



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**“PLAN DE RESTAURACIÓN DE LA SABANA DE
CHETUMAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA
LECHUGUILLA DE AGUA (*Pistia stratiotes*)”**

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN PLANEACIÓN

PRESENTA:
ING. FERNANDO ARAFAT CANO GODOY

DIRECTOR:
DRA. NORMA ANGÉLICA OROPEZA GARCÍA

CODIRECTOR:
DR. PEDRO LEOBARDO JIMÉNEZ SÁNCHEZ

ASESORES:
DRA. MARIA ANGÉLICA GONZÁLEZ VERA
DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS
DRA. ROSALÍA CHÁVEZ ALVARADO



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, JULIO DE 2020



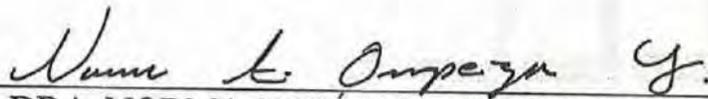
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ DEL
PROGRAMA DE POSGRADO EN PLANEACIÓN Y APROBADO
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO:**

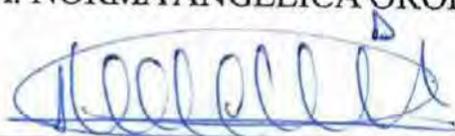
MAESTRO EN PLANEACIÓN

COMITÉ DE TESIS:

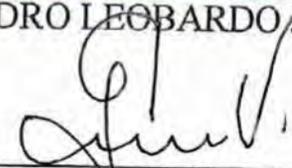
DIRECTORA:


DRA. NORMA ANGÉLICA OROPEZA GARCÍA

CODIRECTOR:


DR. PEDRO LEOBARDO JIMÉNEZ SÁNCHEZ

ASESORA:


DRA. MARIA ANGÉLICA GONZÁLEZ VERA

ASESOR:


DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESORA:


DRA. ROSALÍA CHÁVEZ ALVARADO



Agradecimientos:

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca recibida durante el Programa de Posgrado en Planeación del cual se derivó este proyecto de investigación: “Plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*)”.

Expreso mi profundo agradecimiento a todos los miembros del comité de tesis por sus dedicación y aportaciones, en especial a mis directores, la Dra. Norma Angelica Oropeza García por su dedicación y consideraciones durante la investigación, al Dr. Pedro Leobardo Jiménez Sánchez por sus valiosos aportes en cuanto a estructura y contenido.

De igual manera agradezco a la Dra. María Angelica Gonzales Vera por motivarme a no cambiar el rumbo de la presenta investigación, a la Dra. Rosalía Chávez Alvarado por sus múltiples correcciones, espero no haberle sacado canas verdes y al Dr. Víctor Hugo Delgado Blas por su amistad y colaboración. Muchas gracias por ayudarme como estudiante e investigador.

Por último, quiero agradecer a mi amada esposa Darling Vázquez mi compañera de desvelos, motor de mi vida y motivación, a mi madre Verónica Godoy por brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba y a mis amigos Luis Tello, Víctor Polanco, Francisco Medina y Francisco Umanzor que a pesar de las diferencias están allí para darte una mano en compañía de pizza, gaseosa y ciencia ficción.

INDICE

RESUMEN	9
Palabras clave	9
INTRODUCCIÓN.....	10
Objetivos.....	11
Justificación	12
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	14
1.1 Orientación sistémica	14
1.2 El desarrollo sustentable.....	15
1.3 La economía ecológica	19
1.4 La planeación ambiental.....	19
1.5 Asentamientos urbanos informales.....	24
1.6 Los paisajes de humedales.....	25
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1 Referentes metodológicos.....	27
2.2 Caracterización ambiental, social y económica de La Sabana	39
2.2.1 Caracterización ambiental	40
2.2.2 Caracterización social y económica	40
2.3 Instrumentos de análisis.....	44
2.3.1 Lista de control	44
2.3.2 Matriz de impactos	46
CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	48
3.1 Antecedentes normativos.....	50
3.2 Condiciones ambientales	54
3.2.1 Fisiografía.....	54
3.2.2 Geología.....	54
3.2.3 Edafología.....	58

3.2.4	Clima	58
3.2.5	Hidrología.....	61
3.2.6	Calidad del agua	63
3.2.7	Uso de suelo y vegetación	65
3.2.8	Fauna	68
3.3	Condiciones sociales y económicas.....	68
3.3.1	Demografía	68
3.3.2	Vivienda.....	69
3.3.3	Servicios públicos.....	71
3.3.4	Salud	74
3.3.5	Población económica activa	75
3.3.6	Actividades productivas	75
3.3.7	Recursos culturales y religiosos	75
3.3.8	Actividades recreativas.....	76
3.3.9	Valorización del humedal y conflictos sociales	76
4.1	interpretación de resultados	79
4.1.1	Componentes ambientales	82
4.1.2	Factores impactantes.....	83
4.1.2.1	Alteraciones físicas del hábitat	85
4.2	Propuesta de indicadores	89
CAPITULO V PLAN DE RESTAURACIÓN DE LA SABANA DE CHETUMAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LECHUGUILLA DE AGUA (<i>Pistia stratiotes</i>)		90
5.1	Objetivos.....	91
5.2	Visión.....	91
5.3	Misión.....	92
5.4	Alcance	92
5.5	Principios rectores	92
5.6	Descripción del área de influencia de la Lechuguilla de Agua	93
5.6.1	Ubicación geográfica.....	94
CAPITULO IV PROGRAMAS, ESTRATEGIAS Y ACCIONES.....		99

6.1 Programa de mejoramiento de la administración y prácticas de manejo	102
6.1.1 Estrategia regulación de asentamientos humanos y recuperación de suelos	102
6.1.2 Estrategia para la creación y equipamiento del espacio público	103
6.1.3 Estrategia de planificación local	105
6.2 Programa contra las alteraciones físicas del hábitat	105
6.2.1 Estrategia contra la modificación del régimen hidrológico	107
6.2.2 Estrategia para la restauración del hábitat	108
6.2.3 Estrategia de reforestación	108
6.3 Programa para la mitigación del cambio climático	109
6.3.1 Estrategia contra el déficit de agua	110
6.3.2 Estrategia de mitigación de la sequía	111
6.4 Monitoreo y Evaluación del Plan	111
6.4.1 Indicadores de desempeño	112
CONCLUSIONES	115
REFERENCIAS	118

TABLAS

<i>Tabla 1. Enfoques del desarrollo sustentable</i>	17
<i>Tabla 2. Antecedentes en el contexto estatal, nacional e internacional</i>	30
<i>Tabla 3. Lista de chequeo de factores ambientales en La Sabana</i>	45
<i>Tabla 4. Diseño ejemplo de la matriz de impactos</i>	47
<i>Tabla 5. Marco legal, normatividad e instrumentos de planeación</i>	52
<i>Tabla 6. Interacciones de la matriz de Leopold modificada</i>	81
<i>Tabla 7. Elementos impactantes en el componente ambiental.</i>	83
<i>Tabla 8. Principales indicadores de impacto ambiental</i>	89
<i>Tabla 9. Acciones de recuperación de suelos</i>	103
<i>Tabla 10. Acciones para la creación y equipamiento del espacio publico</i>	103
<i>Tabla 11. Acciones de planificación local</i>	105
<i>Tabla 12. Acciones contra la modificación del régimen hidrológico</i>	107
<i>Tabla 13. Acciones para la restauración del hábitat</i>	108
<i>Tabla 14. Acciones para la reforestación</i>	109
<i>Tabla 15. Acciones contra el déficit de agua</i>	110
<i>Tabla 16. Acciones de mitigación de la sequía</i>	111
<i>Tabla 17. Programas e indicadores del plan</i>	113
<i>Tabla 18. Matriz para el monitoreo y evaluación del plan</i>	114

FIGURAS

<i>Figura 1. Modelo de desarrollo sustentable desde la orientación económica ecológica</i>	19
<i>Figura 2. Diagrama metodológico de la caracterización de las condiciones ambientales, sociales y económicas.....</i>	43
<i>Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio.....</i>	49
<i>Figura 4. Fisiografía del área de estudio.....</i>	55
<i>Figura 5. Curvas de nivel del área de estudio</i>	56
<i>Figura 6. Geología del área de estudio.....</i>	57
<i>Figura 7. Edafología del área de estudio.....</i>	59
<i>Figura 8. Clima del área de estudio.....</i>	60
<i>Figura 9. Hidrología del área de estudio.....</i>	62
<i>Figura 10. Vista aérea de la planta de tratamiento centenario</i>	64
<i>Figura 11. Recorte del uso de suelo local en el PDU</i>	65
<i>Figura 12. Uso de suelo y vegetación del área de estudio.....</i>	67
<i>Figura 13. Distribución de población del municipio de Othón P. Blanco.....</i>	69
<i>Figura 14. Vivienda de autoconstrucción en La Sabana</i>	71
<i>Figura 15. Tiraderos a cielo abierto en La Sabana.....</i>	72
<i>Figura 16. Vías de comunicación.....</i>	73
<i>Figura 17. Infraestructura defectuosa del puente</i>	74
<i>Figura 18. Templos cristianos en La Sabana.....</i>	76
<i>Figura 19. Problemática social consumo de alcohol en La Sabana.....</i>	77
<i>Figura 20. Pesca en La Sabana.....</i>	77
<i>Figura 21. Actividades realizadas en La Sabana.....</i>	78
<i>Figura 22. Componente ambiental impactado de interacción con los factores impactantes</i>	83
<i>Figura 23. Ubicación geográfica del área de estudio.....</i>	97
<i>Figura 24. Área de estudio y ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).....</i>	98
<i>Figura 25. Diagrama del plan propuesto.....</i>	101
<i>Figura 26. Imagen conceptual puente sobre el cuerpo de agua</i>	104
<i>Figura 27. Imagen conceptual de la restauración del hábitat del humedal urbano.....</i>	106
<i>Figura 28. Imagen conceptual de la red de drenaje pluvial de La Sabana</i>	107

RESUMEN

La Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) es una maleza acuática que se encuentra de forma natural en el cuerpo de agua de la Sabana en Chetumal, Quintana Roo. Sin embargo, en los últimos años ha tenido un crecimiento excesivo. El trabajo presenta una propuesta de restauración del humedal La Sabana en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua como parte de una alternativa que permita el control, prevención y mitigación de los impactos ambientales generados que amenazan el área de forma integral, mediante la elaboración de un marco teórico conceptual con el fin de conocer las teorías y conceptos en los que se fundamenta la restauración de humedales, Así como, la revisión de los trabajos que se han realizado en los diferentes contextos referentes a la restauración de humedales que tienen como indicador invasiones biológicas, de lo cual se derivó una metodología de análisis. Posteriormente se realizó la caracterización considerando el marco legal aplicable y utilizando las técnicas de observación científica y análisis documental para determinar el estado de La Sabana e identificar los problemas, deficiencias o necesidades. Seguidamente, se analizaron los impactos ambientales generados en el área de estudio con ayuda de una lista de chequeo y la evaluación mediante una matriz de impactos ambientales generados para identificar las potencialidades, las áreas de oportunidad y priorizar objetivos en la elaboración del plan y el diseño de estrategias, programas y acciones para reducir el impacto ambiental provocado en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua del humedal La Sabana. Dentro de los principales impactos ambientales en el área de estudio están la eutroficación, la fragmentación del humedal como consecuencia de la construcción de un dique y las descargas de aguas residuales, por otro lado, se observa la necesidad de una mayor coordinación para llenar los vacíos institucionales y para mejorar la capacidad de gestión de los recursos que benefician a las poblaciones humanas asentadas en las cercanías de este y evitar los asentamientos humanos irregulares. Como producto del trabajo se realiza la propuesta de un plan de restauración de la Sabana de Chetumal, que de ser instrumentado por alguna autoridad permita a la población que habita la zona, mejores condiciones de vida, garantizando la supervivencia del humedal y promoviendo el desarrollo planificado tomando los ejes de la sostenibilidad.

