



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE USO DE SUELO  
OCASIONADO POR ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL ÁREA  
DEL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO  
TERRITORIAL DE BACALAR, QUINTANA ROO

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA :

MÓNICA GÓMEZ GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS:

MTRA. ANGÉLICA M. FRANCO GONZÁLEZ



CIUDAD DE MÉXICO

NOVIEMBRE, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Todo conocimiento sirve para el futuro...

... y el futuro, siempre nos alcanza.

~David Herrera Santana.

Anything worth doing good takes a little chaos.

~Michael Balzary (Flea)

“Mientras más oscuro está,  
más cerca está el amanecer”.

## A mi familia

Antes que nada, debo decir que todo esto es por y para ustedes. Omi, Popy y Nemo, gracias por todo, porque aun cuando estoy de malas (muy pocas veces), siempre están ahí para mí.

Papás, gracias por apoyarme en mi elección de estudiar Geografía, sé que les sorprendió, pero aun así me brindaron toda su comprensión para seguir adelante.

Mamá, a ti recurro (y lo seguiré haciendo) cuando tengo dudas sobre alguna decisión y siempre estás ahí para señalarme la mejor opción, gracias por eso.

Papá, recuerdo que en la secundaria te quedabas conmigo en la sala hasta que terminara mi tarea (porque sí, desde entonces me desvelaba), pero afortunadamente con el tiempo te diste cuenta que era un caso perdido y te ibas a acostar temprano, en verdad gracias por acompañarme en cada momento.

Ale, ¿qué sería de la vida sin un hermano?, no lo sé y no me gustaría saberlo. En verdad gracias por tu ayuda y preocupación que siempre has mostrado, disfruto mucho los momentos donde nos sentamos a ver una película o salimos, me sirven bastante para distraerme.

Siempre se los digo, pero los quiero mucho y ¡abrazo!

A toda mi familia (abue, tíos, primos y sobrinos) que directa o indirectamente hicieron que me despejara de preocupaciones y que disfrutara de la vida, nada de esto hubiera sido posible sin ustedes, así que nuevamente ¡gracias!

## Agradecimientos

¡Gracias Universidad Nacional Autónoma de México! por brindarme las herramientas para desarrollarme personal y profesionalmente y, sobre todo, por sentir ese orgullo de pertenecer a una gran institución.

Mi más sincera gratitud a mi asesora, la Mtra. Angélica Margarita Franco González, por haberme aceptado como tesista, aún sin tener claro lo que quería lograr y por los comentarios y el tiempo brindado.

Al Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez, a la Mtra. Irma Edith Ugalde García, a la Dra. María de Lourdes Rodríguez Gamiño y a la Mtra. Flavia Tudela Rivadeneyra les quiero agradecer por tomarse el tiempo de revisar este trabajo y por los comentarios y observaciones que me ayudaron a mejorar.

Quiero reconocer al Biólogo Víctor Manuel Hernández (Jefe de Departamento de Áreas Naturales Zona Sur) y la Bióloga Angela Beatriz Nah Chan (Jefa de Departamento de Ordenamiento Ecológico), ambos miembros de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo; al Ingeniero Gerardo Daniel López de la Universidad de Quintana Roo; al Arquitecto Ángel Gabriel Puc Aguilar, Director General de Planeación del Ayuntamiento de Bacalar; a Moisés González, Coordinador de Normatividad y Gestión Ambiental de Bacalar y todas las personas que durante mi visita a Chetumal y Bacalar mostraron amabilidad para mi persona, y me ayudaron con información.

Ahora bien, la carrera no hubiera sido tan fascinante, interesante y divertida sin la presencia de mis grandes amigos.

Anahí, Leslie (pequeño Less), Luis y Héctor, gracias por ser mi primera familia geográfica, estuvimos poco tiempo juntos, pero esos momentos los disfruté mucho ya que fueron únicos y valiosos.

Afortunadamente meses después llegaron más personas a mi vida y conformaron lo que ahora puedo decir, mi G6 favorito.

Ale, Daniela, Diana, Janeth y Leslie (por orden alfabético para que no se peleen), no sé qué hubiera sido sin su presencia, ustedes alegraron mis días con historias y anécdotas, además siempre estuvieron ahí en mis momentos complicados, en verdad las quiero bastante... sólo puedo decir ¡gracias por su amistad!

Luis Fer, en los últimos años te has convertido en un gran amigo, gracias por compartir y escuchar tantas historias, te quiero Fedo.

Si bien son pocos los verdaderos amigos que tengo, debo decir que cada uno es muy importante para mí, por tal, en estas últimas líneas englobo a todas esas bonitas amistades que llegaron para quedarse, con mención especial para mi mejor amiga, Selma y para esa persona que, indirectamente, me motivó a ser centrada y decidida... gracias por darle alegría a mi vida.

## Índice

Introducción .....	I
Capítulo 1. Descripción de la zona de estudio .....	1
1.1 Contexto físico .....	1
1.1.1 Geología .....	2
1.1.2 Edafología.....	4
1.1.3 Hidrología .....	5
1.1.4 Clima.....	6
1.1.5 Flora.....	6
1.1.6 Fauna.....	7
1.2 Contexto social .....	8
1.2.1 Población .....	10
1.2.2 Economía.....	14
Capítulo 2. Marco teórico-metodológico .....	19
2.1 Teoría de Sistemas.....	19
2.2 Marco conceptual.....	21
2.2.1 Laguna costera.....	21
2.2.2 Cobertura vegetal y cambio de uso de suelo .....	25
2.2.2.1 Cobertura vegetal.....	25
2.2.2.2 Uso de suelo .....	26
2.2.2.3 Cambio de uso de suelo y de cobertura.....	27
2.2.3 Actividades antrópicas.....	29
2.2.4 Perturbación .....	32
2.3 Metodología .....	33
Capítulo 3. Evaluación del cambio de uso de suelo.....	39
3.1 Cobertura vegetal .....	39
3.2 Agricultura .....	50
3.3 Evaluación del cambio de uso de suelo y cobertura de 1997 a 2016 .....	57
Conclusiones .....	70
Referencias.....	73
Anexo.....	80
1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial.....	80
1.2 Flora y fauna de las selvas húmedas.....	83
1.3 Cartografía de las Series de Vegetación de INEGI .....	85

## Índice de figuras y tablas

Figura 1.1. Ubicación del área de estudio (POET) en Quintana Roo. ....	2
Figura 1.2. Geología del área de estudio.....	3
Figura 1.3. Suelos del área de estudio. ....	5
Figura 1.4. Laguna de Bacalar.....	6
Figura 1.5. Manglar en Bacalar.....	6
Figura 1.6. Letrero ubicado en Chetumal para la conservación del manatí. ....	7
Figura 1.7. Gráfico de población en Quintana Roo, 1910-2015.....	10
Figura 1.8. Localidades y ciudades de importancia en el área de estudio. ....	12
Figura 1.9. Porcentaje de PEA en Bacalar y Othón P. Blanco, 2015. ....	14
Figura 2.1. Esquema del geosistema con base en Arcia Rodríguez (Ed.), 1994. ....	20
Figura 2.2. Clasificación de regiones con litoral en México. ....	22
Figura 2.3. Esquema para la elaboración de la cartografía del área de estudio. ....	37
Figura 2.4. Esquema metodológico general. ....	38
Figura 3.1. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016. ....	41
Figura 3.2. Superficie (ha.) de agricultura en el área de estudio de 1997 a 2016.....	44
Figura 3.3. Superficie (ha.) de cuerpos de agua en el área de estudio de 1997 a 2016....	45
Figura 3.4. Superficie (ha.) de manglar en el área de estudio de 1997 a 2016.....	46
Figura 3.5. Superficie (ha.) de pastizal en el área de estudio de 1997 a 2016. ....	46
Figura 3.6. Superficie (ha.) de selva mediana subperennifolia en el área de estudio de 1997 a 2016.....	47
Figura 3.7. Superficie (ha.) de tular en el área de estudio de 1997 a 2016.....	48
Figura 3.8. Superficie (ha.) de vegetación secundaria en el área de estudio de 1997 a 2016.....	48
Figura 3.9. Superficie (ha.) de zona urbana en el área de estudio de 1997 a 2016.....	49
Figura 3.10. Áreas agrícolas en Quintana Roo, 2016. ....	51
Figura 3.11. Tipos de agricultura en el área de estudio, 2016.....	54
Figura 3.12. Zonas de cultivo en la Carretera Federal 307 (Chetumal-Cancún).....	55
Figura 3.13. Cultivo de piña en la localidad de Maya Balam. ....	56
Figura 3.14. Terrenos en Pedro Antonio Santos. ....	56
Figura 3.15. Porcentaje del uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio, 1997-2016.....	59
Figura 3.16. Comparación del uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio, 1997-2016.....	62
Figura A.1. Política del POET, 2005. ....	81
Figura A.2. Usos del área del POET, 2005. ....	82
Figura A.3. Clasificación jerárquica de la vegetación según el INEGI. ....	85
Figura A.4. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997. ....	86
Figura A.5. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997. ....	87
Figura A.6. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001. ....	88
Figura A.7. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001. ....	89
Figura A.8. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005. ....	90
Figura A.9. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005. ....	91



Figura A.10. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009.....	92
Figura A.11. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009.....	93
Figura A.12. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013.....	94
Figura A.13. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013.....	95
Figura A.14. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.....	96
Figura A.15. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.....	97

Tabla 1.1. Suelos del área de estudio. ....	4
Tabla 1.2. Población por municipio, según sexo, 2015. ....	11
Tabla 1.3. Población por localidad en el área del POET, 2010.....	11
Tabla 1.4. Población de las ciudades de Bacalar y Chetumal, 1940-2010.....	12
Tabla 1.5. Servicios públicos en las localidades del área de estudio. ....	13
Tabla 1.6. Población ocupada y su distribución porcentual según sector, 2015.....	15
Tabla 1.7. Superficie, producción y valor de los principales cultivos del área, 2017.....	15
Tabla 1.8. Volumen y valor de especies pecuarias del área de estudio, 2017.....	16
Tabla 1.9. Recursos turísticos del área de estudio. ....	17
Tabla 1.10. Número de hoteles y cuartos dentro del área de estudio, 2008 a 2017.....	17
Tabla 3.1. Clasificación de las selvas húmedas según altura y caída de hojas. ....	42
Tabla 3.2. Servicios ambientales de las selvas húmedas. ....	42
Tabla 3.3. Servicios ambientales de los manglares. ....	43
Tabla 3.4. Superficie y producción de los principales cultivos a nivel estatal, 2014.....	50
Tabla 3.5. Tipos de agricultura dentro del área según la serie VI, 2016. ....	52
Tabla 3.6. Superficie (ha. y porcentajes) de los usos de suelo y tipos de vegetación del área de estudio, 1997-2016. ....	58
Tabla 3.7. Matriz de evaluación de causa-efecto en el área de estudio.....	63
Tabla A.1. Características de las UGA's del POET, 2005. ....	80
Tabla A.2. Flora característica de la selva húmeda. ....	83
Tabla A.3. Fauna característica de la selva húmeda. ....	84
Tabla A.4. Publicaciones referentes al uso de suelo elaboradas por el INEGI. ....	85
Tabla A.5. Series de Vegetación de INEGI. ....	85
Tabla A.6. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997.....	87
Tabla A.7. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001.....	89
Tabla A.8. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005. ....	91
Tabla A.9. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009. ....	93
Tabla A.10. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013. ....	95
Tabla A.11. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016. ....	97

## Introducción

Los seres humanos hemos mantenido una constante interacción con la naturaleza con la finalidad de satisfacer necesidades, por ello, no es nuevo afirmar que nuestras acciones ejercen un cambio en el entorno donde se llevan a cabo.

Dado que la Geografía se constituye como una disciplina del espacio, en donde las sociedades se desarrollan, la relación entre el ser humano y su entorno es un estudio importante por considerar; de ahí que se trate esa relación intrínseca como una disciplina ambiental (Ortega Valcárcel, 2000). El tema ambiental en la Geografía permite apreciar que los estudios de esa línea de investigación incorporan el enfoque físico y social que debe estar siempre presente en la disciplina (Bocco y Urquijo Torres, 2011).

El estudio de los ecosistemas o, mejor dicho, de los geosistemas, es de interés para la Geografía, ya que proveen numerosos servicios ambientales y muchos de ellos pueden soportar o adaptarse a la presencia humana, no obstante, existen otros que se consideran frágiles para dicho fin como las lagunas costeras, que son ambientes cercanos a la línea de costa y de importancia por sus características físicas, químicas, biológicas y geológicas.

Las lagunas costeras proporcionan servicios de abastecimiento, como suministro de alimentos y materias primas; de regulación, al mantener la calidad del aire y del suelo; de apoyo, al brindar áreas de protección y reproducción de especies; y culturales, al permitir el turismo (FAO, 2016), que las hace susceptibles a modificaciones al presentar alteraciones en sus límites como el cambio de uso de suelo por el desarrollo de actividades e infraestructura (Carbajal P. y Chavira M., 1985).

Por esa razón, el siguiente trabajo se enfoca en el área del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) de Bacalar, ubicada al sur del estado de Quintana Roo, en la cual se asientan las ciudades de Chetumal y Bacalar, ambas con un crecimiento poblacional constante.

Los diversos elementos con los que cuenta la zona, considerados recursos naturales y culturales, fueron los que motivaron la elección del área de estudio, al convertirla en un lugar de interés, principalmente turístico, ocasionando que el espacio se adaptara para soportar las actividades que en él se realizan.

Aunque la mayor parte del sureste mexicano se distinguía por la presencia de selvas húmedas, en la actualidad el crecimiento poblacional ha ocasionado que esa vegetación sea desplazada y/o modificada para satisfacer las necesidades que se demandan (Challenger, 1998). En el área de estudio, la superficie que la selva ocupaba disminuyó notablemente al punto de sólo quedar un remanente constituido por un campo experimental forestal de poco más de 1,300 ha. Actualmente, la vegetación secundaria (asociada a estratos arbóreos y arbustivos), producida por las prácticas agropecuarias que se concentran en los márgenes de la laguna, es la que mayor superficie presenta en el área de estudio.

La hipótesis planteada recae en que el área del POET de Bacalar ha experimentado transformaciones notables respecto a la vegetación original en un periodo de 1997 a 2016, ocasionado por la influencia del hombre en la zona.

Por consiguiente, el objetivo general de la investigación es evaluar el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal ocasionado por las actividades antrópicas que se realizan en el área del POET de Bacalar en un periodo de 19 años.

En cuanto a los particulares se determinaron tres objetivos: definir un marco teórico-metodológico para la evaluación del cambio de uso de suelo, describir las características geográficas del área de estudio y por último, indicar las actividades que se realizan en el área.

Para hacer posible dicha evaluación, además de identificar el contexto geográfico de la zona de estudio, se utilizaron las Series de Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 y 2016, para generar cartografía del área del POET y apreciar las zonas de mayor cambio, así como estimar las superficies por año seleccionado de cada uno de los tipos de uso de suelo y vegetación.

Para el trabajo de campo se elaboró una matriz de evaluación de causa-efecto en el área, para lograr una identificación de los sectores con mayor afectación y puntualizar en un análisis de esas áreas.

La tesis está integrada por tres capítulos; en el primero se mencionan las características geográficas del área que comprende el POET de Bacalar; el segundo se conforma del marco teórico, conceptual y metodológico que fundamentan la investigación y el tercero aborda la evaluación del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo con relación directa a las actividades antrópicas del área.

Así, el evaluar las condiciones de la vegetación a través de cartografía y datos estadísticos en un periodo determinado (de 1997 a 2016), permitirá conocer cómo fue el cambio, y el relacionar todo como un sistema llevará a advertir las causas de la transformación.

## Capítulo 1

### Descripción de la zona de estudio

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) de Bacalar se estableció en 2005 y en ese año su administración sólo estaba dirigida por el municipio de Othón P. Blanco (*Ver anexo 1.1*), sin embargo, para febrero de 2011 se creó el municipio de Bacalar, razón por la cual el POET se convirtió en un decreto obsoleto al comprender suelo perteneciente al nuevo municipio.

Es oportuno indicar que, aunque ya no es válido el POET de Bacalar, se tomó como área de estudio el polígono elaborado en el decreto, el cual se conforma de una superficie de 216,382 ha. (Gobierno de Quintana Roo, 2005). Al ocupar actualmente territorio de Bacalar y Othón P. Blanco, se consideraron datos de ambos municipios para información referente a población, actividades económicas, etcétera.

#### 1.1 Contexto físico

Los municipios de Bacalar y Othón P. Blanco se ubican al sur del estado de Quintana Roo (Figura 1.1), ambos suman una superficie de 14,630 km<sup>2</sup>, y en ellos se localiza el área destinada para el POET.

En febrero de 2011 se decretó la creación del municipio de Bacalar, con una superficie de 6,030 km<sup>2</sup> y que constituye el 14% de Quintana Roo (Municipio de Bacalar, 2016).

Por otro lado, Othón P. Blanco, que alberga la ciudad capital del estado, Chetumal, tiene una extensión territorial de 8,600 km<sup>2</sup>, igual al 20% del estado (Municipio de Othón P. Blanco, 2016).

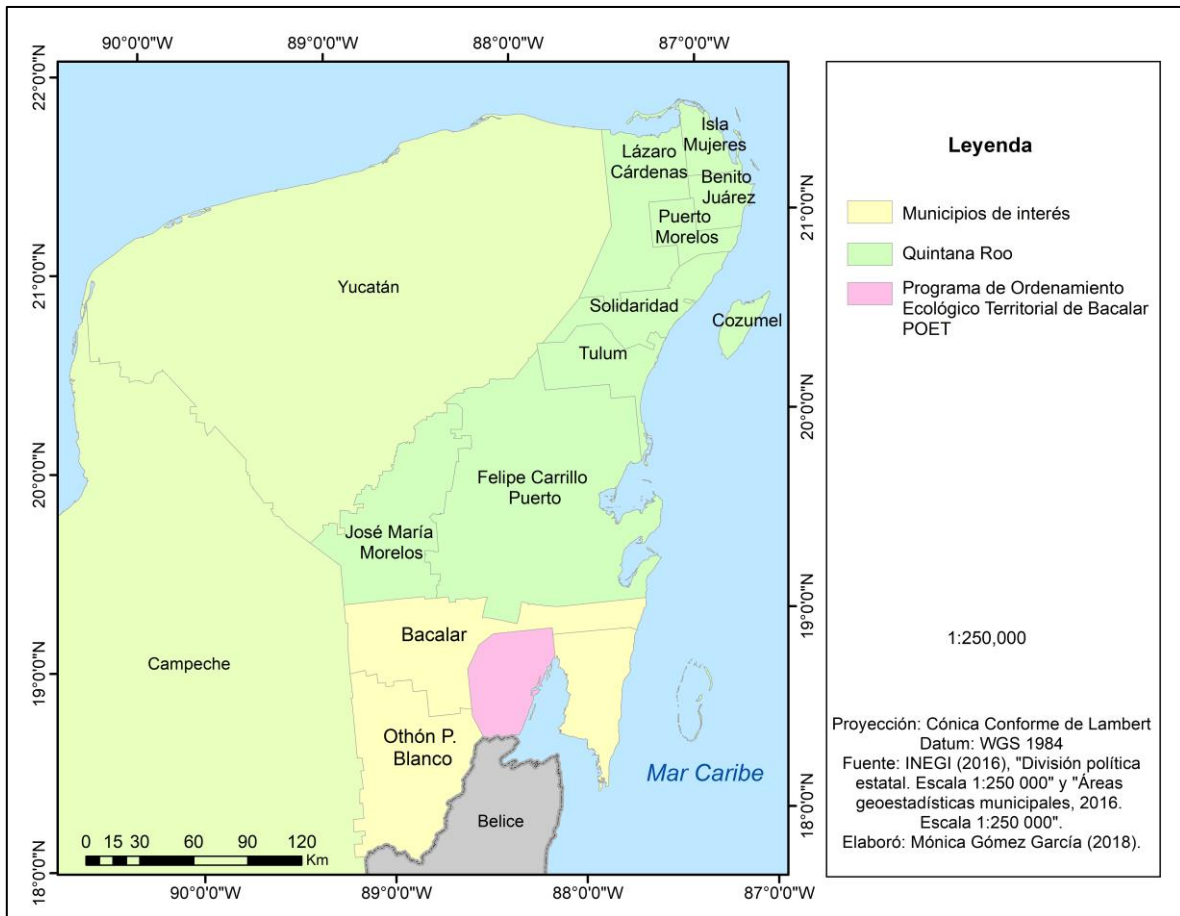


Figura 1.1. Ubicación del área de estudio (POET) en Quintana Roo.

### 1.1.1 Geología

El sustrato de la zona como la del resto de la Península de Yucatán, está formado por rocas sedimentarias, específicamente calizas (INEGI, 2009). El desarrollo de la Península se inició durante el Terciario Superior y se identificó por el ascenso de una secuencia carbonatada que, con una intensa disolución, provocó la formación de cenotes y canales subterráneos (Figura. 1.2). Ya en el Cuaternario la formación de lagunas y extensiones pantanosas fue un proceso notorio (Gobierno de Quintana Roo, 2005).

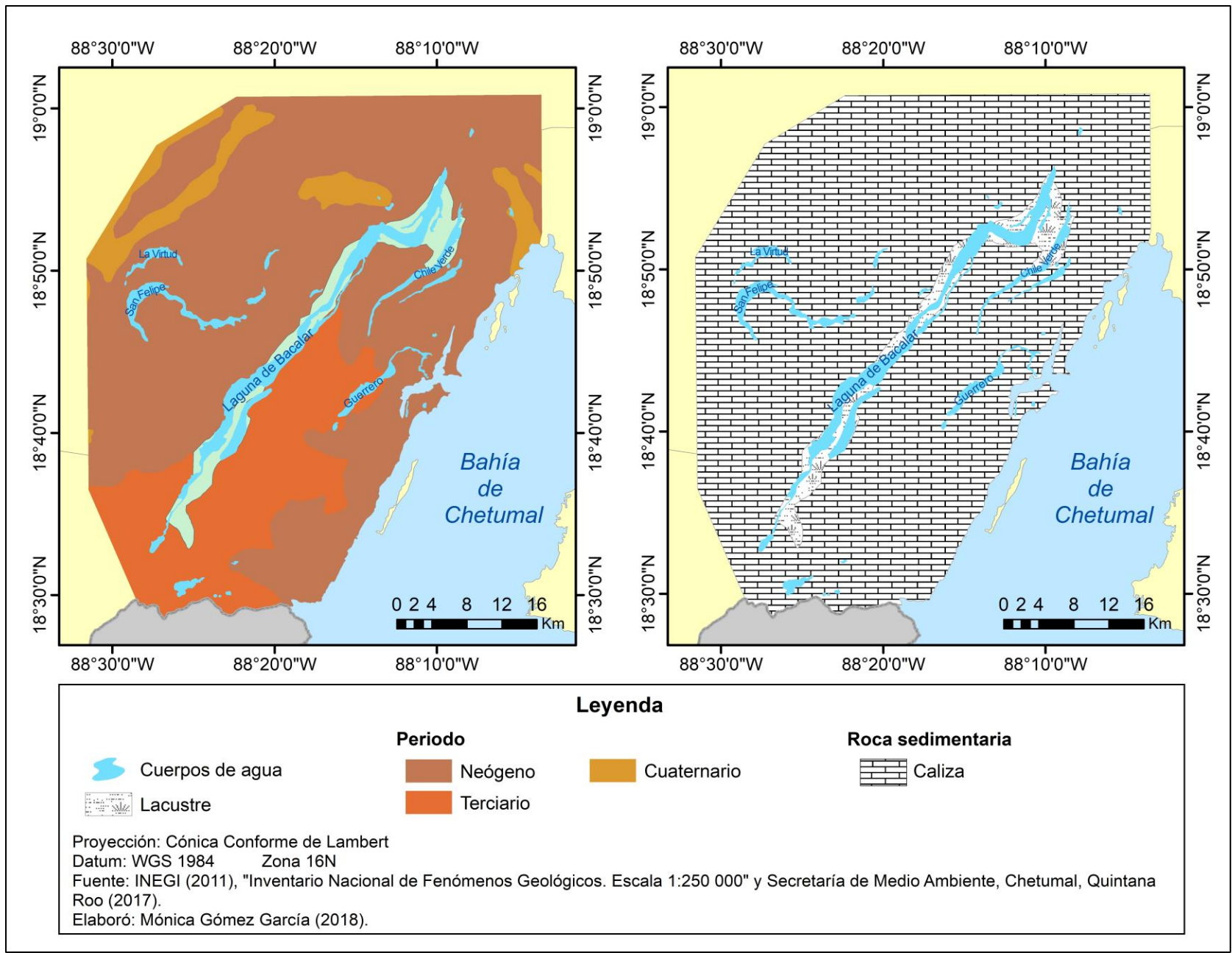


Figura 1.2. Geología del área de estudio.

### 1.1.2 Edafología

Quintana Roo cuenta con suelos jóvenes de poco desarrollo y poca profundidad; existen 12 de los 30 grupos de suelos principales reconocidos por la Base Referencial Mundial del Recurso del Suelo (WRB por sus siglas en inglés) (CONABIO, 2011).

Tanto en el estado como en la zona de estudio el suelo dominante es el Leptosol (Tabla 1.1), pero también están presentes el Vertisol, Luvisol, Gleysol, Phaeozem y Regosol (Figura 1.3).

Tabla 1.1. Suelos del área de estudio.

Suelo	Superficie (ha.)	%
Leptosol	72,597.61	35.72
Vertisol	56,526.68	27.81
Luvisol	44,362.73	21.83
Gleysol	20,562.32	10.11
Phaeozem	5,721.09	2.81
Regosol	3,439.59	1.69

Fuente: INEGI (2013).

El Leptosol (35.72%) se caracteriza por ser somero y por la presencia de residuos de carbonatos mezclados con material mineral (IUSS, ISRIC y FAO, 2007; CONABIO, 2011). Asimismo, soporta vegetación de selva mediana subperennifolia (predominante del estado); en el área se localiza al sur y sureste.

El Vertisol (27.81%) es un suelo muy arcilloso; se ubica al oeste y suroeste y se encuentra en terrenos cañeros por lo general en las partes planas (CONABIO, 2011).

Otro suelo ampliamente presente al norte es el Luvisol (21.83%), que se forma sobre calizas del Terciario y se reconoce por tener un horizonte superficial con pérdida de arcillas (CONABIO, 2011).



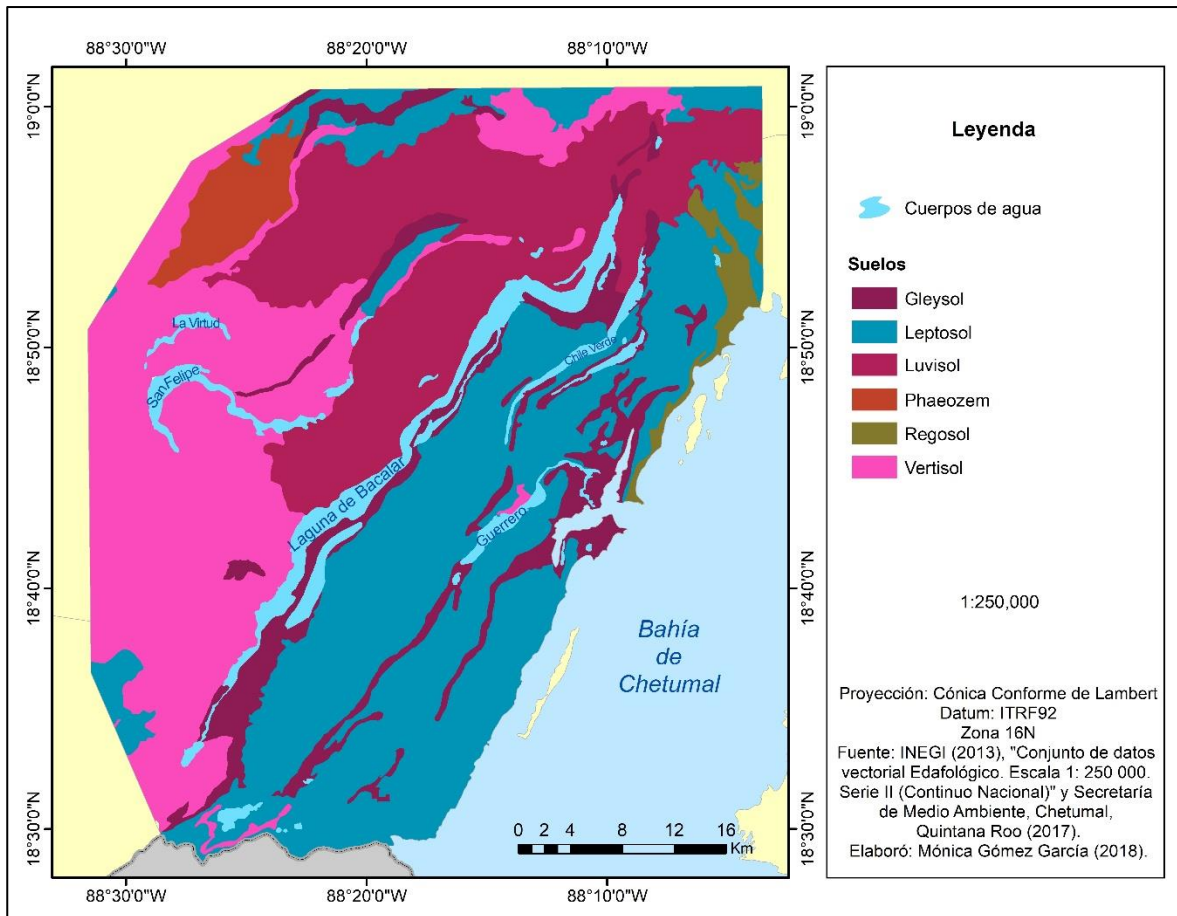


Figura 1.3. Suelos del área de estudio.

### 1.1.3 Hidrología

La península de Yucatán es una plataforma calcárea y se distingue por su geomorfología kárstica, razón por la cual los ríos superficiales son escasos y sólo sobresale el Río Hondo, que representa el límite natural entre México y Belice (SAGARPA, 2010).

Aparte del cenote Azul, existe un sistema lagunar conformado por cinco lagunas: La Virtud, San Felipe, Chile Verde, Guerrero y Bacalar, ésta última es la más representativa y cuenta con salida al Mar Caribe al oriente. Con una longitud de 42 km, la Laguna de Bacalar, conocida como "Laguna de Siete Colores" (Figura 1.4), mantiene el ciclo hidrológico de la Región Sistema Laguna Bacalar-Bahía de Chetumal (Periódico Oficial de Quintana Roo, 2011).

#### 1.1.4 Clima

El clima es cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano, con una precipitación media anual de 800 a 1600 mm (INEGI, 2009).

La temperatura media anual es entre 25° a 27° C; las temperaturas más altas se registran de junio a agosto y las más frías de diciembre a febrero (Rosado Varela y Medina Argueta, 2014).



