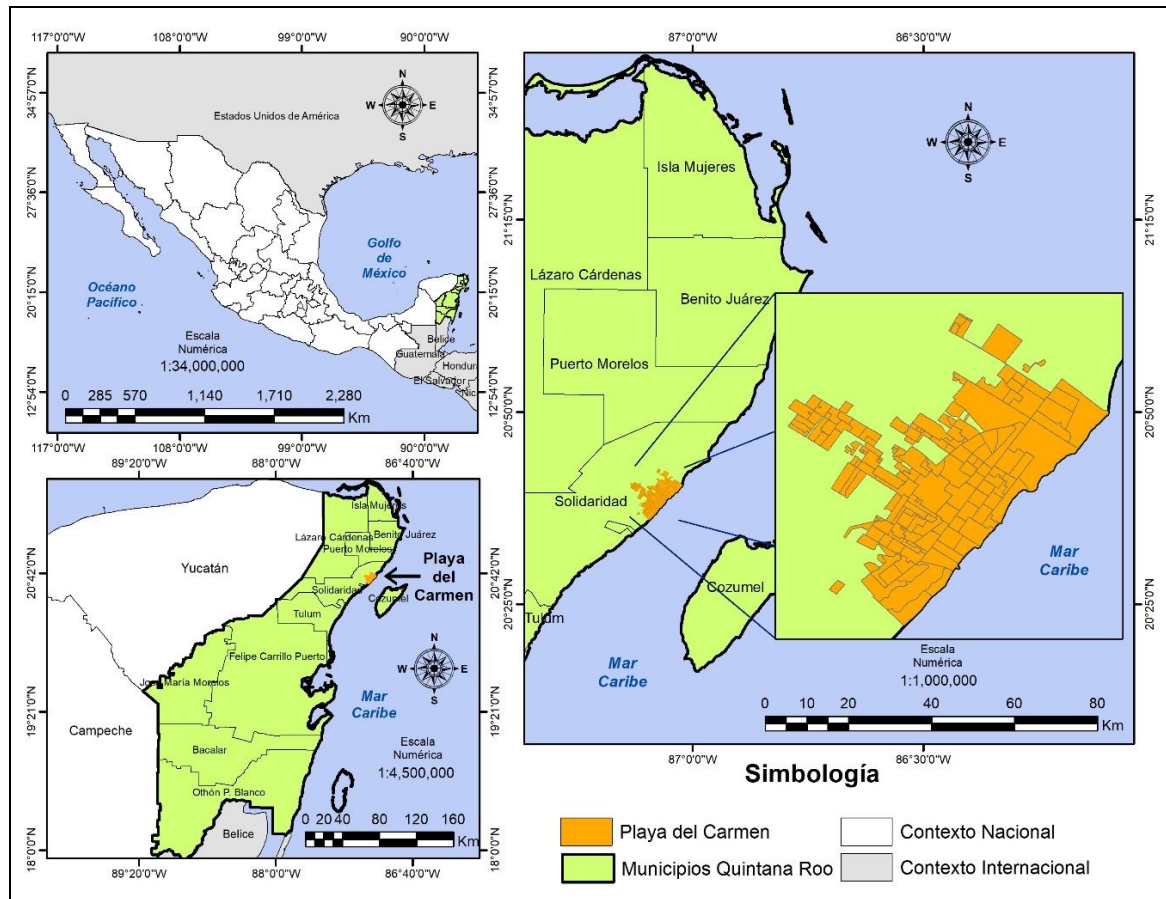
periodo 1985-2015. La evaluación se llevó a cabo a partir del cálculo de tasas e indicadores de cambio: pérdidas, ganancias, cambio neto, cambio total e intercambios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La ciudad de Playa del Carmen se ubica al sureste de la República Mexicana, en el municipio de Solidaridad, estado de Quintana Roo, entre los paralelos $20^{\circ}36'01''$ y $20^{\circ}42'46''$, y los meridianos $87^{\circ}01'10''$ y $87^{\circ}07'35''$ (figura 1). El entorno adyacente a esta ciudad se caracteriza por la presencia de vegetación conformada por selva mediana subperennifolia, así como flora típica de zonas costeras y de áreas inundables donde predominan especies de manglar (Ruíz-Ramírez, *et al.*, 2018).

Figura 1. Ubicación geográfica de Playa del Carmen en el contexto internacional, nacional y estatal.