Palabras clave

Humedal, impactos ambientales generados, Lechuguilla de Agua, planeación, planificación local, restauración, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son elemento importante del medio natural que interactúan con la sociedad y sirven a esta de diferentes formas, desempeñan funciones como el control de inundaciones, reservorio de biodiversidad, relleno del acuífero, control de la erosión, recreación, turismo, entre otros servicios ambientales, por consiguiente, el conocimiento sobre estos elementos es de central importancia ya que permiten orientar acciones de gestión para lograr una interrelación sostenible entre la sociedad y el humedal (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2010).

Los seres humanos han alterado y modificado drásticamente los humedales a pesar de los beneficios y servicios ambientales que estos proveen a la humanidad, a la sociedad y al entorno urbano, Marín y Hernández (2013) afirman que los problemas que se generan con la pérdida de humedales están vinculados con la disminución de dichos beneficios y servicios ambientales.

Por lo anterior, las principales actividades antropogénicas han dado pie a la pérdida de humedales, de entre las cuales se pueden mencionar la tala excesiva, la contaminación y el cambio de uso de suelo, siendo este último el más importante en particular en zonas de alto valor ecológico y de biodiversidad, entre los cambios de uso del suelo destaca la transformación de humedales en granjas utilizando la vegetación para el pastoreo de ganado y el relleno de humedales para la construcción de asentamientos humanos, viviendas, centros comerciales o desarrollos turísticos (Vargas et al., 2016).

En este contexto, el presente trabajo se desarrolló en la Cd. de Chetumal, la cual está rodeada de humedales y de cuerpos de agua. Uno de los humedales más afectados recientemente a raíz de la construcción de vías de comunicación, específicamente un puente, es el humedal la Sabana, entre los impactos ambientales que son claramente visibles en el humedal se observan a simple vista la fragmentación del hábitat, la modificación del nivel freático y el cambio en la composición y estructura florística. Para este último, el crecimiento de la especie invasora comúnmente llamada Lechuguilla de Agua, en la superficie del humedal, es sin duda uno de los principales problemas que afectan su funcionamiento ecológico. De acuerdo con

Gutiérrez et al. (1994), un bioindicador evidente en los cuerpos de agua es el excesivo crecimiento de plantas acuáticas. Este crecimiento es el resultado de los cambios de las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua.

Desde este punto de partida es importante mencionar que el humedal de la Sabana inmerso en la ciudad de Chetumal ha presentado una invasión biológica de la especie llamada comúnmente Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*), El cuerpo de agua La Sabana está ubicado al noroeste de la ciudad, y aunque la Lechuguilla de Agua es nativa de las regiones pantropicales del continente americano (Croat y Carlsen, 2003), se reporta como invasora y traslocada a otros ecosistemas acuáticos mexicanos (Bonilla y Santamaría, 2013).

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es desarrollar una propuesta para reducir el impacto ambiental provocado en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua del humedal la Sabana de Chetumal, Quintana Roo, con la finalidad de potenciar los bienes y servicios ambientales que provee el humedal en beneficio de sus habitantes.

Los objetivos específicos establecidos para desarrollar la propuesta son:

1. Elaborar un marco teórico conceptual con la finalidad de conocer las teorías, modelos y conceptos en los que se fundamenta la restauración de humedales que tienen como indicador invasiones biológicas.
2. Examinar los trabajos que se han realizado en los contextos internacional, nacional y local referentes a la restauración de humedales que tienen como indicador invasiones biológicas para derivar una metodología de análisis relacionada con el diseño de planes de restauración de humedales.
3. Realizar la caracterización ambiental, económica y social considerando el marco legal aplicable y utilizando las técnicas de observación científica y análisis documental

para determinar el estado actual de La Sabana e identificar los problemas, deficiencias o necesidades, así como las potencialidades del área de influencia de la Lechuguilla de Agua.

4. Analizar los impactos ambientales generados en el área de estudio con ayuda de una lista de chequeo y la evaluación mediante una matriz de impactos ambientales generados para identificar las áreas de oportunidad y priorizar objetivos en la elaboración del plan.
5. Realizar la propuesta del plan parcial de restauración de La Sabana de Chetumal, en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua a través de estrategias y acciones que permitan establecer las bases y las prioridades articulando las acciones de los tres órdenes de gobierno, federal, estatal y municipal y los sectores privado y social en el control, prevención y mitigación de los impactos ambientales generados que amenazan al humedal.
6. Diseñar estrategias, programas y acciones para reducir el impacto ambiental provocado en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua del humedal La Sabana de Chetumal con la finalidad de potenciar los bienes y servicios ambientales que provee el humedal en beneficio de sus habitantes.

Justificación

Los motivos que sustentan la necesidad de proponer acciones para mejorar la calidad de los humedales se fundamentan en la fragilidad de este tipo de ecosistemas que se encuentran amenazados y que brindan servicios ambientales a la sociedad, con la finalidad de mejorar la calidad de vida y reducir la vulnerabilidad, entre los servicios ambientales que los humedales proveen están: la protección contra inundaciones, la regulación del clima, captura de carbono y la prevención de la erosión del suelo.

En consecuencia, las investigaciones científicas han demostrado que la superficie y la calidad de los humedales siguen disminuyendo en la mayoría de las regiones del mundo y enfatizan

la importancia de su mantenimiento para proteger a la humanidad ante los fenómenos naturales cada vez más frecuentes como consecuencia del cambio climático (Marín y Hernández, 2013; Hammerl-Resch M. et al., 2004; The Secretariat of the Convention on Wetlands, 1971).

En resumen, los servicios de los ecosistemas que los humedales proporcionan a las personas se encuentran amenazados debido a la pérdida de estos (Gardner et al., 2015, Corvalan et al., 2005; Horwitz et al., 2012), Por tal motivo, se considera indispensable la protección de los ecosistemas de humedales tales como el cuerpo de agua La Sabana buscando usos alternativos que beneficien a los habitantes.

Por lo anterior, la aplicación de un modelo de planeación con un enfoque ambiental y desde una perspectiva única de acuerdo con el área de estudio a fin de construir una metodología que se ajuste a la realidad natural, económica y social. Conviene subrayar que aun existiendo varios instrumentos de planeación aplicados a la zona estos han sido ineficientes ya que intentan importar modelos y teorías de países desarrollados volviéndolos inviables (Gastó et al., 2002; Gudiño, 2003), por otro lado, se observan vacíos legales en materia ambiental que no dejan claro el nivel de competencia e intervención de las autoridades.

Por otro lado, los efectos indeseables que las plantas acuáticas invasoras causan a los cuerpos de agua son consecuencia de un ambiente perturbado, por lo que se prescinde de su control para facilitar el restablecimiento del ecosistema acuático afectado (Guzzy, 1989). En algunos estudios como Ziller (2005); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1994); Huerto et al. (2011) Los autores obtuvieron resultados favorables tras realizar el control de malezas acuáticas en cuerpos de agua de diferentes regiones de México.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El objetivo de este capítulo es elaborar un marco teórico conceptual con la finalidad de conocer las teorías, modelos y conceptos en los que se fundamenta la restauración de humedales que tienen como indicador invasiones biológicas. Así mismo, se define la orientación, el modelo de desarrollo sustentable y el tipo de planeación que guían la investigación.

1.1 Orientación sistémica

La orientación sistémica está enfocada a la comprensión de que nuestro medio ambiente es producto de las interrelaciones dinámicas entre factores ecológicos, económicos y sociales, es decir, cada uno de estos elementos tiene una influencia sobre el resto modificándolos y a su vez modificándose a través de procesos continuos, estas relaciones se pueden explicar con la teoría general de sistemas que tiene como propósito estudiar a los sistemas en cualquier nivel en todos los campos de investigación, es decir la teoría general de sistemas se define como el estudio de los sistemas en general, desde una perspectiva interdisciplinaria donde debemos poder identificar las partes que lo componen y entre ellas debe haber una relación que a su vez se relaciona con su entorno (Von Bertalanffy, 1976). Por tanto, un humedal es considerado un sistema que se relaciona entre diferentes elementos y está conectado a otros sistemas tales como el sistema de cuenca, el ecosistema, la región o el país.

Partiendo de la teoría general de sistemas como una metateoría, se puede clasificar el objeto de estudio como un sistema complejo, el cual está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información adicional no visible antes por el observador (García, 2006). Sin embargo, el medio ambiente natural tiene una capacidad de adaptación subclasificándose como un sistema complejo adaptativo (SCA) que es un tipo especial de sistema complejo que tiene la capacidad de cambiar y adaptarse (Holland, 1975; Comisión Europea, 2010).

La principal característica de los SCA es la interacción entre los componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos (Resilience Alliance, 2010). Por

lo que, implica que el enfoque de la gestión de los ecosistemas y recursos naturales, no se centra en los componentes del sistema sino en sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones. Por tanto, se vuelve muy difícil estudiar el objeto de estudio desde los SCA ya que se debe contar con estudios previos de resiliencia para abordarlo desde su complejidad.

Por consiguiente, es necesario encontrar un sistema que integre al hombre en la naturaleza dentro del enfoque sistémico. Por ende, los sistemas socio ecológicos (SSE) propuestos por Berkes y Folke (1998) se refieren a un concepto holístico, sistémico e integrador del ser humano en la naturaleza, tiende a ser una solución provisional. No obstante, se requiere de una herramienta que permita estudiar al sistema por cada una de sus partes como lo hace el modelo de desarrollo sustentable.

1.2 El desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras. Dicho de otra manera, la sustentabilidad es la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas (Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

Para la selección de un modelo es necesario conocer los enfoques del desarrollo sustentable, cada enfoque se base en un modelo diferente de interacción entre los subsistemas ambiental, social y económico, no obstante, la sustentabilidad puede ser utilizada en su función conceptual pero difícil de aplicarse en procesos específicos, tales como el desarrollo urbano.

El enfoque ecológico se fundamenta en la sustentabilidad ecológica la cual se enfoca en las condiciones de mantener a la humanidad a lo largo de las generaciones, el enfoque intergeneracional se fundamenta en la responsabilidad de la generación actual respecto a la generación futura enfatizando la preservación de la naturaleza, el enfoque económico se

fundamente en que no puede haber un desarrollo sustentable si se carece de crecimiento económico, el enfoque sectorial se fundamenta en que un sector productivo en específico será sustentable si no impacta al medio ambiente principalmente enfatizado en el ordenamiento del territorio y el enfoque de la sustentabilidad como gestión se fundamenta en gestión como eje central con ayuda de la tecnología para solucionar los problemas ambientales.

En resumen, los distintos enfoques que existen es un factor clave para su aplicación práctica en la planeación de las ciudades. La posición de estos enfoques oscila entre dos opiniones: los que creen que es posible el crecimiento físico y los que se centran en la conservación y la protección de la naturaleza (Tabla 1).