Figura 1.4. Laguna de Bacalar.  
Fotografía de Gómez, 2017.  
Tomada en campo.

#### 1.1.5 Flora

La vegetación está integrada por asociaciones de clima cálido, la dominante es la selva mediana perennifolia. Hay otras de menor extensión y distribución irregular como el manglar (Figura 1.5), carrizal y tular (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Como es usual en las zonas urbanas, la cobertura natural fue reemplazada por construcciones; aun así, en los terrenos no ocupados, el tipo de vegetación es de selva mediana altamente modificada.

Las asociaciones vegetales que más destacan son el chacá (*Bursera simaruba*), el chechén (*Metopium brownei*), el kaniste (*Pouteria campechiana*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el tabaquillo (*Alseis yucatanensis*), el ramón (*Brosimum alicastrum*), el siricote (*Cordia dodecandra*), el guayabillo (*Psidium sartorium*), el palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), el chunup (*Clusia salvini*) y el tzalam (*Lisiloma bahamensis*) (Municipio de Othón P. Blanco, 2016).



Figura 1.5. Manglar en Bacalar.  
Fuente: SEMA, Quintana Roo, 2017.

En Bacalar hay vegetación secundaria resultado de prácticas agropecuarias ubicadas en el margen de la laguna (Proyecto Biomaya, 2004). En cuanto a la vegetación marina, en la Bahía de Chetumal sólo se identifica el pasto marino y algas (Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

### 1.1.6 Fauna

En los límites de Bacalar y Chetumal la fauna nativa ha sido desplazada, y en el resto del área, la fauna está asociada con la selva (Proyecto Biomaya, 2014).

Entre los mamíferos más representativos están el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el pecarí (*Tayassu tajacu*), el tejón (*Nasua narica*), el tepezcuintle (*Agouti paca*), el tlacuache (*Caluromys derbianus*), el coatí (*Nasua narica*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el murciélago (*Hylonycteris underwoodi*), la musaraña (*Cryptotis parva*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el jabalí (*Pecari tajacu*), el hormiguero (*Tamandua mexicana*), el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) y el manatí (*Trichechus manatus*) (Municipio de Othón P. Blanco, 2016).

La Universidad de Quintana Roo (2013) estima que había más de 320 especies de aves, entre residentes y migratorias, como el tucán real (*Ramphastos sulfuratus*), el zopilote (*Coragyps atratus*), la tórtola azul (*Claravis pretiosa*), el cenzontle (*Mimus gilvus*), la chachalaca (*Ortalis vetula*), el cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) y la garza blanca (*Ardea alba*). Entre los reptiles están el cocodrilo (*Crocodylus acutus*), la iguana (*Iguana iguana*), distintos tipos de tortuga y lagartos.

En ambos municipios hay algunas Áreas Naturales Protegidas (ANP) de competencia federal y estatal; las primeras se rigen por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y las segundas por la Secretaría de Medio Ambiente Estatal (SEMA). En la zona de estudio las únicas ANP son el “Parque Laguna de Bacalar” con 5.36 ha. de superficie y categoría de Parque Ecológico Estatal y “El Santuario del Manatí” con 277,733.66 ha. en la bahía de Chetumal (Figura 1.6) con categoría de Reserva Estatal (CONACYT, 2014).



Figura 1.6. Letrero ubicado en Chetumal para la conservación del manatí.

Fotografía de Gómez, 2017.  
Tomada en campo.

## 1.2 Contexto social

Comprender la situación de un lugar estimula conocer no solo su presente, sino también su pasado, por ello, se mencionarán los principales aspectos históricos de Chetumal y Bacalar, organizados en época prehispánica, colonial y época actual.

- Época prehispánica

Al sur del actual estado de Quintana Roo se asentaron los itzaes, entre 415 y 435 d.C. fundaron Siyan Ka'an Bakhalal, hoy Bacalar. Hasta el 950 se fundó Chactemal, actualmente Chetumal (Municipio de Othón P. Blanco, 2016). Bakhalal fue el punto más importante del cacicazgo de Uaymil<sup>1</sup>, que comprendía parte de los actuales municipios de Felipe Carrillo Puerto, Bacalar y Othón P. Blanco; mientras que el cacicazgo de Chactemal ocupaba territorio del actual Othón P. Blanco y Belice (Gómez Navarrete, 1998).

Para ambos asentamientos, la agricultura y el comercio significaron la principal actividad y, el estar dentro de un sistema lagunar, sirvió para transportar gente y productos en pequeñas embarcaciones (Peniche Moreno, 2018).

En 1531, el español Alonso Dávila llegó a Bakhalal y al observar su localización infirió que proporcionaba protección ante los ataques (Gómez Pech, 2015). En 1544, Gaspar Pacheco llegó a los cacicazgos de Uaymil y Chactemal donde inició sangrientas batallas para someter a los nativos. Al conseguirlo, Pacheco fundó Salamanca de Bacalar que durante muchos años fue una población influyente, al ser parte del sistema de ciudades coloniales (Municipio de Othón P. Blanco, 2016).

- Época colonial

El periodo comprende de 1544 a 1821, donde la administración española rigió la vida de la región. El terreno se encontraba cubierto de selva con especies de alto valor comercial, como palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), el copal (*Bursera copallifera*) y el zapote (*Manilkara zapota*) (Peniche Moreno, 2018).

---

<sup>1</sup> Fue uno de los 16 en los que se dividía la península de Yucatán antes del arribo de los españoles.

En ese tiempo, Bacalar experimentó gran movimiento mercantil, al comercializar caoba (*Swietenia macrophylla*), palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y ganado por mantas, cacao (*Theobroma cacao*) y almidón (Gómez Navarrete, 1998).

Durante el siglo XVIII existió una competencia entre españoles e ingleses por el palo de tinte, la cual se incrementó por el auge industrial textil, que exigía un incremento en la demanda de colorantes naturales (Contreras Sánchez, 1987).

En 1716 los ingleses fueron expulsados de Laguna de Términos y muchos se asentaron en Bacalar; once años después los españoles construyeron el fuerte de San Felipe, con el propósito de contener a los madereros ingleses.

Con la firma del Tratado de Versalles en 1783, se establecieron nuevos acuerdos entre España e Inglaterra y en ellos se otorgó libertad para la explotación del palo de tinte a los ingleses (Peniche Moreno, 2018).

Al firmarse el Plan de Iguala en 1821, Yucatán se hizo libre de España, pero aún se manejaba bajo el régimen establecido en la colonia (Gómez Navarrete, 1998).

En 1898, Othón P. Blanco fundó Payo Obispo y durante sus primeros años los habitantes carecieron de servicios y suministros. Hasta 1915 se convirtió en capital de Quintana Roo y experimentó un desarrollo comercial acompañado de la explotación de chicle, palo de tinte y caña de azúcar que duró poco por la sobreexplotación de selva (Romero Mayo y Benítez López, 2014).

- Época actual

En 1936 el Gobernador Rafael E. Melgar cambió el nombre de Payo Obispo a Chetumal y pese a tener un crecimiento de población, la ciudad carecía de muchos servicios y los existentes eran deficientes (Romero Mayo y Benítez López, 2014).

En lo que concierne a Bacalar, en 1940 la actividad forestal fue sustancial y durante 1960 y 1970 tuvo un crecimiento poblacional, motivado por la construcción de una carretera que originó una comercialización más rápida (Gómez Pech, 2015).

En 1972 por medio del Diario Oficial de la Federación, se concedió un permiso a Chetumal como “zona libre” que le sirvió para asegurar el abasto local; además, existió levantamiento de infraestructura (Romero Mayo y Benítez López, 2014).

Para octubre de 1974 se decretó la creación del Estado libre de Quintana Roo y en enero de 1975 se promulgó la Constitución del Estado formado por siete municipios.

En los años posteriores el crecimiento poblacional de Chetumal y Bacalar fue claro. En 2006 la Secretaría de Turismo (SECTUR), nombró a Bacalar como “pueblo mágico” y en 2011 fue instaurada como cabecera del nuevo municipio del mismo nombre.

### 1.2.1 Población

La población del estado ha crecido en los últimos 40 años y de acuerdo con el último conteo que se tiene, cuenta con 1,501,562 habitantes (Figura 1.7), (INEGI, 2015).

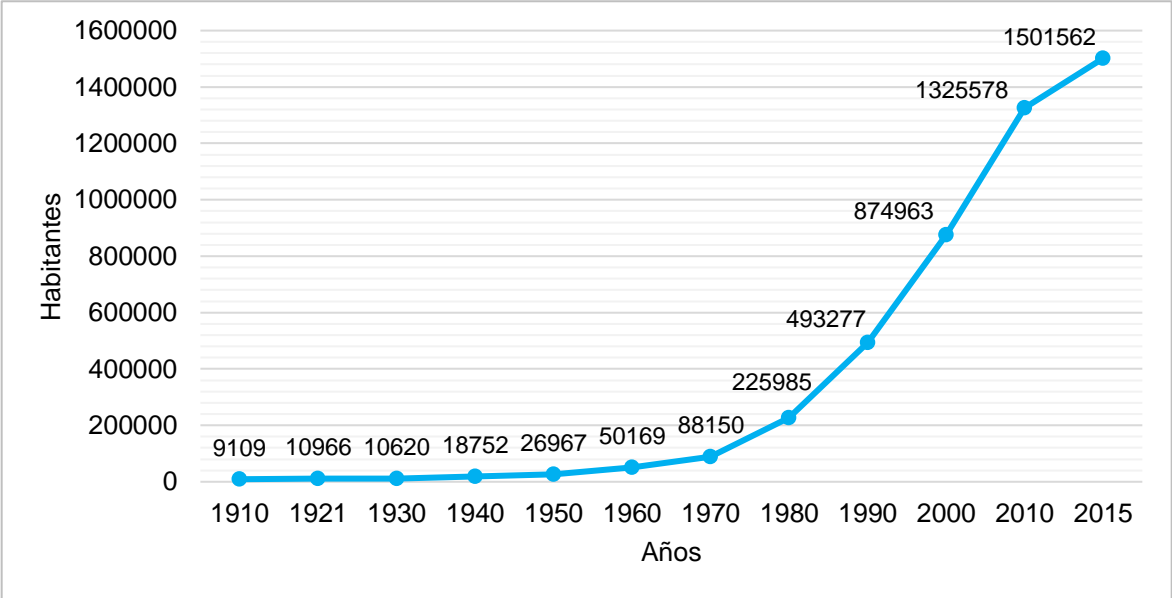


Figura 1.7. Gráfico de población en Quintana Roo, 1910-2015.  
Fuente: INEGI (1910-2010) e INEGI (2015).

El municipio que cuenta con mayor población es Benito Juárez con 743,626 habitantes (Tabla 1.2), seguido de Othón P. Blanco con 224,080 habitantes, mientras que Bacalar ocupa la sexta posición con 39,111 habitantes.

Tabla 1.2. Población por municipio, según sexo, 2015.

Municipio	Total	Hombres	Mujeres
Benito Juárez	743,626	370,758	372,868
Othón P. Blanco	224,080	108,635	115,445
Solidaridad	209,634	109,224	100,410
Cozumel	86,415	42,577	43,838
Felipe Carrillo Puerto	81,742	40,542	41,200
Bacalar	39,111	19,481	19,630
José María Morelos	37,502	19,194	18,308
Tulum	32,714	17,125	15,589
Lázaro Cárdenas	27,243	13,831	13,412
Isla Mujeres	19,495	10,171	9,324
Total (Estado)	1,501,562	751,538	750,024

Fuente: INEGI (2015).

En lo que corresponde a los municipios en donde se localiza el área de estudio, Bacalar cuenta con 195 localidades, mientras que Othón P. Blanco tiene 511 (INEGI, 2010); si se considera sólo el área del POET, estas se reducen a 76 localidades de Bacalar y 248 de Othón P. Blanco.

Aparte de Bacalar y Chetumal, sólo se delimitaron siete localidades (Tabla 1.3) por su relevancia con la actividad agrícola de la zona (Figura. 1.8).

Tabla 1.3. Población por localidad en el área del POET, 2010.

Municipio	Localidad	Población total	Hombres	Mujeres
Bacalar	Bacalar	11,048	5,427	5,621
	Maya Balam	2,018	1,073	945
	Salamanca	967	471	496
	San Isidro La Laguna	860	437	423
	Miguel Hidalgo y Costilla	676	346	330
	Pedro Antonio Santos	497	245	252
Othón P. Blanco	Chetumal	151,243	74,273	76,970
	Xul-Ha	2,037	1,035	1,002
	Laguna Guerrero	654	338	316

Elaboración propia con base en INEGI (2010).

Con datos de un periodo de 70 años (1940-1970), los centros urbanos de Bacalar y Chetumal presentan un crecimiento poblacional importante, el cual se puede advertir en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Población de las ciudades de Bacalar y Chetumal, 1940-2010.

Años	Bacalar	Chetumal
1940	619	4,672
1950	744	7,247
1960	934	12,855
1970	2,121	23,685
1980	4,590	56,709
1990	6,923	94,158
2000	9,239	121,602
2010	11,048	151,243

Fuente: INEGI (1940-2010).

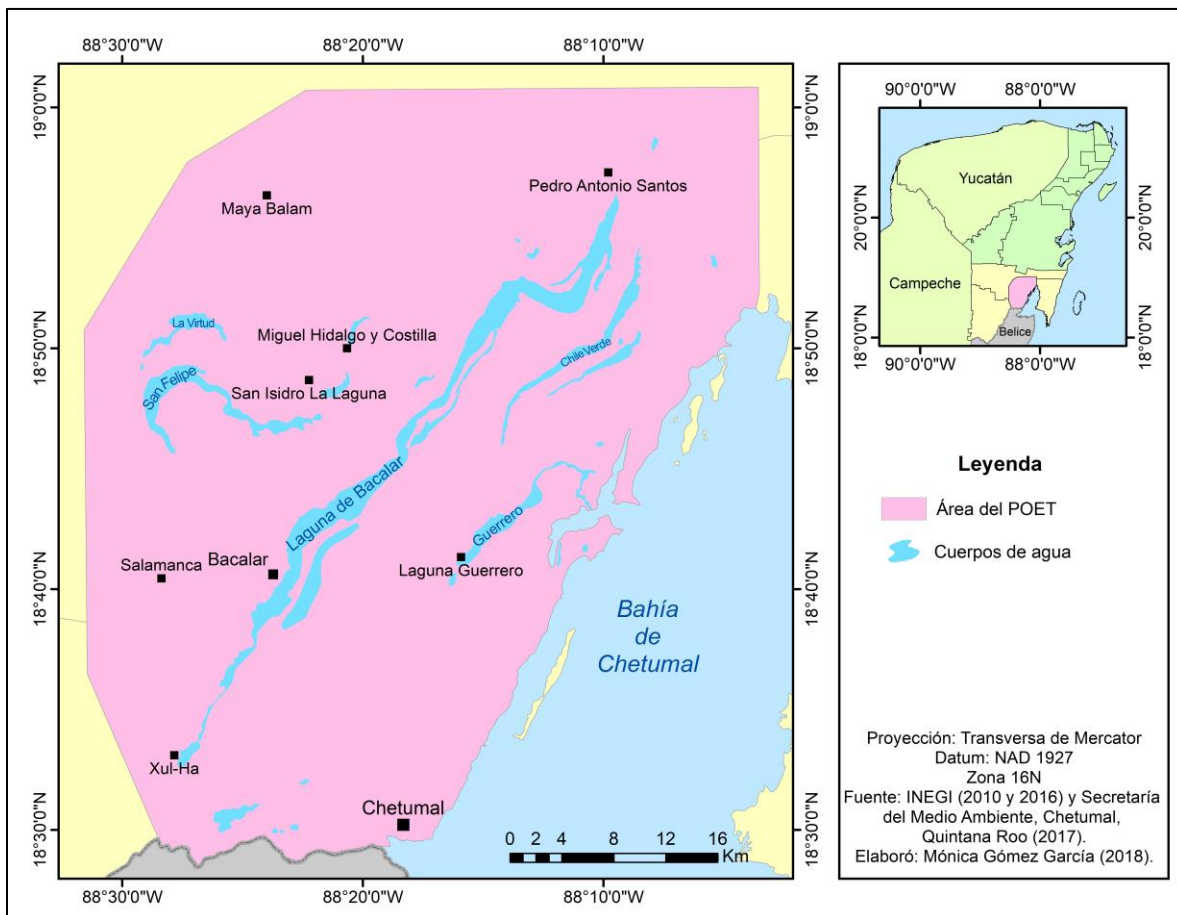


Figura 1.8. Localidades y ciudades de importancia en el área de estudio.



Enfocándose sólo a los servicios públicos de las localidades, en la Tabla 1.5 se observa si cuentan con carretera (pavimentada o de terracería), red de agua potable, red de drenaje (donde se desaloja), recolección de basura (cuál es su destino), alumbrado público y calles pavimentadas.

Tabla 1.5. Servicios públicos en las localidades del área de estudio.

Municipio	Localidad	Carretera	Agua y saneamiento					Equipamiento y servicios públicos	
			Red de agua potable	Red de drenaje	Destino del drenaje	Recolección de basura	Destino basura	Alumbrado	Calles pavimentadas
Bacalar	Bacalar	Pavimentada	Sí	Sí	Red pública	Sí	Relleno sanitario	Sí	Sí
	Maya Balam	Pavimentada	Sí	No	-	Sí	Cielo abierto	Sí	No
	Salamanca	Terracería	No	No	-	No	No hay recolección	No	No
	San Isidro La Laguna	Pavimentada	Sí	No	-	No	No hay recolección	Sí	No
	Miguel Hidalgo y Costilla	Pavimentada	Sí	No	-	Sí	Queman la basura	Sí	No
	Pedro Antonio Santos	Pavimentada	Sí	No	-	No	No hay recolección	Sí	Sí
Othón P. Blanco	Chetumal	Pavimentada	Sí	Sí	Red pública	Sí	Relleno sanitario	Sí	Sí
	Xul-Ha	Pavimentada	Sí	No	-	Sí	Cielo abierto	Sí	Sí
	Laguna Guerrero	Pavimentada	Sí	No	-	Sí	Desalojan a otro lugar	Sí	No

Fuente: INEGI (2010).

La red de drenaje no cubre la totalidad de la mancha urbana de Bacalar y Chetumal, sino áreas en donde las construcciones no pasan de 10 años de antigüedad, y para dichos casos, las descargas se conducen a las plantas de tratamiento administradas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) de cada ciudad.

De manera que muchas viviendas con más de 10 años de antigüedad desalojan en fosas sépticas, hecho que implica un riesgo de infiltración de contaminantes para la laguna de Bacalar y la Bahía de Chetumal (INEGI, 2017; Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

Por otro lado, la recolección de basura en los dos centros urbanos no se considera una problemática tan grave. En el caso de Chetumal en 2010 se clausuró un tiradero a cielo abierto (funcionó por más de 20 años) y se abrió el relleno sanitario (22,500 m<sup>2</sup>) que recibe diariamente más de 300 toneladas de basura (Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

Mientras tanto en Bacalar, sólo la zona centro cuenta con una recolección constante, mientras que las colonias más alejadas dejan su basura a cielo abierto.

1.2.2 Economía

En Bacalar la Población Económicamente Activa (PEA) se constituye de un total de 13,274 habitantes, 10,211 hombres y 3,063 mujeres (INEGI, 2015). En Othón P. Blanco, 96,060 personas forman parte de ese sector, es decir, 60,455 hombres y 35,605 mujeres (Figura 1.9).

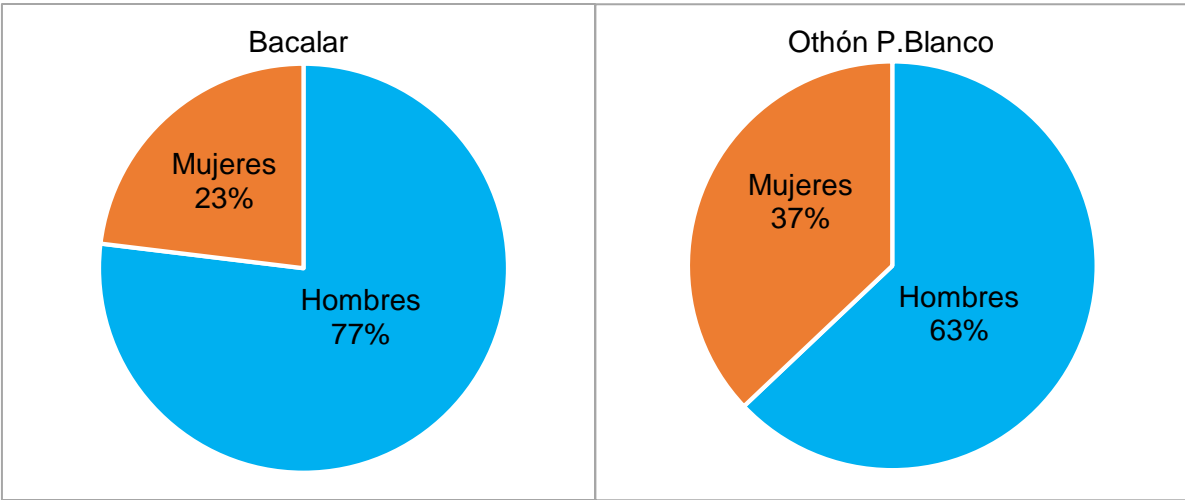


Figura 1.9. Porcentaje de PEA en Bacalar y Othón P. Blanco, 2015.  
Fuente: INEGI (2015).

De los sectores económicos, en Bacalar el de mayor porcentaje es el primario con 46%, seguido de los servicios con 31%, (Tabla 1.6) y en Othón P. Blanco, el sector de los servicios es el mayor (63%), seguido del comercio (17%).

Tabla 1.6. Población ocupada y su distribución porcentual según sector, 2015.

Municipio	Total PEA	Sector de actividad económica (%)				
		Primario <sup>1</sup>	Secundario <sup>2</sup>	Comercio	Servicios	No especificado
Bacalar	13,274	46	11.50	10.50	31	1
Othón P. Blanco	96,060	11	14	16	57	2
Estado	690,718	5	13	17	63	2

<sup>1</sup> Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza.

<sup>2</sup> Minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción.

Fuente: INEGI (2015).

- Actividades agropecuarias

En Bacalar los cinco cultivos con mayor producción en 2017 fueron la piña, el maíz, la soya, el sorgo y el coco; mientras que para Othón P. Blanco fueron la caña de azúcar, el coco, el maíz, el elote y el limón (SIAP, 2017) (Tabla 1.7).

Tabla 1.7. Superficie, producción y valor de los principales cultivos del área, 2017.

Mpio.	Tipo	Superficie (ha.)		Producción (tn)	Valor (pesos)
		Sembrada	Cosechada		
Bacalar	Calabaza semilla	845	845	440	7,153,087
	Coco	64	62	1,371	4,404,958
	Frijol	610	550	523	5,282,805
	Maíz grano	10,365	10,365	17,036	70,265,781
	Papaya	38	20	956	4,564,506
	Piña	980	570	35,500	146,560,388
	Plátano	194	194	990	5,740,606
	Sorgo (grano)	1,400	1,400	3,256	9,794,562
	Soya	2,800	2,800	5,743	41,055,679
Othón P. Blanco	Caña de azúcar	26,737	26,347	1,240,211	865,667,278
	Caña de azúcar (semilla)	1,685	1,685	155,863	108,792,025
	Chile verde	200	200	2,341	10,336,210
	Coco	946	832	18,697	60,247,988
	Elote	520	520	4,520	14,666,293
	Limón	170	157	3,996	9,294,228
	Maíz grano	10,800	10,800	14,267	59,831,393
	Naranja	208	195	1,238	3,102,782
Papaya	20	20	1,697	8,282,794	

Fuente: SIAP (2017).

En cuanto a la actividad pecuaria, tanto en Bacalar como en Othón P. Blanco, el ganado bovino (carne y leche), es el que mayor volumen presenta, mientras que en segundo lugar está el ganado porcino (Tabla 1.8).

Tabla 1.8. Volumen y valor de especies pecuarias del área de estudio, 2017.

Mpio.	Especie	Producto	Volumen (tn o miles de litros en Leche)	Valor
Bacalar	Abeja	Miel	239	8,550
	Ave	Carne	71	3,668
		Huevo-plato	88	2,156
	Bovino	Carne	1,648	120,961
		Leche	1,069	6,421
	Ovino	Carne	142	11,328
Porcino	Carne	559	34,948	
Othón P. Blanco	Abeja	Miel	145	5,353
	Ave	Carne	162	8,271
		Huevo-plato	154	3,957
	Bovino	Carne	1,270	91,359
		Leche	3,828	22,999
	Ovino	Carne	215	17,083
Porcino	Carne	447	25,750	

Fuente: SIAP (2017).

- **Actividades turísticas**

Se considera un “factor importante dentro de la estrategia para el impulso del desarrollo social” (Gobierno de Quintana Roo, 2005) y figura para el estado como la actividad económica más significativa.

En el caso de Bacalar, el turismo se impulsó por su nombramiento como “pueblo mágico” en 2006. Relacionado a ello, en el municipio hay muchos recursos que originan que sea un sitio de interés para los visitantes.

Para conocer con qué recursos turísticos cuenta el área, se utilizó la clasificación de recursos turísticos naturales y culturales de García Silberman (s.f.) y se elaboró una tabla con los recursos identificados en el área de estudio (Tabla 1.9):

- **Natural:** Todo elemento geomorfológico, biofísico o la mezcla de ambos, cuyos rasgos lo hagan susceptible de ser visitado por turistas.
- **Cultural:** Todo elemento creado por el hombre que atrae a los visitantes. Pueden ser históricos o contemporáneos.

Tabla 1.9. Recursos turísticos del área de estudio.

Naturales	Geomorfológicos	Laguna de Bacalar Tiene una extensión de 42 km de largo y 2 km en su punto más ancho. Se pueden distinguir 7 tonos de azul, debido a las distintas profundidades que presenta. Hay presencia de estromatolitos.
		Cenote Azul Tiene una extensión de 200 metros de ancho y 90 metros de profundidad. Es un cenote a cielo abierto.
		Estromatolitos Son formaciones rocosas formadas por la acumulación de sedimento y minerales, a partir de la interacción entre las bacterias y el ambiente.
	Biogeográficos	Agrupaciones vegetales: Vegetación de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria
Agrupaciones animales: Santuario del manatí		
Culturales	Históricos	Sitios arqueológicos <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oxtankah, se ubica a menos de 1 km de la bahía de Chetumal; fue una ciudad que alcanzó su apogeo durante el periodo Clásico de la cultura maya.</li> </ul> Arquitectura antigua <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuerte de San Felipe, fue construido en 1727</li> </ul>
		Contemporáneos <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No Comerciales: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La Casa de la Cultura</li> <li>▪ Museo de la Cultura Maya</li> </ul> </li> <li>▪ Comerciales: Balnearios</li> </ul>

Elaboración propia con base en García Silberman (s.f.).

Respecto a la infraestructura hotelera, se cuenta con cifras del número de hoteles y cuartos en Bacalar y Chetumal, por parte de la Secretaría de Turismo de Quintana Roo (SEDETUR, 2017) (Tabla 1.10).

Tabla 1.10. Número de hoteles y cuartos dentro del área de estudio, 2008 a 2017.

Año	Bacalar		Chetumal	
	Número de hoteles	Número de cuartos	Número de hoteles	Número de cuartos
2008	15	159	68	1,848
2009	24	220	68	1,865
2010	24	229	68	1,855
2011	24	229	69	1,861
2012	25	263	70	1,956
2013	25	263	72	2,214
2014	32	379	72	2,196
2015	32	379	72	2,196
2016	47	515	70	2,208
2017	62	573	73	2,208

Fuente: SEDETUR (2008-2017).

En la tabla anterior se aprecia que el incremento en el número de hoteles más notorio en Bacalar ocurrió de 2016 a 2017 al establecerse 15 más; en contraste, Chetumal experimentó una transición gradual respecto al aumento de infraestructura hotelera.

El incremento observado es una señal de la demanda de turismo que hay, no obstante, no todo ese turismo permaneció en esas dos ciudades, ya que ambas sirvieron como puntos de descanso y para trasladarse a otros destinos de Quintana Roo (SEDETUR, 2017).

En adición, excluyendo a Bacalar (turismo) y Chetumal (servicios), todas las localidades restantes se dedican principalmente a la agricultura seguido de la crianza de animales para explotación.

## Capítulo 2

### Marco teórico-metodológico

#### 2.1 Teoría de Sistemas

Un sistema es un “complejo de elementos interactuantes” (Bertalanffy, 1989, p. 56); “es más que la suma de sus partes porque las relaciones entre sus componentes son variadas, y son esas relaciones las que influyen en su comportamiento” (Alberto, 2011), es decir, es un conjunto de elementos que se corresponden y llevan a cabo funciones como un todo.

Para Bucek *et al.* (1979), el medio ambiente es “un sistema abierto, de formación histórica, conformado como producto de relaciones bilaterales entre la sociedad y los recursos naturales” (citado en Arcia Rodríguez (Ed.), 1994, p. 27). La Geografía, al analizar la relación entre la naturaleza y la sociedad en un espacio y tiempo determinado, en lo que compete al funcionamiento del medio ambiente, su análisis inicia en el momento en que el ser humano realiza actividades y ejerce impactos en la naturaleza de distintas formas y a diferentes niveles (Arcia Rodríguez (Ed.), 1994).

Los problemas ambientales son complejos e involucran el medio físico, la sociedad, la producción, la tecnología y la economía. Dichos elementos se caracterizan por la confluencia de procesos cuyas interrelaciones componen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada (García, 2008).

El enfoque sistémico se caracteriza por ser interdisciplinario y útil en la comprensión de fenómenos complejos. A su vez, alude a la necesidad del aprendizaje de complejidades como lo es la interacción entre la sociedad y la naturaleza.

Otro aporte por considerar es la Teoría General de Sistemas (TGS), la cual se presenta como una forma sistemática y científica de representación de la realidad, así como una forma de práctica transdisciplinaria (Arnold y Osorio, 1998).

Asimismo, para Cervantes Borja (1988), la TGS es un procedimiento adecuado para explicar las interacciones que se llevan a cabo en la naturaleza.

Mateo (2005) menciona que el geosistema es un “sistema espacio-temporal complejo y abierto, formado por la interacción de elementos biofísicos que pueden ser modificados o transformados por las actividades antrópicas” (p. 14).

Kobrinski y Mijaieva (1971) retomaron el concepto del geosistema como “una forma de manifestación espacial, la cual de manera jerárquica interactúan la naturaleza, la economía y la población” (citado en Arcia Rodríguez (Ed.), 1994, p. 33).

El geosistema es una unidad espacio-temporal, resultado de la interacción entre el potencial ecológico (los recursos de un lugar), la explotación biológica (el uso que se les da) y la acción antrópica (intervención del hombre); y en él se desarrollan procesos que involucran una serie de impactos, cambios y consecuencias (Figura 2.1).