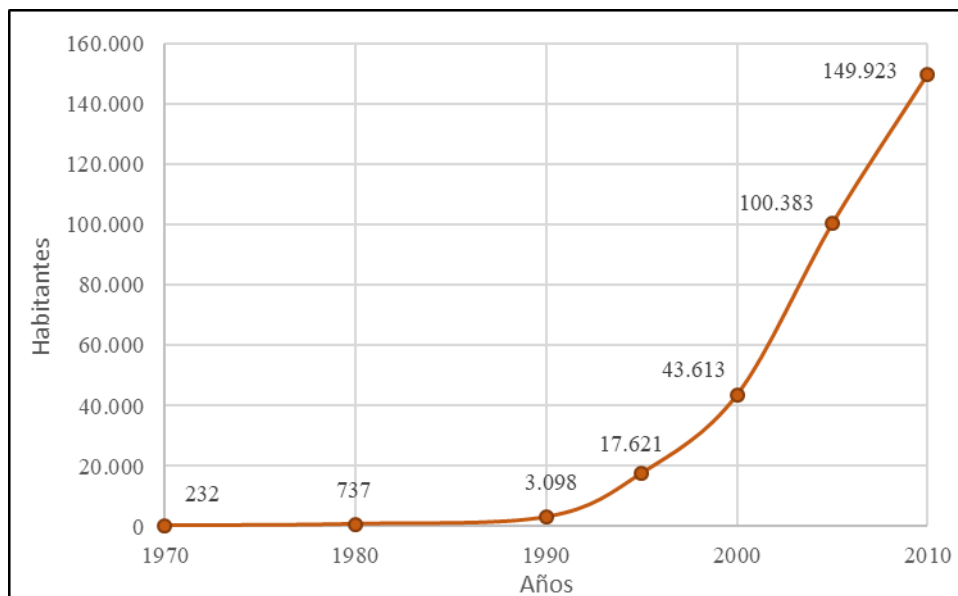


Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2019).

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, comercios, entre otros. Su infraestructura y equipamiento urbano está diseñado para satisfacer las necesidades de los turistas nacionales e internacionales. Esto ha contribuido, de forma indirecta, al crecimiento y desarrollo urbano desordenado de esta ciudad, así como al aumento demográfico que ha experimentado en las últimas tres décadas. Durante el periodo 1970-2010, Playa del

Carmen pasó de ser un pueblo pesquero con 232 habitantes a convertirse en la ciudad con el índice de crecimiento urbano más acelerado de América Latina y el Caribe y uno de los más altos a nivel mundial (figura 2) (INEGI, 2000, 2010; Careaga e Higuera, 2011; Castillo y Méndez, 2019).

Figura 2. Crecimiento poblacional de Playa del Carmen (1970-2010).



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

Metodología

Se utilizaron imágenes de Google Earth de los años 1985, 1990, 1995 y 2000. Además de una ortofoto digital escala 1:20,000, con resolución de 1.5 metros del año 2004, así como imágenes de satélite QuickBird y WorldView-3 de los años 2007 y 2015 respectivamente. La temporalidad del análisis fue determinada por las imágenes referidas. Para la elaboración de los mapas de cobertura y uso de suelo se utilizó el software ArcGIS versión 10.5.

Mapas de cobertura y uso de suelo

Para la elaboración de los mapas de cobertura y uso del suelo (CUS) se definieron, en una primera instancia, las categorías o variables de análisis (Tabla 1). Estos mapas se realizaron a partir de las imágenes de satélite de los años 2007 y 2015 y la ortofoto digital del año 2004. Estos insumos cartográficos fueron corregidos geoméricamente debido a que presentaban un sistema de coordenadas arbitrario, utilizando la herramienta *Spline* del ArcGIS, que proporcionó un error medio cuadrático (RMS) de 0.004 m para la ortofoto de 2004 y 0.0000047 m para las imágenes de 2007 y 2015. Los mapas se elaboraron mediante el método de interpretación interdependiente (FAO, 1996).

Tabla 1. Definición de las categorías de análisis.

Cobertura/Usos del suelo	Definición
Residencial	Superficie construida básicamente para vivienda, tales como casas particulares, vecindades, asentamientos irregulares, departamentos y fraccionamientos.

Equipamiento urbano	Conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas, sociales, culturales, deportivas, educativas, de traslado y de abasto (complejos hoteleros, hoteles, centros comerciales, restaurantes, dependencias de gobierno e instalaciones de apoyo a la ciudadanía, comercios locales, estadios, canchas o áreas deportivas, iglesias, panteón, infraestructura de saneamiento y bombeo de aguas residuales y potables, puerto, aeropuerto y centrales camioneras). Su mantenimiento y funcionalidad están a cargo de las instancias de gobierno.
Vialidades	Vías de comunicación pavimentadas y de terracería.
Áreas verdes	Áreas ajardinadas destinadas a parques y utilizadas para actividades recreativas.
Áreas sin vegetación	Áreas desprovistas de cobertura vegetal, es decir, representan la ausencia total de vegetación que posiblemente fue eliminada por las actividades antrópicas.
Vegetación natural	Conglomerado de árboles apreciados como masas densas. Predomina las dunas costeras, manglares y selva mediana subperennifolia.
Cuerpos de agua artificiales	Masas de agua artificial construidas con fines paisajísticos por complejos hoteleros.