Los sistemas socio ecológicos homogenizan a la sociedad sin separar el sistema económico, por tal motivo se invita a hacer un ajuste del modelo convencional de desarrollo sustentable, teniendo un enfoque con orientación hacia el modelo de economía ecológica donde el sistema natural y los subsistemas social y económico se desarrollan uno dentro del otro, haciendo especial énfasis en la inviabilidad del crecimiento económico continuo que choca con los límites físicos y biológicos de los ecosistemas (Agenjo et al. 2013) (Figura 1).

Tabla 1. Enfoques del desarrollo sustentable

Enfoque	Fundamento	Características
Ecologista	Sustentabilidad ecológica	<p>Se enfoca únicamente en las condiciones básicas para mantener a la humanidad a lo largo de las generaciones.</p> <p>Ignora el aspecto distributivo de los recursos naturales.</p> <p>Considera un planeta determinado con recursos limitados.</p> <p>El subsistema económico está dentro del macrosistema ambiental.</p> <p>Los recursos están limitados a un crecimiento poblacional y económico cero.</p> <p>sostiene que la contaminación y el daño ambiental es causado por la sociedad mediante el consumismo y la producción.</p>
Intergeneracional	Responsabilidad de la actual generación respecto de las futuras	<p>Enfatiza en la preservación de la naturaleza para las generaciones futuras.</p> <p>Las generaciones futuras podrán maximizar sus opciones de aprovechamiento e incrementar su bienestar.</p> <p>La generación presente debe desarrollar los medios para que los que vendrán hereden los mismos recursos con los que hoy se cuenta.</p> <p>El enfoque intergeneracional ignora la posibilidad de aumentar los recursos mediante la ciencia y la tecnología.</p> <p>Ignora las condiciones del presente</p> <p>ignora el aspecto distributivo de los recursos naturales</p>
Económico	Crecimiento económico como base del desarrollo	<p>Se combina el desarrollo sustentable con el desarrollo económico.</p> <p>El fortalecimiento de la competitividad, una mejor gestión de la naturaleza y el descenso absoluto de las emisiones como eje central</p> <p>El crecimiento económico es una condición necesaria para aumentar la protección y la renovación medioambiental.</p>
Sectorial	Un sector productivo en específico será sustentable si no impacta al medio ambiente	<p>Limitado a planear adecuadamente las actividades a desarrollar en una microrregión, los recursos naturales, el ordenamiento de recursos, estudios costo beneficio, de riesgo y de impacto ambiental, seleccionando los métodos menos dañinos para el medio ambiente.</p> <p>Debe haber una compatibilidad en el uso de suelo</p> <p>Restringido por el número de actores participantes en el proceso de productividad, pero ha sido la única manera de hacer operativas algunas ideas de la sustentabilidad.</p>

		La agricultura sustentable, el ecoturismo, la industria limpia, la pesca sustentable son algunos ejemplos, pero el enfoque no siempre tiene éxito ni es acertado en diversos casos.
Sustentabilidad como gestión	La gestión como eje central con ayuda de la tecnología para solucionar los problemas ambientales	<p>La humanidad está obligada a trabajar la tierra como un buen gestor.</p> <p>Los riesgos medioambientales del crecimiento económico pueden ser superados y generalizado sobre la disponibilidad futura.</p> <p>Los avances tecnológicos salvaguardaran los recursos naturales.</p> <p>Los cambios ecológicos y económicos graduales asegurarán una gestión aceptable del mundo natural.</p> <p>La política ambiental impulsara la renovación técnica, económica y cultural.</p> <p>La innovación y mejoramiento de la estructura económica es consecuencia del desafío del desarrollo sustentable.</p> <p>Las nuevas tecnologías tendrán objetivos medioambientales.</p> <p>La integración de la economía y el medio ambiente será mediante el desarrollo y avances tecnológicos.</p> <p>Se ve al desarrollo sustentable como un tipo de políticas públicas.</p> <p>Potencia a los actores sociales en la planificación</p> <p>Las inversiones toman en cuenta los criterios de balance y resguardo de la capacidad reproductiva y regenerativa de los distintos tipos de capital</p>

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

1.3 La economía ecológica

La economía ecológica es la ciencia que estudia la viabilidad en términos de sustentabilidad. Se enfoca dentro del metabolismo social, contabiliza la entrada de alimentación del sistema tomado del medio natural y lo expulsa como residuos. Dicho de otro modo, una economía que se desarrolle dentro de los límites de la naturaleza y en términos de justicia social son centrales en la economía ecológica, dichos aspectos están alejados de la economía convencional. Asimismo, su campo de estudio es transdisciplinario, aborda los sistemas complejos en la resolución de problemas (Figura 1) (Morán y Área de educación, 2017).

Figura 1. Modelo de desarrollo sustentable desde la orientación económica ecológica



Fuente: Agenjo et al. (2013).

Una vez definida la teoría, el enfoque y el modelo a seguir, se crea la necesidad de determinar los cursos de acción que asignen y distribuyan recursos y servicios ambientales de forma justa y eficiente entre usos que compiten entre sí, la economía ecológica se centra no solo en cuestiones de eficiencia y distribución, sino que lo hace en el contexto de la escala del rendimiento material. Así surge la planeación ambiental con el fin de resolver estos problemas (Briassoulis, 1989).

1.4 La planeación ambiental

La planeación ha sido entendida de diferentes formas, entre ellas como una actividad humana fundamental, como una herramienta que ayuda a considerar posibles resultados antes de

comprometerse en un curso de acción específico y como un proceso que precede y preside de la acción, dicho proceso consiste principalmente en establecer metas y elegir los medios para alcanzar dichas metas, bajo esta perspectiva, la planeación ambiental nace en el marco del paradigma del desarrollo sustentable, al cual se le incorporaron los acuerdos de la Agenda XXI, el Convenio sobre la Biodiversidad y el Convenio sobre el Cambio Climático, y se le propone como una estrategia normativa para regular la relación hombre-naturaleza (Aguiluz et al., 2001).

Campbell y Fainstein (2003) al igual que Hall (1989) realizaron un análisis histórico de la evolución de la planeación en Estados Unidos y el Reino Unido de como la planeación se enlazo con los diferentes acontecimientos que fueron impactando a lo largo de los años mostrando las diferentes caras de la planeación a través del tiempo y sus distintas aplicaciones, los autores mencionan problemáticas como la discriminación racial y étnica, el tránsito de personas, el deterioro ambiental, entro otros, estos fenómenos provocaron cambios en las condiciones de las áreas urbanas induciendo la reinención de la ciudad, que hizo necesario el desarrollo de políticas en la ciudad y que pusieron de manifiesto la carencia técnicas e información que permitió la creación de iniciativas para comprender de mejor manera lo que podría ser la ciudad.

Para entender el potencial del diseño urbano es necesario saber el contexto que rodea la ciudad, es importante conocer los factores económicos, sociales, políticos y culturales. El factor económico influye en la ciudad en su desarrollo a partir de las actividades económicas y como estos fueron determinantes para el crecimiento de las ciudades, por otra parte, la planeación urbana surge a partir del siglo XX académicamente en las escuelas de arquitectura, para el diseño de las ciudades, las cuales se transforman como si tuvieran vida propia de allí la necesidad de los académicos de conocer los procesos de transformación de las ciudades. Dichos procesos de transformación van de la mano de sucesos históricos como las guerras mundiales y la revolución industrial que dio un empujón a la economía mundial, trayendo consigo cambios sociales y ambientales negativos en el nuevo entorno urbano el cual tuvo un aumento exponencial debido a la migración campo ciudad y el repunte de la natalidad de los años 50.

Para la década de 1960 la planeación urbana había cambiado su modelo estático por el de ciudad cambiante, ya que las ciudades cada vez necesitaban más infraestructura y equipamiento, los planificadores urbanos adoptaron el enfoque sistémico, para abordar los nuevos retos que se presentaron en ese entonces, un claro ejemplo fue lo ocurrido en los gobiernos de Estados Unidos a finales de los 60s tras la post guerra de Vietnam los planificadores tuvieron un declive debido a la desconfianza generalizada de los expertos que parecía demostrar ser ineficiente para resolver los problemas de las ciudades.

Durante la década de 1970 los planificadores urbanos resurgen y adoptan el marxismo ya que muchas de las teorías marxistas podían ser aplicadas a los procesos por los cuales estaban pasando las ciudades en ese entonces, dando la razón a Dear y Scott (1981) explican que la planificación es una respuesta históricamente específica y socialmente necesaria a las tendencias auto desorganizadoras de las relaciones sociales y de propiedad capitalistas privatizadas, tal como aparecen en el espacio urbano. En la década posterior tras la caída de la economía las ciudades industriales comienzan una ola de desempleo, las ciudades comienzan a tercerizarse y a buscar nuevas formas de organización donde un fuerte auge al urbanismo para enfrentar los nuevos retos.

Hoch et al. (2000) indican de primera mano el perfil del planificador urbano como un profesional académicamente preparado, generalmente los planificadores son maestros en planeación que se desenvuelven como tomadores de decisiones, ejecutores o diseñadores de los gobiernos locales, no obstante, los gobiernos carecen de un trabajo específico para los planificadores ya que pueden ejercer en diferentes sectores municipales o estatales, medio ambiente, transporte entre otras. Al igual los autores dicen que el planeador funge como mediador para resolver conflictos entre los diversos actores principalmente entre las comunidades y el gobierno, para lograr acuerdos y poder cumplir con lo planeado, por ejemplo, para la construcción de una carretera que pase por una comunidad o algo más actual, como la construcción del tren maya sin la consulta de las comunidades afectadas.

Dicho de otro modo, las funciones del planificador urbano en la ciudad son tan diversas, ya que las problemáticas son innumerables entre las cuales se mencionan algunas como el envejecimiento del centro de la ciudad, los problemas en los suburbios, la desigualdad de las clases sociales, el ya mencionado crecimiento demográfico debido a la migración campo ciudad, la rehabilitación y recuperación del espacio público, la ineficiencia del transporte público inclusivo para los adultos mayores, mujeres y niños sin olvidar mencionar las necesidades de las personas con discapacidad.

Munizaga (2000) habla de la evolución del urbanismo en el siglo XIX y como éste se relaciona con la planificación, la cual es vista como una ciencia analítica y un método de acción que organiza a otras ciencias como sectores. Según el autor en base a Reisman y los cuatro tipos de profesionales que abordan la planificación, la clave está en la comprensión de la organización social para que las políticas, lo diseñado o lo planeado sea exitosas

De este modo, el proceso de planeación se amplía a un conjunto de procedimientos para analizar tanto los sistemas biofísicos como socioculturales de un lugar, para poner en práctica objetivos específicos de desarrollo, con la finalidad de potenciarles evitando consecuencias ambientales (Lein, 2003). Es decir, la aplicación de la planeación al estudio de los problemas ambientales de una manera sistemática para determinar cursos de acción que asignen y distribuyan los recursos y servicios ambientales entre usos que compiten entre sí.

La planeación ambiental emergió como un área fundamental dentro del amplio campo de la planeación, siendo una actividad realizado por individuos y organizaciones intermediarios entre la relación hombre-naturaleza diseñando cursos de acciones para resolver los conflictos de dicha interacción, en México la planeación ambiental está considerada como un instrumento de política ambiental dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el cual da atribuciones al gobierno para regular las actividades de los particulares, por consiguiente, el enfoque de desarrollo sustentable en el país es de tipo sectorial, siendo incompatible con el enfoque aplicado en la presente investigación.