El proceso se inserta en el medio ambiente y funciona de la siguiente manera: cuando el ser humano realiza cualquier actividad (por mínima que sea) ejercerá impactos sobre el medio y éstos, a su vez (independientemente de su intensidad), provocarán cambios en el entorno; a la postre estos serán los precedentes de diversas consecuencias para la sociedad-naturaleza (Arcia Rodríguez (Ed.), 1994).

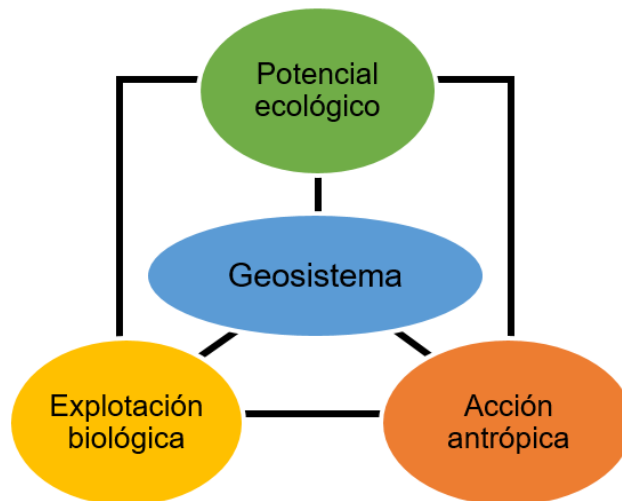


Figura 2.1. Esquema del geosistema con base en Arcia Rodríguez (Ed.), 1994.



## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1 Laguna costera

El litoral es la zona transicional entre el mar y tierra firme y sus límites se trazan por los niveles máximo y mínimo de las mareas. Presenta una combinación de rasgos de ambientes marinos y terrestres, variaciones en la temperatura y la salinidad, así como en la variedad de sedimentos y fauna (Lugo Hubp, 2011).

México tiene 11,122 km de litoral, que abarcan 1,567,300 ha. de superficies estuarinas distribuidas en 17 estados costeros (SEMARNAT, 2010). De esos, 11 se ubican en el litoral del Océano Pacífico y 6 en el Golfo de México y Mar Caribe.

Lankford (1977) sugiere que en el país hay 123 rasgos costeros, como lagunas, estuarios, marismas, bahías, caletas, etcétera (citado en Lara-Lara, 2008, p. 115).

En virtud de lo señalado, es oportuno precisar qué son las lagunas costeras, cómo se conforman, cuál es su valor y con qué amenazas se enfrentan. Una de definición antigua y no tan detallada fue la de Phleger (1969) quien las precisó como “aguas marinas interiores poco profundas, generalmente orientadas paralelamente a la costa” (citado en Kjerfve, 1994, p.3).

Lankford (1977), las definió como cuerpos acuáticos semicerrados, localizados debajo del nivel máximo de las mareas más altas y con el eje mayor paralelo a la línea de costa; asimismo fue el primero en proponer una clasificación de lagunas costeras en México (citado en Contreras Espinosa y Castañeda López, 2004).

Para Lankford estos sistemas se ubican en siete regiones (Figura. 2.2): I y II, en la Península de Baja California; III, en las costas de Sonora y Sinaloa; IV, en las costas de Mazatlán a Chiapas, V, en el Golfo de México (Tamaulipas a Tabasco) y VI y VII, en la Península de Yucatán (Carbajal P. y Chavira M., 1985).



Figura 2.2. Clasificación de regiones con litoral en México.

Para Kjerfve (1994), las lagunas costeras son cuerpos de agua interiores, orientados paralelamente a la costa, separados del océano por una barrera, pero que conectan a él por una o más entradas restringidas y con profundidades que rara vez exceden los dos metros. Respecto a su formación, éstas son el resultado del crecimiento del nivel del mar durante el Holoceno o Pleistoceno.

Lankford (1977) clasificó las lagunas costeras por su origen geológico (citado en Yáñez-Arancibia, s.f) en los siguientes tipos:

- Erosión diferencial: depresión formada por procesos no marinos durante el más bajo nivel del mar.
- Sedimentación terrígena diferencial: asociadas con sistemas fluviodeltáicos producidos por sedimentación irregular.

- Frente de barrera: ubicadas al margen interno inundado de la plataforma continental, protegidas del mar por barreras.
- Orgánicas: conformadas por el crecimiento de barreras de coral o manglares.
- Tectónico-volcánicas: producidas por fallas, plegamientos o vulcanismo en la zona costera.

Por otro lado, al considerar el grado de intercambio de agua con el océano se dividen en tres: lagunas ahogadas, restringidas y agujeradas (Kjerfve, 1994):

- Lagunas ahogadas: están conectadas por un solo canal de entrada, que es largo y angosto. Hay largos periodos de inundación y eventos de estratificación debido a la radiación solar o eventos de escorrentía.
- Lagunas restringidas: cuerpo de agua amplio y largo, con dos o más canales de entrada; la circulación de su marea está bien definida
- Lagunas agujeradas: cuerpo de agua alargado, paralelo a la costa, con muchos canales de entrada. Hay constante intercambio de agua con el océano, fuertes corrientes de marea y salinidades cercanas a las del océano.

Las lagunas costeras son relevantes por sus propiedades físicas, químicas, biológicas y geológicas, por su diversidad de fauna y flora y por la productividad que tienen, particularidades que las han convertido en centro de interés desde principios de los años setenta (Isla, 1995).

Para advertir de mejor manera lo que simbolizan las lagunas costeras, se enlistaran una serie de puntos que definen su importancia (Carbajal P. y Chavira M., 1985; Contreras Espinosa y Castañeda López, 2003):

- 1) Diversidad de hábitats.
- 2) Áreas de protección, reproducción y alimento para los organismos.
- 3) La mayoría son levemente eutróficas (contienen gran cantidad de nutrientes).
- 4) Proveen de manera directa de recursos y materias primas.
- 5) Soporte para la recreación y el turismo.

Como se advierte, presentan gran variedad de usos y sirven para actividades humanas como alimentación, transporte, recreación, urbanismo, etcétera. De igual forma, se acentúa la relevancia que juegan estos ecosistemas al ser sitios de biodiversidad de organismos acuáticos y terrestres.

Otro punto por considerar es que casi todas las lagunas se relacionan con la presencia de manglares.

Pese a ello, la heterogeneidad de hábitats que proporciona áreas críticas para poblaciones de organismos litorales y la conversión de materia orgánica asociada a una productividad elevada, son las características de las lagunas costeras que se transforman en los factores que las convierten en ecosistemas susceptibles al impacto ambiental provocado por actividades humanas (Contreras Espinosa y Castañeda López, 2003). En otras palabras, las ventajas que ofrecen las lagunas costeras, así como los servicios ambientales que brindan, hacen que sean fuertemente utilizadas por el hombre.

Las lagunas costeras están altamente amenazadas por las actividades antrópicas por los efectos de actividades turísticas y pesqueras y por las descargas de desechos urbanos, aguas negras y residuos industriales (Lara-Lara, 2008).

Como resultado, se perciben procesos de deterioro como la contaminación y la alteración de los flujos de agua dulce y marina por la apertura permanente de bocas con el mar o las construcciones (Herrera Silveira y Morales Ojeda, 2010).

Entre otras consecuencias generadas por malos usos y manejos de las lagunas están la mortandad de organismos, la pérdida de cobertura de manglar, y la desaparición o disminución de humedales a causa de los cambios de uso de suelo (azolvamiento o sedimentación), las cuales disminuyen los servicios ambientales de estos ecosistemas.

### 2.2.2 Cobertura vegetal y cambio de uso de suelo

Con la finalidad de realizar múltiples acciones, los seres humanos han modificado el entorno natural, lo cual se puede ver en la construcción de viviendas o el desarrollo de actividades económicas (Fregoso Domínguez y Esquivel Esquivel, 2006).

Entre las problemáticas que se desarrollan en las cercanías de las lagunas costeras por el ser humano, destaca la modificación de cobertura y uso de suelo, por el desarrollo de actividades, asentamientos e infraestructura, que han derivado en una serie de efectos negativos en esos ambientes.

Las actividades humanas producen alteraciones cuya magnitud no es clara, de ahí que las transformaciones en la cobertura y en el uso de suelo se enfatizan (Lambin *et al.*, 2001). El cambio en la cobertura vegetal por los usos antrópicos es una fuente y un elemento fundamental en la crisis ambiental global (Turner II *et al.*, 1994).

La cobertura vegetal y uso de suelo son dos conceptos que van de la mano y en ocasiones suelen confundirse, por eso a continuación se definirá cada uno.

#### 2.2.2.1 Cobertura vegetal

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) expresa que la cobertura se refiere a "la vegetación y estructuras artificiales que cubren la superficie de la tierra. Como ejemplos están los árboles, pastos, cultivos, humedales, agua, etcétera (The USGS Land Cover Institute, 2006).

Di Gregorio (2016) precisa la cobertura del suelo como la "cobertura observada (bio) física de la superficie de la tierra [...] es una señal fácilmente detectable de la intervención humana, ya que puede cambiar rápidamente con el tiempo" (p.1).

Lambin *et al.* (2000) indican que la cobertura vegetal se trata de los atributos de una parte de la faja terrestre y del subsuelo, incluida la biota, el suelo, la topografía, las aguas superficiales y subterráneas y las estructuras humanas.

A grandes rasgos, la cobertura vegetal engloba los rasgos físicos y biológicos que se localizan sobre la superficie, que pueden cambiar a lo largo del tiempo y/o por intervención humana.

La cobertura vegetal original puede sufrir modificaciones, por consiguiente, cuando la transformación es total se define como cobertura antrópica y cuando es mínima como vegetación inducida (Fregoso Domínguez y Esquivel Esquivel, 2006).

Cabe señalar que la cobertura es importante para la elaboración de modelos de estudios climáticos, hidrológicos y biológicos. Los mapas de cobertura de suelo se utilizan para la elaboración de reportes de cambios en los ecosistemas del territorio a nivel nacional e internacional (CONABIO, s.f.).

#### 2.2.2.2 Uso de suelo

El uso de la tierra se distingue por los arreglos, actividades y aportes que el hombre realiza en un determinado tipo de cobertura del suelo para producirlo, cambiarlo o mantenerlo (Di Gregorio y Jansen, 2000).

Para Lambin *et al.* (2008) el uso de suelo se refiere a los propósitos por los cuales los seres humanos explotan la cobertura terrestre. Es la forma en cómo el hombre utiliza la tierra, por ejemplo, el uso agrícola, forestal, recreativo, etcétera. Para “Biodiversidad mexicana”, portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, s.f.), el uso de suelo está definido por la actividad humana ya que no se consideran criterios físicos sino factores humanos y socioeconómicos.

El concepto de uso suelo se refiere a las diferentes formas en la que se emplea un terreno, así que éste depende de la interacción entre la cobertura de la tierra y las actividades humanas en el entorno.

El “Compendio de estadísticas ambientales” (SEMARNAT, 2002) especifica que, en sitios menos modificados, el uso de suelo se determina por la vegetación natural del mismo (bosques, selvas y matorrales) y se identifica como categoría primaria.

En contraste, las regiones donde una porción de la comunidad biológica ha sido explotada parcialmente o se está recuperando, la vegetación se define como perturbada o secundaria, respectivamente.

La cobertura antrópica hace referencia a “la zona donde la vegetación es totalmente diferente a la natural, como la cobertura agrícola, ganadera o urbana” (SEMARNAT, 2002, p. 31).

Si bien se cuenta con información en cuanto a definiciones y conceptos, en el país, el encargado de la evaluación del uso del suelo es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), mediante las Series de Vegetación (*Ver anexo 1.3*) que incluyen cartas de uso del suelo y vegetación a escala 1: 250,000 (SEMARNAT, 2015).

El INEGI genera desde 1978 cartografía de la cubierta vegetal y el uso del suelo en el país a escalas 1:50,000, 1:250,000 y 1:1, 000,000.

#### 2.2.2.3 Cambio de uso de suelo y de cobertura

La alteración de los ecosistemas (en concreto, el cambio de uso de suelo y cobertura) es consecuencia de la interacción de las actividades humanas con el medio natural (Berlanga Robles *et al.*, 2010).

En la cobertura vegetal, Turner *et al.* (1993) distingue dos procesos, el primero es la conversión, es decir, la sustitución completa de un tipo de cobertura por otro y el segundo es la modificación, que se refiere a cambios más sutiles que no implican sustituir su clasificación general (citado en Lambin *et al.*, 2000, p. 323).

Entre los procesos que determinan el cambio de uso del suelo están (SEMARNAT, 2015):

- 1) Deforestación: cambio permanente de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos.
- 2) Alteración o degradación: inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma.

- 3) Fragmentación: transformación del paisaje en parches pequeños de vegetación original, rodeados de partes alteradas que conservan un reducido número de especies nativas.

A propósito de esos procesos, Turner II *et al.* (1994), exponen que los usos más importantes (espacial y económicamente) incluyen el cultivo en diversas formas, el pastoreo, los asentamientos y construcción y las tierras protegidas. De tal forma que el suelo es visto como un recurso clave, el cual es limitado para la mayoría de las actividades humanas.

Entre los factores que intervienen en el cambio de uso de suelo destacan la población, la cual influye respecto a la magnitud del territorio que es utilizado por el hombre; la actividad agropecuaria, con la conversión de terrenos hacia usos agropecuarios, induce a la deforestación y la urbanización, al ser el uso de suelo que crece más rápido (SEMARNAT, 2015).

Complementado, el cambio en la cobertura vegetal es frecuentemente causado por cambios en el manejo del uso de la tierra agrícola y se considera que la intensificación de éste es una de las formas más significativas del cambio (Lambin y Meyfroidt, 2011).

La intensificación agrícola tiene lugar por la escasez de tierras que provoca que en las pocas que quedan, los cultivos se cambien de manera inapropiada, lo que ocasiona un sistema estresado con una producción estancada y la degradación de la tierra (Lambin *et al.*, 2001). La intensificación se relaciona con el crecimiento poblacional.

Si bien la urbanización como cubierta (tramos pavimentados o edificaciones) no promueve el cambio de la cobertura, pues ocupa un pequeño porcentaje, sí es un factor sobresaliente si se considera que afecta indirectamente, esto es, que “influye en el cambio de la cobertura por medio de la transformación de los vínculos urbanos-rurales” (Lambin *et al.*, 2001, p. 265).



Esos factores que suscitan el cambio de cobertura y uso de suelo influyen en el clima, la biodiversidad, las condiciones del suelo y los flujos de agua y sedimentos, a escala local, regional y global.

En lo que concierne a las zonas costeras, los cambios de cobertura y uso de suelo provocan la pérdida del 35 al 50% de los humedales costeros y son fuente del 70% de los contaminantes del medio marino (Berlanga Robles *et al.*, 2010).

De acuerdo con INEGI (2010):

En México, en 2010 la población de los estados costeros fue de 51,900,847 habitantes, 4.5 millones más que en el año 2005 y 7.25 millones más que en el 2000. Durante los periodos 1990-2000, 2000-2005 y 2005-2010, en más de la mitad de los estados costeros la tasa media anual de crecimiento poblacional estuvo por arriba de la media nacional.

En ambos periodos, los tres estados costeros que presentaron mayores tasas de crecimiento fueron Quintana Roo, Baja California Sur y Baja California (CIMARES, 2015, p. 9).

Para finalizar, la cobertura vegetal y el uso del suelo tienen dos expresiones; representan la vegetación de un espacio y cómo ésta ha sido utilizada por el hombre en un tiempo definido; por tanto, es una manifestación espacial de los paisajes naturales y culturales de un territorio (Lambin *et al.*, 2001).

El análisis de los factores que influyen en la inestabilidad de la tierra requiere datos objetivos que determinen el grado del cambio, además de una relación entre las indagaciones y las posibles causas y una comprensión de los procesos o mecanismos implicados en los cambios (Wolman y Fournier, 1987).

### 2.2.3 Actividades antrópicas

Al hablar de los cambios, modificaciones e impactos que ocurren en el medio, uno de los agentes principales es el hombre.

A la fecha, se cuestiona si aún existe algún ecosistema natural exento de alteraciones antrópicas (Rosas Pérez *et al.*, 2006).

Para la Dirección General de Estadística e Información Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2010), son diversos los impactos que generan las actividades humanas. Los factores que impactan en el ambiente pueden dividirse en directos (industria, actividad forestal y pesquera, transporte y mancha urbana) e indirectos (crecimiento poblacional).

Para muestra, se mencionarán brevemente algunos factores considerados como causantes del deterioro ambiental en el “Compendio de Estadísticas Ambientales 2010” (SEMARNAT, 2010).

- Crecimiento de la población

El rápido crecimiento demográfico aunado a la desigual distribución de la población, motivan que el acceso y uso a los recursos naturales se vea limitado por la fuerte presión que se ejerce sobre el medio. El factor demográfico y el incremento en el consumo por cada persona tiene un impacto en la demanda de recursos y servicios de los ecosistemas (Andrade Hernández, 2010).

- Asentamientos urbanos

“El impacto ambiental de los asentamientos urbanos deriva del cambio de uso del suelo y de los procesos locales de contaminación” (SEMARNAT, 2010).

Si se considera que las necesidades de estos asentamientos son el acceso al agua, alimento y energía (principalmente) es lógico que de ese consumo se reproduzcan factores perjudiciales para el ambiente, por ejemplo, la basura, que no sólo afecta a nivel local, sino que puede llegar a niveles más grandes.

La urbanización es un elemento relevante en el cambio de cobertura si se considera que afecta indirectamente la relación urbano-rural.

- Asentamientos rurales

Las personas que viven en este ambiente usan los recursos de manera directa, por ello, las acciones que realizan se enfocan a los actores locales más que de los asentamientos. La población tiende a ver los recursos que provee la naturaleza como elementos de libre apropiación (SEMARNAT, 2010).

De ahí que sea “fácil” eliminar la cobertura vegetal para sustituirla con terrenos para cultivar (los cuales requieren el uso de maquinaria y agroquímicos) o para la ganadería (se introducen o inducen pastizales).

- Actividades industriales

La concentración de industrias en determinados puntos actúa con presión en el medio con la generación de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos), al desencadenar contaminación del suelo, agua o atmósfera (SEMARNAT, 2010).

A lo anterior se debe sumar el impacto que tienen las industrias por la utilización de los recursos que emplean en sus productos.

- Transporte

Su relación está en la emisión de contaminantes y generación de residuos (aceites y llantas). A su vez, las actividades afines al transporte son una fuente de contaminación atmosférica, especialmente en los grandes centros humanos (SEMARNAT, 2010).

- Actividades forestales

El cambio en el régimen del agua, el suelo, el clima y la biodiversidad son efectos originados por la deforestación realizada de manera no sustentable.

Las principales presiones que se identifican son la conversión de tierras forestales a otros usos, por ejemplo, el agrícola o urbano; la extracción de productos forestales, así como las plagas y los incendios. La deforestación se constata con el cambio de uso de suelo forestal a no forestal en un periodo de tiempo determinado y entre los impactos que genera se distingue la disminución de biodiversidad y la pérdida de hábitats, ciclos y ecosistemas (SEMARNAT, 2010).

- Actividades pesqueras

Cuando la actividad se realiza inadecuadamente es perjudicial para los recursos pesqueros al provocar la pérdida de productividad, la reducción de biomasa, el desequilibrio en los hábitats, modificación de flujos, la contaminación, etcétera.

Los impactos descritos tienen importancia en el proceso en tanto afectan áreas críticas como lagunas costeras, manglares, arrecifes o islas (SEMARNAT, 2010).

#### 2.2.4 Perturbación

La perturbación es un evento relativamente discreto en el tiempo que altera la estructura y función de un determinado ecosistema, comunidad o población. Generan cambios en la disponibilidad de recursos, en la viabilidad del sustrato y/o en el medio ambiente físico (Ceccon, 2013).

A lo largo del tiempo, los ecosistemas han estado bajo la influencia de perturbaciones que, según Pickett y White (1985), son definidas por la distribución espacial, la superficie impactada, la frecuencia y la tasa de retorno e intensidad (citado en Manson y Jardel Peláez, 2009, p.134).

El efecto que tienen sobre los ecosistemas suele verse de forma negativa, porque se cree que los sistemas naturales o “conservados” viven una realidad estable, la cual es alterada por la perturbaciones (Manson y Jardel Peláez, 2009). Por consiguiente, es innegable que la intensidad y frecuencia de las perturbaciones han incrementado en los últimos años.

Para Ceccon (2013) las perturbaciones se clasifican en:

- Naturales: ocasionadas por elementos como el fuego, viento, etcétera.
- Antrópicas: suscitadas por la acción del hombre, por ejemplo, la agricultura.
- Agudas: afectan el medio natural de manera puntual en el tiempo y espacio, por lo que el sistema puede recuperarse en el futuro.
- Crónicas: se conservan en el tiempo y el espacio y terminan por colapsar el sistema y, por ende, su recuperación no es viable.

La perturbación antrópica introduce fuertes cambios en la vegetación y el suelo que desencadenan otras problemáticas como alteraciones físicas y cuantitativas de las poblaciones vegetales.

Una herramienta que ayuda a evaluar ese impacto es la ecología histórica, que estudia las interacciones entre el ser humano y el ecosistema a través del tiempo y espacio, para así percibir los efectos de las perturbaciones. La alteración del medio por actividades humanas puede ampliar los efectos de perturbaciones naturales, trastornar regímenes históricos de un determinado ecosistema y/o aumentar la vulnerabilidad (Ceccon, 2013).

Como afirman Chávez León y Lemos Espinal (1987), la perturbación de ecosistemas forestales tropicales, motiva el reemplazo de la selva primaria por la selva secundaria, que es muy diferente a la original y afecta la flora y fauna, al motivar su desaparición o emigración.

Por la alta diversidad de recursos bióticos y las condiciones ambientales más o menos estables que prevalecen durante el año, en las selvas tropicales existe una estrecha relación ecológica entre flora y fauna, siendo común encontrar organismos especialistas en cuanto al aprovechamiento de recursos se refiere, de ahí lo devastador que resulta la perturbación en este ecosistema (Chávez León y Lemos Espinal, 1987, p. 70).

### 2.3 Metodología

Como antecedentes de investigación relacionados a la zona de estudio, se consideraron los siguientes trabajos.

El trabajo de Peniche Moreno (2018), titulado “Efectos de los huracanes en el pasado. Bacalar, 1785”, narra cómo fue la construcción de las condiciones de vulnerabilidad que provocaron que el huracán registrado en ese año fuera tan destructivo.

Desde otra perspectiva, “El presidio de San Felipe Bacalar. La llave de la costa oriental de la península de Yucatán durante el siglo XVIII” de Conover Blancas (2016) se enfoca en detallar el ambiente en donde vivía la población de Bacalar durante ese siglo.

Siqueiros, Argumedo y Hernández (2013) en “Diagnosis prospectiva sobre la diversidad de diatomeas epilíticas en la laguna de Bacalar”, realizaron el primer ensayo florístico de diatomeas<sup>2</sup> que habitan sitios de la laguna. La elección del lugar fue por el interés científico, socioeconómico y la presencia de estromatolitos.

En una nota de Rafael López en Gaceta UNAM (agosto, 2016) se expone que científicos del Instituto de Ecología, realizaron estudios de los ecosistemas costeros del Caribe mexicano, para establecer medidas de manejo y conservación.

Referente a Bacalar, se explica que la laguna alberga un importante arrecife bacteriano de microbialitos (que datan de hace 9 mil años), los cuales son afectados por algas, de acuerdo con Luisa Falcón, bióloga de la UNAM, por la descarga de drenajes no tratados que hacen que el agua cambie de color y ocasione problemas de salud.

Gómez Pech (2015) en “Turismo y apropiación del espacio: el caso de la Laguna de Bacalar, Quintana Roo”, orienta su tesis al imaginario del turismo y a creer que esta actividad conlleva crecimiento económico para la población local, cuando la realidad es que sólo beneficia a ciertos sectores.

Por último, Segundo Cabello (1998) en su tesis, “Cambios en la vegetación y uso del suelo en el sur de la Laguna de Bacalar, Quintana Roo”, discutió las transformaciones en una sección de Bacalar; sin embargo, dicho escrito data de hace 20 años, por lo tanto, no se manifiestan los cambios producidos por la actividad turística y el crecimiento urbano.

Es así como el área del POET de la Laguna de Bacalar debe pensarse como un geosistema en el cual el tiempo y espacio estén definidos, con el fin de comprender la interacción entre los elementos biofísicos que lo conforman y que pueden ser modificados por las actividades humanas al originar transformaciones, como el cambio de uso de suelo.

---

<sup>2</sup> Grupos de diversos organismos en ambientes marinos y dulceacuícolas. Son utilizados para evaluar la calidad de aguas continentales (Wojtal y Sobczyk, 2012 como se citó en Siqueiros, Argumedo y Hernández, 2013).

Al ser un trabajo de carácter teórico-práctico, se recopiló toda la información disponible acerca de la zona, se trabajaron shapefiles de las Series de Vegetación de INEGI de 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 y 2016, y se realizaron dos visitas de campo para conformar una evaluación de los cambios ocurridos respecto al uso de suelo y la cobertura vegetal. Para explicarlo mejor, se determinaron dos etapas que están referidas en la Figura 2.4.

La primera etapa se enfocó en los primeros dos objetivos y parte del tercero, fue de investigación de gabinete y, por ende, se consultaron diversas fuentes bibliográficas y hemerográficas, medios electrónicos, censos, etcétera.

La segunda etapa fue de carácter práctico, se llevó a cabo trabajo de campo, se manejaron shapefiles, se elaboró la cartografía, y una vez realizado, se prosiguió con un análisis de los resultados.

Concretamente, el primer objetivo, que es “definir el marco teórico-metodológico para la evaluación del cambio de uso de suelo”, buscó conocer los conceptos clave, motivo por el que se procedió a consultar libros, artículos, tesis y otros documentos que abordaran y explicaran los conceptos.

En cuanto a la definición de la metodología se consultaron artículos y proyectos que se enfocaban en el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal y se optó por la que mejor se adaptaba a los fines establecidos.

El segundo, relativo a “describir las características geográficas del área del POET de Bacalar”, se alcanzó al revisar libros, artículos y censos de Quintana Roo.

Para “indicar las actividades antrópicas que se realizan en la zona” (tercer objetivo), se consultó el Anuario Estadístico de Quintana Roo, 2015 del INEGI. Además, con la finalidad de identificar puntualmente las actividades, se delimitaron nueve sitios: las ciudades de Bacalar y Chetumal, y las localidades de Maya Balam, Salamanca, San Isidro La Laguna, Miguel Hidalgo y Costilla, Pedro Antonio Santos, Xul-Ha y Laguna Guerrero, los cuales se visitaron en dos salidas de campo.

Para Velázquez *et al.* (2010), la alteración perceptible de la vegetación o los usos antrópicos en un punto determinado y a través de un intervalo de tiempo se conoce como análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo (ACCUS).

Longley *et al.* (2007) explican que, por la complejidad de los problemas ambientales, es necesario usar técnicas, herramientas y conocimientos para la elaboración de modelos, de manera que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son de utilidad al ayudar en la descripción y explicación de procesos y patrones relacionados con el uso de recursos naturales en varias escalas (citado en Mendoza y Reyes Hernández, 2011, p. 641).

Para alcanzar el objetivo general, referente a "evaluar el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal en el área del POET" se realizaron tres procesos:

1. Por medio de shapefiles de las Series de Vegetación del INEGI (de los años ya señalados) y el programa ArcMap 10.1, se generaron seis mapas de uso de suelo y tipos de vegetación del área (Figura 2.3).  
Las clases consideradas fueron cuerpos de agua, agricultura, manglar, pastizal, selva mediana subperennifolia, tular, zona urbana, vegetación secundaria arbustiva y vegetación secundaria arbórea.
2. Se obtuvieron datos de las superficies de las clases para cada año y posteriormente se elaboraron gráficas para apreciar el comportamiento de cada una en el periodo de tiempo señalado.
3. Para puntualizar en el análisis del cambio de uso de suelo y vegetación, después de detectar las zonas con mayores transformaciones, se realizó una visita de campo a cada una, a modo de comprobación de resultados.



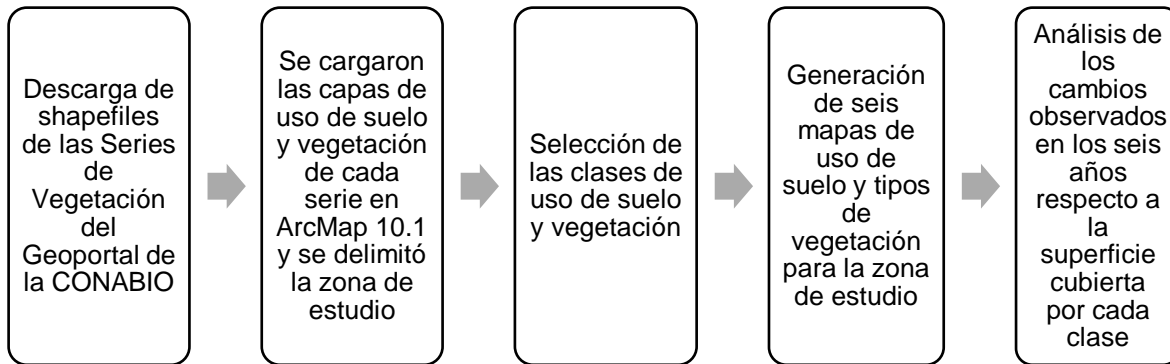


Figura 2.3. Esquema para la elaboración de la cartografía del área de estudio.

Un método adicional que se utilizó para estimar el impacto provocado por las actividades fue la matriz de Leopold, la cual se basa en establecer relaciones causa-efecto según las características de un lugar.

En la fila superior (horizontalmente) se posicionan acciones y/o actividades identificadas como precursoras de diversas consecuencias, mientras que en la columna principal (verticalmente) se colocan los sectores que pueden ser afectados por esas actividades. Los datos que muestra la matriz son a partir de estimaciones de la magnitud e importancia que las acciones humanas tienen sobre los sectores seleccionados (Universidad Nacional Río Negro, 2013).

Conforme a lo expuesto, el apartado mostró las bases teóricas, conceptuales y metodológicas con las cuales se llevaron a cabo los objetivos.