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

En un primer momento se digitalizaron las categorías de análisis sobre la imagen WorldView-3 del año 2015, debido a que ésta presentó una mayor resolución espacial en comparación con las otras dos imágenes, obteniendo con ello el mapa de CUS de Playa del Carmen. Para la elaboración del mapa de CUS del año 2007 se utilizó como base el mapa de 2015 (se consideró la superficie de las categorías que no registraron cambios) y sobre la imagen QuickBird sólo se digitalizó el área correspondiente a las categorías que experimentaron cambios. Por último, se sobrepuso el mapa de 2007 sobre la ortofoto digital del año 2004, para digitalizar los cambios identificados en esta imagen.

También se elaboraron mapas binarios (Vegetación natural/Urbano) que representan el crecimiento o expansión urbana de Playa del Carmen de los años 1985, 1990, 1995 y 2000. Los mapas binarios de los años 2004, 2007 y 2015 se construyeron a través de las imágenes referidas en el párrafo anterior. Cabe resaltar que para la representación espacial de este proceso de cambio se consideró como área límite el polígono de la imagen WorldView-3 del año 2015.

Evaluación de los CCUS

Para realizar la evaluación de los CCUS, inicialmente, se construyeron matrices de cambio o transición (Pontius *et al.*, 2004) de los periodos 2004-2007, 2007-2015 y 2004-2015. La matriz de cambios permite cuantificar las transformaciones registradas en las coberturas y usos del suelo de un determinado espacio geográfico, considerando una dimensión temporal. Las filas que comprenden a esta matriz representan el área de las categorías cartografiadas en el mapa correspondiente a la fecha 1 (f1), mientras que 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 (tabla 2).

Tabla 2. 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 incluidos en la matriz de tabulación cruzada se determinaron los indicadores de cambio: Ganancias (Gan), Pérdidas (Pér), Intercambio (Int), Cambio neto (Cn) y Cambio total (Ct). El cálculo de estos indicadores se realizó con las siguientes ecuaciones (tabla 3).

Tabla 3. Ecuaciones para calcular los indicadores de cambio.

Ganancias	$Gan = TCn (f2) - Pnn$	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.
Pérdidas	$Pér = TCn (f1) - Pnn$	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).

También se calcularon tasas de cambio, utilizado para representar el porcentaje de la superficie bajo un uso de suelo específico que cambia a otro uso anualmente, durante los periodos 1985-1990, 1990-1995, 1995-2000, 2000-2004, 2004-2007, 2007-2015 y 1985-2015. Esto se realizó a través de la siguiente ecuación (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,

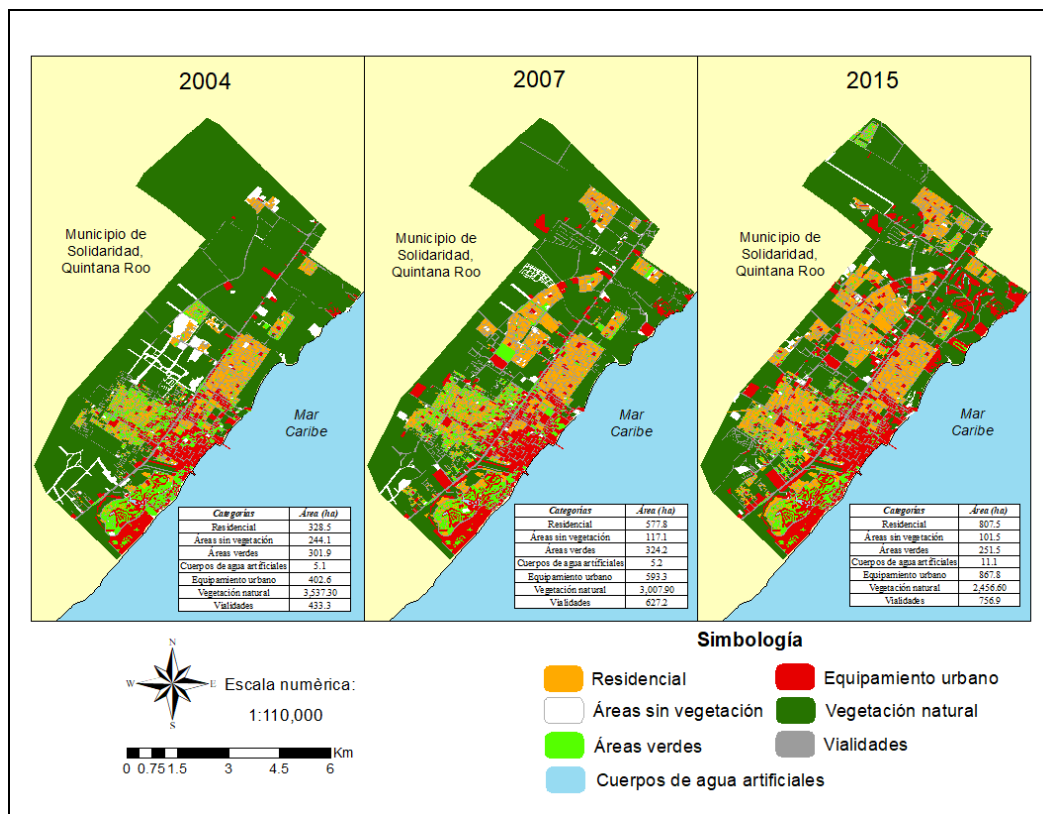
n: años transcurridos entre las dos fechas.