Por tanto, se necesita una definición diferente de la planeación, la ONU-Hábitat (2015) define a la planeación como un proceso de adopción de decisiones para hacer realidad los objetivos económicos, sociales, culturales y ambientales mediante el desarrollo de visiones, estrategias y planes de carácter espacial y la aplicación de un conjunto de principios normativos, instrumentos, mecanismos institucionales y de participación y procedimientos reglamentarios. Además, Girardet (2018) añade a esta definición la idea de que la planeación contribuya con la creación de equipamientos y servicios que satisfagan las necesidades sociales y dispongan de un ambiente sano con la finalidad de alcanzar la sustentabilidad urbana.

Los servicios públicos son actividades técnicas directas o indirectas, de la administración pública o concesionada a particulares, que ha sido diseñada y administrada para garantizar de una manera permanente, regular, continua y sin propósitos de lucro, la satisfacción de cumplir las necesidades colectivas de interés general sujeta a un régimen especial de derecho público como son: los servicios de energía eléctrica (Serra, 1977).

Por consiguiente, el proceso de planeación puede evaluarse mediante un conjunto de herramientas que ayuden a clarificar y definir, de manera más eficaz objetivos e impactos, dichas herramientas son conocidas como indicadores las cuales se pueden definir como medidas verificables de los resultados o de cambio diseñadas para la evaluación de los planes con respecto a los objetivos establecidos (Organización de las Naciones Unidas, 1999).

En particular existe un tipo de indicador biológico también conocido como bioindicador relacionado con los sistemas naturales que es empleado para evaluar los factores del ambiente de manera inicial, concretamente los bioindicadores se refieren a especies o asociaciones de estas como indicadores particularmente útiles para estudios de perturbación de los sistemas biológicos (Volkheimer et al., 2011).

Por ejemplo, las plantas hidrófitas son plantas adaptadas a los medios acuáticos tales como lagos, estuarios, humedales, entre otros, algunas aportan información sobre ciertas características ecológicas del medioambiente, es decir, las características fisicoquímicas,

microclimáticas, biológicas y funcionales, o sobre el impacto de ciertas prácticas en el medio. Se utilizan sobre todo para la evaluación ambiental, el seguimiento del estado del medioambiente, o de la eficacia de las medidas de mitigación, compensación, o restauración dentro de los planes de restauración (Mendoza et al., 2018).

1.5 Asentamientos urbanos informales

Es indispensable entender que las ciudades al pasar por un proceso de urbanización acelerado tienden a salirse de lo planeado, superando ampliamente la capacidad de los municipios para proporcionar servicios públicos, espacio público, áreas verdes, además de exponer a la población vulnerable de manera constante al desalojo, las enfermedades y la violencia, dicha situación está más acentuada en los asentamientos urbanos informales los cuales se caracterizan por no ostentar el derecho de tenencia sobre las tierras o viviendas en las que habitan, carecer de servicios básicos e infraestructura urbana, las viviendas podrían no cumplir con las regulaciones de edificación o de planificación y suelen estar ubicadas geográfica y ambientalmente en áreas peligrosas (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

La vivienda es definida por el Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI) (2010) como el lugar delimitado por paredes y cubierto por techos con entrada independiente, donde generalmente las personas comen, preparan alimentos, duermen y se protegen del ambiente. Sin embargo, esta definición no es suficiente para apreciar cualidades de las viviendas, más si tomamos en cuenta de que son pocas las personas que carecen al acceso a la vivienda (los sin casa o de las personas en situación de calle).

Con respecto a la vivienda de los asentamientos urbanos informales generalmente son viviendas de autoconstrucción, este tipo de vivienda se define como las formas de edificación que se realizan mediante la mano de obra directa del habitante y puede implicar el apoyo de familiares o amigos sin recibir ninguna clase de remuneración por el trabajo. Dentro del medio urbana estas casas se consideran artesanales y generalmente son provisionales [Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), 1978].

Por tanto, se hace necesario conocer las tipologías que existen respecto a las viviendas. En primer lugar, se toma en cuenta únicamente las viviendas particulares, que, a diferencia de las colectivas, representan aquellas que son ocupadas por hogares. Partiendo de esta primera tipología, se clasifican para las viviendas en: casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea, para la presente investigación todas las anteriores se tomaron como una sola unidad.

1.6 Los paisajes de humedales

La convención de RAMSAR (1971) define a los humedales por una amplia variedad de hábitats, un hábitat es un área donde habitan diferentes especies y está determinado por el clima, el ambiente y la geografía, entre los principales hábitats que forman un humedal se tienen “pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos, y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses”. No obstante, Los humedales urbanos proveen una diversidad de paisajes naturales y estéticos en el entorno construido. Por lo cual, es primordial comprender y documentar la importancia ecológica de esta diversidad y los desafíos de gestión específicos en el contexto urbano y su importancia cultural.

La pérdida y degradación del paisaje de los humedales ha sido provocada principalmente por los cambios de uso de suelo, el desarrollo de infraestructura, la extracción de agua, su eutrofización, contaminación y la explotación excesiva, en particular la eutrofización es un proceso por el cual la cantidad de nutrientes que contienen las aguas residuales supera en la capacidad de asimilación de los humedales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2017; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2012).

De igual forma, uno de los servicios ambientales importantes, pero más olvidados es que los humedales son capaces de regular los vectores de enfermedades como el Dengue, la Malaria y otras enfermedades emergentes como el Zika o el Chikunguña, en este caso se entiende

como vector a un organismo que es capaz de transmitir un agente infeccioso de un agente a otro, es decir de un huésped infectado a un receptor no infectado (Horwitz et al., 2012).

Por el contrario, un humedal que presenta problemáticas tales como la proliferación excesiva de malezas acuáticas además de tener efectos sobre el paisaje, tiene alteraciones importantes sobre la proliferación de vectores, en este sentido la Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) es una de las malezas acuáticas más estudiadas y se le relaciona con una amplia variedad de especies de mosquitos (*Anopheles funestus*, *Aedomyia africana*, *Anopheles albimanus*, *Anopheles triannulatus*, *Anopheles oswaldoi*, *Aedeomyia squamipennis*, *Mansonia titllans*, *Coquilletidia venezuelensis*, *Coquilletidia nigricans*, *Culex nigripalpus*, *Culex ocosa*, *Culex pedroi*, *Culex spissipes*, *Uranotaenia lowii*, *Uranotaenia pulcherrima*) (Becares, 2016).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se desarrolló la metodología la cual consistió en hacer una revisión de los trabajos y las metodologías que se han llevado a cabo en los contextos internacional, nacional y local, referentes a la restauración de humedales que tienen como indicador invasiones biológicas para derivar una metodología de análisis relacionado y tener una aproximación teórica metodológica de la planeación en el proceso de restauración de humedales (Tabla 2).

Seguidamente se describió como se elaboró la caracterización de las condiciones ambientales, sociales y económicas de La Sabana para conocer el contexto y poder realizar un diagnóstico a partir de los procesos de análisis de impactos generados mediante una lista de control, consecutivamente de una matriz de impactos generados con la finalidad de procesar los datos que serán útiles en el diseño del plan.

2.1 Referentes metodológicos

Las invasiones biológicas representan un reto que le generan a la economía mundial grandes costos como resultado directo de la reducción de la productividad en la agricultura y otros sistemas de producción, el daño a infraestructuras, pérdida de ingresos por el turismo, la navegación, la pesca, la recreación y las actividades agrícolas, costos relacionados con la erradicación, contaminación y manejo; así como costos sociales, culturales o indirectos por la pérdida de los servicios ecosistémicos mermando su capacidad para proveer recursos, para regular ciclos de agua y nutrientes, o simplemente reduciendo su valor estético en los humedales del mundo (National Academy of Sciences (NAS), 1976; Klingman y Ashton, 1980; Charles y Dukes 2007).

En el ámbito internacional se encontraron manuales metodológicos acerca de la restauración de humedales en diferentes contextos (Hammerl, et al., 2004). También algunos estudios económicos acerca de la lucha contra las especies invasoras, tal es el caso de España donde se determinó el coste directo de las medidas de gestión de especies invasoras durante la primera década del presente siglo se ha estimado en unos 50.5 millones de euros (Andreu et al., 2009).

Por otra parte, en China los autores ofrecen los criterios para la restauración de humedales urbanos mediante métodos de análisis cuantitativo para la medición de parámetros fisicoquímicos en humedales urbanos y brindan diferentes propuestas de indicadores, a su vez muestran estudios de caso e intervenciones exitosas al aplicar sus metodologías (YU Jing-Lei et al., 2007).

En Canadá se exploró la relación entre las personas y los humedales en los entornos locales de los vecindarios de tres comunidades urbanas en el municipio regional de Halifax, Nueva Escocia, para conocer la percepción hacia los humedales urbanos mediante encuestas, entre los principales resultados se encontró que hay un desinterés en los sitios, no obstante, los encuestados revelaron una apreciación de los atributos estéticos y el valor del hábitat de los humedales en la ciudad y de los espacios naturales urbanos. algunos encuestados consideraron los humedales como parte de sus vecindarios y del entorno con características naturales y como hábitat para la vida silvestre urbana (Manuel, 2003).

En América Latina y el caribe se encontraron diferentes estudios relacionados con los humedales y las malezas acuáticas como el caso de Chile donde los trabajos tienen relación con malezas que invaden cultivos de arroz (Martín y Ramírez, 1983) y problemas asociados a malezas acuáticas en general en algunas provincias de Argentina (Sabbatini et al., 2014).

En Sudamérica la información sobre las especies invasoras es exploratoria, entre los trabajos más relevantes, se destacan los reportes en torno al crecimiento excesivo de Jacinto de agua en Brasil (Tundisi et al., 1993), fenómenos de colmatación por plantas acuáticas invasoras en humedales de Colombia (Díaz et al., 2012). La colmatación de humedales se produce cuando la cantidad de restos sólidos que reciben rebasa la capacidad de degradación en estos humedales, convirtiéndose en barrizales.

En México los cuerpos de agua dulce se han visto afectados de manera importante, debido a la introducción y el establecimiento de hidrófitas invasoras, lo que ha sido identificado como

uno de los riesgos ambientales más críticos que actualmente enfrentan las especies, los hábitats acuáticos y la biodiversidad en general (Hopkins, 2001).

Se conocen los principios básicos que dan lugar a la invasión de especies acuáticas, la magnitud de los daños que su presencia puede causar a los ecosistemas a sus servicios ambientales y a la salud humana, animal y vegetal. No obstante, aún no han sido lo suficientemente estudiados a groso modo. De tal manera que los impactos ambientales, económicos y sociales que ocasionan las especies vegetales acuáticas invasoras no han podido ser valorados en toda su dimensión, como tampoco las pérdidas económicas asociadas con ellas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

En el sureste mexicano se han realizado estudios exploratorios sobre humedales y malezas acuáticas. Entre los principales resultados se identificaron las alteraciones de los hábitats por causas antropogénicas, en los cuales se han encontrado invasiones biológicas, en consecuencia se ha acelerado la disminución de la flora y fauna acuática por la dominación de una o dos especies con comportamientos malezoides en lagunas y humedales en los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, así como la extinción de algunas especies (Chan y Rivera, 2017; Lot et al., 1980; Centro de Investigación Científica de Yucatán, 2010; Barba et al., 2013; Bueno et al., 2005).