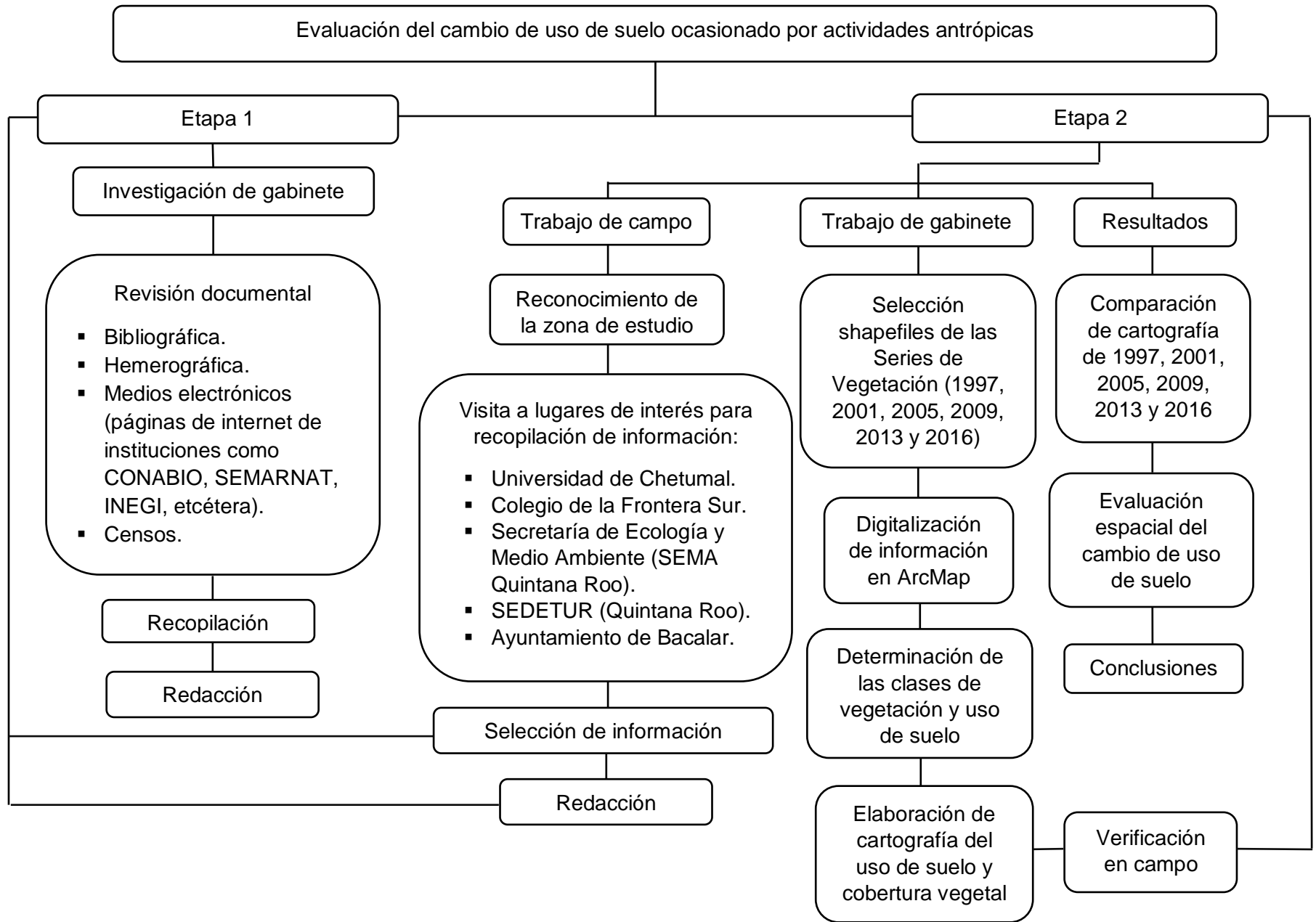


Figura 2.4. Esquema metodológico general.

## Capítulo 3

### Evaluación del cambio de uso de suelo

Las acciones humanas se consideran relevantes en cuanto a los cambios que se llevan a cabo en los ecosistemas, ya que a lo largo del tiempo han modificado y transformado los espacios naturales.

Por ello muchas de las actividades que realiza tienen un efecto e impacto en la configuración del medio.

#### 3.1 Cobertura vegetal

El propósito del material cartográfico del INEGI es evaluar la situación de los recursos naturales como la vegetación y cuerpos de agua, principalmente (CONABIO, 2017).

Para comprender los cambios que se produjeron, se generaron mapas de las seis Series de Vegetación del INEGI (*Ver anexo 1.3*): serie I: 1997; serie II: 2001; serie III: 2005; serie IV: 2009, serie V: 2013 y serie VI: 2016.

En lo que concierne a este apartado se destaca la Serie VI (2016) por ser la más reciente, al ser una actualización de las publicadas en años anteriores (Figura 3.1).

“En la Serie VI se presenta información del uso del suelo y vegetación, la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes en tipos de vegetación” (Geoportal CONABIO, 2017).

De acuerdo con los metadatos de la última serie (VI), el uso de suelo y tipos de vegetación del área de estudio está determinado por los siguientes tipos:

- Agricultura de riego anual
- Agricultura de riego semipermanente
- Agricultura de temporal anual
- Agricultura de temporal permanente
- Agricultura de temporal semipermanente
- Manglar

- Cuerpos de agua
- Pastizal cultivado
- Selva mediana subperennifolia
- Sin vegetación aparente
- Tular
- Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia
- Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia
- Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia
- Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia
- Zona urbana
- Área desprovista de vegetación

Es pertinente indicar que, para la generación de cartografía (tanto de ésta última serie como de las anteriores), algunas de las clases se agruparon con la finalidad de hacer más fácil la identificación de los usos de suelo y tipos de vegetación.

Los cinco tipos de agricultura se juntaron en una sola clase, así como la vegetación secundaria arbórea (de selva baja espinosa subperennifolia y selva mediana subperennifolia) y arbustiva (de selva baja espinosa subperennifolia y selva mediana subperennifolia). De ahí que sólo quedaran las siguientes clases:

- Agricultura
- Manglar
- Cuerpos de agua
- Pastizal
- Selva mediana subperennifolia
- Sin vegetación aparente
- Tular
- Vegetación secundaria arbustiva
- Vegetación secundaria arbórea
- Zona Urbana

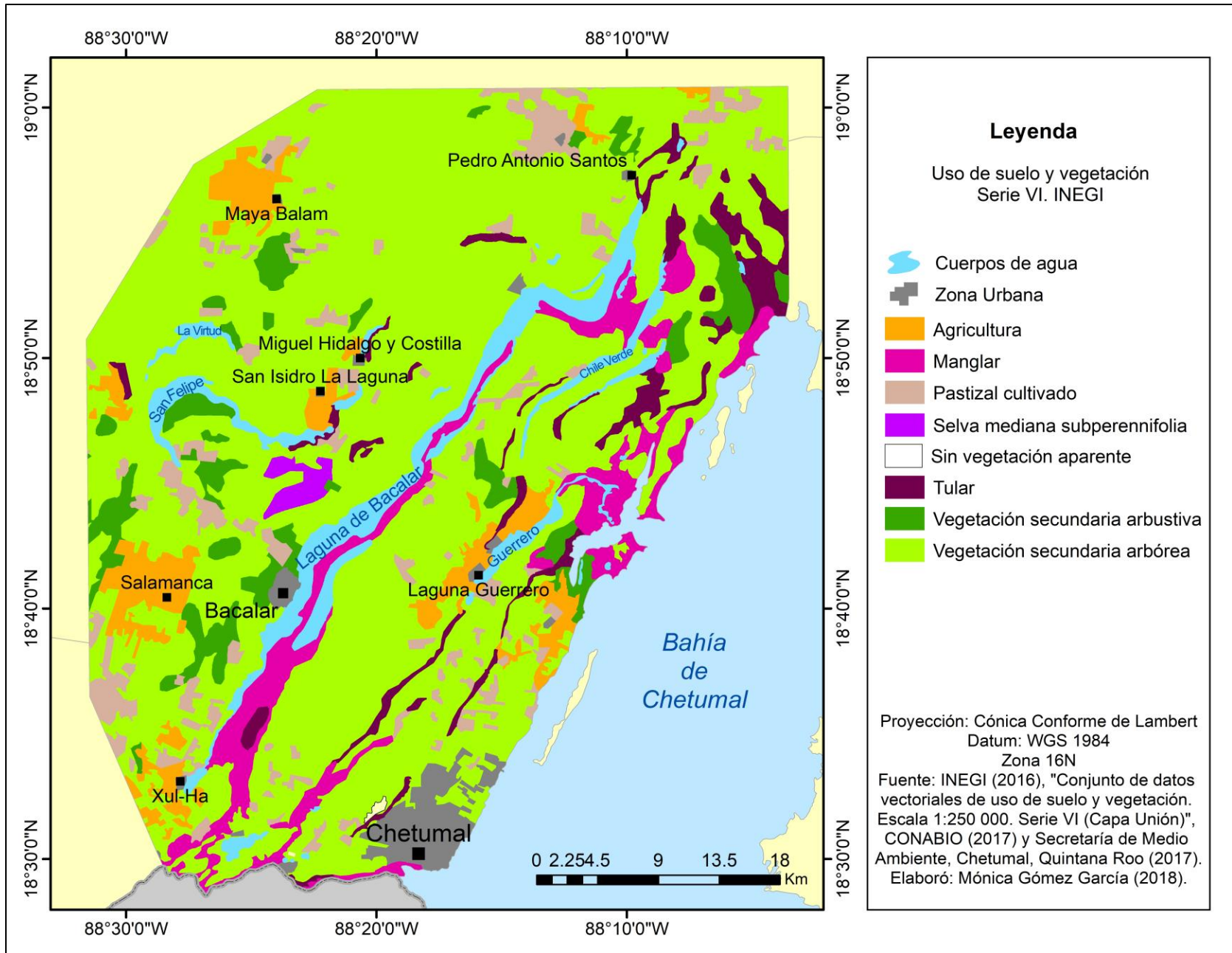


Figura 3.1. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.

A continuación, se expondrán las particularidades de dos tipos de cobertura, la selva húmeda y el manglar que se consideran relevantes dentro del área de estudio.

La selva húmeda se divide en perennifolia y subperennifolia, en ellas, se encuentra árboles adaptados a climas lluviosos y cálidos (SEMARNAT, 2015). La copa de éstos puede exceder los 30 metros de alto y puede conservar total o parcialmente su follaje (sus hojas suelen ser grandes y duras) durante el año (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Clasificación de las selvas húmedas según altura y caída de hojas.

Altura	Caída de sus hojas
Altas: más de 30 metros	Perennifolias: menos del 25% de spp. pierden sus hojas
Medianas: entre 15 y 30 metros	Subperennifolias: del 25 al 50% de spp. pierden sus hojas
Bajas: menos de 15 metros	Subcaducifolias: del 50 al 75% de spp. pierden sus hojas
	Caducifolias: más del 75% de spp. pierden sus hojas

Fuente: CONABIO (s.f), "Selvas húmedas" en Biodiversidad mexicana.

Es una comunidad vegetal muy diversa y es la de mayor riqueza de especies, las cuales pueden variar considerablemente de un lugar a otro (*Ver anexo 1.2*). De este ecosistema se obtienen varios servicios (Tabla 3.2) y recursos.

En el país se extiende en gran medida desde el sur de San Luis Potosí a Veracruz, Tabasco y el sur de la Península de Yucatán, mientras que en zonas como la Sierra Madre de Chiapas y las laderas bajas de la Sierra Madre del Sur en Oaxaca y Guerrero se puede encontrar pequeñas porciones (CONABIO, s.f.).

Tabla 3.2. Servicios ambientales de las selvas húmedas.

Servicios ambientales	Fuente de maderas preciosas
	Fuente de flora y fauna de subsistencia para las comunidades
	Sustento del ciclo de nutrientes
	Sustento del ciclo de agua
	Retención y formación de suelos
	Hábitat de biodiversidad
	Regulación del clima
	Regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades

Fuente: CONABIO (s.f), "Selvas húmedas" en Biodiversidad mexicana.

De las selvas húmedas, la selva mediana subperennifolia es la más extensa; además, otros tipos de vegetación se intercalan a lo largo de esta selva; los árboles tienen una altura de 15 a 30 metros y sus troncos son menos gruesos que los de la selva alta. Entre las especies vegetales se aprecian el ramón (*Brosimum alicastrum*), el zapote (*Manilkara zapota*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), helechos, musgos, bromeliáceas y aráceas (CONABIO, 2011).

Acerca del manglar, éste se conforma de agrupaciones de mangle y se caracteriza por la adaptación que presenta ante la alta salinidad del agua, que les permite crecer en desembocaduras de ríos y lagunas costeras (SEMARNAT, 2015), además proporciona varios servicios ambientales (Tabla 3.3).

Se distribuye a lo largo de la costa de Quintana Roo, pero en mayor medida desde la reserva de la biósfera de Sian Ka'an hasta Xcalak. Puede tener de 1 a 30 metros altura, se conforma de especies como el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (CONABIO, s.f.).

Tabla 3.3. Servicios ambientales de los manglares.

Servicios ambientales	Protege la costa de la erosión
	Protege de los efectos de fenómenos hidrometeorológicos
	Lugar de reproducción y crianza de especies
	Zona de alimentación y refugio de crustáceos y alevines
	Fuente productos para la industria
	Posee valor estético y recreativo
	Mejoran la calidad del agua
	Regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades

Fuente: CONABIO (s.f.), "Manglares en México" en Biodiversidad mexicana.

Con lo expuesto de esos dos tipos de vegetación se puede dimensionar cuán importantes son para el medio ambiente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la comparación de la superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación del periodo de 1997 a 2016 de los mapas de las Series de Vegetación de INEGI, así como un cuadro general y el mapa de la serie más reciente (Serie VI, 2016).

La descripción de los resultados es conforme a los usos de suelo y tipos de vegetación, y sólo se detallan aspectos como los años en los cuales se detectaron los mayores cambios y en dónde se presentaron. Para facilitar la lectura de los resultados, los mapas de los años evaluados se agruparon en el anexo 1.3.

También es oportuno señalar que, en el periodo de 1997 a 2001 de todas las clases (excepto zona urbana), se aprecia un comportamiento peculiar en las gráficas, el cual se explica porque la serie I (1997) se desarrolló con base en el análisis de fotografías aéreas, y a partir de la serie II (2001), el procesamiento fue más preciso al emplear imágenes de satélite.

Respecto a la **agricultura**, en 1997 sólo se desarrollaba la agricultura de temporal en pequeñas áreas principalmente al norte, este y centro de la zona (*Ver anexo 1.3, Figura A.4*) con 3,657.50 ha. Para 2001 la superficie se redujo a 862.12 ha. y para 2005 se incrementó (9,652.59 ha.) mayoritariamente al noroeste.

En el siguiente gráfico (Figura 3.2) se aprecia que, aún con el descenso de 2001, la extensión incrementó 7,920.64 ha. en 19 años.

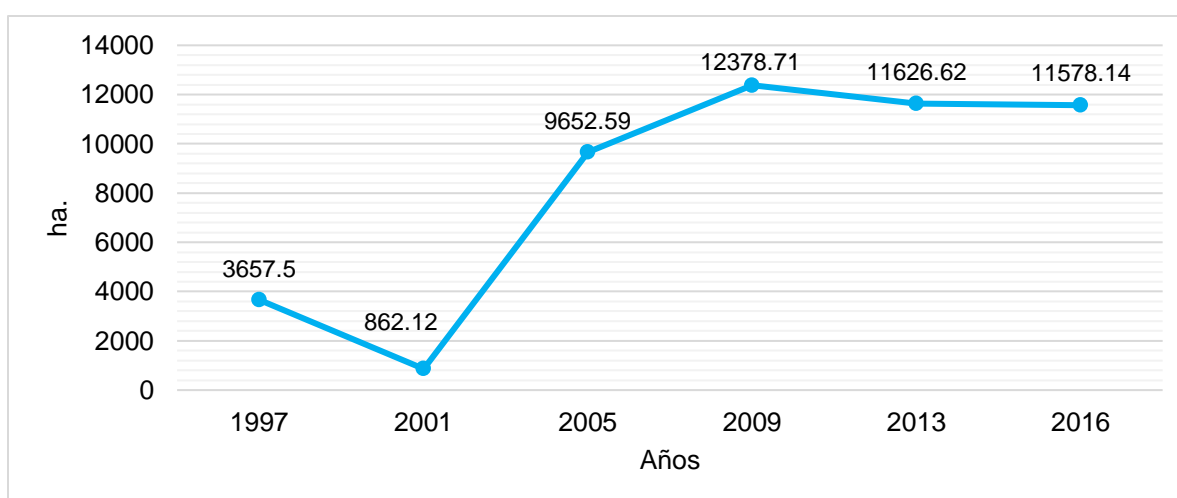


Figura 3.2. Superficie (ha.) de agricultura en el área de estudio de 1997 a 2016.

Fuente: INEGI (1997-2016).



En 1997 los **cuerpos de agua** tenían una superficie de 11,680.12 ha., para 2001 se incrementó a 13,753.98 ha., pero fue porque las cifras de 1997 no consideraban el espacio localizado en la desembocadura con el Mar Caribe (1,334.15 ha.). Pese a ello, hubo un incremento cerca de la vegetación de manglar que se ubicaba en la ribera sur de la laguna de Bacalar.

Al considerar que el dato correcto es 13,753.98 ha., en 2013 la superficie disminuyó a 13,625.26 ha., y ocurrió al noreste (cerca del límite con el Mar Caribe) ya que pasó a ser manglar (*Ver anexo 1.3, Figura A.12*).

En 2016 se observa un descenso fuerte (*Figura 3.3*), pero nuevamente fue porque no se contempló la de la desembocadura, pues al sumarse, hay una ligera disminución de hectáreas.

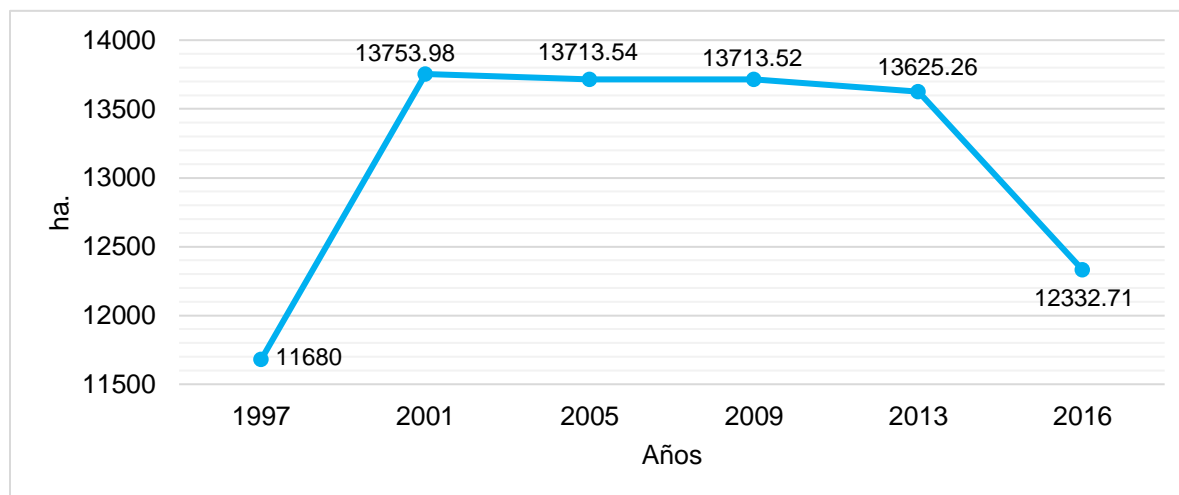


Figura 3.3. Superficie (ha.) de cuerpos de agua en el área de estudio de 1997 a 2016.  
Fuente: INEGI (1997-2016).

El **manglar** es otra vegetación de importancia. Fue la que más disminuyó (5,043.67 ha.) en el periodo de 19 años; el mayor descenso fue de 1997 a 2001 (*Figura 3.4*).

Para 1997 se ubicaba al noreste, cerca de la desembocadura con el Mar Caribe y en la ribera sur de la laguna de Bacalar, con 17,476.89 ha. (*Ver anexo 1.3, Figura A.4*), para 2001 se redujo a 11,941.98 ha. principalmente al noreste.

En 2013 había 12,516.29 ha. y en 2016 pasó a 12,433.22 ha, lo cual supone una disminución no tan reveladora como en años pasados.

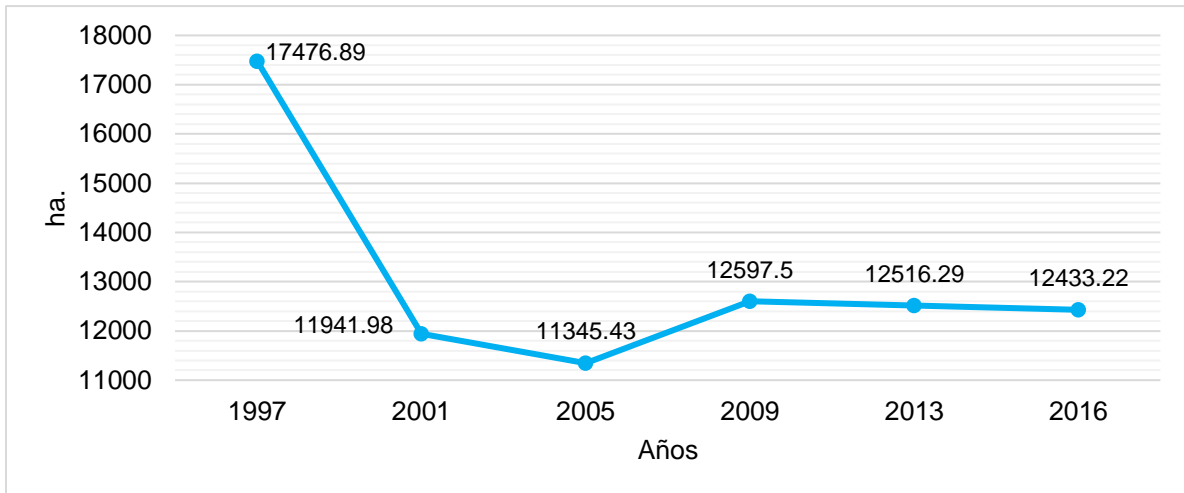


Figura 3.4. Superficie (ha.) de manglar en el área de estudio de 1997 a 2016.

Fuente: INEGI (1997-2016).

Para 1997 la superficie de **pastizal** era de 7,493.57 ha. y se restringía al noroeste y en la cercanía de la desembocadura.

Se incrementó en 2009 a 14,457.81 ha. (al sureste del área), para 2013 descendió a 13,134.38 ha. en el centro y sur, cuando una porción fue removida por el crecimiento de los asentamientos humanos cerca de Chetumal (*Ver anexo 1.3, Figura A.12*) y para 2016 volvió a incrementar en 302.93 ha. principalmente al norte de la laguna de Bacalar.

En el gráfico (Figura 3.5) se puede apreciar que se incrementó la superficie significativamente en 2001, aunque de 2009 a 2016 hubo un descenso.

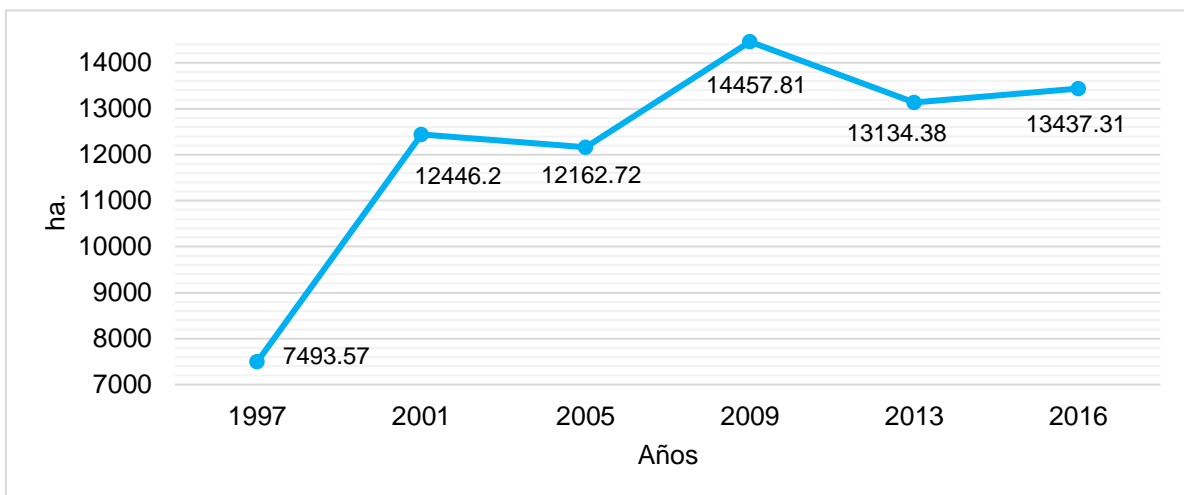


Figura 3.5. Superficie (ha.) de pastizal en el área de estudio de 1997 a 2016.

Fuente: INEGI (1997-2016).

Con relación a la **selva**, en las primeras dos series (1997 y 2001), los tipos que se consideraron fueron tres; selva baja subperennifolia, selva mediana subperennifolia y selva baja espinosa subperennifolia. No obstante, la que se consideró fue la selva mediana subperennifolia porque es la única que se repite en las seis series.

Esta vegetación fue la que tuvo un descenso muy notorio, en 1997 representaba 37,453.73 ha. (Figura 3.6) y se ubicaba principalmente al norte y noreste del área (Ver anexo 1.3, Figura A.4); 19 años después sólo queda una pequeña porción de selva en el centro, la cual está destinada a la conservación y su uso principal es como corredor natural (Gobierno de Quintana Roo, 2005).

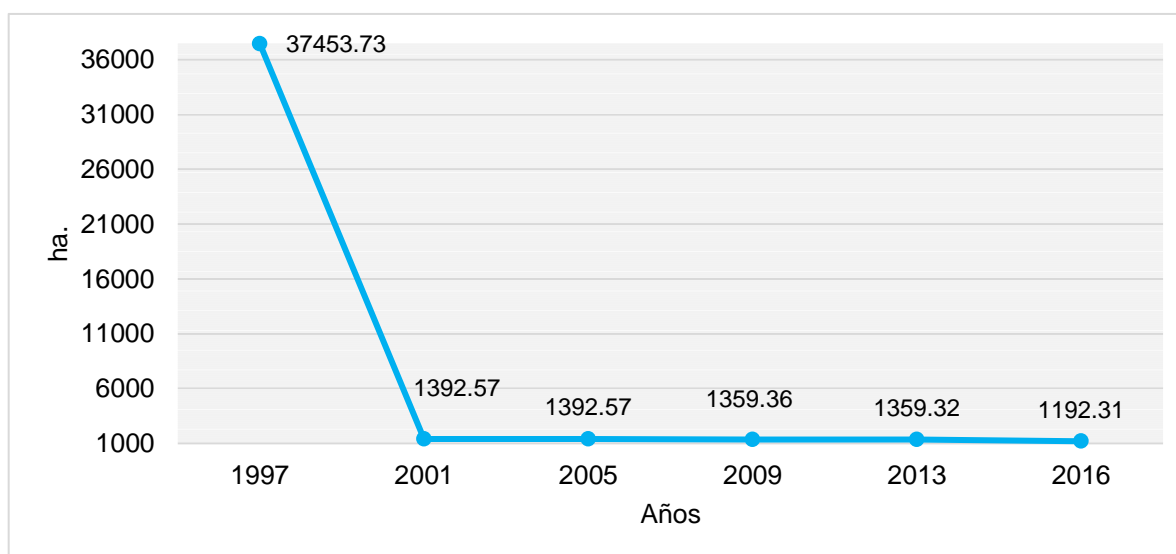


Figura 3.6. Superficie (ha.) de selva mediana subperennifolia en el área de estudio de 1997 a 2016.

Fuente: INEGI (1997-2016).

Correspondiente al **tular**, en 1997 se ubicaba, en su mayoría, al sur de la laguna de Bacalar y abarcaba una superficie de 3,897.99 ha. En 2001 se incrementó casi al doble que en el periodo anterior (pasó a 7,225.81 ha.) por la modificación de manglar a tular, especialmente al norte y noreste (Ver anexo 1.3, Figura A.6).

Como se observa en la Figura 3.7, de 2001 a 2016, la superficie de tular aumentó gradualmente.

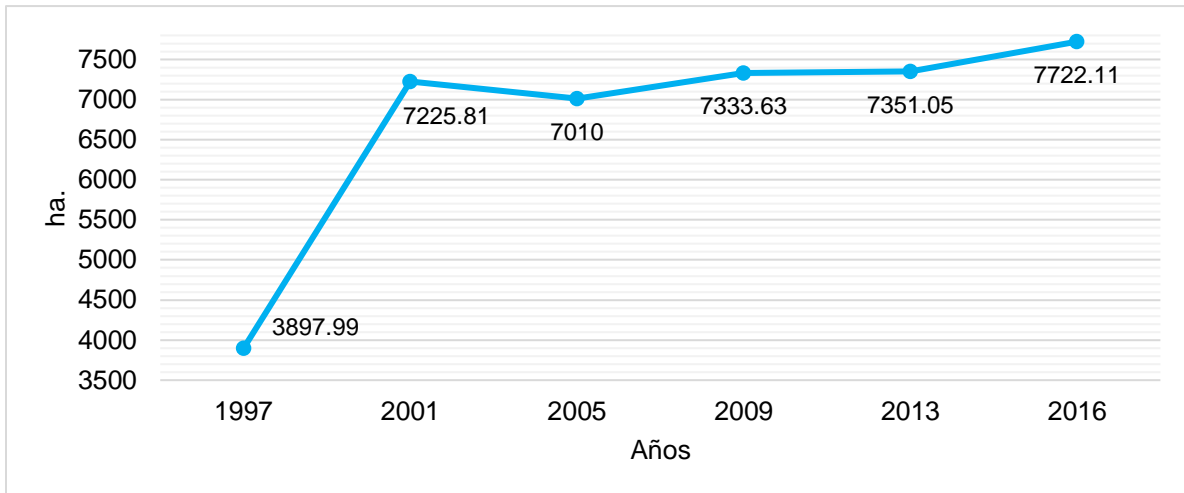


Figura 3.7. Superficie (ha.) de tular en el área de estudio de 1997 a 2016.  
Fuente: INEGI (1997-2016).

La **vegetación secundaria** es la que cuenta con mayor superficie; las series consideraron cuatro tipos, pero se decidió englobarlos en vegetación secundaria arbustiva y arbórea.

El estrato arbóreo es el que mayor extensión tiene y el que más ha incrementado en 19 años; pasó de 107,809.38 ha. en 1997, ubicándose en toda el área, principalmente en el centro y sur (*Ver anexo 1.3, Figura A.4*), a 139,246.31 ha. en 2016; incremento que se distingue al este, cerca de la desembocadura con el Mar Caribe. El estrato arbustivo disminuyó, pese a incrementar de 10,494.78 ha. en 1997 a 89,032.79 ha. en 2001 (Figura 3.8), al sólo cubrir 11,122.90 ha. al oeste y suroeste del área de estudio en 2016.