RESULTADOS

Mapas de coberturas y usos del suelo

Se obtuvieron tres mapas de CUS de Playa del Carmen de los años 2004, 2007 y 2015. La leyenda de estos productos cartográficos corresponde a las categorías: Residencial, Áreas sin vegetación, Áreas verdes, Cuerpos de agua artificiales, Equipamiento urbano, Vegetación natural y Vialidades (Figura 3).

Figura 3. 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 muestran una disminución de la cobertura Vegetación natural, para el año 2004 decrecieron 3,537.3 ha, 3,007.9 ha en 2007 y 2,456.6 ha en 2015. Se observa que, durante el año 2004, esta cobertura predominaba en las porciones norte y noreste de la ciudad, mientras que para el año 2015 estas zonas fueron reemplazadas principalmente por el uso de suelo Residencial y las coberturas 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 aumentaron su superficie a 807.5, 867.8 y 756.9 ha respectivamente. Con relación a las coberturas Áreas verdes, Áreas sin vegetación y Cuerpos de agua artificiales, pasaron de 301.9 a 251.5 ha; de 244.1 a 101.5 ha; y de 5.1 a 11.1 ha respectivamente durante el periodo 2004-2015. Se percibe que el patrón de crecimiento espacial de la ciudad de Playa del Carmen es en dirección centro-norte y noreste.

Evaluación de los CCUS

En la matriz de cambios del periodo 2004-2007 se observa que, en el año 2004 la Vegetación natural tenía una superficie de 3,537 ha, para el año 2007 solamente se conservaron (permanecieron) 2,930.5 ha; por tanto, se perdieron 606.5 ha de esta cobertura las cuales fueron ocupadas por otras categorías: Residencial (155.4 ha), Áreas sin vegetación (73.3 ha), Áreas verdes (110.3 ha), Cuerpos de agua artificiales (0.1 ha), Equipamiento urbano (116.2 ha) y Vialidades (151.2 ha). La Vegetación natural también experimentó un proceso de recuperación, acción que coadyuvó al incremento de su área conservada, es decir, a 2,930.5 ha de Vegetación natural que permanecieron estables y se adicionaron 77.5 ha, de las cuales 0.5 pertenecían a Residencial, 61.4 a Áreas sin vegetación, 2.1 a Áreas verdes, 3.7 a Equipamiento urbano y 9.8 ha a Vialidades, obteniendo 3,008 ha de superficie total para el año 2007.

Las categorías Residencial y Equipamiento urbano registraron aumentos de superficie durante el periodo 2004-2007. La primera incrementó 248.9 ha debido a la adición de superficies de otras categorías, es decir, 50.8 ha de Áreas sin vegetación fueron sustituidas por la cobertura Residencial, 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 a la cobertura Residencial, 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 (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2007.

		AÑO 2007 (en hectáreas: ha)							TOTAL 2004
		Residencial	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificiales	Equipamient o urbano	Vegetación natural	Vialidades	
AÑO 2004 (en hectáreas: ha)	Residencial	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.

Para el periodo 2007-2015 se aprecia que durante el año 2007 la Vegetación natural tenía una superficie de 3,008.2 ha, de las cuales, para el año 2015 solamente se conservaron (permanecieron) 2,351.3 ha, situación asociada con el proceso de deforestación. Esto significa que las 656.9 ha pérdidas fueron ocupadas por las categorías: Residencial (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). La Vegetación natural presentó un proceso de recuperación, acción que permitió el incremento de la superficie conservada, mediante la recuperación de 88.3 ha de superficie, de las cuales 0.5 ha pertenecían a uso Residencial, 36.5 ha a Áreas sin vegetación, 47.8 ha a Áreas verdes, 3.5 ha a Equipamiento urbano y 17.1 ha a Vialidades. La Vegetación natural obtuvo una superficie total de 2,456.6 ha para el año 2015.