Tabla 2. Antecedentes en el contexto estatal, nacional e internacional

Área	Autor	Título	Objetivo	Metodología y resultados
E S T A T A L	H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2018).	Atlas de peligros naturales de la ciudad de Chetumal.	Identificar los riesgos para que mediante el análisis de la peligrosidad y la vulnerabilidad determinar los potenciales niveles de exposición al peligro. Chetumal y rededor.	Identificación y Zonificación, cálculo de los índices de vulnerabilidad aplicables a México con SIG. Se construyó la metodología.
	Sánchez et al., (2008).	Colección de referencia de vectores de <i>Leishmania spp</i> (causante de Leshmaniasis cutánea localizada) de la Península de Yucatán y un estudio preliminar en un área endémica de Quintana Roo.	Determinar vectores de leishmaniasis. Chetumal y rededor.	Zonificación e Identificación de muestras. Se encontraron mosquitos transmisores de leishmaniasis.
E S T A T A L	H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2018).	Acta de la sesión No. 26 del segundo periodo ordinario de sesiones del segundo año de ejercicio constitucional.	Diseñar programa para el saneamiento, recuperación, mantenimiento y preservación de las aguas, flora y fauna que conforman La Sabana de Chetumal. Peces alimento.	Mencionado en la junta. Se propuso el diseño.
	Rangel (2014).	O diagnóstico do desenvolvimiento urbano da cidade Chetumal no Mexico	Exponer la evolución urbana de la ciudad de Chetumal, con el fin de evaluar si esta se ha planteado desde una visión sustentable.	Modelo de desarrollo urbano, ecosistemas frágiles y limitantes físicos de crecimiento. Se diagnosticó el crecimiento desproporcionado de la ciudad de Chetumal.
	Rangel (2015).	Urbanismo y humedales caso de estudio: El humedal La Sabana desarrollo urbano de la zona noroeste de Chetumal, México.	Analizar el medio físico urbano de la y su relación con los ecosistemas frágiles. Chetumal-sabana.	Análisis de sistemas y encuestas. Se encontró la desvalorización por parte de los actores.
	Procuraduría Federal de	Taller de Identificación e Intercepción de Especies	Reforzar los mecanismos de prevención de introducción de especies exóticas invasoras	Impartición de taller.

E S T A T A L	Protección al Ambiente (2016).	Exóticas Invasoras Acuáticas, Asociadas al Comercio Internacional.		
	Anca et al., (2015).	Proyecto “Parque Ecoturístico Recreativo Orión”	Desarrollar un parque ecoturístico en los predios denominados rancho Santa Cruz y rancho La Esmeralda, pertenecientes al ejido de Calderitas, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, con el propósito de aprovechar las características Geográficas, socioculturales y naturales del lugar.	Caracterización y planificación sobre el área de estudio. Se describieron las características de La Sabana y el diseño del proyecto.
	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2012).	Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há. Anexo III.	Crear objetivos, estrategias y líneas de acción.	Combinación de diferentes metodologías.
	Bonilla (2004).	Flora acuática vascular del área focal Felipe Carrillo Puerto, Corredor Biológico Sian Ka'an-Calakmul, Quintana Roo, México.	Identificar Flora acuática vascular del área focal Felipe Carrillo Puerto	estructuración de una base de datos Taxonómica-Geográfica-Curatorial que cumpliera con los requisitos estipulados por los lineamientos de la CONABIO
	Naturalista (2018).	CONABIO observación	Registrar observaciones de plantas y animales.	Observación directa e identificación comunitaria.
S U R D E	Arellano (2003).	Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales en la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.	Recopilar información durante 20 años de la flora nativa e introducida de la Península de Yucatán.	Consulta bibliográfica y bases de datos. Información general sobre <i>Pistia stratiotes</i> .
	Mendoza et al., (2017).	Inventario florístico y entomofaunístico en tres objetos de conservación ecosistémicos	Realizar un inventario de especies arbóreas y entomofaunístico en selva mediana subcaducifolia (selva de Guayacán), selva	Para el caso de la vegetación acuática se realizó un inventario florístico en los márgenes y al interior del

M É X I C O S U R D E M É X I C O		en las zonas núcleo de las Reservas Estatales de Balam-kú y Balam-kin, Campeche.	baja inundable (bajos inundables) y en cuerpos de agua (aguadas), ubicados en las zonas núcleo de las Reservas Estatales Balam-kin y Balam-kú, Campeche.	cuerpo de agua. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Gutiérrez (2006).	Lista de especies de plantas acuáticas vasculares de la península de Yucatán, México. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales.	Revisar la flora acuática de la península de Yucatán.	Desde 1995 se programaron salidas decampo hacia diferentes lugares de la península, especialmente al sur de esta, donde existen mayores humedales, con la finalidad de realizar colectas botánicas después de la época de lluvias, tanto de la selva como de ecosistemas acuático, Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Ana (2015).	La ciencia pesquera en comunidades rurales e indígenas de países con economías poco desarrolladas.	Abordar la problemática pesquera del litoral chiapaneco.	Análisis bibliográfico. Se encuentran malezas acuáticas en zonas de pesca.
	Barba et al., (2013).	Guía ilustrada para la identificación de plantas acuáticas en humedales de Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur.	Ilustrar para identificar plantas acuáticas en humedales de tabasco.	Identificación por observación. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Centro de Investigación Científica de Yucatán (2010).	Flora Digital: Península de Yucatán Herbario CICY	Crear un base de datos digital de la flora de la península de Yucatán	Consulta bibliográfica y bases de datos. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Lot et al., (1980).	Hallazgo en México de euforbiácea acuática originaria de Sudamérica	Observar euforbiácea acuática originaria de Sudamérica en México.	Observación directa. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Carrillo (2017).	Evaluación de <i>salvinia minima</i> Baker como potencial acumulador de Cu y Zn de agua	Estimar la eficiencia de acumulación de <i>Salvinia minima</i> Baker.	Cálculo de biomasa y determinación de metales pesados en maleza acuática. Se encontró <i>Pistia</i>

		residual porcina: efectos fisiológicos, morfológicos y de crecimiento.		<i>stratiotes</i> como fitorremediadora debido a su alta resistencia a ambientes acuáticos perturbados.
	Chan y Rivera (2017).	Contribución al inventario de la vegetación acuática y ribereña de Tabasco, México.	Contribuir al inventario de la vegetación acuática y ribereña de Tabasco, México	Recolecta de las especies vegetales en las áreas de estudio, Para la identificación de las especies, se emplearon guías ilustradas y claves taxonómicas, Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Morazán (1988).	Control y aprovechamiento de las malezas acuáticas por la Comisión Federal de Electricidad.	Implementar talleres Control y aprovechamiento de las malezas acuáticas por la Comisión Federal de Electricidad.	Se llevaron a cabo ponencias en las cuales hablaron sobre los métodos químicos para el control de malezas en Chiapas, Tabasco y Veracruz y sus resultados.
N A C I O N A L	Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010).	Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación.	Contribuir a la conservación del capital natural y el bienestar humano por medio de una Estrategia Nacional orientada a la prevención, el control y la erradicación de especies invasoras en México, que guíe la participación coordinada y la cooperación proactiva y responsable de todos los actores involucrados en la aplicación de acciones de monitoreo, detección, control y erradicación de estas	Análisis de riesgo y aplicación de medidas preventivas constituye el método de control más adecuado para el manejo de especies invasoras.
	Bojorquez y Aguilar (1997).	Control biológico de maleza acuática. Una experiencia en Sinaloa. Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto Control de Maleza Acuática en Canales y Drenes en los Distritos de Riego.	Controlar maleza acuática en distritos de riego de Sinaloa.	Análisis de los métodos de control biológico en base a estudios de caso donde se aplicó control biológico.
	Camarena et al., (2000).	Control integral de maleza acuática en distritos de Riego	Conoce la importancia, los conceptos, la metodología, técnicas y herramientas que se aplican cuando se pretende realizar el manejo integrado de la maleza acuática.	Estudios de casos, caracterización de métodos aplicados y conceptos básicos.
N A C I O N A				

L N A C I O N A L N A C I O N A L	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2017).	Humedales de la República Mexicana - Inventario Nacional de Humedales (INH).	Llevar y mantener el Inventario Nacional de Humedales.	Se cuenta con información de tipo normativo, técnico y legal en materia de humedales, como son los lineamientos para la delimitación hidrológica y establecimiento del perímetro de protección de los humedales, los lineamientos de clasificación de los humedales, las metodologías para la elaboración de mapas a nivel nacional, para la evaluación de humedales a nivel de cuenca y de sitio, el catálogo y la guía ilustrada de plantas indicadoras de humedales, entre otros. Asimismo, cuenta con información de estudios de caso.
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1994).	Programa de control de Malezas Acuáticas en el Lago de Chapala.	Controla el crecimiento de lirio acuático y tule en el lago de Chapala a través de un programa integral de control de malezas acuáticas, así como la política de prevención de la contaminación de agua con nutrientes a largo plazo.	Se identificaron los impactos tras la introducción del proyecto como adversos o benéficos utilizando una matriz de Leopold modificada. La evaluación dio resultados positivos a los métodos de control.
	Huerto et al., (2011).	Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago, Informe final.	Establecimiento de un programa piloto de control y manejo de la vegetación acuática enraizada flotante, emergente y flotante, junto con florecimientos algales, en los senos Jarácuaro y Pátzcuaro del lago, a través de la combinación de métodos complementarios (control manual, mecánico, químico y biológico) siguiendo los principios básicos del Programa de Control de Malezas Acuáticas.	Zonificación, muestreo polietápico, dirigido y sin reemplazo, cálculo de diferentes índices para estimar la diversidad biológica, Revisión documental, entrevistas y metodología de análisis de sustentabilidad de FAUNAM AC que es utilizada con éxito a nivel nacional e internacional y que considera los siguientes ámbitos: Ecológico, Económico, Social, Cultural, Político, Técnico, Legal, Temporal y Espacial.
	Bastidas et al., (1980).	Investigación sobre el aprovechamiento de malezas acuáticas en la reestructuración de suelos	Aprovechar la maleza acuática en la reestructuración de suelos	Aplicación de métodos manuales para extracción de maleza con instrumentos agrícolas y luego reutilizarla como fertilizante.
	Gutiérrez et al., (1994).	Control de malezas acuáticas en México.	Presentar avances del Programa de Control de Malezas Acuáticas, PROCMA,	Se describen los métodos de control de malezas acuáticas utilizados tanto en el extranjero como en el

			elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.	país; las estrategias y alcances del PROCMA, así como los resultados obtenidos en la cuenca del río Ayutla en Jalisco.
	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP) (2015).	Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México.	Explicar el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México.	Formato para evaluar especies exóticas invasoras en México aplicado a <i>Pistia stratiotes</i> en México mediante una caracterización general de la especie
	Camarena y Aguilar (2012).	El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (experiencias desde 1990) IMTA.	Presentar el proceso y resultados del Programa de Control de Maleza Acuática en Distritos de Riego del país, realizado por la Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA.	Se recopilaron estudios de caso de programas aplicados mediante sus informes parciales desde 1990.
A M E R I C A L A T I N A	Matthews (2005).	El creciente peligro de las especies exóticas invasoras.	Conservar la biodiversidad y mantener los medios de subsistencia del ser humano reduciendo al mínimo la propagación y el impacto de las especies exóticas invasoras (EEI).	Recoge, evalúa y difunde información sobre los impactos de las especies invasoras, los recursos y métodos disponibles para prevenir introducciones y para el control y manejo de dichas especies una vez introducidas.
	Baptiste et al., (2010).	Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia.	Construir una propuesta desarrollada por los institutos de investigación vinculados al MAVDT, revisada y avalada por la instancia de apoyo del CDB para el tema de especies invasoras: el Programa Global de Especies Invasoras (Gisp).	Plantea elementos técnicos fundamentales para la toma de decisiones de las autoridades ambientales tales como: propuesta y aplicación de metodologías de análisis de riesgo de impacto para especies introducidas y trasplantadas en Colombia, listados actualizados sobre especies introducidas y trasplantadas y propuesta de categorización de especies invasoras para su manejo.
	Ziller et al. (2005)	Especies alienígenas invasoras en Sudamérica: informes nacionales & directorio de recursos.	Informar el resultado obtenido de uno de los seminarios de trabajo titulado: Prevención y Gestión de las Especies Alienígenas Invasoras: Forjando la Cooperación a través de Sudamérica	Presentar las estrategias existentes para la prevención y gestión de especies alienígenas invasoras (IAS), objetivos e información de contacto para los departamentos/ministerios concernientes con IAS, prioridades para el futuro trabajo sobre IAS, listados