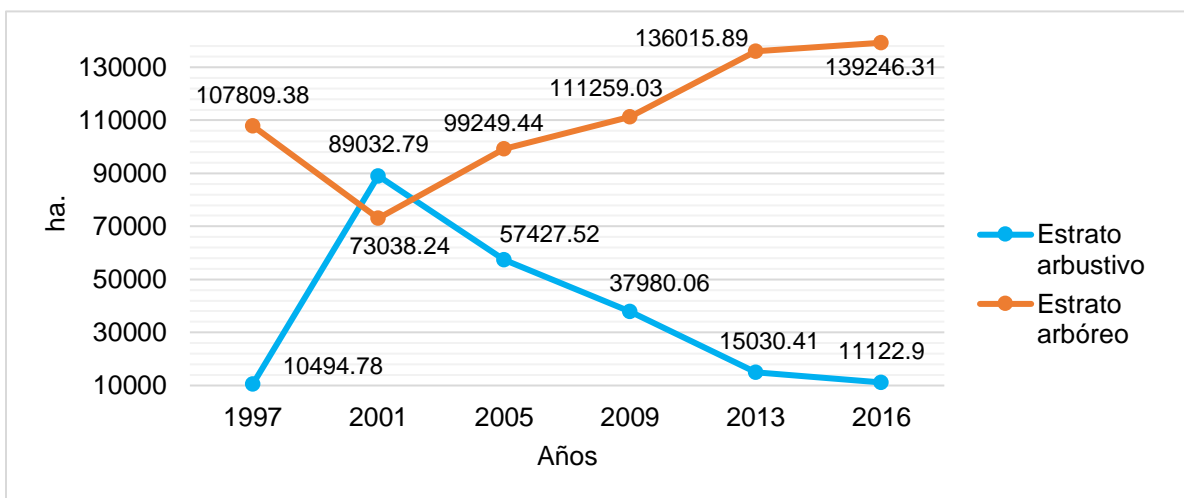


Figura 3.8. Superficie (ha.) de vegetación secundaria en el área de estudio de 1997 a 2016.  
Fuente: INEGI (1997-2016).

El comportamiento que se observa en 2001 se atribuye a lo mencionado al inicio de la descripción de los resultados, es decir, a partir de ese año el procesamiento fue más preciso.

Para la **zona urbana** se contemplaron los asentamientos humanos y al considerar ambas clases, se aprecia un crecimiento en el periodo estudiado.

En 1997 la superficie era de 858.33 ha. (representada sólo por Chetumal) y para 2001 creció al pasar a 2,322.02 ha (Figura 3.9).

Ese incremento continuó en 2016 con 5,055.22 ha. localizadas especialmente al norte de Chetumal y al oeste de la ciudad de Bacalar (Ver anexo 1.3, Figura A.14).

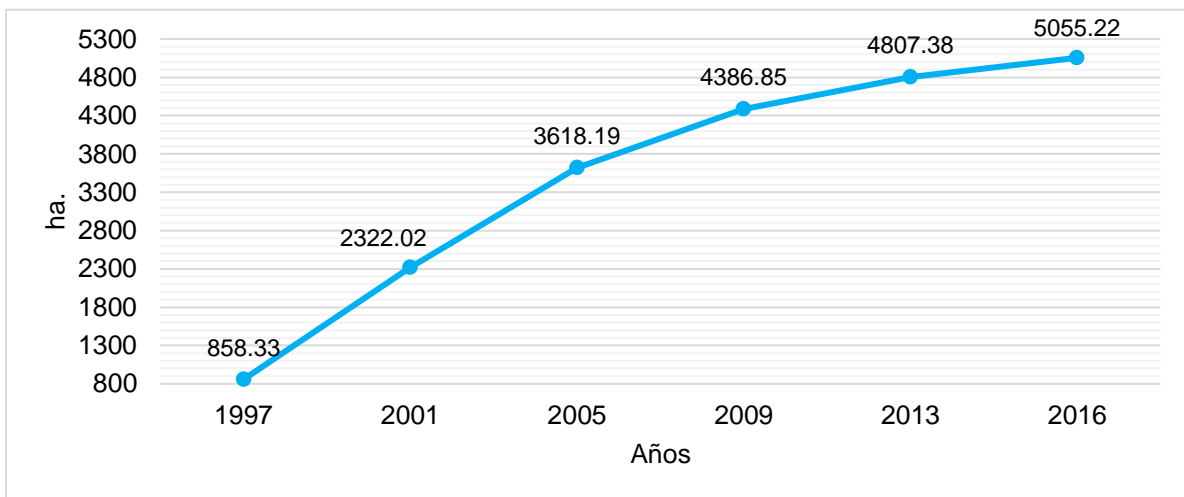


Figura 3.9. Superficie (ha.) de zona urbana en el área de estudio de 1997 a 2016.  
Fuente: INEGI (1997-2016).

Con los datos de 1997 a 2016 se puede resumir que el uso de suelo con mayor crecimiento de superficie fue el agrícola (incrementó 7,920.55 ha.), seguido de la zona urbana (sumó 4,196.89 ha.); mientras que la vegetación que más disminuyó fue la selva mediana subperennifolia (perdió 36,261.42 ha.).

Las cifras arrojadas por las Series de Vegetación del INEGI son una manera de dimensionar y cuantificar los cambios experimentados en el área. A continuación, se precisa la actividad que representó la causa por la cual algunos tipos de vegetación disminuyeran, es decir, la agricultura.

### 3.2 Agricultura

El producto interno bruto (PIB) de Quintana Roo fue de 302 mil millones de pesos en 2016 y aportó 1.6% al PIB nacional (Secretaría de Economía, 2016). Las actividades primarias sólo contribuyeron con 1% en el PIB estatal, mientras que el sector terciario lo hizo con el 86%

Para la Secretaría de Economía (2016), las actividades primarias, secundarias y terciarias crecieron 16%, 1.3% y 7.4% respectivamente, siendo las primeras las que contribuyeron en mayor medida. Aún con ello, las áreas dedicadas al uso agrícola en Quintana Roo sólo ocupan 20,317 terrenos, o sea, el 0.31% a nivel nacional.

Los principales tipos de agricultura son tres; de temporal semipermanente con una superficie de 53,288.62 ha. y de riego semipermanente con 5,992.18 ha., ambas ubicadas al sur del estado y la agricultura de temporal anual con 155,711.74 ha. distribuyéndose en el centro, cerca del límite con Yucatán (Figura. 3.10).

La agricultura es la principal actividad en ocupar a la población masculina (INEGI, 2017) y a nivel estatal los principales cultivos son la caña de azúcar, frijol y maíz blanco (Tabla 3.4)

Tabla 3.4. Superficie y producción de los principales cultivos a nivel estatal, 2014.

Cultivo	Superficie cultivada		Producción (tn)
	Sembrada (ha.)	Cosechada (ha.)	
Caña de azúcar	25,820	22,158	1,293,192
Frijol	14,933	9,612	1,931
Maíz blanco	80,237	56,537	-

Fuente: INEGI (2017).

Como se señaló en el capítulo 1 (apartado de Economía), en los municipios de Bacalar y Othón P. Blanco los cultivos con mayor producción son la piña, maíz, soya, sorgo, caña de azúcar, coco y limón (SIAP, 2017).

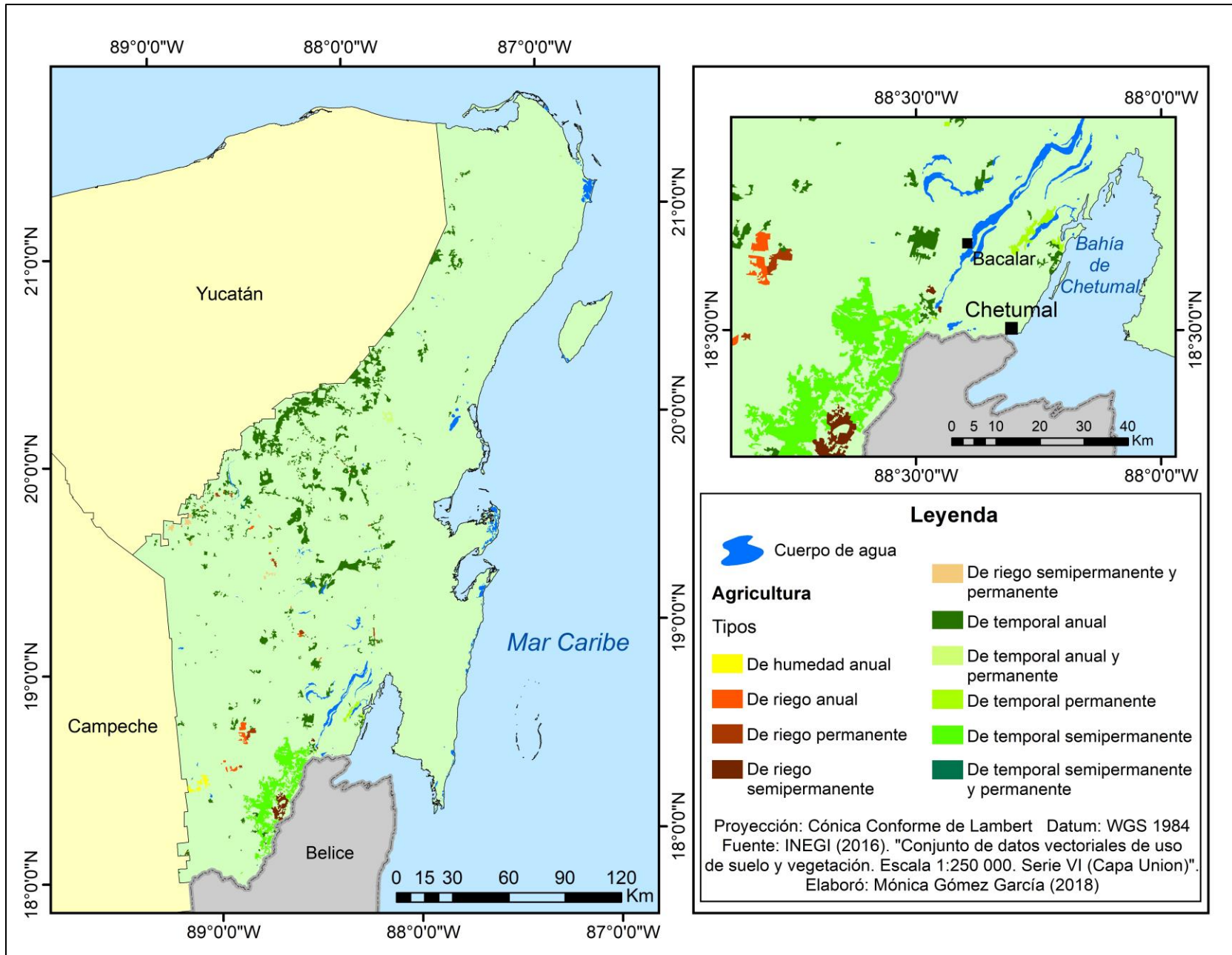


Figura 3.10. Áreas agrícolas en Quintana Roo, 2016.

Al ser información a escala municipal, a continuación, se muestran los tipos de agricultura considerados en el área (Tabla 3.5) de acuerdo con la última serie de vegetación.

Tabla 3.5. Tipos de agricultura dentro del área según la serie VI, 2016.

Tipo	Área total (ha.)
Agricultura de riego anual	133
Agricultura de riego semipermanente	326
Agricultura de temporal anual	8,586
Agricultura de temporal permanente	2,408
Agricultura de temporal semipermanente	127
Total	11,580

Fuente: INEGI (2016).

Al observar los seis mapas de las Series de Vegetación (*Ver anexo 1.3*), se puntualiza lo siguiente:

En 1997 la agricultura de temporal se restringía en proporciones pequeñas al norte, este y centro del área de estudio (*Ver anexo 1.3, Figura A.4*).

Para 2001 la superficie se redujo de 3,657.5 ha a 862.12 ha. (0.4% del total), aun cuando los tipos de agricultura se ampliaron (de riego semipermanente, de temporal anual, de temporal permanente y de temporal semipermanente). El tipo de agricultura con mayor expansión fue el de temporal anual con 321.48 ha., por el contrario, la agricultura de riego semipermanente sólo contó con 95.5 ha.

En 2005 se incrementó, las zonas donde se desarrollaba la agricultura comenzaron a tomar relevancia principalmente al noroeste, al pasar de 862.12 ha. (0.40%) a 9,652.59 ha. (4.48%) (*Ver anexo 1.3, Figura A.8*). La agricultura de temporal anual fue la de mayor área con 7,998.78 ha. (3.71%), seguida de la agricultura de temporal semipermanente con apenas 579.91 ha (0.27%).

En 2009 nuevamente se incrementó, pues parte de la vegetación secundaria arbórea se destinó a la agricultura especialmente al este (*Ver anexo 1.3, Figura A.10*). La superficie llegó a las 12,378.71 ha. (5.74%) y la agricultura de temporal anual continuó siendo la principal con 11,197.37 ha. (5.19%).



Para 2013 descendió un poco, del 5.74% que representó en 2009, bajó a 5.39%, dicho de otra forma, se pasó de una superficie de más de 12 mil ha. a 11,626.62 ha.

En 2016 volvió a disminuir a 11,578.14 ha., o sea, 48.48 ha. menos que en 2013.

La ubicación de zonas donde aparecieron o crecieron tierras para uso agrícola, se relaciona con la población asentada; al prestar atención en los mapas generados de los seis años, se aprecia que, donde hay una localidad (como Maya Balam, Laguna Guerrero, San Isidro y Xul-Ha), hay demarcaciones agrícolas contiguas.

Respecto a las zonas en donde se lleva a cabo la actividad (Figura. 3.11), se resume de la siguiente manera:

- al noroeste, cerca de la localidad de Maya Balam.
- al este de la laguna de San Felipe, cerca de San Isidro la Laguna.
- al oeste de la ciudad de Bacalar, rodeando Salamanca.
- en el margen norte de la laguna Guerrero.
- cerca de la localidad de Xul-Ha.

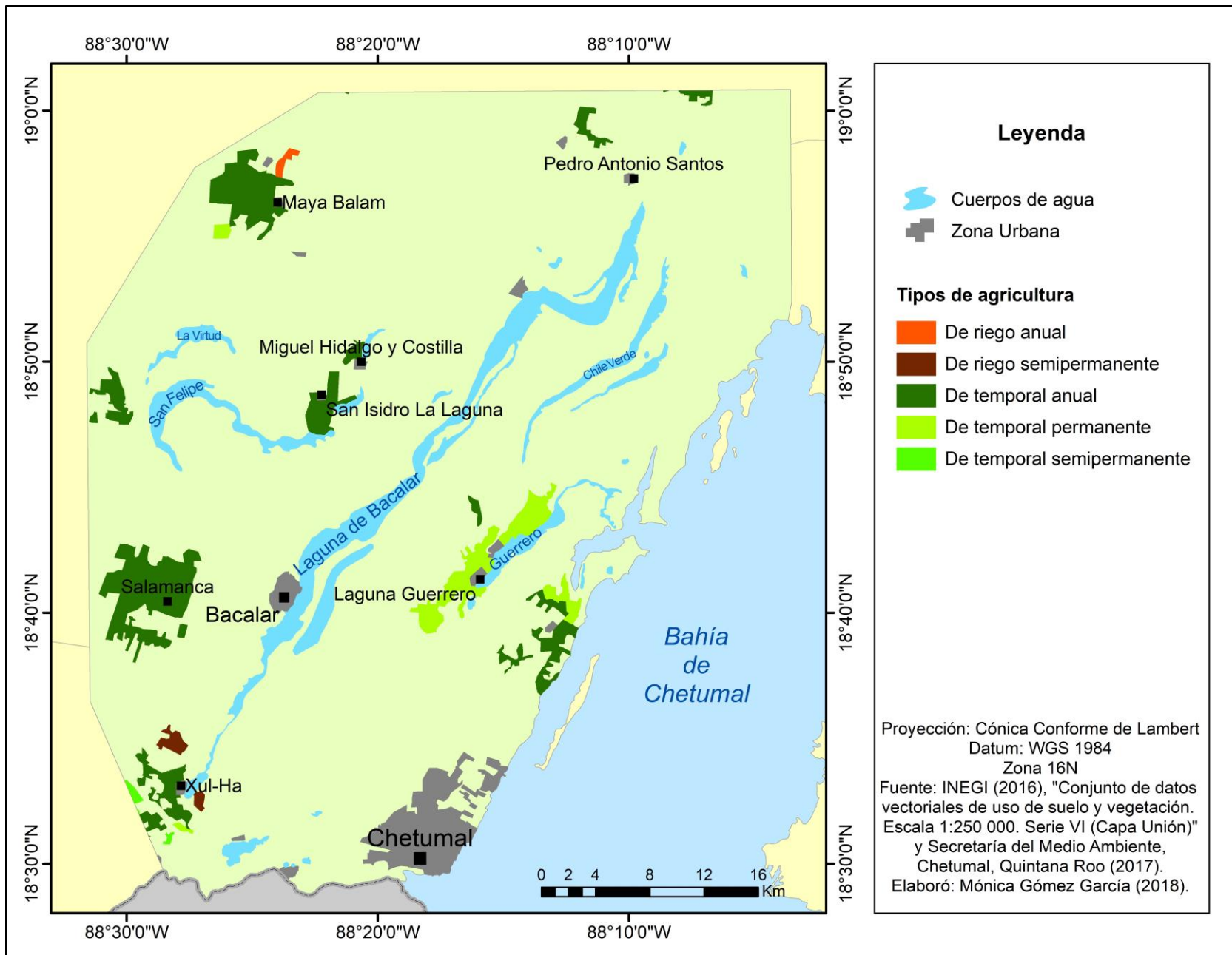


Figura 3.11. Tipos de agricultura en el área de estudio, 2016.

Al no existir datos de qué tipo de cultivo producen las localidades elegidas, se visitó cada una (excepto Salamanca) con lo que se detallan las siguientes impresiones.

A lo largo de la carretera el tipo de vegetación observada no corresponde a la selva, sino a vegetación secundaria que se ha desarrollado por la remoción de la original.

Cerca de la Carretera Federal 307, Chetumal-Cancún, y de los caminos de terracería de las localidades, son visibles las áreas de cultivo (Figura. 3.12), ya que pueden apreciarse pequeños terrenos con cultivos de piña, maíz, coco, plátano y papaya.



Figura 3.12. Zonas de cultivo en la Carretera Federal 307 (Chetumal-Cancún).  
Fotografía de Gómez, 2018. Tomada en campo.

Específicamente en Maya Balam el cultivo de piña y limón es importante (Figura 3.13), pues además de ser para autoconsumo o venderlo en la misma localidad, de acuerdo con un agricultor de la localidad, la producción se destina a Cancún y Playa del Carmen; mencionó además que otros cultivos que se siembran son la pitahaya y la calabaza, que junto con la piña y el limón no utilizan maquinaria pesada.



Figura 3.13. Cultivo de piña en la localidad de Maya Balam.  
Fotografía de Gómez, 2018. Tomada en campo.

San Isidro La Laguna, Miguel Hidalgo y Costilla y Pedro Antonio Santos son poblaciones muy pequeñas, por lo que afuera de las casas se observaron áreas donde destacaba el cultivo de coco, plátano y piña (Figura 3.14).

En Xul-Ha la producción de sorgo es la más importante de la zona, pero no fue posible observar los terrenos debido a que se encuentran alejados de las viviendas.

Para la Secretaría de Desarrollo Agropecuario Rural y Pesca (SEDARPE, 2017) en el periodo de 2016-2017 la trilla de sorgo se dio en un terreno de 120 ha., producción que se llevó principalmente a Mérida.



Figura 3.14. Terrenos en Pedro Antonio Santos.  
Fotografía de Gómez, 2018.  
Tomada en campo.

Por último, en la localidad de Laguna Guerrero los principales cultivos son los de pepino blanco, sandía, jitomate y papaya; ésta última es la única que se envía a Chetumal.

Puesto que no se visitó Salamanca, de acuerdo con un periódico local, en 2017 se produjeron 5,820 tn. de soya en la localidad. En la zona se asientan grupos de menonitas que además de soya, se dedican a sembrar sorgo y maíz (Ortiz, 2018).

Con lo señalado, la actividad agrícola en cinco de las siete localidades de la zona no representa un problema dado que su producción se da a una escala pequeña, razón por la cual no utilizan maquinaria y/o productos agroquímicos.

En contraste, en las localidades de Xul-Ha y Salamanca sí emplean maquinaria y fertilizante para la producción de soya y sorgo principalmente.

### 3.3 Evaluación del cambio de uso de suelo y cobertura de 1997 a 2016

Aunque el POET de Bacalar sólo se utilizó para tener un área delimitada, es oportuno mencionar que su finalidad fue la de servir como instrumento para la protección, conservación y utilización adecuada de los recursos naturales (*Ver anexo 1.1*); además, estuvo por lo menos seis años en acción, en los cuales entran las series IV y V (2009 y 2013 respectivamente).

Para conocer cómo se modificó el espacio en el área de estudio, se realizó una valoración cuantitativa de los datos que arrojaron las Series de Vegetación del INEGI (Tabla 3.6), en un periodo de 19 años (1997 a 2016).

Conjuntamente se empleó la matriz de Leopold, considerada una herramienta para la valoración de recursos para la Geografía ambiental, para estimar el impacto que las actividades y/o acciones realizadas en el área de estudio generan en el entorno.

Tabla 3.6. Superficie (ha. y porcentajes) de los usos de suelo y tipos de vegetación del área de estudio, 1997-2016.

Usos de suelo y tipos de vegetación	1997		2001		2005		2009		2013		2016	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%	Ha.	%
Agricultura	3,657.59	1.71	862.12	0.40	9,652.59	4.48	12,378.71	5.74	11,626.62	5.39	11,578.14	5.40
Cuerpos de agua	11,680.12	5.45	13,753.98	6.38	13,713.54	6.36	13,713.52	6.36	13,625.26	6.32	12,332.71	5.76
Manglar	17,476.89	8.16	11,941.98	5.54	11,345.43	5.26	12,597.5	5.84	12,516.29	5.81	12,433.22	5.80
Pastizal	7,493.57	3.50	12,446.2	5.77	12,162.72	5.64	14,457.81	6.71	13,134.38	6.09	13,437.31	6.27
Selva mediana subperennifolia	37,453.73	17.49	1,392.57	0.65	1,392.57	0.65	1,359.36	0.63	1,359.32	0.63	1,192.31	0.56
Tular	3,897.99	1.82	7,225.81	3.35	7,010	3.25	7,333.63	3.40	7,351.05	3.41	7,722.11	3.60
Veg. Sec. Arbórea	107,809.38	50.34	73,038.24	33.88	99,249.44	46.04	111,259.03	51.61	136,015.89	63.10	139,246.31	65
Veg. Sec. Arbustiva	10,494.78	4.90	89,032.79	41.30	57,427.52	26.64	37,980.06	17.62	15,030.41	6.97	11,122.90	5.19
Zona Urbana	858.33	0.40	2,322.02	1.08	3,618.19	1.67	4,386.85	2.03	4,807.38	2.23	5,055.22	2.36
Total	200,822.38	93.77	212,015.71	98.35	215,572	100	215,466.47	99.95	215,466.6	99.95	214,120.23	99.94

Elaboración propia con datos de las Series de Vegetación I a VI de INEGI (1997-2016).

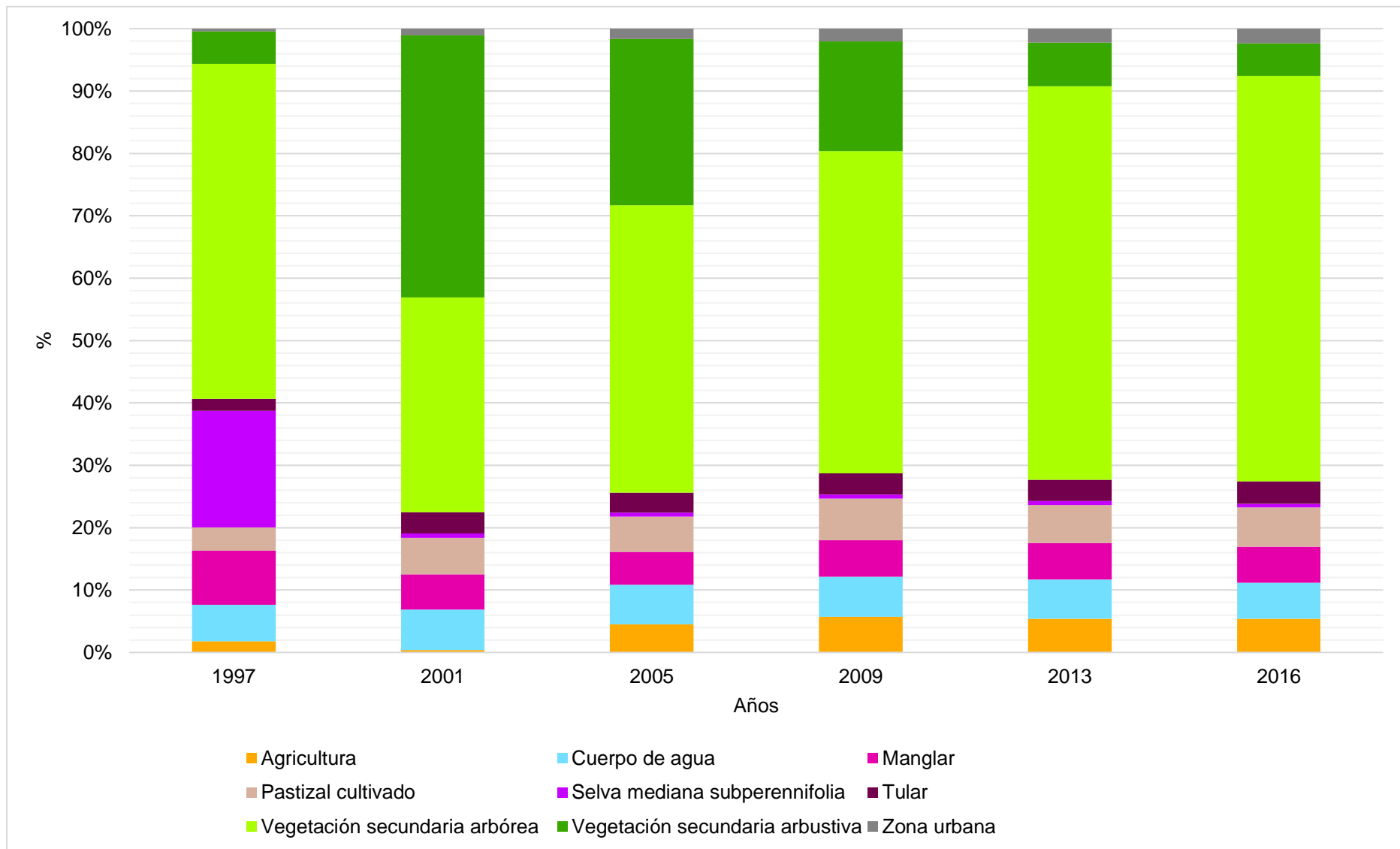


Figura 3.15. Porcentaje del uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio, 1997-2016.

En el gráfico de porcentajes (Figura 3.15), se advierte que la agricultura se incrementó a lo largo de 19 años.

La superficie de los cuerpos de agua se mantuvo relativamente estable, aunque se debe considerar que tuvo leves descensos.

El manglar disminuyó en 2001, pero a partir de ahí no se presentaron grandes cambios en su cobertura.

Por su parte, el pastizal se incrementó significativamente en 2001, a partir de ese año su crecimiento ha sido continuo.

El cambio más significativo fue el de la selva mediana subperennifolia; pese a tener una extensa superficie en 1997 en los años posteriores ha disminuido y su área, de pequeñas dimensiones, está en conservación.

Por otro lado, el tular, a partir de 2001 se ha extendido.

La vegetación secundaria es la de mayor extensión y la vegetación arbórea es la más representativa.

También existió un crecimiento de la mancha urbana, el más notorio fue en 2016.

Respecto a las zonas donde visiblemente ocurrió una transformación, el siguiente mapa (Figura. 3.16) permite reconocer el cambio de superficie en el periodo de 19 años:

En 1997 la cobertura de selva mediana subperennifolia se situaba al noreste y noroeste y en pequeñas proporciones al oeste. Sin embargo, para 2016 la selva se redujo a tan sólo una pequeña área ubicada al norte de la ciudad de Bacalar.

En cuanto al uso de suelo que más se incremento fue el agrícola y el urbano.

La superficie agrícola no estaba tan extendida en 1997 y los pocos terrenos dedicados se confinaban al norte, este (cerca del Mar Caribe), suroeste y al norte de la laguna San Felipe.



En cambio, lo que muestra la serie V (2013) es que la actividad agrícola se expandió al oeste de la ciudad de Bacalar, cerca de la desembocadura de la laguna Guerrero y al noroeste del área.

La zona urbana también se incrementó, en 1997 ni siquiera se contemplaba a Bacalar, y Chetumal ocupaba una superficie pequeña. No obstante, en 2016 Bacalar ya fue considerada y el crecimiento de Chetumal fue visible al expandirse al norte.

Otra cobertura de interés es el manglar, el cual se redujo; en la primera serie (1997) se extendía ampliamente a lo largo de la ribera este de la Laguna de Bacalar y se encontraba cerca de la desembocadura con el Mar Caribe y al noreste de la Laguna de Chile Verde; en cambio, para 2016, la superficie que se localizaba en la Laguna de Bacalar disminuyó, al igual que la que se encontraba en la desembocadura con el mar y la que estaba al este de Chile Verde cambió por tular.

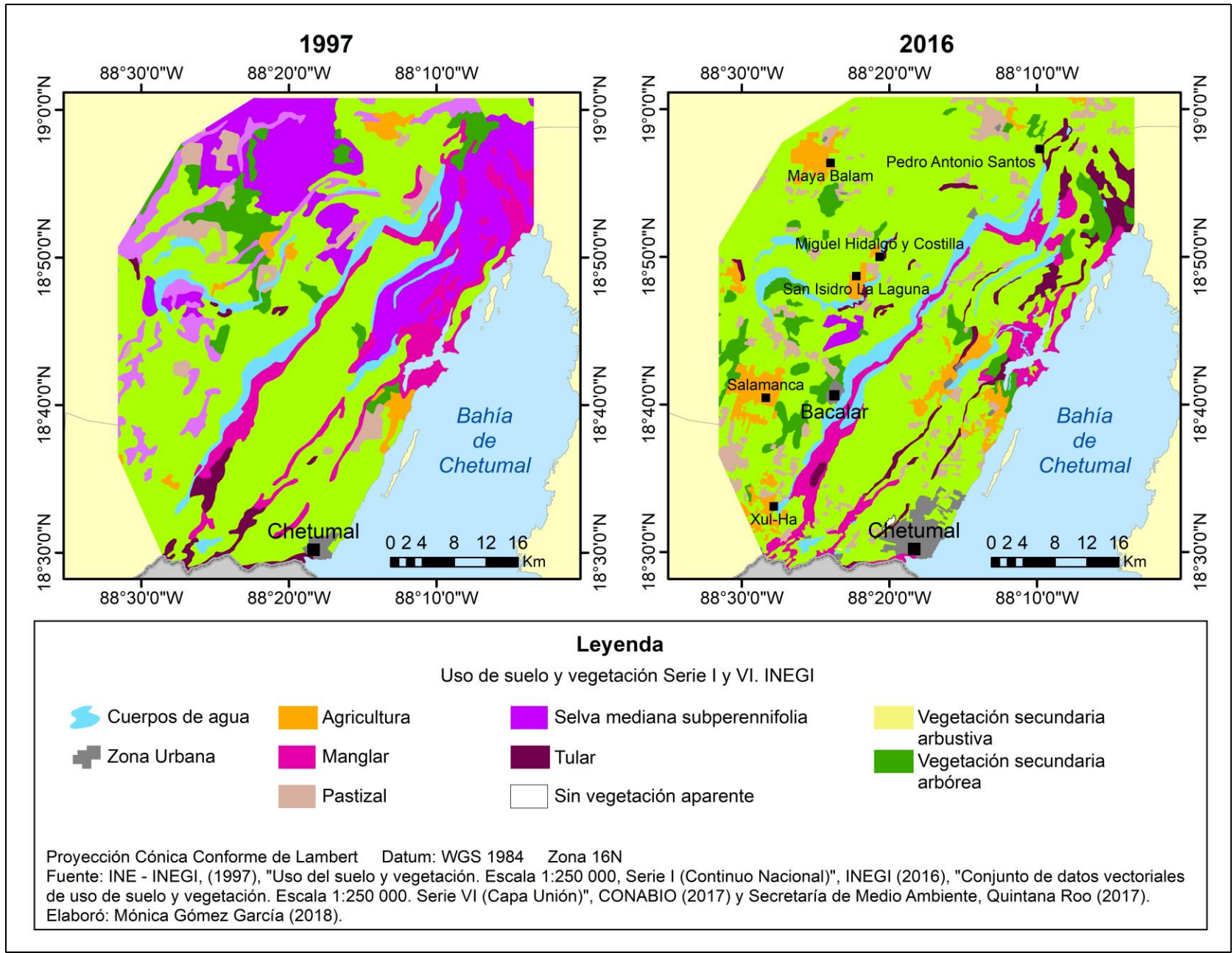


Figura 3.16. Comparación del uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio, 1997-2016.