El uso de suelo Equipamiento urbano presentó una superficie de 593.6 ha para el año 2007, conservando 579.5 ha (permanencia), perdiendo 14.1 ha que pasaron a formar parte de las categorías: Residencial (2.2 ha), Áreas sin vegetación (4.3 ha), Áreas verdes (2.8 ha), Vegetación natural (3.5 ha) y Vialidades (1.3 ha). Se adicionaron 10.1 ha de Residencial, 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, obteniendo un total de 867.8 ha de Equipamiento urbano para el año 2015.

En el año 2007, el uso de suelo Residencial registró una pérdida mínima (13.5 ha), superficie reemplazada 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. Esto indica que se adicionaron un total de 243.5 ha, que antes correspondían a las categorías de 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 (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2007-2015.

		AÑO 2015 (en hectáreas: ha)							TOTAL 2007
		Residencial	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificiales	Equipamiento urbano	Vegetación natural	Vialidades	
AÑO 2007 (en hectáreas: ha)	Residencial	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.

En la matriz de cambios del periodo 2004-2015 se observa que en 2004 la Vegetación natural tenía una superficie de 3,537.4 ha, de las cuales se conservaron (permanecieron) 2,373.1 ha para el año 2015 ha. Eliminandose 1,164.3 ha que formaron parte de las categorías: Residencial (357.6 ha), Áreas sin vegetación (86.5 ha), Áreas verdes (96.8 ha), Cuerpos de agua artificiales (5.8 ha), Equipamiento urbano (343.7 ha) y Vialidades (274 ha). La Vegetación natural recuperó cobertura que permitió el incremento de la superficie conservada (2,373.1 ha) a un total de 2,456.7 ha para el año 2015 que resultaron de la adición de 88.3 ha de superficie, de las cuales 0.1 ha pertenecían a uso Residencial, 71 ha a Áreas sin vegetación, 3.1 ha a Áreas verdes, 1.4 ha a Equipamiento urbano y 8 ha a Vialidades.

Con relación al uso del suelo Residencial y Equipamiento urbano, los incrementos registrados son significativos durante el periodo 2004-2015, ya que el primero registró 328.7 ha y el segundo 402.6 ha para 2004. De estas superficies se conservaron (permanencia) 319.3 y 393.1 ha respectivamente, sin embargo, se adicionaron 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 a la categoría Residencial, llegando a una superficie total de 807.6 ha; mientras que al uso de suelo Equipamiento urbano se adicionaron 8.2 ha de uso Residencial, 41.8 ha de Áreas sin vegetación, 76 ha de Áreas verdes, 343.7 ha de Vegetación natural y 5 ha de Vialidades, resultando un total de 867.8 ha de esta categoría (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de tabulación cruzada. Periodo: 2004-2015.

		AÑO 2015 (en hectáreas: ha)							TOTAL 2004
		Residencial	Áreas sin vegetación	Áreas verdes	Cuerpos de agua artificial	Equipamiento urbano	Vegetación natural	Vialidades	
AÑO 2004 (en hectáreas: ha)	Residencial	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.

Indicadores de cambio

El 81.8% (4,298.6 ha) del territorio que comprende Playa del Carmen permaneció estable durante el periodo 2004-2007, el resto de la superficie territorial correspondiente al 18.2% (954.6 ha) presentó cambios en las CUS que caracterizan a esta ciudad. Con respecto a los cambios en términos de ganancias y pérdidas, la Vegetación natural fue la categoría que registró la mayor pérdida con 11.5% (606.8 ha). Por el contrario, las categorías que registraron ganancias fueron Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades con 4.89% (257 ha), 3.96% (208.2 ha) y 3.95% (208 ha) respectivamente. Por otro lado, el análisis del cambio neto permitió identificar que la cobertura

Vegetación natural disminuyó 10% (529.4 ha) con relación a la registrada en 2004, mientras que las categorías Residencial, Vialidades y Equipamiento urbano incrementaron su superficie: 249.3 ha (4.74%), 193.9 ha (3.69%) y 190.7 ha (3.63%) respectivamente. Las categorías que presentaron los mayores cambios totales, es decir, las que presentaron incrementos en cuanto a las ganancias como las pérdidas, fueron: Vegetación natural (13%), Áreas sin vegetación (5.5%), Residencial (5%) y Equipamiento urbano (4.3%) (Tabla 7a).