A M E R I C A L A T I N A				de expertos de sus países sobre IAS y una lista de las páginas web y referencias relevantes.
	Aguayo (2015).	Determinación de la acumulación de metales pesados plomo, cadmio y cromo en planta <i>Pistia stratiotes</i> conocida como lechuga de agua.	Determinar la capacidad que posee la planta <i>Pistia stratiotes</i> para acumular los metales pesados Cadmio, Cromo y Plomo.	Modelo experimental, muestreo discrecional. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> como fitorremediadora debido a su alta resistencia a ambientes acuáticos perturbados.
	Silva et al (2013),	Uma revisão bibliográfica sobre Araceae com foco nos gêneros Pistia, Philodendron e Montrichardia: aspectos botânicos, fitoquímicos e atividades biológicas.	Realizar una amplia revisión bibliográfica sobre la familia Araceae.	Se consultaron diferentes bases de datos. Además, se investigaron literaturas especializadas brasileñas y de otros países. Se utilizaron los siguientes descriptores: Araceae, Pistia, Philodendron, Montrichardia y Anthurium.
	Guevara y Ramírez (2015).	Eichhornia crassipes, su invasividad y potencial fitorremediador.	Analizar la invasividad y potencial de fitorremediación de <i>Eichhornia crassipes</i> .	Se mencionan los métodos de control utilizados para la especie y algunos trabajos experimentales sobre fitorremediación usando <i>Pistia stratiotes</i> en lagunas artificiales.
	Lopez et al., (2017).	Plantas exóticas con alto potencial de invasión en Colombia.	Brindar nuevas herramientas para los tomadores de decisiones, orientándolos en temas como la identificación de especies exóticas invasoras.	Como resultado se crearon metodologías para la identificación de especies exóticas invasoras a través de trabajo de campo.
	Urrutia et al., (2017).	Plantas acuáticas invasoras presentes en Chile: Distribución, rasgos de vida y potencial invasor.	Generar información base sobre este grupo de plantas, listando las especies acuáticas invasoras, su distribución, sus rasgos de vida y su potencial invasor.	Se realizó una revisión exhaustiva en la base de datos Web of Science y otras páginas Web relevantes sobre el comportamiento invasivo de las especies de plantas acuáticas introducidas en Chile.
	Campo Caselles y (2016).	Especies invasoras acuáticas y salud. Memorias del II seminario sobre especies invasoras en humedales, calidad de agua y desarrollo de vectores de enfermedades (InvaWet).	Estudiar las interacciones de las especies invasoras presentes en los humedales con la salud humana y animal de zonas tropicales.	Se presentan diversas metodologías para la identificación de vectores de enfermedades relacionado con las especies acuáticas invasoras. Resultados positivos en estudios de caso sobre vectores de enfermedades relacionados con las malezas acuáticas.

	Aponte y Cano (2013).	Estudio florístico comparativo de seis humedales de la costa de lima (Perú): Actualización y nuevos retos para su conservación.	Realizar un compendio de la flora que albergan seis humedales de la costa del departamento de Lima.	Revisión bibliográfica, análisis histórico para tres de estas localidades comparando los principales cambios en la composición florísticas en los últimos 10 años.
I N T E R N A C I O N A L	McNeely et al., (2001).	Global Strategy on Invasive Alien Species.	Predecir cuales especies pueden causar daños y prevenir su introducción, y para tratar con eficacia los casos en que una especie ya está causando un problema.	Combinación de diferentes metodologías para el control, monitoreo y reducción de especies invasoras.
	National Academy of Sciences (NAS) (1976).	Making aquatic weeds useful: Some perspectives for developing countries.	Proponer metodologías para controlar malezas acuáticas útiles para países en desarrollo.	Manual de control biológico de malezas acuáticas. Aplicación a casos de estudio con resultados positivos en contra de las malezas acuáticas.
	Caseley et al., (1976).	Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120).	Manejar malezas para países en desarrollo.	Combinación de diferentes metodologías para el control, monitoreo y reducción de especies invasoras.
I N T E R N A C I O	Riemer (1984).	Introduction to freshwater vegetation.	Identificar los patrones generales en las adaptaciones y procesos entre organismos de lagos y estanques	Combinación de diferentes metodologías para el monitoreo y clasificación de los patrones generales de especies vegetales de agua dulce.
	Smith et al., (1984).	A water hyacinth eradication campaign in New South Wales, Australia. En: G. Thyagarajan (Ed.).	Erradicar maleza acuática (Jacinto) en Nueva Gales. Australia.	Combinación y aplicación de métodos para eliminar maleza acuática. Resultados positivos en aplicación de métodos de control para maleza acuática mas no se pudo erradicar.
	Nimis (1990).	Quantitative approaches to phytogeography.	Exponer los enfoques cuantitativos a la fitogeografía.	Análisis analítico de métodos cuantitativos florísticos, vegetacionales y numéricos.
	Thayer (1986).	Mechanical harvesting of aquatic weeds.	Describir las técnicas mecánicas para el control de maleza acuática en florida.	Probaron las diferentes segadoras acuáticas y caracterización de sus funciones. Siendo eficientes para el control de malezas acuáticas.

N A L	Graves (2017).	Field Guide to Aquatic Plants of Alabama. Alabama Department of Conservation and Natural Resources.	Brindar una guía para la identificación de plantas acuáticas.	Caracterización general de las plantas acuáticas. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.
	Brundu et al., (2012).	<i>Pistia stratiotes</i> L. and <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia.	Proporcionar información general sobre la distribución y presencia de macrófitos invasores en Italia y describir y analizar dos estudios de caso de invasión hidrófita	Las dos invasiones tuvieron lugar en el mismo período, pero la intervención de remoción mecánica se inició solo en Cerdeña, aunque sea costosa y sin éxito a largo plazo. Dos vías principales son responsables de la presencia de estas dos especies en Italia, es decir, la introducción como plantas ornamentales y la investigación y el uso para la fitorremediación.
	Hammerl-Resch M. et al., (2004)	Restauración de Humedales – Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros	Se presenta un manual que describe los contenidos y el proceso de elaboración de un plan de gestión para humedales y lagos poco profundos en Europa con algunos ejemplos.	Se utiliza como base la planificación participativa y se aplicó al sistema de gestión ambiental europeo.
	YU Jing-Lei et al., (2007)	Management and Restoration of Urban Wetlands	Ofrece una introducción sobre cómo se desarrollan los criterios de evaluación para la restauración exitosa de humedales.	Métodos de análisis cuantitativo para medición de parámetros fisicoquímicos en humedales urbanos y propuesta de indicadores.
	López (2008)	Las especies invasoras de las aguas epicontinentales españolas. Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias	Revisar las especies que han sido introducidas en los ecosistemas acuáticos continentales de la España peninsular.	Abarca las plantas acuáticas invasoras, insectos, crustáceos y otros invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Se ofrecen detalles sobre los mecanismos de introducción, distribución geográfica y aspectos ecológicos de las especies invasoras. Se encontró <i>Pistia stratiotes</i> en la zona de estudio.

Fuente: elaboración propia (2018).

2.2 Caracterización ambiental, social y económica de La Sabana

En descripción de las condiciones ambientales, sociales y económicos se señaló como área de estudio el cuerpo de agua La Sabana de Chetumal y como área de influencia la ciudad de Chetumal y zona metropolitana, algunos datos son generales en referencia al estado de Quintana Roo y al municipio de Othón P. Blanco ya que la escala del área de estudio es menor a la cartografiable por el INEGI (INEGI, 2006) se contó con la combinación de datos generales de la entidad, del municipio y aquellos datos recopilados en el área de estudio.

Para llevar a cabo la recopilación de datos se consideró la combinación de la investigación documental y el trabajo de campo, en la primera instancia se recurrió a la profunda revisión bibliográfica de diversas fuentes de información, como libros, artículos científicos, informes técnicos, estadísticas oficiales, imágenes de satélite y cartografía existente, así mismo, se utilizó la técnica de observación, recorridos de campo entre los años 2018 - 2019 y levantamientos fotográficos (Balestrini, 2001; Hernández, 1998; Tamayo, 1996) además de la realización de mapas temáticos con los datos obtenidos.

Durante el levantamiento fotográfico se observó de manera detallada los elementos que conforman el entorno, con la técnica de fotografía documental se copilaron datos como información histórica, social y arquitectónica que posteriormente fueron analizados y comparados con fotografías de diferentes años para justificar, completar y contrastar la información escrita (Sánchez, 1996).

Para el desarrollo de los subtemas en la caracterización se describió a) el sistema ambiental con los componentes clima, fisiografía, geología, rasgos hidrológicos, la calidad del agua, el tipo de suelo, el relieve, el uso de suelo y vegetación, y la fauna; para b) las condiciones sociales: demografía, vivienda, servicios públicos, salud, recursos culturales y religiosos; para c) las condiciones económicas: principales actividades productivas y la población económica.

Con respecto a las condiciones sociales y económicas se utilizó la técnica de observación descriptiva como modalidad de la observación científica la cual consistió en el registro de la

infraestructura de edificación, comprendiendo todas las formas de construcción para el desarrollo humano, desde viviendas o edificios de departamentos, hasta hospitales, edificios públicos, escuelas, universidades, parques y espacios de recreación, como así también construcciones para fines de actividad comercial como galerías de locales o plazas comerciales. Todo ello, con la finalidad de construir los datos (Secretaría de economía, 2013).

2.2.1 Caracterización ambiental

La caracterización físico natural consistió en el análisis de tipo bibliográfico documental el cual permitió la formulación de estrategias de análisis e interpretación de la información (Méndez y Astudillo, 2008), la cual fue aportada por instrumentos de planeación local vigentes tales como el Programa de Desarrollo Urbano, El Plan Municipal de Desarrollo, el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial y el Atlas de Riesgo, además algunas publicaciones científicas, proyectos de investigación, inventarios biológicos de la península de Yucatán y datos del INEGI.

Se realizaron mapas temáticos con los datos obtenidos, utilizando la metodología desarrollada por Alonso et al., (2013) para la delimitación y caracterización de humedales en escala 1:20,000, los materiales principales que se utilizaron para la elaboración de los mapas fue la cartografía temática digital del INEGI procesada en un sistema de información geográfica (SIG) con el programa Arc Gis 10.5 y los archivos en formato shp (shapes) de INEGI, que permitieron la representación cartográfica.