Por último, un método que se empleó para estimar el impacto provocado por las actividades antrópicas fue la matriz de Leopold, la cual, por medio de dos categorías (acciones humanas y sectores ambientales), establece una relación causa-efecto.

La matriz se fundamenta de datos cualitativos, ya que los valores son estimaciones de la magnitud e importancia que las acciones del hombre tienen sobre los sectores seleccionados.

La designación de los valores fue a consideración propia y éstos fueron de una escala de 1 a 10; el número 1 indica que tanto la magnitud como la importancia es mínima, es decir, no es notable; mientras que el número 10 alude a que en ambas categorías se tiene el nivel más alto de relevancia. En cuanto a la magnitud, a todos los valores se les otorgó el signo “-” (menos), el cual indica que la acción es perjudicial.

La siguiente información (Tabla 3.7) revela los sectores/entornos afectados y las actividades/acciones que se consideran que repercuten en ellos

Tabla 3.7. Matriz de evaluación de causa-efecto en el área de estudio.

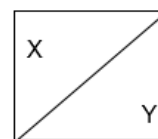
		Acciones que provocan cambios					Evaluación
		Deforestación	Agricultura	Turismo	Drenajes	Basura	
Sectores (entornos) afectados	Selva	-10	-9	-5	-4	-5	-33
	Cuerpos de agua (laguna y bahía)	10	9	7	6	8	40
	Manglar	-3	-9	-8	-10	-9	-39
	Fauna	5	10	9	10	9	43
Evaluación		-10	-8	-8	-8	-8	-42
		10	9	8	9	8	44
		-6	-3	-3	-7	-5	-24
		8	5	7	8	7	35
		-29	-29	-24	-29	-27	-138
		33	33	31	33	32	162

Elaboración propia con base en Universidad Nacional Río Negro (2013).

Dónde:

X = Magnitud; valoración de la alteración potencial a ser provocada.

Y = Importancia; relevancia del impacto sobre el sector afectado.



De acuerdo con esas pautas, y tomando en cuenta sólo las acciones, se señala lo siguiente:

- La deforestación tiene el nivel más alto de magnitud (-10, al ser perjudicial) e importancia (10) en la selva y el manglar, no así para los cuerpos de agua y la fauna.
- La agricultura fue la actividad que se calificó con niveles altos (-9 y 10) en la selva y cuerpos de agua, al considerarse que el desarrollo de esta afecta negativamente esos sectores y el impacto provocado en ellos es alto.
- El turismo afecta en gran medida a los cuerpos de agua y el manglar, a ambos se les otorgó una magnitud de -9 y una importancia de 9 y 8 respectivamente.
- El drenaje tiene el valor más alto de magnitud (-10) e importancia (10) en los cuerpos de agua, ya que se estima que ese es el sector más afectado por la descarga de drenaje.
- La generación de basura se calificó con -9 y 9 (magnitud e importancia) en los cuerpos de agua al juzgarse que dicha acción recae en mayor medida en ese sector.

Ahora, puntualizando cada sector de la tabla 3.7, se detalla lo siguiente:

- Selva

La deforestación tiene un impacto directo sobre la superficie de la vegetación, por eso, tanto la magnitud como la importancia tienen los niveles más altos.

La principal zona de afectación, en el periodo evaluado, se localiza al noreste y noroeste del área (Figura 3.16).

En los últimos 10 años, la pérdida de superficie de selva se presentó en la ribera norte de la laguna de Bacalar, donde se ha eliminado vegetación para la construcción de parques ecoturísticos, y al oeste de la ciudad de Bacalar, en la localidad de Salamanca, donde se ha sustituido por terrenos agrícolas para el cultivo de soya, sorgo y maíz.

En suma, la agricultura de temporal anual que se realiza en Salamanca está vinculada con la deforestación de 960 ha. de selva (Pavón, 2017); por ello, la pérdida de superficie de selva hizo posible el crecimiento de terrenos agrícolas.

Las otras tres acciones no repercuten de manera considerable, no así el turismo, actividad que se realiza principalmente en los márgenes de la laguna de Bacalar y que puede ser favorable para la conservación de la selva (si se considera que al visitarla se apreciarán los servicios ambientales que ofrece), pero la presión que ejercen las personas es relevante, por lo tanto, los valores considerados son intermedios; lo que indica que esa actividad no es tan influyente.

- Cuerpos de agua

La deforestación de selva al norte fue la única acción que se consideró que no impactó directamente y en gran medida los cuerpos de agua.

La agricultura de temporal (soya y sorgo) que se realiza en Salamanca y Xul-Ha es la que tiene un impacto marcado al hacer uso de agroquímicos que se vierten en la laguna de Bacalar.

El destino final de la basura en las localidades no es a un relleno sanitario, ya que, al no existir una recolección, los residuos se dejan en la calle o incluso se queman, por esa razón, aunque las personas no tiran su basura en los cuerpos de agua, indirectamente propician que los desechos terminen en ellos.

En cuanto al drenaje, sólo Bacalar y Chetumal cuentan con la red pública, pero no todas las viviendas están conectadas (sólo las que tienen menos de 10 años), de ahí que el mayor porcentaje de casas tengan fosas sépticas y el tratamiento de las aguas no sea adecuado.

El turismo es uno de los agentes importantes a considerar en cuanto a los efectos en la laguna de Bacalar, pues pese a manejarse como ecoturismo, la presencia de personas genera consecuencias negativas. El uso de bloqueadores solares y bronceadores está prohibido, pero no todos lo acatan, además los recorridos en lancha que se hacen en la zona afectan los estromatolitos de la laguna (Ortiz, 2017).

- Manglar

La deforestación de este tipo de vegetación en el área de estudio es notoria.

En Bacalar, el mangle rojo fue el que más disminuyó. Al sur de la laguna de Bacalar, cerca del Cenote Azul, se realizó un relleno de 10 ha. de manglar, con la finalidad de construir inmuebles (Ortiz, 2017).

En cuanto a la Bahía de Chetumal, ahí se pretende evitar la tala de mangle para que sirva como protección contra huracanes u otros fenómenos que puedan afectar, por eso, la deforestación es la acción que mayor valor se le proporcionó, ya que el impacto es cuantificable al estimar la pérdida de superficie del manglar.

- Fauna

Se consideró el sector con menor daño con respecto a las actividades que se llevan a cabo, pues todas ellas no intervienen directamente con las especies, además de que no se precisa una pérdida de éstas.

Con la matriz de Leopold se identificó que los sectores con mayor deterioro son el manglar y los cuerpos de agua, específicamente la laguna de Bacalar, mientras que las acciones que más repercuten son la deforestación, agricultura y el drenaje.

Si bien la matriz parte de un método cualitativo y los mapas generados con las Series de Vegetación no muestran puntualmente una problemática, la visita a campo sirvió para obtener información relacionada con esas acciones y su impacto en la zona.

La afectación al manglar y a la laguna se debe, en parte, a los asentamientos humanos en la costera.

El Director General de Planeación del Ayuntamiento de Bacalar, Ángel Gabriel Puc Aguilar, alude que a partir de la creación del municipio en 2011 se ha regulado la construcción de inmuebles en la cabecera municipal mediante licencias y que antes de ese año no se tenía un control de qué y dónde se construía (Á. Puc, comunicación personal, 18 de junio de 2018).

Añade que las construcciones en Zona Federal requieren de la anuencia del gobierno federal a través de la SEMARNAT, en donde se indique un estudio de manifestación de impacto ambiental, para después obtener la licencia.

El incremento en las edificaciones se observa al centro del litoral de la laguna, en especial en el Ejido Aarón Merino Fernández, donde hay propiedades que se utilizan de fin de semana y hoteles o parques bajo la insignia de ser “ecoturísticos”.

Moisés González, Coordinador de Normatividad y Gestión Ambiental de Bacalar, indicó que existe daño al manglar pero que es difícil tasar la cantidad de vegetación que se ha perdido porque no hay un control de las construcciones en los predios (M. González, comunicación personal, 18 de junio de 2018).

Otro problema que se detectó fue el de los estromatolitos, estructuras que se ven amenazadas por el turismo que llega a la laguna. Una medida para conservarlos fue la colocación de letreros y boyados para que los visitantes no pasen y la creación en 2013 del Día Municipal del Estromatolito (celebrado el 15 de julio), con la meta de difundir información para su conservación.

Con relación al drenaje, Puc Aguilar mencionó que sólo las ciudades de Chetumal y Bacalar tienen red y cuentan con plantas de tratamiento gestionadas por el gobierno estatal mediante la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA). Actualmente en la cabecera de Bacalar, el 30% tiene drenaje, pero sólo el 10% está conectado, es decir, no todas las casas están enlazadas porque la inversión a ese servicio se hizo en 2005; lo que impera son las fosas sépticas tradicionales, por lo que de manera natural se filtran las aguas negras, de ahí que se solicite desde 2012 que se conecten a la red o se instalen biodigestores.

En el caso de Bacalar, en 2015 se le otorgó la certificación “Blue Flag<sup>3</sup>” por medio de la cual se realizan monitoreos del agua de la laguna. En uno de esos monitoreos se detectó contaminación y de ahí el Ayuntamiento, en coordinación con la CAPA, comenzó a pedir a la población que se vincularan a la red.

Para el Coordinador de Normatividad y Gestión Ambiental de Bacalar, antes de la implementación del drenaje, sí existía un daño en la laguna, pero desde su instalación se ha mitigado y reducido. A nivel municipal se han hecho fosas de absorción pluvial, pero hay zonas en donde se descarga el agua directamente a la laguna y también se vierte basura.

Respecto a la deforestación de selva y de la actual vegetación secundaria, esta se relaciona en mayor medida con la agricultura, actividad que para llevarse a cabo ocasiona la eliminación de vegetación para tener terrenos para el cultivo.

Puc Aguilar señaló que Salamanca (asentamiento menonita), es el único ejido que ha tecnificado y mecanizado sus tierras a grandes niveles, razón por la cual se han presentado problemas por la deforestación de varias hectáreas. Aunado a eso, en 2016 se detectaron algunos químicos en la laguna de Bacalar y se determinó que provenían de esa localidad por su uso en los cultivos de soya.

Finalmente, un tema que surgió durante la visita a la zona está relacionado con el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Bacalar (2005).

Como se mencionó en el primer capítulo, dicho programa quedó obsoleto por la creación del municipio de Bacalar en 2011. Cada cinco años se debe renovar, pero en 2010 no se realizó ninguna actualización.

A la fecha, en Bacalar no hay un Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), mientras que en Othón P. Blanco sí existe desde 2015 (Periódico Oficial de Quintana Roo, 2015).

---

<sup>3</sup> Distintivo internacional que se otorga a playas, embarcaciones y marinas con alto nivel de calidad en gestión, manejo, seguridad, servicios, limpieza y sustentabilidad ecológica.



De acuerdo con Moisés González, el problema es que en la Dirección de Ecología y Medio Ambiente de Bacalar consideran que el programa del otro municipio “otorga mucho margen de afectación”, en otras palabras, los lineamientos del documento dan libertad para la construcción de inmuebles, acto que perjudica a Bacalar, ya que se asegura que en el ordenamiento que están preparando son más meticulosos con los impactos que se generan en la región.

Así, al quedar la administración de la laguna de Bacalar a dos municipios, en Bacalar se ha buscado que el Gobierno del Estado, la Secretaría de Ecología y la CONANP establezcan toda la zona como ANP o un sitio Ramsar, para que de esta manera se gestione la demarcación mediante un mismo instrumento y no se dependa de las decisiones y lineamientos dos municipios.

Conforme a lo abordado en el presente capítulo, por medio de las series de vegetación del INEGI se elaboraron mapas enfocándose en el área del POET y gracias a ello se obtuvieron datos referentes a las hectáreas de ocupación de cada vegetación y uso de suelo a lo largo de 19 años (1997 a 2016). En adición se detalló la actividad agrícola al ser considerada como la de mayor impacto en la zona.

Por último, se puntualizó en algunos problemas presentes como la deforestación, agricultura, asentamientos humanos y el drenaje gracias a información recabada en la visita de campo.

## Conclusiones

Se reafirma que, a lo largo de los años, el ser humano ha mantenido una estrecha relación con la naturaleza, la cual ha afectado en diferentes intensidades el medio ambiente.

Como se mencionó al principio de la investigación, los problemas identificados en las zonas aledañas a las lagunas costeras son originados por acción del hombre. De ahí que el cambio de cobertura y uso de suelo se presenten por el desarrollo de actividades, asentamientos e infraestructuras.

A lo largo de la investigación se cumplieron cada uno de los objetivos, es decir, se definió el marco teórico-metodológico, se describió la zona de estudio, se indicaron las actividades que se realizan y se evaluó el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal.

Es necesario mencionar que el establecer una base teórica facilitó la comprensión de todos los datos e información recabada, ya que al agruparlos en la idea de que cada elemento debe estudiarse y pensarse como parte de un sistema complejo, sirvió para entender que son muchos los factores que influyen en la problemática del cambio de uso de suelo y de cobertura vegetal.

La estimación de esos cambios se realizó al comparar los porcentajes y superficies (en hectáreas) de los diferentes tipos de vegetación y clases de uso de suelo que se detectaron en el área del POET, a lo largo de 19 años, con énfasis en seis periodos 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 y 2016.

Al evaluar dichos cambios se observó que la selva mediana subperennifolia fue la comunidad vegetal más afectada al disminuir 36,261 ha., en ese periodo.

Aunque ese dato no comprueba la influencia del hombre, ésta se hace presente al observar que esa vegetación se sustituyó por vegetación secundaria y áreas agrícolas.

Al prestar atención en ese cambio se determinó que la creación y expansión de zonas agrícolas intervino en la pérdida de superficie de selva, debido a que se llevó a cabo un proceso de sustitución de vegetación.

Asociado, aunque en menor medida, el crecimiento de las zonas urbanas y asentamientos humanos también es notorio.

Si bien en principio el POET sólo se utilizó para tener una delimitación de área, fue inevitable considerar los objetivos que dicho instrumento plantea, pese a ya no estar en operación. De manera concreta busca “programar el uso de suelo y el manejo de recursos para proteger el ambiente y la biodiversidad” (Gobierno de Quintana Roo, 2005).

Acorde con ello, es apremiante que se establezca una protección a toda el área, ya que no se trata de buscar culpables respecto a qué administración municipal permite o no construcciones y/o deforestación, sino soluciones en donde lo único importante sea la conservación de la zona sin afectar a las comunidades que ahí habitan.

Después de lo expuesto en la investigación y considerando la hipótesis planteada (“el área del POET de Bacalar ha experimentado transformaciones notables respecto a la vegetación original en un periodo de 1997 a 2016, ocasionado por la influencia del hombre”), se puede afirmar que sí existe una relación entre las actividades que realiza la sociedad con la pérdida de cobertura.

El emplear técnicas y herramientas como los SIG es de utilidad en cuanto a la descripción y explicación de procesos relacionados con el uso de recursos naturales en diferentes tiempos y escalas.

Por tanto, las Series de Vegetación proporcionadas por el INEGI fueron una forma de conocer y valorar información que está disponible para cualquier persona, sin embargo, ese uso de datos no sólo se quedó en la generación de mapas, sino que también se observó desde la perspectiva geográfica el porqué de esos cambios.

A pesar de ello, se debe mencionar que las diversas fuentes de información y esquemas de clasificación utilizados en la producción de esos inventarios originan que los resultados no sean enteramente comparables.

El uso de la matriz de Leopold implicó abordar una metodología cualitativa para estimar la magnitud de las relaciones causa-efecto, por ello, la evaluación fue subjetiva, al quedar a consideración de quien la realizó, sin embargo, eso no le quita utilidad respecto a servir como estimador de impactos ambientales, al tomar en cuenta los sectores de relevancia como la selva, cuerpos de agua y manglares, y las acciones que repercuten en el ambiente.

Al concebir que la Geografía estudia la relación hombre-naturaleza en un espacio y tiempo determinado, este trabajo se inserta en esa línea, ya que valorar el cambio de uso de suelo engloba la correlación entre esos dos sujetos en un lugar y además los sitúa en una temporalidad.

Por lo anterior, este trabajo pretende servir como base para futuras investigaciones en las cuales se considerará la transformación del espacio, en particular la pérdida de cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo motivado por actividades antrópicas.

No obstante, pese a existir varios trabajos e investigaciones referentes al cambio de uso de suelo, considero que aún es necesario que se sigan desarrollando, con la finalidad de que se llegue al punto de contar con mucha información, para que de esta manera se haga conciencia de cómo nuestras acciones repercuten en la dinámica de la naturaleza a diferentes niveles.

## Referencias

- Alberto, J. A. (2011). Teoría general de sistemas. *Revista geográfica digital*(16).
- Andrade Hernández, M. (2010). Transformación de los sistemas naturales por actividades antropogénicas. En R. Durán y M. Méndez (Edits.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (págs. 316-318). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Arcia Rodríguez, M. I. (Ed.). (1994). *Geografía del Medio Ambiente. Una alternativa del Ordenamiento Ecológico*. Estado de México, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Arnold, M. y Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*(3), 1-4. Recuperado el 7 de Marzo de 2017, de Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Ayuntamiento de Othón P. Blanco. (2018). *Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal, Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Ha*. Chetumal.
- Berlanga Robles, C. A., García Campos, R. R., López Blanco, J. y Ruiz Luna, A. (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*(72), 7-22. Recuperado el 2 de Diciembre de 2017, de <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59223/52234>
- Bertalanffy, L. v. (1989). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. (J. Almela, Trad.) Nueva York.
- Bocco, G. y Urquijo Torres, P. S. (2011). Geografía Ambiental. En D. Hiernaux, *Geografía* (págs. 233-246). Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Carbajal P., J. L. y Chavira M., D. (1985). La contaminación en los sistemas lagunar-estuarinos de las costas mexicanas. *Elementos*, 2(10), 58-64.
- Ceccon, E. (2013). Las perturbaciones antrópicas. En E. Ceccon, *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales* (págs. 31-62). UNAM.
- Cervantes Borja, J. F. (1988). Modelo geoeosistémico para la prospección, uso y manejo del medio y los recursos naturales. *Investigaciones Geográficas*(19), 27-38. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/58972/51959>
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. México: CONABIO-UNAM-Sierra Madre.
- Chávez León, G. y Lemos Espinal, J. A. (1987). Anfibios y reptiles de San Felipe Bacalar, Quintana Roo. *Ciencia Forestal*, 12(61), 70.

- Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES). (2015). *Política Nacional de Mares y Costas de México*. Ciudad de México: CONABIO, SEMARNAT.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2011). Vegetación y Suelos. En C. Pozo, N. Armijo Canto y C. Sophie (Edits.), *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación* (págs. 57-65).
- CONABIO. (2017). *Vegetación y uso de suelo*. Obtenido de Portal de geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad.: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO. (s.f.). *Manglares de México*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de Biodiversidad mexicana: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglares.html>
- CONABIO. (s.f.). *Glosario: cobertura de suelo y uso de suelo*. Recuperado el 3 de Mayo de 2018, de Biodiversidad mexicana: [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura\\_suelo/glosario.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura_suelo/glosario.html)
- CONABIO. (s.f.). *Monitoreo de la cobertura de suelo*. Recuperado el 3 de Mayo de 2018, de Biodiversidad mexicana: [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura\\_suelo/](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura_suelo/)
- CONABIO. (s.f.). *Selvas húmedas*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de Biodiversidad mexicana: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaHumeda.html>
- Conover Blancas, C. (2016). El presidio de San Felipe Bacalar. La llave de la costa oriental de la península de Yucatán durante el siglo XVIII. *Vegueta. Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*(16), 51-65.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). (2014). *Áreas naturales protegidas del estado de Quintana Roo*. Obtenido de CONACYT: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/anpl/quintana-roo>
- Contreras Espinosa, F. y Castañeda López, O. (2003). El Centro de Documentación "Ecosistemas Litorales Mexicanos" como herramienta de diagnóstico. *Contactos*(48), 5-17. Obtenido de STUDYLIB.
- Contreras Espinosa, F. y Castañeda López, O. (Octubre-Diciembre de 2004). Lagunas Costeras. *Ciencias*(76), 46-56.
- Contreras Sánchez, A. (Julio-Septiembre de 1987). El palo de tinte, motivo de un conflicto entre dos naciones, 1670-1802. *Historia Mexicana. El Colegio de México*, 37(1), 49-74. Obtenido de <http://repositorio.colmex.mx/downloads/x059c939n>
- Desarrolladora Cruz del Sur S.A. de C.V. (2004). *Proyecto Biomaya*. Obtenido de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/estudios/2004/23QR2004TD063.pdf>
- Di Gregorio, A. (2016). *Land cover classification system: classification concepts*. FAO. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-i5232e.pdf>

- Di Gregorio, A. y Jansen, L. J. (2000). *Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual*. FAO. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de [http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/X0596e01e.htm#P209\\_18173](http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/X0596e01e.htm#P209_18173)
- Fregoso Domínguez, A. y Esquivel Esquivel, N. (2006). Cambios de uso del suelo. En H. Cotler Ávalos, M. Mazari Hiriart y J. De Anda Sánchez (Edits.), *Atlas de la cuenca Lerma-Chapala, construyendo una visión conjunta* (págs. 114-120). SEMARNAT, INE, UNAM, Instituto de Ecología.
- García Silberman, A. (s.f.). *Clasificación de los recursos turísticos*. Obtenido de Investigaciones Geográficas: <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/download/58846/51834>
- García, R. (2008). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. En G. Rolando, *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- Gobierno de Quintana Roo. (2005). *Decreto del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Bacalar*. Chetumal.
- Gómez Navarrete, J. A. (1998). *Historia y Geografía de Quintana Roo*. Chetumal: Colegio de Bachilleres del estado de Quintana Roo.
- Gómez Pech, E. H. (2015). *Turismo y apropiación del espacio: el caso de la Laguna de Bacalar, Quintana Roo*. (Tesis de Maestría), El Colegio de Michoacán, La Piedad, Michoacán. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de <http://colmich.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1016/312>
- Herrera Silveira, J. y Morales Ojeda, S. (2010). Lagunas Costeras. En R. Durán García y M. E. Méndez González (Edits.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (págs. 24-26). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1910-2010). Censos de población y vivienda. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- INEGI. (2001). Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie II.
- INEGI. (2005). Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie III.
- INEGI. (2009). Othón P. Blanco, Quintana Roo. En *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Chetumal.
- INEGI. (2009). Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie IV.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- INEGI. (2013). Conjunto de datos vectorial edafológico. Escala 1:250 000. Serie II (Continuo Nacional).
- INEGI. (2013). Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie V.

- INEGI. (2014). *Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie V.*
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2015.*
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal.*
- INEGI. (2016). *Agricultura, ganadería y actividad forestal.* Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/agriganfor/>
- INEGI. (2016). *Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie VI.*
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017.*
- INEGI. (2017). *Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación: escala 1:250,000, serie VI.*
- Instituto Nacional de Ecología (INE)-INEGI. (1997). *Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie I.*
- Isla, F. I. (1995). Coastal lagoons. En *Developments in sedimentology* (Vol. 53, págs. 241-272). Elsevier.
- IUSS, ISRIC y FAO. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>
- Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons. En B. Kjerfve, *Coastal lagoon processes* (págs. 1-8).
- Lambin, E. y Meyfroidt, P. (1 de Marzo de 2011). Global land use change, economic globalization and the looming land scarcity. *PNAS*, 108(9), 3465-3472.
- Lambin, E., Geist, H. y Rindfuss, R. (2008). Introduction: Local Processes with Global Impacts. En E. Lambin y H. Geist (Edits.), *Land-use and land cover change* (págs. 1-8). Springer Science & Business Media.
- Lambin, E., Rounsevell, M. y Geist, H. (2000). Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Elsevier Science. Agriculture, Ecosystems and Environment*(82), 321-331.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fisher, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C. y Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Elsevier Science. Global Environmental Change*(11), 261-269.
- Lara-Lara, J.R. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En CONABIO, *Capital Natural de México, vol I: conocimiento actual de la biodiversidad* (págs. 109-134). México.
- López, R. (15 de Agosto de 2016). Hacia la recuperación de cuerpos de agua y arrecifes en el Caribe. *Gaceta UNAM*(4804), págs. 4-5. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <http://www.gaceta.unam.mx/20160815/wp-content/uploads/2016/08/150816.pdf>



- Lugo Hubp, J. (2011). *Diccionario Geomorfológico*. (G. p. Universitarios, Ed.) Ciudad de México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Manson, R. H. y Jardel Peláez, E. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En R. Dirzo, R. González y I. March, *Capital Natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (págs. 131-143). CONABIO.
- Mateo, J. (2 de Noviembre de 2005). La cuestión ambiental desde una visión sistémica. *Ideas Ambientales*, 1-35.
- Mendoza, M. y Reyes Hernández, H. (2011). Los Sistemas de Información Geográfica. En F. Bautista Zúñiga (Ed.), *Técnicas de muestro para manejadores de recursos naturales* (Segunda ed., págs. 641-642).
- Municipio de Bacalar. (2016). *Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar 2016-2018*. Bacalar.
- Municipio de Othón P. Blanco. (2016). *Plan Municipal de desarrollo 2016-2018*. Chetumal.
- Municipio de Othón P. Blanco. (2016). *Programa de Desarrollo Urbano*. Chetumal.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Los ecosistemas y los servicios que ofrecen: algunos datos*. Obtenido de <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/382062/>
- Ortega Valcárcel, J. (2000). La Geografía Moderna: una ciencia de las relaciones hombre-medio. En J. Ortega Valcárcel, *Los horizontes de la Geografía. Teoría de la Geografía* (págs. 149-162). Barcelona: Ariel.
- Ortiz, J. (10 de Junio de 2017). Desdén en Bacalar por ecocidio en manglares. *Novedades Quintana Roo*. Obtenido de <https://sipse.com/novedades/ecocidio-en-manglares-de-bacalar-chetumal-quintana-roo-257192.html>
- Ortiz, J. (22 de Septiembre de 2017). Tours operadores permiten que turistas dañen estromatolitos. *Novedades Quintana Roo*. Obtenido de <https://sipse.com/novedades/bacalar-tour-operadores-permiten-que-turistas-danen-estromatolitos-269578.html>
- Ortiz, J. (30 de Abril de 2018). Soya menonita, en octavo sitio nacional. *Novedades Quintana Roo*. Obtenido de <https://sipse.com/novedades/quintana-roo-octavo-productor-soya-nivel-nacional-menonitas-salamanca-produccion-grano-bacalar-novedades-chetumal-294307.html>
- Pavón, L. (26 de Julio de 2017). *PROFEPA denuncia a comunidad menonita ante PGR por deforestación en Quintana Roo*. Obtenido de <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/profepa-denuncia-menonita-deforestacion-quintana-roo/>
- Peniche Moreno, P. (2018). Efectos de los huracanes en el pasado. Bacalar, 1785. *Estudios de Cultura Maya*, 51, 175-196.
- Periódico Oficial de Quintana Roo. (2011). *Decreto 421: creación del municipio de Bacalar, Quintana Roo*.

- Periódico Oficial de Quintana Roo. (2011). *Decreto del Parque Ecológico Estatal de Bacalar*.
- Periódico Oficial de Quintana Roo. (2015). *Decreto mediante el cual se establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Othón P. Blanco*.
- Romero Mayo, R. I. y Benítez López, J. (Enero-Junio de 2014). El proceso histórico de conformación de la antigua Payo Obispo (hoy Chetumal) como espacio urbano fronterizo durante la etapa de Quintana Roo como territorio federal. *Península*, IX(1), 125-140. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/peni/v9n1/v9n1a6.pdf>
- Rosado Varela, Á. A. y Medina Argueta, G. (2014). Ciclo de vida turístico de Bacalar, Pueblo Mágico, Quintana Roo. *Teoría y praxis*, 96-117.
- Rosas Pérez, I., Carranza Ortiz, G., Nava Cruz, Y. y Larqué Saavedra, A. (2006). La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. En J. Urbina Soria y J. Martínez Fernández, *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global* (págs. 123-126). Obtenido de INECC.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). *Diagnóstico agropecuario, forestal y pesquero del estado de Quintana Roo*.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca de Quintana Roo (SEDARPE). (23 de Marzo de 2017). *Arranca trilla de sorgo en Xul-Ha*. Chetumal. Obtenido de SEDARPE: <http://www.qroo.gob.mx/sedaru/arranca-trilla-de-sorgo-en-xul-ha-se-estima-una-produccion-de-480-toneladas-en-120-hectareas>
- Secretaría de Economía. (2016). *Quintana Roo*. Obtenido de ProMéxico. Inversión y comercio: [http://mim.promexico.gob.mx/work/models/mim/Documentos/PDF/mim/FE\\_QUINTANA\\_ROO\\_vf.pdf](http://mim.promexico.gob.mx/work/models/mim/Documentos/PDF/mim/FE_QUINTANA_ROO_vf.pdf)
- Secretaría de Turismo de Quintana Roo (SEDETUR). (2008-2017). *Indicadores Turísticos del Estado de Quintana Roo*. Chetumal.
- SEDETUR. (2017). *Perfil y comportamiento del turista, Bacalar*.
- SEDETUR. (2017). *Perfil y comportamiento del turista, Chetumal*.
- Segundo Cabello, A. (1998). *Cambios en la vegetación y uso del suelo en el sur de la Laguna de Bacalar, Quintana Roo*. (Tesis de Licenciatura), El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo.
- SEMARNAT. (2002). Vegetación y uso de suelo. En A. Flores Martínez, *Informe de la situación del medio ambiente en México* (págs. 31-83). SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales*. Ciudad de México.
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. SEMARNAT, Ciudad de México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). *Estadística de la Producción Agrícola de 2017*. Ciudad de México: SAGARPA.