Respecto al periodo 2007-2015, el 81.7% (4,293.3 ha) del área de estudio permaneció estable, mientras que 18.3% (960.4 ha) presentó cambios significativos. En relación a las ganancias y pérdidas, la Vegetación natural fue la categoría que reportó la mayor pérdida con 12.5% (656.6 ha), mientras que las categorías Equipamiento urbano, Residencial y Vialidades incrementaron su superficie con 5.48% (288.3 ha), 4.62% (243 ha) y 3% (159.7 ha) respectivamente. El análisis de cambio neto permitió evidenciar que la categoría Vegetación natural disminuyó 10.5% (551.3 ha) respecto a la que tenía en 2007, mientras que las categorías Equipamiento urbano, Residencial y Vialidades aumentaron su área: 5.22% (274.5 ha), 4.37% (229.7 ha) y 2.46% (129.7 ha) respectivamente. El cambio total permitió identificar los usos de suelo que registraron mayores ganancias y pérdidas durante este periodo de estudio, mismas que son: Vegetación natural (14.5%), Equipamiento urbano (5.8%), Residencial (4.9%) y Áreas verdes (4.2%) (Tabla 7b).

Durante el periodo 2004-2015, la mayor parte de las coberturas y usos del suelo de Playa del Carmen permanecieron estables (69.8%, equivale a 3,666.6 ha), el 30.2% (1,586.7 ha) registraron cambios. La Vegetación natural fue la categoría que reportó la mayor pérdida con 22.16% (1,164.2 ha). Por el contrario, las categorías Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades presentaron las mayores ganancias con 9.3% (488.3 ha), 9% (474.7 ha) y 6.44% (338.7 ha) respectivamente. Por otro lado, el análisis de cambio neto permitió identificar que la categoría Vegetación natural disminuyó 10.5% (1,080.7 ha) respecto a la registrada en 2004, mientras que los usos de suelo: Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades, incrementaron su superficie en 9.1% (479 ha), 8.85% (465.2 ha) y 6.16% (323.6 ha) respectivamente. Como se muestra en la tabla 7c, los mayores cambios totales fueron identificados en las clases: Vegetación natural, Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades.

Con relación a los intercambios entre categorías de análisis, se observa que, durante todos los periodos de estudio, las categorías Áreas verdes, Áreas sin vegetación y la Vegetación natural son las que presentaron mayores intercambios.

Tabla 7. 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	Residencial	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 o 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
	Validades	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	Residencial	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 o 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
	Validades	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	Residencial	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 o 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
	Validades	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

Con base en los datos de la tabla 8, se observa que la ciudad de Playa del Carmen ha crecido en áreas donde predomina la Vegetación natural. Durante el periodo 1985-2015 esta cobertura disminuyó considerablemente, pues registró una tasa anual de cambio de -2.2%. Por su parte, el uso de suelo Urbano incremento su superficie, reportando una tasa anual de cambio de 11.6%. Estos procesos de cambio (pérdida de la vegetación natural y expansión urbana) comenzaron a intensificarse a partir de la década de 1990, pero durante el periodo 2000-2004, ocurrió el mayor decremento a la superficie ocupada con Vegetación natural (una tasa de cambio anual de -5.1%). Para el caso del uso de suelo Urbano, se observa la mayor tasa de cambio anual durante el periodo 1995-2000 con 25%, sin embargo, desde el periodo 1990-1995 comenzó a incrementar su superficie (22.3% de 3.4% del periodo anterior).

El proceso de cambio de Playa del Carmen observado en la figura 4 permite determinar que, aceleradamente, la dirección de expansión del uso de suelo Urbano de esta ciudad es de sureste hacia el noreste sobre la línea costera, dirigiéndose hacia la ciudad turística de Cancún. Se percibe que para el año 2015 la superficie del uso de suelo Urbano era de 2,611.2 ha mientras que la Vegetación llegaba a aproximadamente la mitad de la