La vegetación y fauna observada fue tomada de los inventarios biológicos de la península de Yucatán y de los instrumentos de planeación local vigentes, a los cuales se le adicionaron las especies observadas en el sitio, se le dio principal énfasis a los peces y plantas hidrófitas ya que se encuentran en contacto directo con el cuerpo de agua estudiado y el objeto de estudio (Barba, Alva, y Calva 2013).

2.2.2 Caracterización social y económica

Para la descripción de las condiciones sociales se tomaron como variables la vivienda, los servicios públicos, las vías de comunicación, la educación, los recursos culturales y

religiosos; es importante conocer cómo se construyeron los datos y como están definidos los conceptos y métodos.

Mediante la observación se registraron las viviendas que se encontraban adyacentes a la zona de la invasión de la maleza acuática *Pistia stratiotes*, tomando en cuenta todas aquellas que hayan sido edificadas en el bordo de la laguna, las cuales fueron clasificadas como vivienda formal, vivienda informal y vivienda de autoconstrucción. Además, se realizaron anotaciones de los servicios públicos con los que contaban las viviendas como energía eléctrica, agua potable, recolección de residuos sólidos urbanos y saneamiento de aguas residuales. De igual manera para la caracterización de los recursos culturales y religiosos se registraron las edificaciones correspondientes a iglesias, templos, parques y espacios de recreación.

Se realizó un mapa con las principales vías de comunicación en el cual se señalaron las calles colindantes a la zona de estudio que a su vez sirvieron de delimitación para las unidades de análisis que fueron las viviendas. Cabe aclarar que las vías de comunicación son caminos y rutas usadas para ir de un lugar a otro, mediante las cuales se conectan los pueblos, las ciudades y los países.

Para el apartado de salud se utilizó la técnica de análisis bibliográfico mediante la cual se identificaron las enfermedades producidas por vectores que se encuentran relacionadas con la pobreza, el saneamiento del ambiente y de los espacios cercanos a la comunidad como los cuerpos de agua con base en la metodología propuesta por la Secretaría de Salud (SESA) (2001).

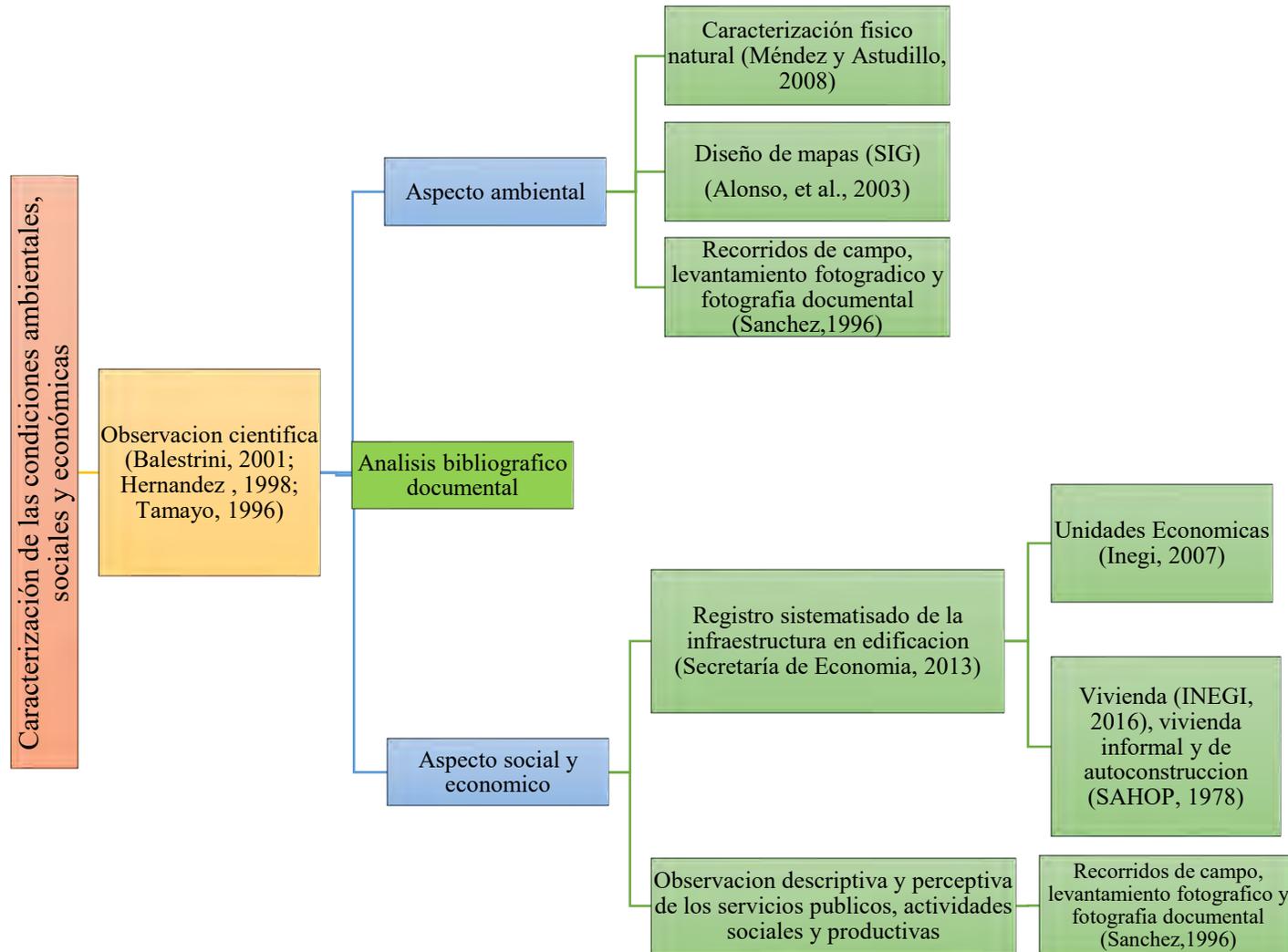
Con respecto a las condiciones económicas se tomaron como variables las principales actividades productivas que se realizan en el área de estudio mediante las unidades económicas (INEGI, 2007), se construyeron con base en el directorio estadístico nacional de unidades económicas. De igual forma se realizó la observación descriptiva de las edificaciones comerciales las cuales fueron relacionadas con el tipo de unidad económico que les corresponde.

Cabe mencionar, que existe un faltante de registros de estas actividades en el directorio estadístico nacional de unidades económicas, debido a que el área se encuentra en una zona de asentamiento humano informal y de tipo habitacional tres como se muestra en el Programa de Desarrollo Urbano (SEDATU, 2018).

Para verificar la información existente se realizaron recorridos de campo con la ayuda de un mapa del área. Se prestó atención al uso de los espacios y a las actividades que en ellos llevan a cabo las personas, como actividades se entiende a las entidades lúdicas, culturales, deportivas, de esparcimiento social y de ocio llevadas en el área de estudio.

También se buscaron las diferencias en el modo de comportarse de las personas, seguidamente se anexó la observación perceptiva con el uso de los cinco sentidos registrándola en el instrumento metodológico para organizar lo experimentado durante los recorridos y notas de campo (Ramírez et al., 2008).

Figura 2. Diagrama metodológico de la caracterización de las condiciones ambientales, sociales y económicas



Fuente: elaboración propia (2019).

2.3 Instrumentos de análisis

Para esta sección se realizó un análisis contextual y relacional de la información que se presenta en la caracterización de las condiciones ambientales, sociales y económicas de La Sabana, con la finalidad de establecer un escenario previo de los procesos de deterioro y el grado de conservación del área de estudio.

Los impactos ambientales que provocan afectación en el humedal fueron clasificados a partir de la caracterización y diagnóstico de las condiciones ambientales, sociales y económicas de La Sabana, tomando en cuenta las principales amenazas a los humedales las cuales fueron tomadas como actividades y amenazas por su origen antrópico descritas por la SEMARNAT (2017) y el Centro de Ecología Aplicada, Comisión Nacional de Medio Ambiente y Gobierno de Chile (2006) (Tabla 3).

Para la valoración de impactos se partirá de un escenario ideal el cual estaría basado en el perfecto estado del humedal sin intervención alguna del hombre, partiendo de dicho escenario simulado se evaluaron los impactos ambientales que provocan afectación al humedal mediante una matriz de identificación de impactos ambientales (Tabla 4).

2.3.1 Lista de control

El método de lista de control, también llamado lista de verificación o checklist comprende una serie de factores ambientales que se pueden encontrar, dichos factores se compilan involucrando a expertos, instituciones y poblaciones y deberán concentrarse en aquellos aspectos que serán objeto del estudio. Las listas de control representan una evolución de las listas de preguntas y permite la individualización de actividades y elementos de impacto que pueden influir en el ambiente, así como en las categorías ambientales (Yañez, 2008)

Mediante una lista de control se identificaron los impactos ambientales que aplicaban al área de estudio y se descartaron los impactos ambientales que eran irrelevantes durante las fases de caracterización y diagnóstico, la cual se presenta a continuación:

Tabla 3. Lista de chequeo de factores ambientales en La Sabana

Actividades	Amenazas	Si	No
Alteración física de los hábitats	Erosión de los suelos		X
	Disminución de caudales en ríos		X
	Desertización		X
	Disminución o aumento de niveles en acuíferos	X	
	Efecto barrero (embalses, tranques relaves, caminos)	X	
	Modificación régimen hidrológico (obras de regulación, extracciones, etc)	X	
	Alteración de los patrones de drenaje	X	
	Fragmentación del hábitat	X	
	Alteraciones de los patrones de sedimentación en ríos y lagos	X	
	Pérdida de suelos por expansión urbana, agrícola y/o minera	X	
	Destrucción de cajas de ríos por extracción de áridos para construcción		X
	Obstrucción de ríos por actividad agrícola, minera y forestal		X
	Sobreutilización del recurso suelo	X	
	Disminución capacidad de infiltración de suelos por pérdida de vegetación	X	
	Excesiva deforestación	X	
	Sobreutilización de recursos forrajeros en comunidades		X
	Inundaciones y erosión lateral de ríos	X	
	Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas	X	
	Incendios forestales	X	
	Incremento áreas dunarias		X
Colmatación	X		
Contaminación	Contaminación superficial por aguas residuales	X	
	Contaminación superficial por residuos industriales (Riles)		X
	Contaminación difusa superficial por pesticidas y fertilizantes		X
	Contaminación por metales pesados	X	
	Contaminación difusa superficial por sales		X
	Contaminación bacteriológica de los cursos de agua superficiales	X	
	Contaminación por aguas residuales de asentamientos humanos informales	X	
	Contaminación por desechos sólidos	X	
	Contaminación por petróleo.		
	Eutroficación	X	
Introducción de especies exóticas:	Presencia de camélidos de introducción ilegal, portadores de enfermedad		X
	Incorporación de flora exótica		X
	Reemplazo de bosque nativo por especies introducidas		X
	Introducción de especies de fauna exóticas (Ej. Tilapia).	X	
Cambios climáticos globales:	Déficit de aguas	X	
	Sequías estacionales	X	
	Daños por alta variabilidad de precipitaciones pluviales	X	
	Derechos de aprovechamiento que no consideraron la demanda ambiental hídrica (caudales ecológicos, lagos y acuíferos)		X
	Falta de tratamiento de aguas servidas y Riles		X

Administración y prácticas de manejo:	Prácticas de agricultura como sobre utilización de abonos y pesticidas, incendios.	X	
	Mal manejo de ganado en comunidades (caprino)		X
	Falta o escasez de áreas de protección de la diversidad biológica	X	
	Inadecuada infraestructura para tratamiento aguas con boro y otros		X
	Falta de plantas de tratamiento de aguas residuales	X	
	Deficiente reforestación con especies nativas	X	
	Mala localización de poblaciones y áreas agrícolas	X	
	Quemas de roces y rastrojos en áreas rurales		
	Utilización irracional del bosque nativo	X	
	Reforestación con monocultivo		X
	Pesca y caza clandestina	X	
	Exportación comercial de vertebrados e invertebrados		X
	Exportación comercial de plantas, semillas y frutos		X
	Inadecuada planificación territorial	X	
	Excesivo o mal uso recreativo	X	
Legislación incompatible con la conservación de humedales	X		

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT (2017) Centro de Ecología Aplicada, Comisión Nacional de Medio Ambiente y Gobierno de Chile (2006).