- SIAP. (2017). *Total de la producción pecuaria generada a nivel nacional durante 2017*. Ciudad de México: SAGARPA.
- Siqueiros Beltrones, D. A., Argumedo Hernández, U. y Hernández Almeida, O. U. (2013). Diagnóstico prospectiva sobre diversidad de diatomeas epilíticas en la laguna de Bacalar, Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*(84), 865-875.
- The USGS Land Cover Institute. (Enero de 2006). Obtenido de USGS. Science for a changing world: <https://landcover.usgs.gov/documents/LCI%20factsheet.pdf>
- Turner II, B., Meyer, W. B. y Skole, D. L. (1994). Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an Integrated Study. *Ambio*, 23(1), 91-95.
- Universidad de Quintana Roo. (2013). *Estudio de Competitividad del Destino Bacalar*. Chetumal. Obtenido de [https://issuu.com/hitestudio/docs/acdtur\\_bacalar](https://issuu.com/hitestudio/docs/acdtur_bacalar)
- Universidad Nacional Río Negro. (2013). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Obtenido de Universidad Nacional Río Negro: <http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf>
- Velázquez, A., Durán, E., Larrazábal, A., López, F. y Medina, C. (2010). La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo. En M. Mendoza, V. Alejandro, A. Larrazábal y A. Toledo, *Atlas fisicogeográfico de la Cuenca del Tepalcatepec* (págs. 28-32). SEMARNAT, INE, CIGA, UNAM y Colegio de Michoacán.
- Wolman, M.G y Fournier, F. G. A. (1987). *Land transformation in agriculture*. Land Degradation and Development.
- Yáñez-Arancibia, A. (s.f). *Lagunas costeras y estuarios: cronología, criterios y conceptos para una clasificación ecológica de sistemas costeros*. CONACYT.

## Anexo

### 1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial

En mayo de 2001 se celebró el acuerdo para establecer el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Bacalar con la presencia de miembros de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), del Instituto Nacional de Ecología (INE), el Gobierno del Estado de Quintana Roo y el presidente municipal de Othón P. Blanco (Gobierno de Quintana Roo, 2005).

El programa se define como un instrumento eficaz para la protección del ambiente, que crea acciones de manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. Se considera una herramienta de la Legislación Ambiental al proyectar el uso del suelo y los recursos naturales (Gobierno de Quintana Roo, 2005).

La superficie que comprende el POET se compone de Unidades de Gestión Ambiental (UGA's), las cuales se rigen por políticas (Figura A.1) como protección, aprovechamiento, asentamientos humanos, conservación y restauración; y a su vez se dividen en áreas de acuerdo con el uso que se le otorga (Figura A.2) como se muestra en la tabla A.1.

Tabla A.1. Características de las UGA's del POET, 2005.

Uso	Política	Hectáreas (ha.)
Agricultura	Conservación	40,816
Áreas Naturales Protegidas	Protección	38,589
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos	11,277
Corredor natural	Protección/Conservación	47,415
Ganadería	Aprovechamiento/Conservación	18,513
Industria	Aprovechamiento	64
Manejo de flora y fauna	Conservación	55,731
Recuperación de flora y fauna	Restauración	279
Silvicultura	Conservación	2,807
Turismo de bajo impacto	Conservación	891
Total		216,382

Elaboración propia con base en datos proporcionados por la Secretaría del Medio Ambiente, Chetumal, Quintana Roo (2017).

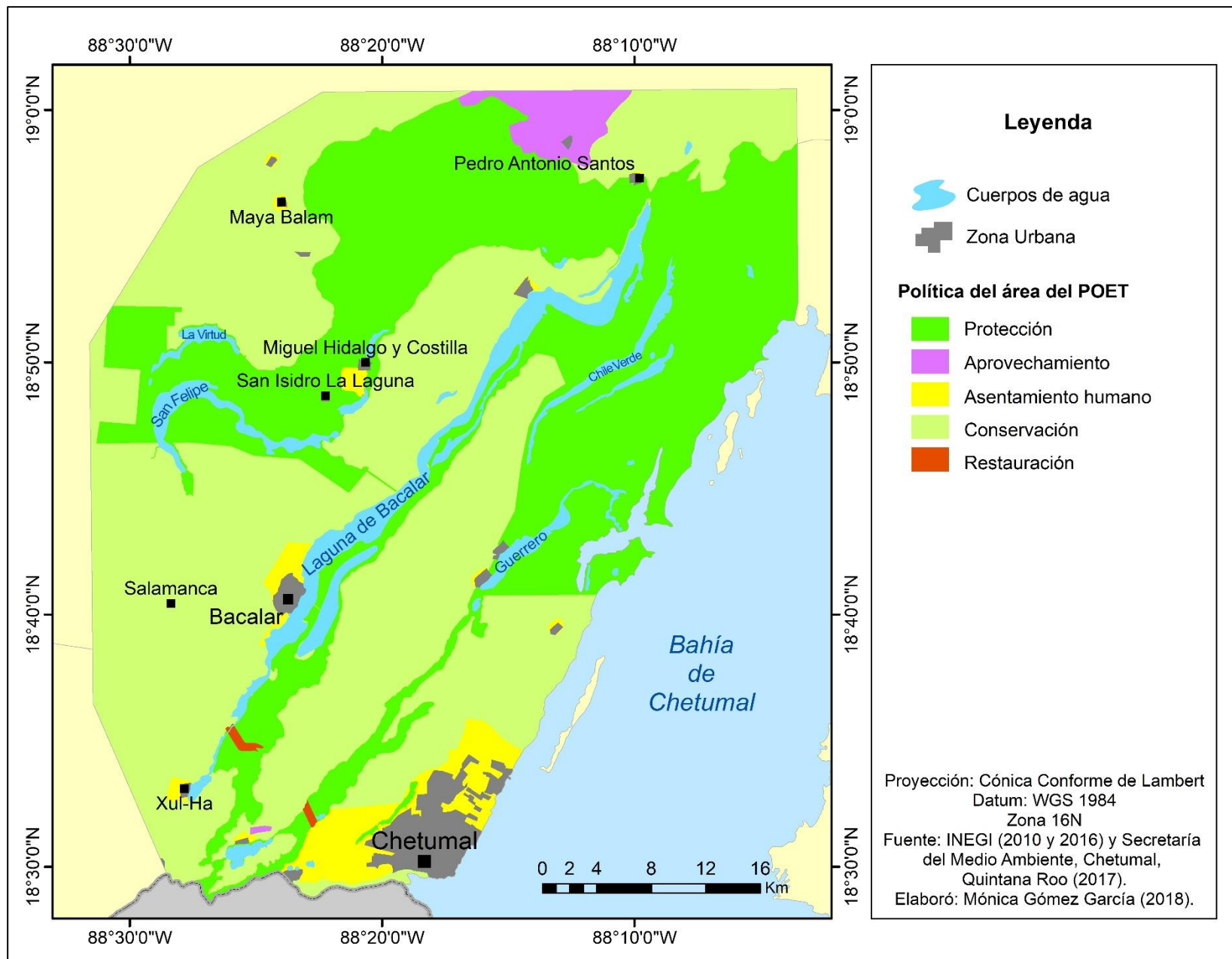


Figura A.1. Política del POET, 2005.

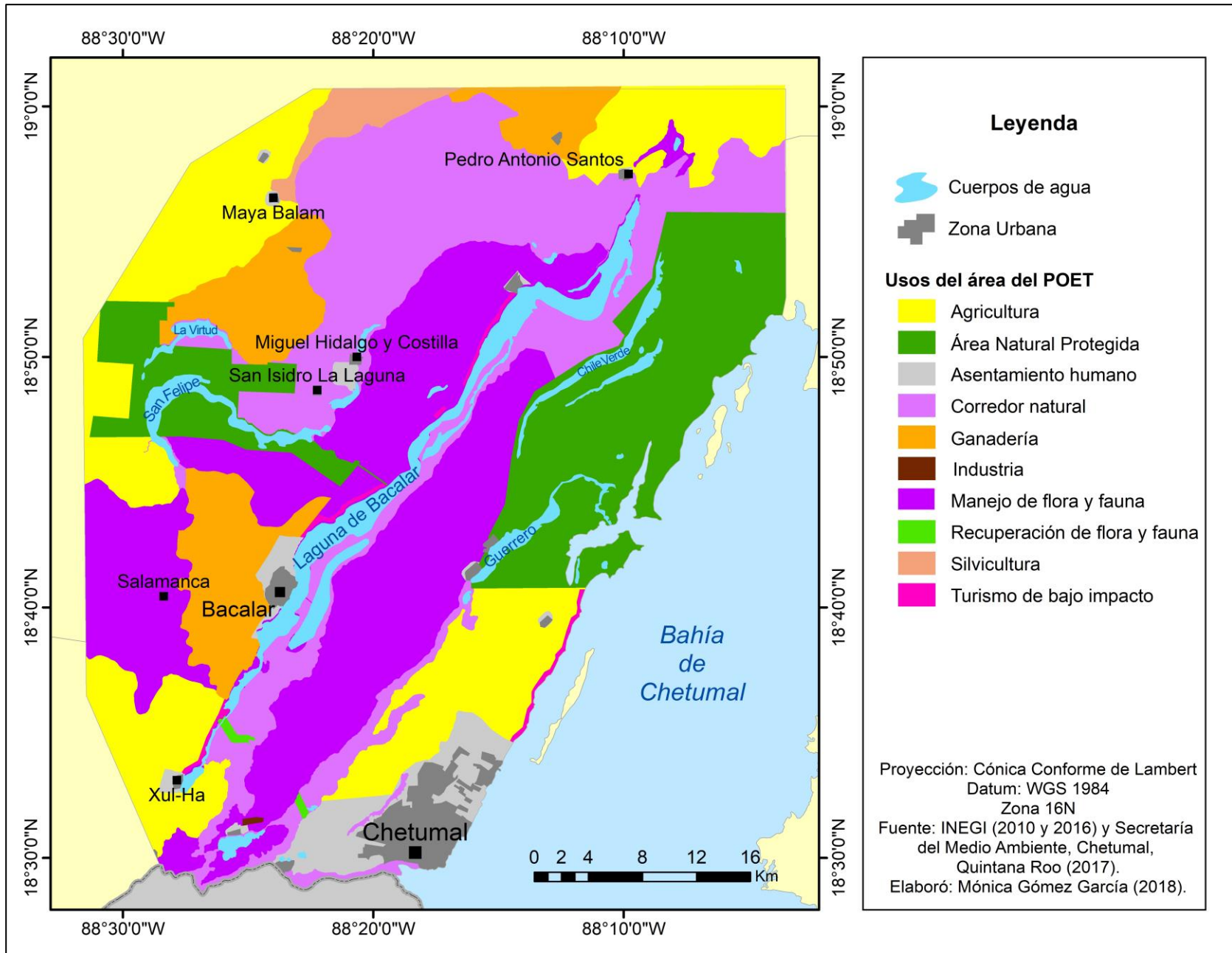


Figura A.2. Usos del área del POET, 2005.

## 1.2 Flora y fauna de las selvas húmedas

Tabla A.2. Flora característica de la selva húmeda.

Nombre común	Nombre científico
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>
Cedro rojo	<i>Cedrela odorata</i>
Chacá	<i>Bursera simaruba</i>
Chancarro	<i>Cecropia obtusifolia</i>
Chechén	<i>Metopium brownel</i>
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i>
Chocho	<i>Astrocaryum mexicanum</i>
Chunup	<i>Clusia salvini</i>
Copal	<i>Bursera copallifera</i>
Corcho	<i>Ochroma pyramidale</i>
Flor de corazón	<i>Talauma mexicana</i>
Flor del beso	<i>Psychotria elata</i>
Guayabillo	<i>Psidium sartorium</i>
Guapaque	<i>Dialium guianense</i>
Jobo	<i>Spondias mombin</i>
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>
Kaniste	<i>Pouteria campechiana</i>
Molinillo	<i>Quararibea funebris</i>
Matapalo	<i>Ficus spp.</i>
Mamey zapote	<i>Pouteria sapota</i>
Palmas tepejilote	<i>Chamaedorea tepejilote</i>
Palo de aguacate	<i>Nectandra sinuata</i>
Palo de hule	<i>Castilla elastica</i>
Palo de tinte	<i>Haematoxylum campechianum</i>
Palo mulato	<i>Bursera simaruba</i>
Platanillo	<i>Heliconia bihai</i>
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>
Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i>
Siricote	<i>Cordia dodecandra</i>
Tabaquillo	<i>Alseis yucatanensis</i>
Tzalam	<i>Lisiloma bahamensis</i>
Zapote cabello	<i>Licania platypus</i>
Zapote	<i>Manilkara zapota</i>
Zopo	<i>Gutteria anómala</i>

Fuente: CONABIO (s.f.), "Selvas húmedas" en Biodiversidad mexicana.

Tabla A.3. Fauna característica de la selva húmeda.

	Nombre común	Nombre científico
Mamíferos	Armadillo	<i>Dasyus novemcinctus</i>
	Coatí	<i>Nasua narica</i>
	Hormiguero	<i>Tamandua mexicana</i>
	Jabalí	<i>Pecari tajacu</i>
	Manatí	<i>Trichechus manatus</i>
	Mapache	<i>Procyon lotor</i>
	Mono araña	<i>Ateles geoffroyi</i>
	Mono aullador	<i>Alouatta palliata</i>
	Murciélago	<i>Hylonycteris underwoodi</i>
	Musaraña	<i>Cryptotis parva</i>
	Ocelote	<i>Leopardus pardalis</i>
	Pecarí	<i>Tayassu tajacu</i>
	Ratón de campo	<i>Apodemus sylvaticus</i>
	Tapir	<i>Tapirus bairdii</i>
	Tejón	<i>Nasua narica</i>
	Tepezcuintle	<i>Agouti paca</i>
	Tlacuache dorado	<i>Caluromys derbianus</i>
	Venado temazate	<i>Mazama americana</i>
	Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Aves	Águila solitaria	<i>Harpophalioetetus solitarius</i>
	Cenzontle	<i>Mimus gilvus</i>
	Chachalaca	<i>Ortalis vetula</i>
	Cormorán	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
	Garza	<i>Ardea alba</i>
	Guacamaya roja	<i>Ara macao</i>
	Hocofaisán	<i>Crax rubra</i>
	Pava cojolita	<i>Penelope purpurascens</i>
	Perico verde	<i>Aratinga holochlora</i>
	Tórtola azul	<i>Claravis pretiosa</i>
	Tucán real	<i>Ramphastos sulfuratus</i>
	Tucán de collar	<i>Pteroglossus torquatus</i>
Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	
Reptiles	Boa	<i>Boa constrictor</i>
	Cascabel	<i>Crotalus durissus</i>
	Cocodrilo de río	<i>Crocodylus acutus</i>
	Iguana	<i>Iguana iguana</i>
	Tortuga casquito	<i>Kinosternon scorpioides</i>
	Tortuga jicotea	<i>Trachemys scripta</i>
	Víbora mano de piedra	<i>Atropoides nummifer</i>

Fuente: CONABIO (s.f.), "Selvas húmedas" en Biodiversidad mexicana.



### 1.3 Cartografía de las Series de Vegetación de INEGI

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), genera desde 1978 cartografía de la cubierta vegetal y el uso del suelo en el país a escalas 1:50,000, 1:250,000 y 1:1, 000,000. El INEGI utiliza un sistema de clasificación jerárquica de vegetación, el cual se representa en la Figura A.3.

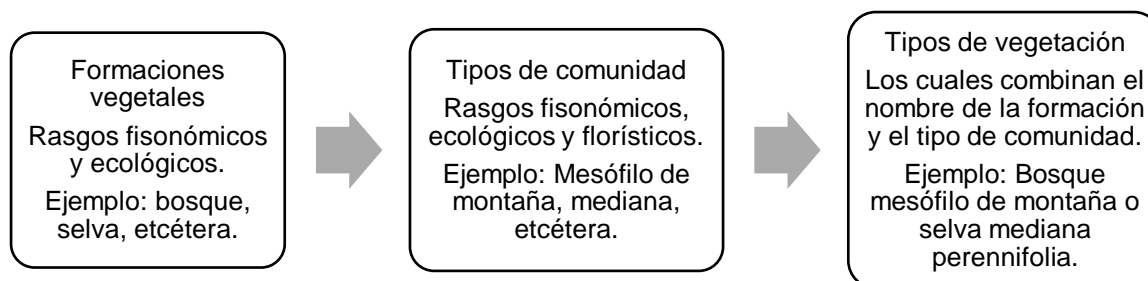


Figura A.3. Clasificación jerárquica de la vegetación según el INEGI.

Fuente: SEMARNAT (2015).

El INEGI tiene disponible información de uso del suelo y vegetación en diversas publicaciones, como se presenta en la Tabla A.4.

Tabla A.4. Publicaciones referentes al uso de suelo elaboradas por el INEGI.

ESCALA \ TEMA	1:50 000 Cartografía impresa	1:250 000 Conjuntos de datos individuales	1:250 000 Conjunto nacional	1:1 000 000 Conjuntos de datos individuales	1:1 000 000 Conjunto nacional
Uso del suelo y vegetación	Serie única 806 cartas	Series I, II, III, IV, V y VI. 144 conjuntos de datos	Series I, II, III, IV, V y VI. Un conjunto nacional	Series I y II 12 conjuntos de datos	Series I y II Un conjunto nacional

Fuente: INEGI (2017).

De los inventarios existentes de uso de suelo del INEGI, los más comparables son las Series de Vegetación (Tabla A.5), todas a escala 1:250,000 (SEMARNAT, 2015).

Tabla A.5. Series de Vegetación de INEGI.

Número de la Serie de Vegetación	Año de publicación	Año de referencia
I	1997	1985
II	2001	1993
III	2005	2002
IV	2009	2007
V	2013	2011
IV	2016	2015

Fuente: INEGI (2017).

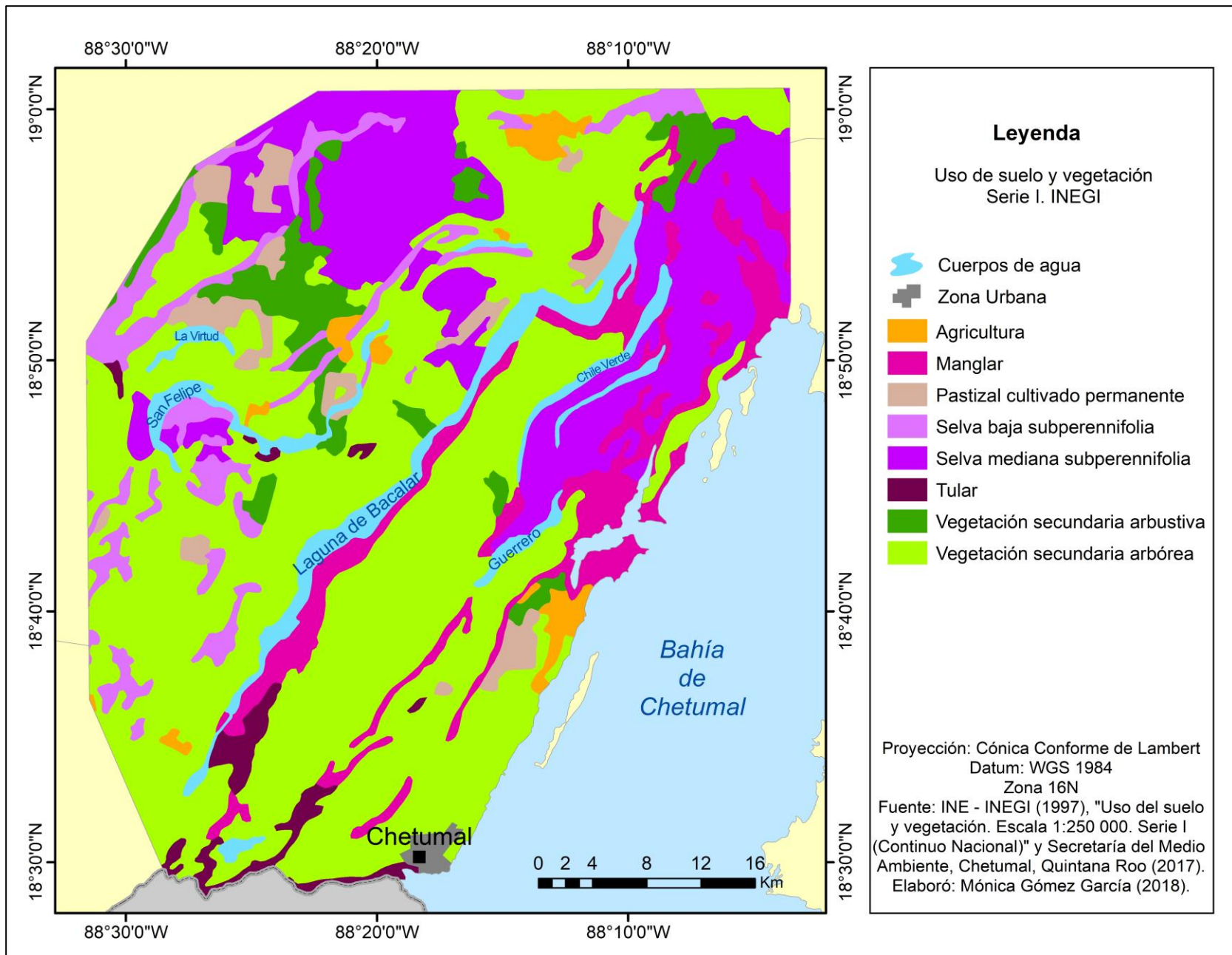


Figura A.4. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997.

Tabla A.6. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997.

Descripción	Área (ha)	%
Agricultura	3,657.5	1.71
Cuerpo de agua	11,680.12	5.45
Manglar	17,476.89	8.16
Pastizal cultivado permanente	7,493.57	3.50
Selva baja subperennifolia	13,319.04	6.22
Selva mediana subperennifolia	37,453.73	17.49
Tular	3,897.99	1.82
Vegetación secundaria arbustiva	10,494.78	4.90
Vegetación secundaria arbórea	107,809.38	50.34
Zona urbana	858.33	0.40
<b>TOTAL</b>	<b>214,141.33</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEGI (1997).

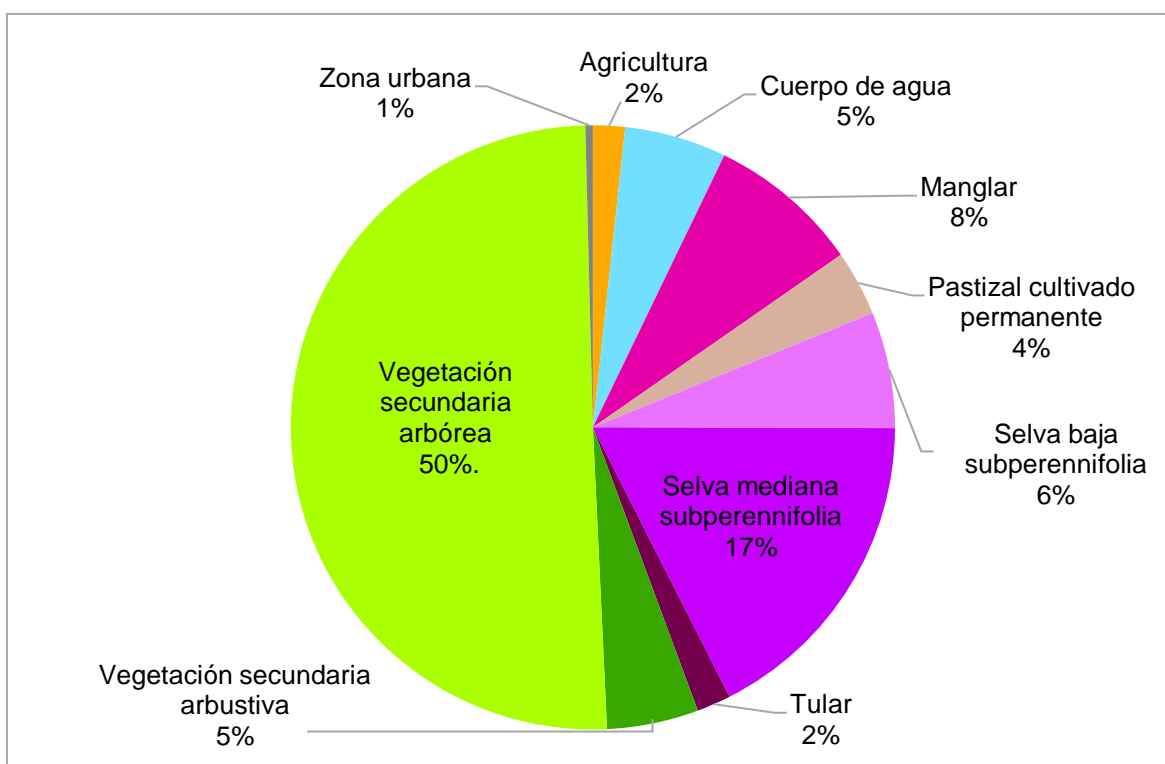


Figura A.5. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie I, 1997.

Fuente: INEGI (1997)

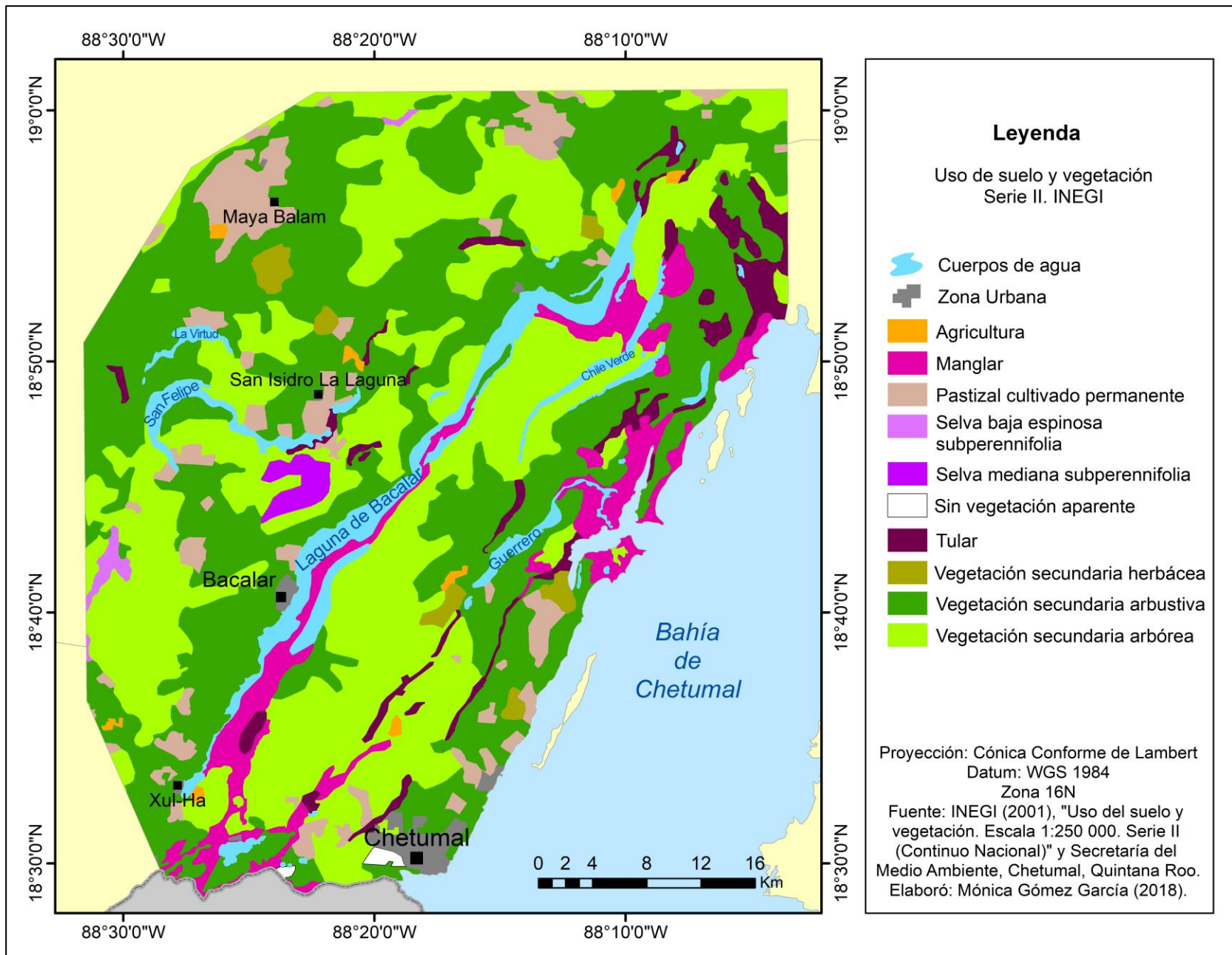


Figura A.6. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001.

Tabla A.7. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001.

Descripción	Total (ha)	%
Agricultura	862.12	0.40
Cuerpo de agua	13,753.98	6.38
Manglar	11,941.98	5.54
Pastizal cultivado permanente	12,446.2	5.77
Selva baja espinosa subperennifolia	797.04	0.37
Selva mediana subperennifolia	1,392.57	0.65
Sin vegetación aparente	352.29	0.16
Tular	7,225.81	3.35
Vegetación secundaria arbórea	73,038.24	33.88
Vegetación secundaria arbustiva	89,032.79	41.30
Vegetación secundaria herbácea	2,406.94	1.12
Zona urbana	2,322.02	1.08
<b>TOTAL</b>	<b>215,571.98</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEGI (2001).