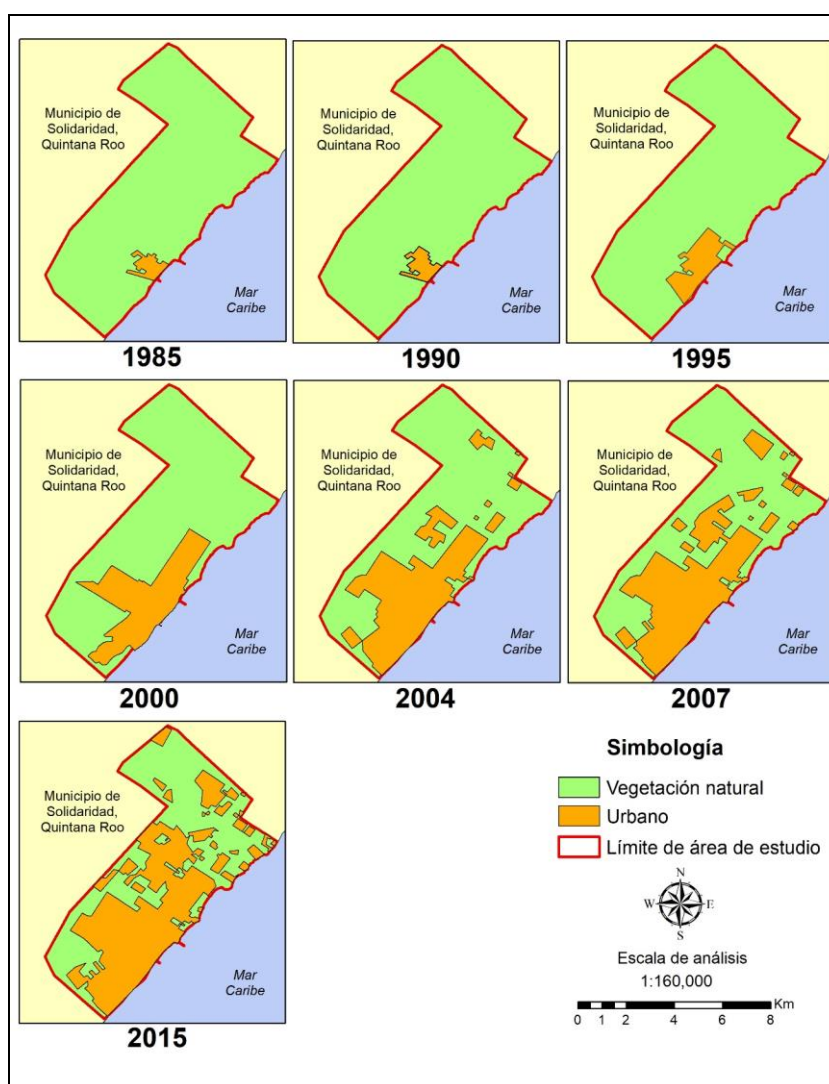
superficie que tenía para 1985, perdiendo así 2,514.6 ha. Por lo que, es evidente la gran presión que ejerce este último uso de suelo.

Tabla 8. 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 4. 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.

CONSIDERACIONES FINALES

En un periodo de 30 años, el crecimiento urbano de Playa del Carmen registró una tasa de cambio anual de 11.6%, situación que se asocia al crecimiento demográfico ocasionado por la oferta de trabajo que demandan los servicios turísticos de esta ciudad, generando con ello un incremento de las superficies de uso de suelo Residencial y Equipamiento urbano. Por su parte la categoría Vegetación natural presentó una tasa anual de cambio de -2.2% referida a la pérdida de 2,514.6 ha provocadas por el proceso de urbanización durante dicho periodo.

Durante el periodo de análisis se observó la disminución de la cobertura de Vegetación natural, la cual pasó de tener 3,537.3 ha en 2004 a 3,007.9 ha para 2007 y 2,456.6 ha en 2015. Una pérdida de 1,080.7 ha de vegetación nativa que en su mayoría se trata de selva mediana subperennifolia. Contrariamente, las superficies de uso de suelo Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades, siguen aumentando. Para el año 2004 sus superficies pasaban de 328.5, 402.6 y 433.3 ha a 577.8, 593.3 y 627.2 ha para 2007, y 807.5, 867.8 y 756 ha para 2015 respectivamente. Por otro lado, se pudo percibir la dirección de crecimiento urbano de Playa del Carmen hacia el norte y noreste, es decir, hacia la ciudad turística de Cancún. La dirección de crecimiento de esta ciudad puede ocasionar una conurbación urbana en un futuro cercano, intercalando componentes naturales como selva, dunas costeras y manglares, así como socioculturales como infraestructura y equipamiento urbano, áreas residenciales o sin vegetación, entre otras, que a mediano o largo plazo provocarán problemas como crecimiento urbano disperso, desordenado y escasamente planificado, asentamientos en zonas de riesgo o no aptas para el desarrollo humano, por lo que se debe pensar en estrategias que promuevan su adecuada dirección de desarrollo y planificación, y conduzcan hacia ambientes sanos, seguros, saludables y sustentables, tanto para la sociedad, como para

La matriz de cambio permitió observar y cuantificar las transiciones que experimentaron las diferentes categorías de usos de suelo durante el periodo 2004-2015 de Playa del Carmen. Mientras que los indicadores de cambio permitieron observar la Vegetación natural como la categoría que registró las mayores pérdidas durante los periodos 2004-2007, 2007-2015 y 2004-2015 con 11.5% (606.8 ha), 12.5% (656.6 ha) y 22.16% (1,164.2 ha) respectivamente. En contraste, las categorías que presentaron las mayores ganancias fueron: Residencial, Equipamiento urbano y Vialidades con 4.89% (257 ha), 3.96% (208.2 ha) y 3.95% (208 ha) respectivamente, para el primer periodo; 4.37% (229.7 ha), 5.22% (274.5 ha) y 2.46% (129.7 ha) respectivamente, para el segundo periodo; y por último 9.3% (488.3), 9% (474.7 ha) y 6.44% (338.7 ha) respectivamente, para el tercero.

Es evidente que Playa del Carmen está experimentando un proceso acelerado de expansión Urbana sobre la Vegetación natural para satisfacer las necesidades de sus habitantes y de las actividades turísticas y empresariales, estas últimas siguen los patrones mundiales del neoliberalismo, donde las ganancias monetarias y la administración pública toman decisiones, en algunos casos, sin sustento sostenible. Estos datos justifican la necesidad de continuar formalizando estudios que incluyan el análisis de las causas o factores que inciden en el proceso de expansión urbana. Es importante resaltar que este tipo de datos interesan a los tomadores de decisiones en materia de planificación territorial, así como también forma parte de la discusión mundial sobre el cambio climático, donde algunos académicos defienden la postura sobre el patrón económico mundial que favorece a la construcción social del riesgo y aumenta la segregación urbano espacial.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para realizar mis estudios de posgrado y al Centro de Investigación Geográfica de la Universidad de Quintana Roo, Campus Chetumal, por proporcionar la imagen satelital QuickBird.

BIBLIOGRAFÍA

Alva, B.; 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.

Camacho-Sanabria, J.; Juan, J.; Pineda, N.; Cadena, E.; Bravo, L.; 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.

Camacho-Sanabria, J. M. (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.

Careaga, L.; Higuera, L. (2011). *Quintana Roo. Historia breve*. Fideicomiso Historia de las Américas. México. 36 pp.

Castillo-Pavón, O.; Méndez-Ramírez, J. (2019). Los efectos del crecimiento urbano en Playa del Carmen, Quintana Roo: Una aproximación desde la resiliencia urbana. En: Castillo-Villanueva, M. L. *Resiliencia en ciudades costeras del caribe mexicano ante desastres por huracán*. Universidad de Quintana Roo. Quintana Roo, México. pp. 185-204.

Concejo Nacional de Población (CONAPO) (2018). *Sistema urbano nacional 2018*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. México. 66 pp.

Da Cunha, J.; Rodríguez, J. (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. *Revista latinoamericana de población*, 3(4-5), pp. 27-64.

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.

Dupuy, J.; González, J., Iriarte, S., Calvo, L., Espadas, C., Tun, F., 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.

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.

Guardia, E.; Ruíz, M. (2014). Variabilidad espacio-temporal de la pérdida de suelos productivos como consecuencia del crecimiento urbano. Análisis mediante el geoproceso 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.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2000). *XII Censo general de población y vivienda 2000*. INEGI. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. INEGI. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2019). *Marco geoestadístico integrado*. INEGI. México.
- Jordan, R.; Simioni, D. (2002). Hacia una nueva modalidad de gestión urbana. En: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). *Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible*. CEPAL. Santiago de Chile, pp. 80.
- Lal, K.; Kumar, D.; 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.
- López, E.; Mendoza, M.; 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.
- López-Vázquez, V.; Plata-Rocha, W. (2009). *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 68, pp. 85-101.
- Merlotto, A.; Piccolo, M.; 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.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) -Habitat (2016). *Urbanización y desarrollo. Futuros emergentes*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos 2016. Nairobi, Kenia.
- Pal, S.; 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.; 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.; Carrascal, E. (2000). El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. *Investigaciones geográficas*. 43, pp. 145-166.
- Pontius, R.; Shusas, E.; McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, pp. 251-268.
- Quimbayo, G.; Vásquez, F. (2016). Hacia una ecología política de la urbanización en América latina. *Ecología política*, 51, pp. 43-51.
- Rey, A.; 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.
- Ruíz-Ramírez, J.; López, G.; Cabrera, G. (2018). Manglares, desarrollo turístico y cambio climático en Playa del Carmen, corazón del caribe mexicano. *Cuadernos de biodiversidad*, 55, pp. 28-40.

Secretaría de Gobierno Mexicano (SEGOB) (2020). *Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano*. Cámara de Diputados. México.

Silva, A.; 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.

Soto, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoque desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma económico*. 7(1), pp. 127-149.

Tochihuitl, A.; Villarreal, L.; Ramírez, B.; Gutiérrez, E.; 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.

Trucíos, R.; Rivera, M.; Delgado, G.; Estrada, J.; Cerano, J., (2013). Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. *Terra Latinoamérica*, 31(4), pp. 339-346.

© Carlos Francisco Ochoa Jiménez, José Manuel Camacho Sanabria, Rosalía Chávez Alvarado, José Isabel Juan Pérez y Patricia Fragoso Servón.

Ocho Jiménez, C. F.; Camacho Sanabria, J.; Chávez Alvarado, R.; Pérez, J.; Fragoso Servón, 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(18) Sección I:1-18

On-line: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Recibido: 10 de abril de 2020

Aceptado: 23 de julio de 2020