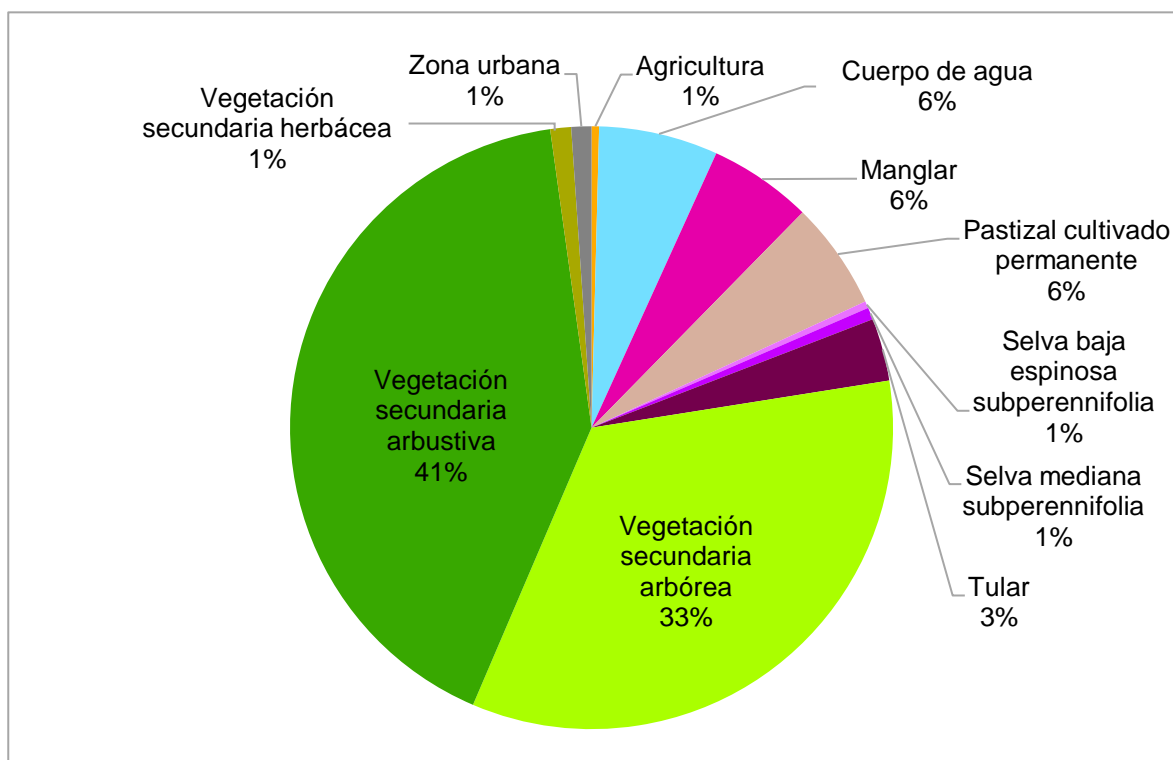


Figura A.7. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie II, 2001.

Fuente: INEGI (2001).

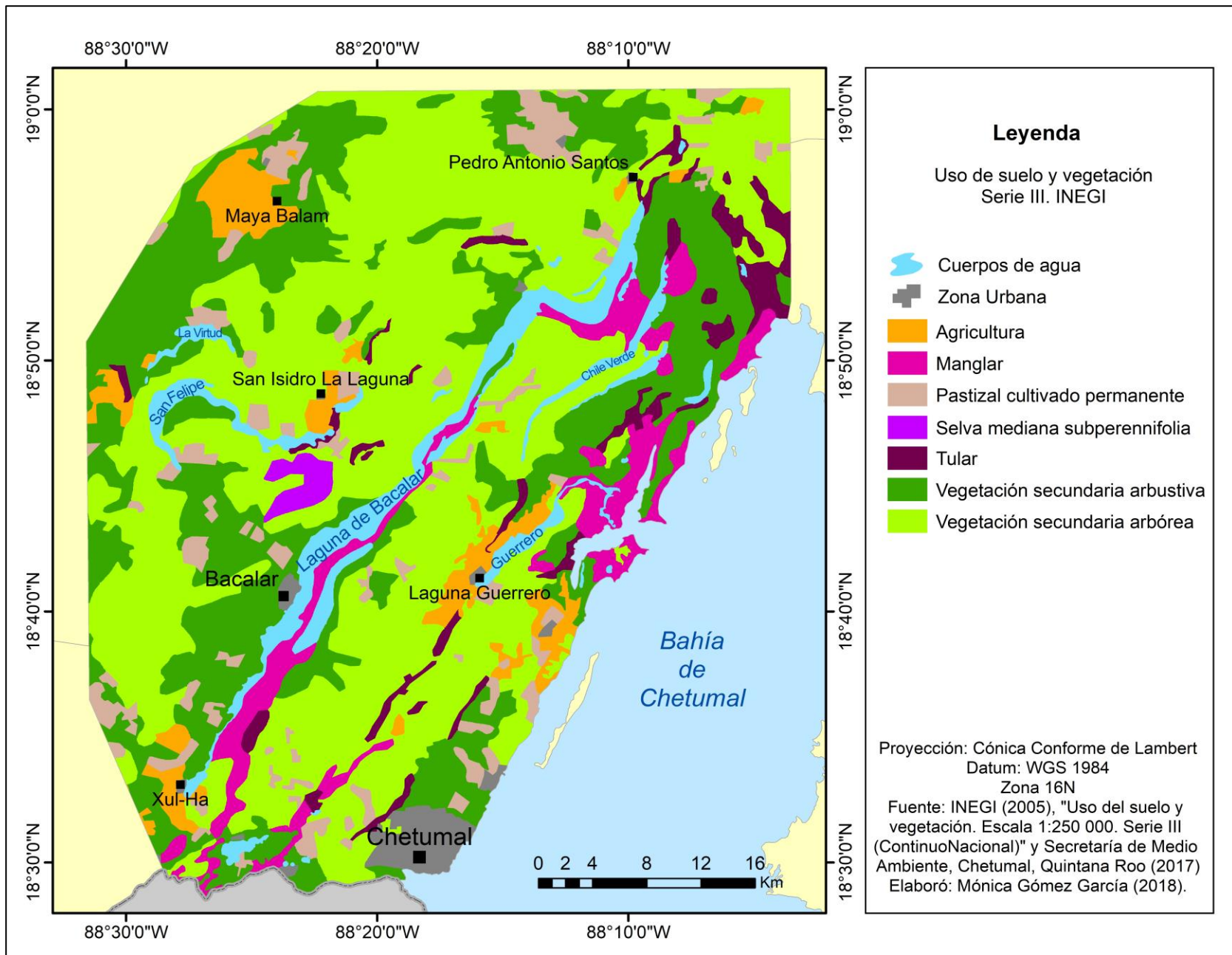


Figura A.8. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005.

Tabla A.8. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005.

Descripción	Área (ha)	%
Agricultura	9,652.59	4.48
Cuerpo de agua	13,713.54	6.36
Manglar	11,345.43	5.26
Pastizal cultivado permanente	12,162.72	5.64
Selva mediana subperennifolia	1,392.57	0.65
Tular	7,010	3.25
Vegetación secundaria arbórea	99,249.44	46.04
Vegetación secundaria arbustiva	57,427.52	26.64
Zona urbana	3,618.19	1.67
TOTAL	215,572	100.00

Fuente: INEGI (2005).

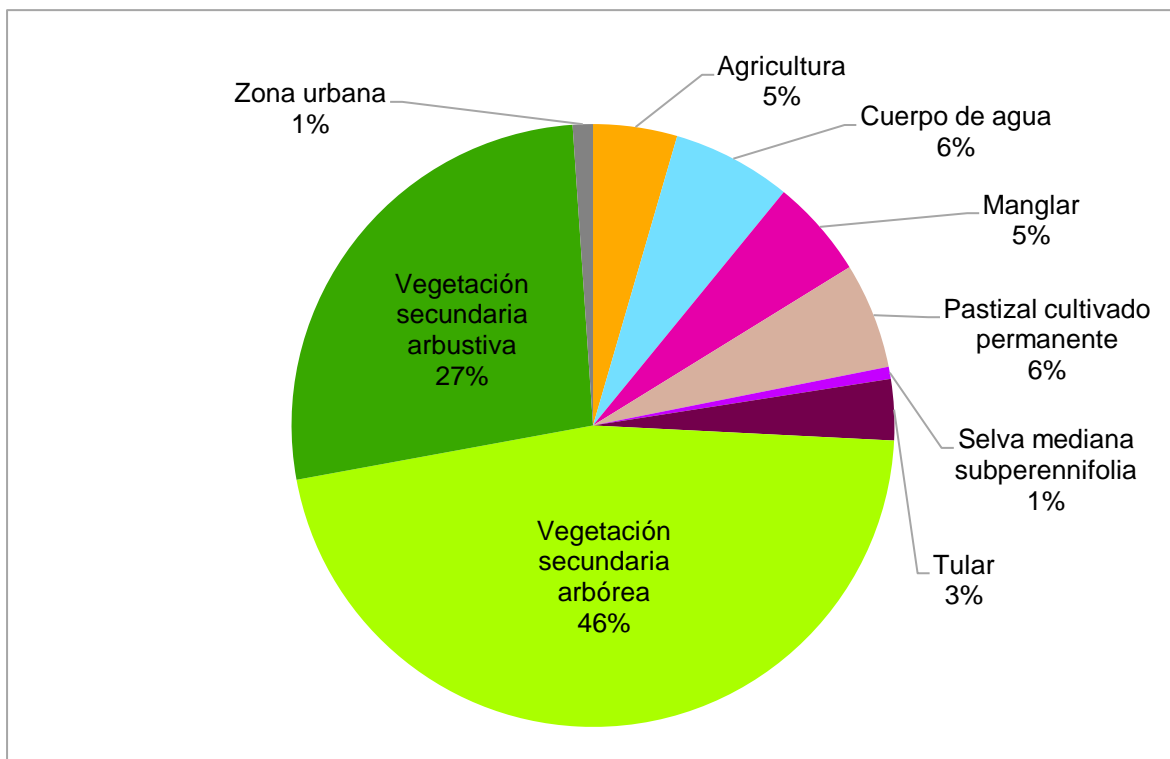


Figura A.9. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie III, 2005.

Fuente: INEGI (2005).

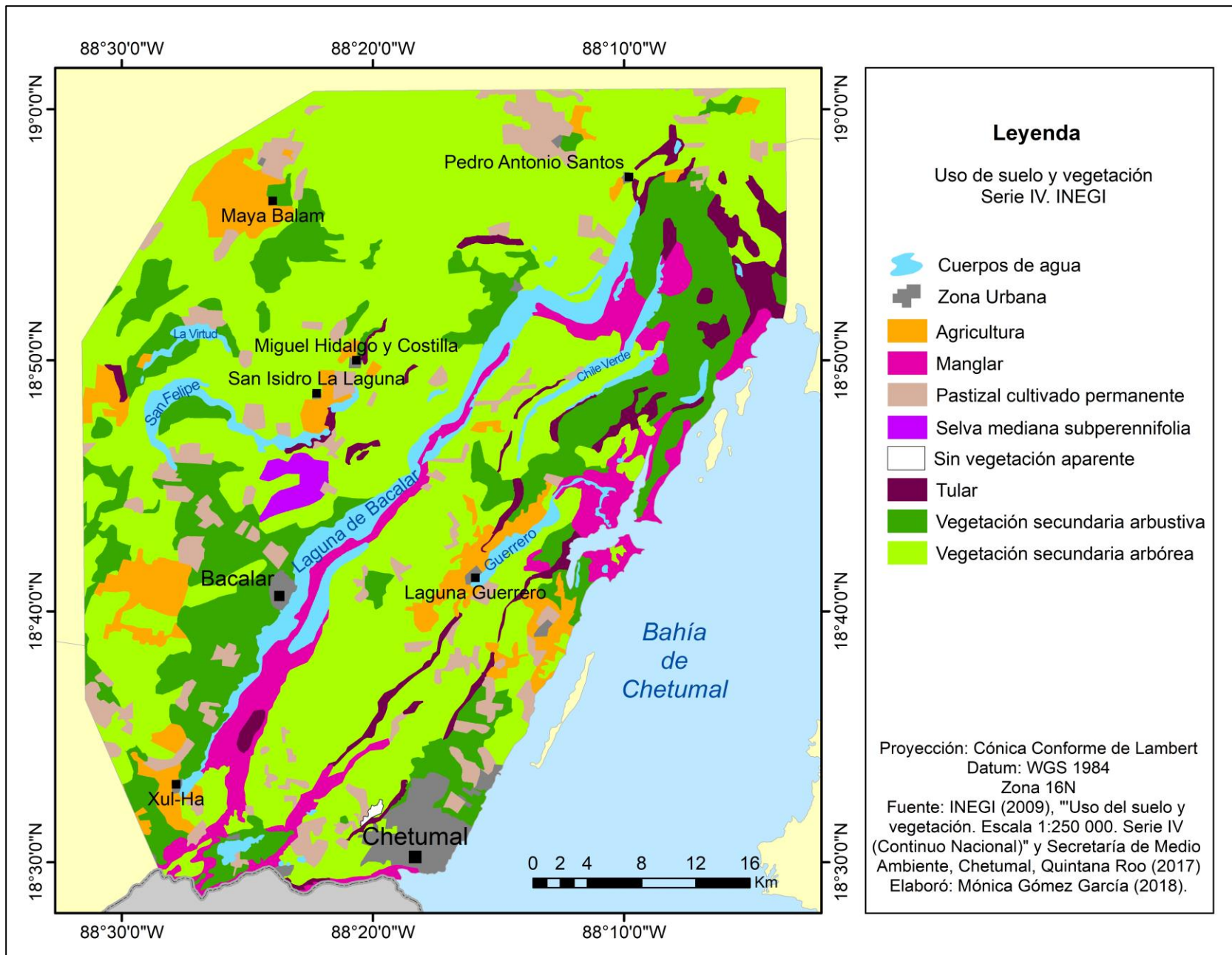


Figura A.10. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009



Tabla A.9. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009.

Descripción	Área (ha)	%
Agricultura	12,378.71	5.74
Cuerpo de agua	13,713.52	6.36
Manglar	12,597.5	5.84
Pastizal cultivado permanente	14,457.81	6.71
Selva mediana subperennifolia	1,359.36	0.63
Sin vegetación aparente	105.52	0.05
Tular	7,333.63	3.40
Vegetación secundaria arbórea	111,259.03	51.61
Vegetación secundaria arbustiva	37,980.06	17.62
Zona urbana	4,386.85	2.03
TOTAL	215,572	100.00

Fuente: INEGI (2009).

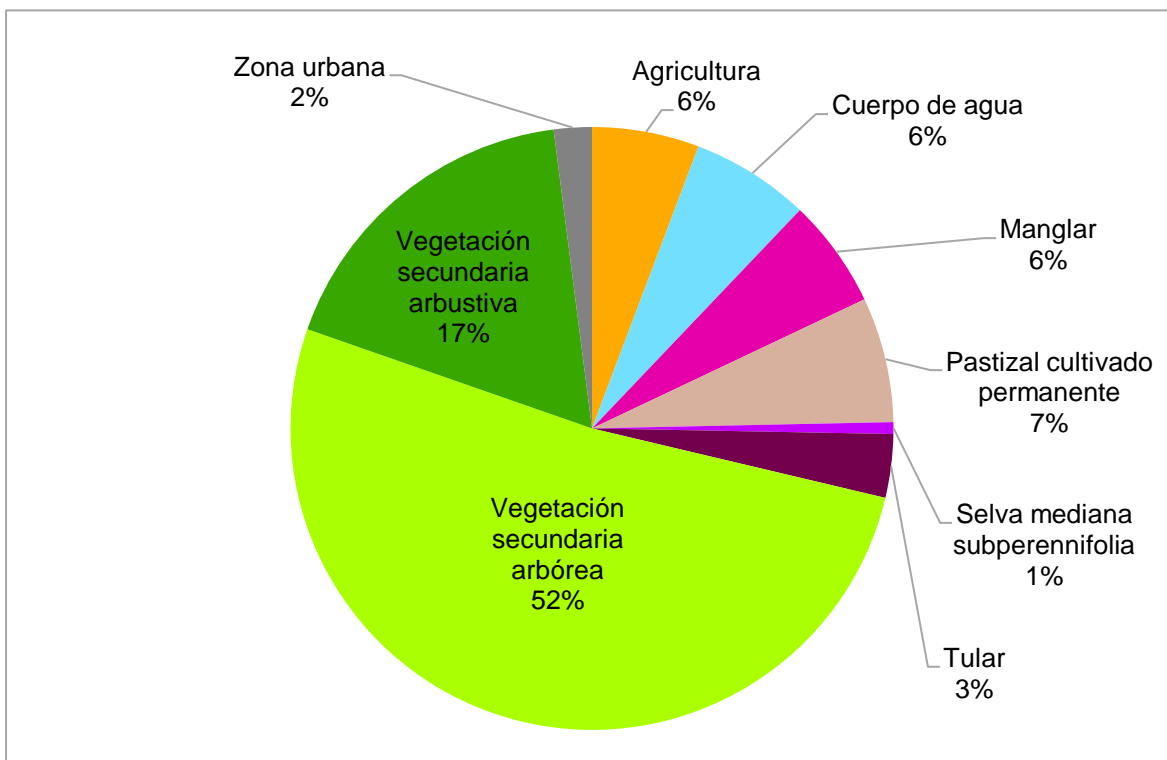


Figura A.11. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie IV, 2009.

Fuente: INEGI (2009).

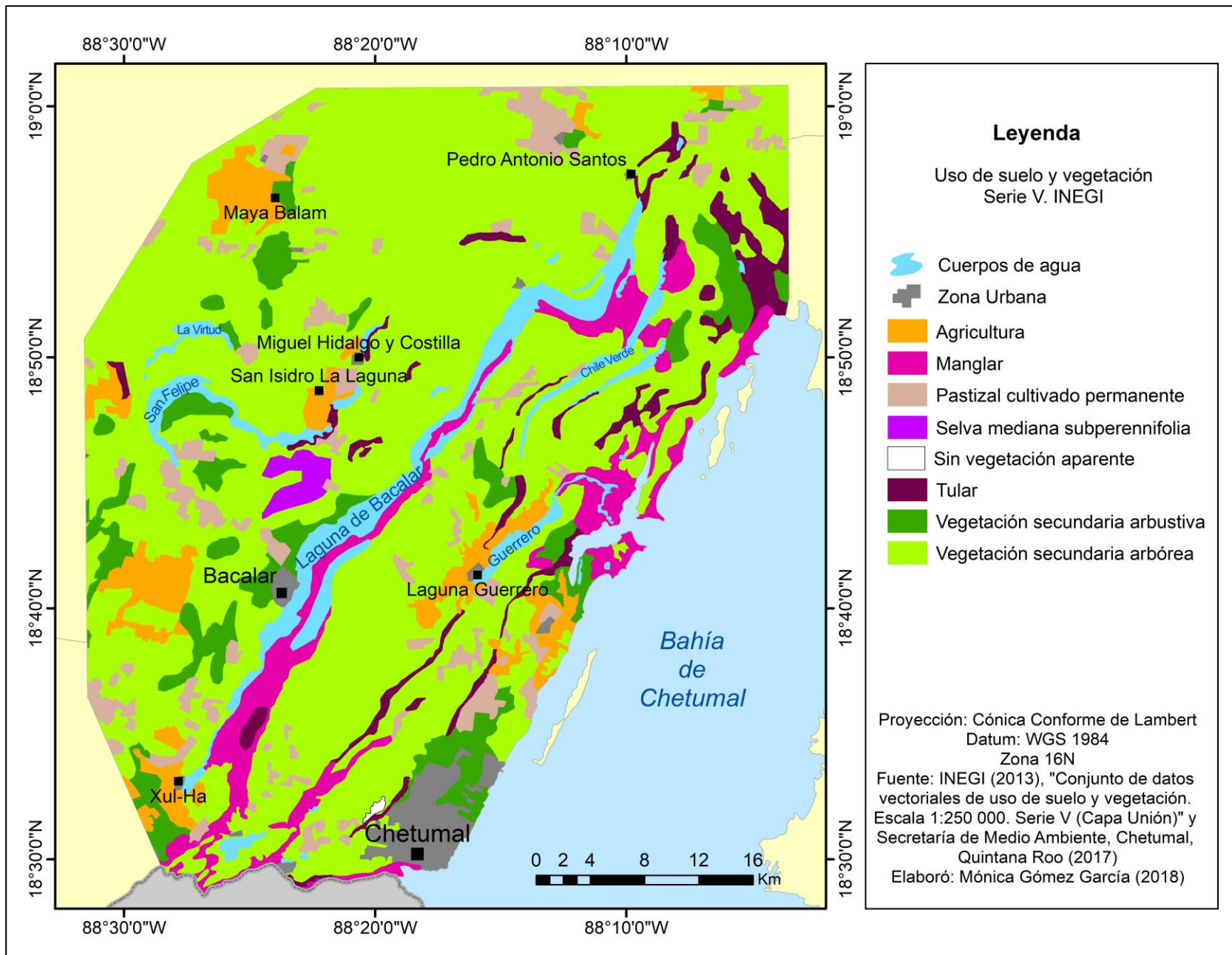


Figura A.12. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013

Tabla A.10. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013.

Descripción	Área (ha)	%
Agricultura	11,626.62	5.39
Cuerpo de agua	13,625.26	6.32
Manglar	12,516.29	5.81
Pastizal cultivado	13,134.38	6.09
Selva mediana subperennifolia	1,359.32	0.63
Sin vegetación aparente	105.53	0.05
Tular	7,351.05	3.41
Vegetación secundaria arbórea	136,015.89	63.10
Vegetación secundaria arbustiva	15,030.41	6.97
Zona urbana	4,807.38	2.23
TOTAL	215,572	100.00

Fuente: INEGI (2013).

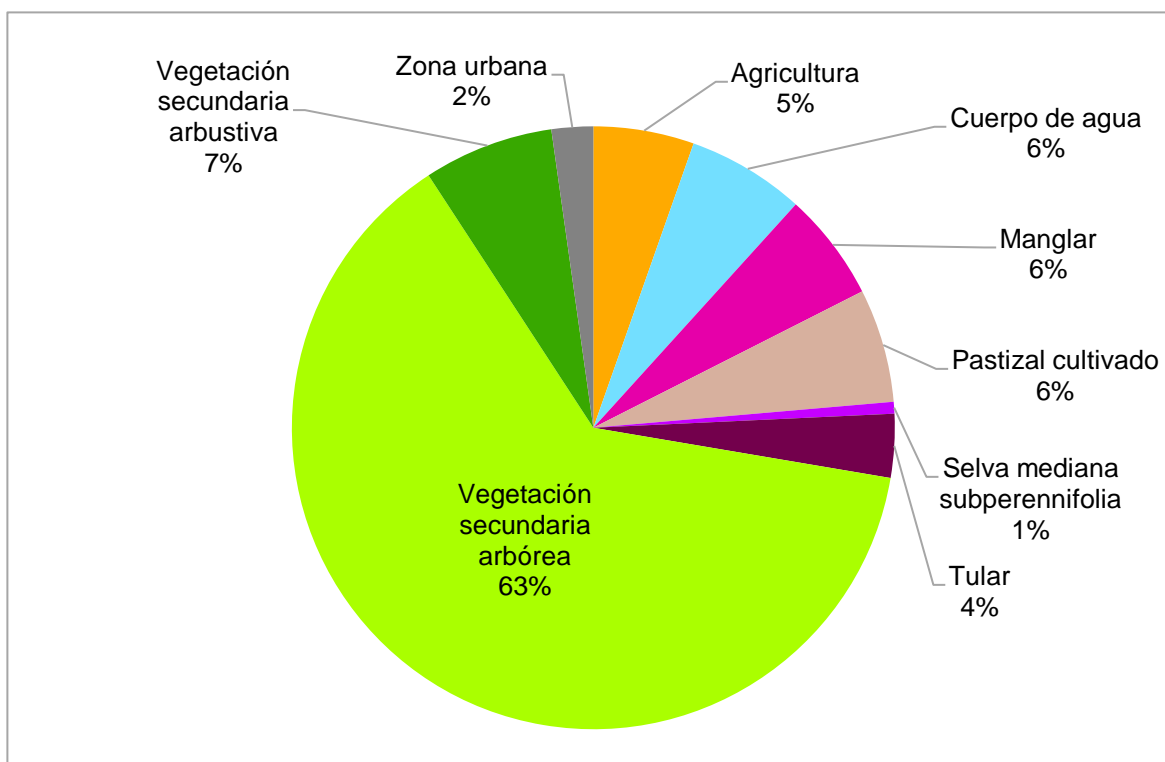


Figura A.13. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie V, 2013.

Fuente: INEGI (2013).

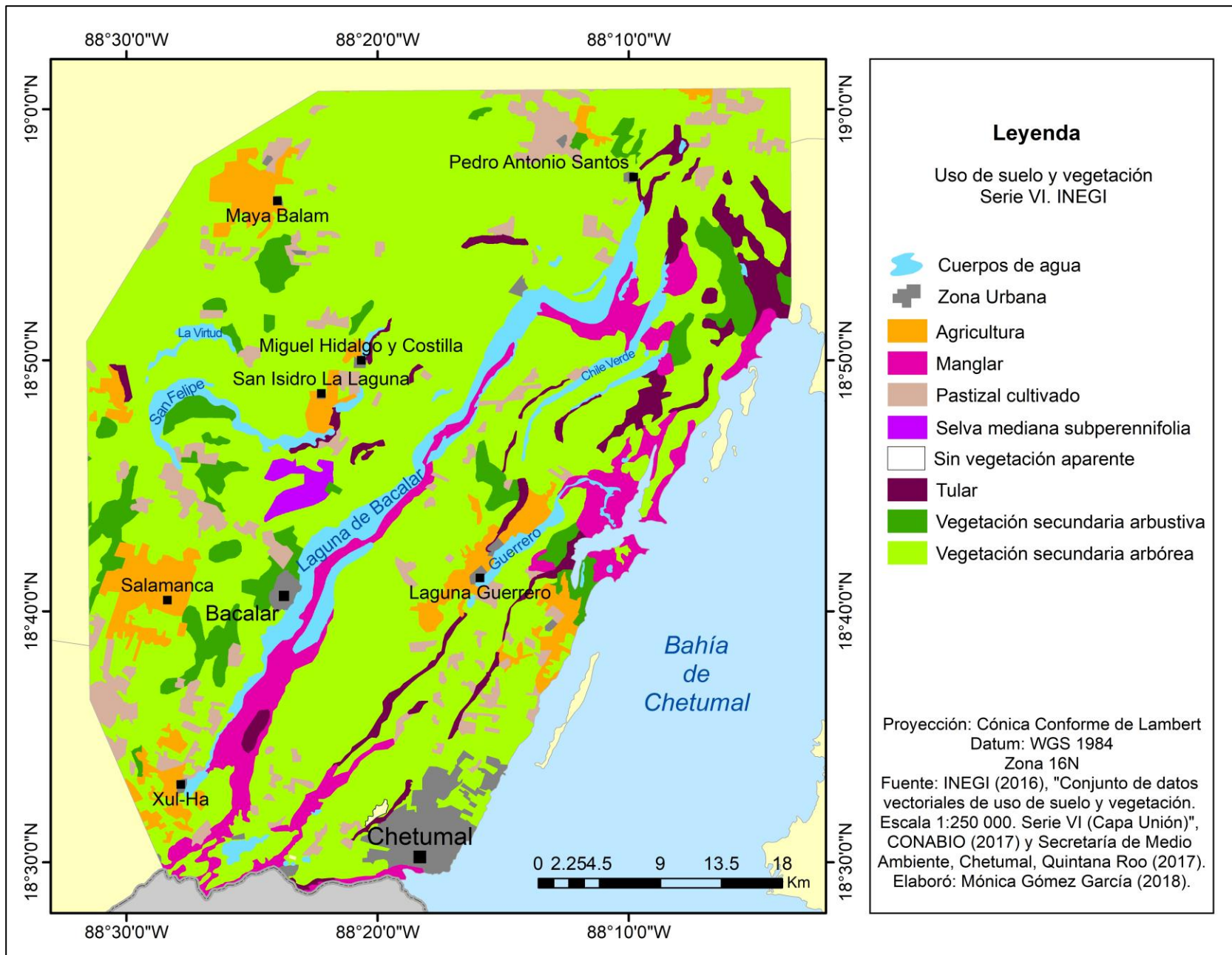


Figura A.14. Uso de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.

Tabla A.11. Superficie (ha.) de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.

Descripción	Área (ha)	%
Área desprovista de vegetación	13.41	0.01
Agricultura	11,578.14	5.40
Cuerpo de agua	12,332.71	5.76
Manglar	12,433.22	5.80
Pastizal	13,437.31	6.27
Selva mediana subperennifolia	1,192.31	0.56
Sin vegetación aparente	105.53	0.05
Tular	7,722.11	3.60
Vegetación secundaria arbórea	139,246.31	65.00
Vegetación secundaria arbustiva	11,122.9	5.19
Zona urbana	5,055.22	2.36
TOTAL	214,239.16	100.00

Fuente: INEGI (2016).

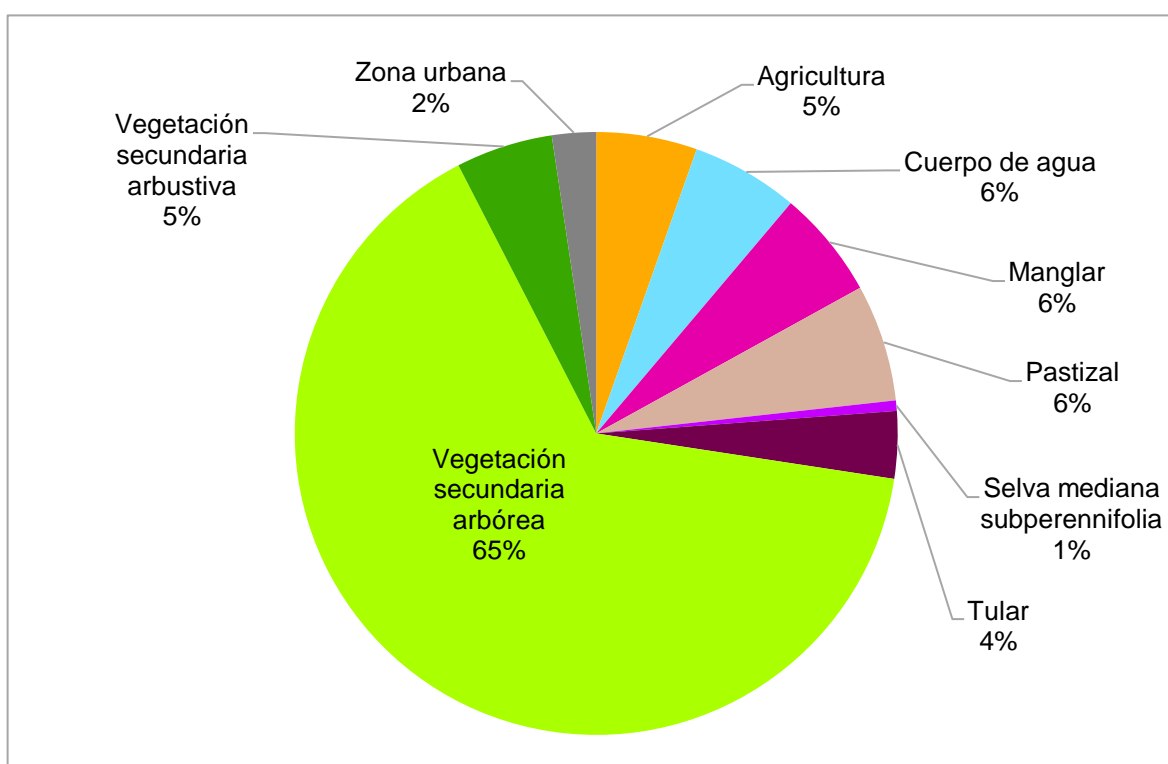


Figura A.15. Porcentaje de superficie de los usos de suelo y tipos de vegetación en el área de estudio. Serie VI, 2016.

Fuente: INEGI (2016).