2.3.2 Matriz de impactos

La identificación de los impactos ambientales se basa en una Matriz de Leopold (Leopold et al., 1971). En la matriz, las filas cubren los aspectos clave del medio ambiente y la sociedad, mientras que las columnas enumeran las actividades durante todas las etapas del proyecto. Para este caso, estas actividades serán las amenazas antrópicas identificadas en la lista de chequeo. Los factores ambientales deben corresponder a todos aquellos que puedan verse afectados por el desarrollo de la actividad en el área del proyecto y el área de influencia. Cada casilla de la interacción debe determinar si la acción en cuestión tendrá un impacto en el factor ambiental dado. Si va a tener un impacto se coloca cualitativamente el impacto como: (3) Alto, (2) Moderado, (1) Bajo y Nulo o Positivo (0).

La serie de amenazas incluidas en la matriz de impactos son considerados como actividades que causan impactos negativos. Por otro parte, es necesario tomar en cuanto los impactos significativos, de esta forma poder emitir las medidas de control, prevención y mitigación orientadas hacia las amenazas más relevantes.

Tabla 4. Diseño ejemplo de la matriz de impactos

				AMENAZA: Alteración física de los hábitats	
				Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas	
C O M P O N E N T E S A M B I E N T A L E S	Dimensión	Componente	Impacto		
	DIMENSIÓN FÍSICA	Geología		Meteorización	3
				Erosión	3
		Geomorfología		Modificación Paisajística	3
				Procesos de Remoción en Masa	1
				Socavación	1
				Estabilidad Geotécnica.	2
		Suelo		Cambio en las condiciones físico químicas del suelo	3
				Cambio de uso	3
		Hidrogeología		Contaminación de Aguas Subterráneas	3
				Modificación del nivel freático	3
		Aire		Deterioro de la calidad del aire	3
				Aumento en decibeles de ruido	3
		Recurso hídrico		Alteración de la calidad del agua	3
			Disminución del recurso hídrico	3	
			Disminución en la capacidad de transporte	3	
	DIMENSIÓN BIÓTICA	Ecosistemas dulceacuícolas		Afectación de la calidad del hábitat dulceacuícola	3
				Cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas	3
		Flora		Perdida de la cobertura vegetal	3
				Pérdida de biodiversidad	3
				Cambio en la estructura y composición florística	3
		Fauna		Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre	3
				Fragmentación del hábitat	3
				Afectación de especies focales (IUCN, CITES, migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat)	3
		DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Demografía		Cambio sobre el componente demográfico
	Aspectos socioeconómicos			Cambio en la dinámica de empleo	3
			Cambio en los ingresos de la población	3	
			Cambio en las actividades económicas	3	
			Cambio económico por modificación uso del suelo	3	
			Cambio en la prestación de servicios públicos y/o sociales	3	
			Cambio en el acceso y movilidad	3	
			Afectación a la salud pública	3	
			Desplazamiento involuntario de unidades familiares por compra de vivienda	3	
Dimensión Cultural			Pérdida, daño y/o afectación al patrimonio histórico	1	
			Total	95	

Fuente: elaboración propia (2019).

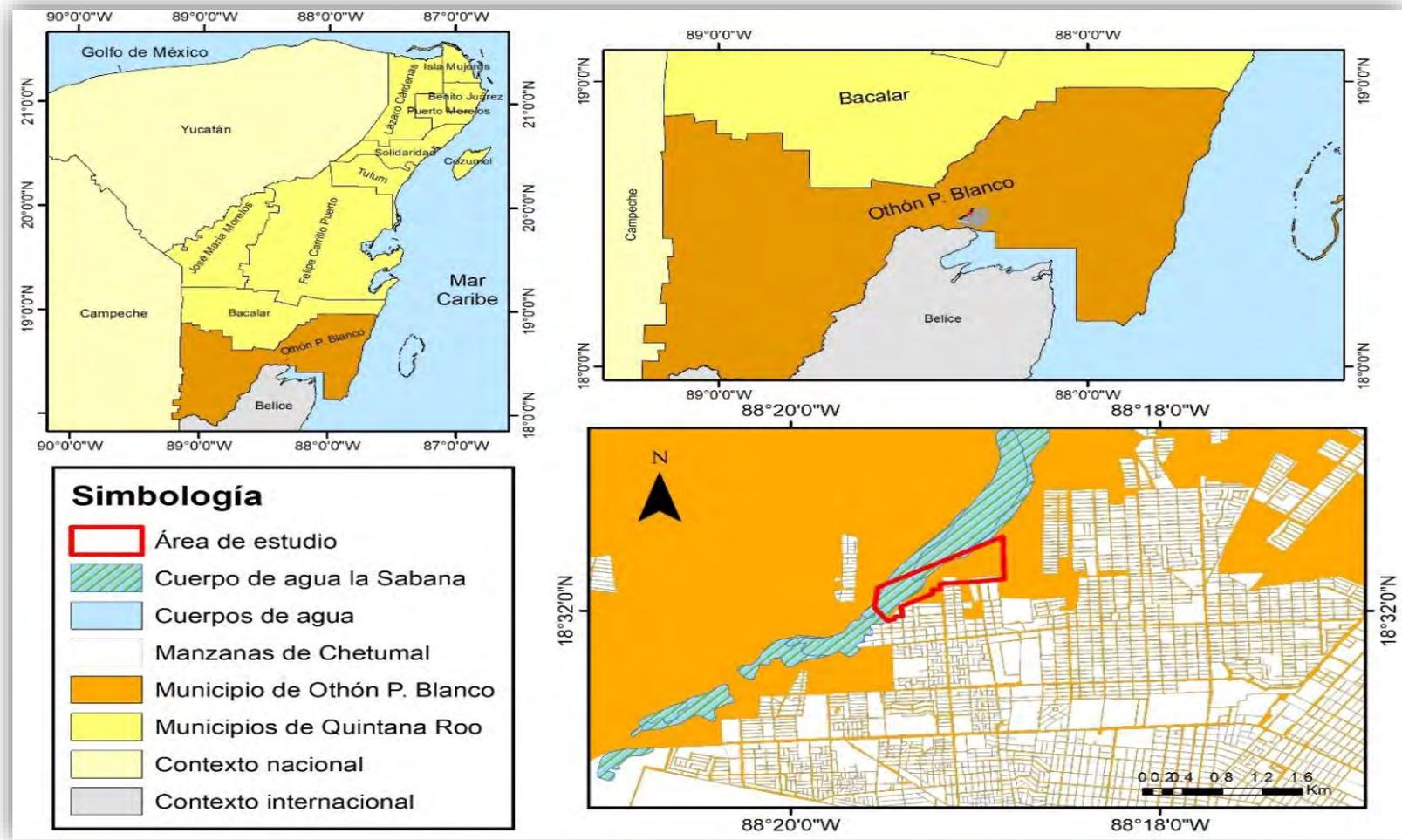
CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Este capítulo tiene como objetivo presentar la caracterización ambiental, económica y social e incluir el marco legal aplicable, mediante las técnicas de observación científica y análisis documental para conocer el estado actual de La Sabana y poder identificar los problemas, deficiencias o necesidades, así como las potencialidades del área de influencia de la Lechuguilla de Agua (Tabla 5).

En primer lugar están los antecedentes normativos y posteriormente la descripción de las condiciones ambientales, sociales y económicos, cabe recalcar que se señala como área de estudio el cuerpo de agua La Sabana de Chetumal y como área de influencia la ciudad de Chetumal y zona metropolitana pero la información recopilado en el trabajo de campo únicamente es del polígono marcado en los mapas (Figura 2), algunos datos son generales en referencia al municipio de Othón P. Blanco debido a la falta de estudios específicos y actualizados como lo son los inventarios de flora, fauna, clima, las actividades productivas, y datos demográficos.

Para complementar esta sección se realizó la contextualización del área de estudio la cual se encuentra en México en la península de Yucatán en la ciudad de Chetumal que actualmente es la capital del estado de Quintana Roo y cabecera del municipio de Othón Pompeyo Blanco (INEGI, 2010). La Sabana es un cuerpo de agua dulce que se encuentra a cuatro metros sobre el nivel del mar, en la colonia Nuevo Progreso en las coordenadas geográficas de $18^{\circ}32'15.60''N$ y $88^{\circ}19'18.57''W$, de igual forma, dicho cuerpo de agua rodea toda la zona noreste de Chetumal desde el ejido calderitas hasta las inmediaciones de La Feria regional de la frontera sur. Para ser más específicos el área de estudio se encuentra ubicada al noroeste de Chetumal en la zona norte del cuerpo de agua La Sabana y está delimitada por un polígono que se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio.



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

3.1 Antecedentes normativos

En el ámbito internacional existen acuerdos voluntarios u obligatorios que se firman entre la mayoría de los países del mundo. México tiene compromisos contraídos principalmente en la convención sobre los humedales RAMSAR celebrada por primera vez en Irán en 1971 y el convenio sobre la biodiversidad biológica. Su propósito central es proteger el Medio Ambiente dando énfasis en los hábitats.

En primera instancia la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos tiene preceptos institucionales que tienen fundamento en la prevención, preservación y protección de los humedales, los cuales se encuentran en los artículos 4, 25, 27, 42, 48, 73, 76, 89 y 115. De igual forma, México posee diversos instrumentos legales y administrativos que contribuyen a la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los humedales. No obstante, estos instrumentos tienen áreas de oportunidad que fomentarían una mejor integración y transversalidad, por tal motivo el cumplimiento de las metas y objetivos institucionales no se aplica de manera complementaria y coordinada (Tabla 2).

Por otra parte, se pueden mencionar algunas de las acciones utilizadas promover el manejo racional de los humedales y sus recursos en México, lo que ha implicado acciones coordinadas a nivel local, regional y nacional realizados por la Administración Pública Federal y en colaboración con la sociedad civil tales como la designación y manejo de áreas naturales protegidas, sitios RAMSAR y otros programas como el Programa de Conservación de Especies en Riesgo y las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre y Predios Federales Sujetos a Manejo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de Vida Silvestre.

El Estado de Quintana Roo cuenta con un conjunto de instrumentos de planeación urbana, en los cuales se ve reflejado el cuerpo de agua La Sabana desde el Plan Subregional de Ordenamiento Territorial de Chetumal de 1987 hasta el actual Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há. Municipio de Othón P. Blanco, 2018.

El Plan Subregional de Ordenamiento Territorial de Chetumal de 1987 se encuentra sectorizado dándole más peso a las actividades económicas. No obstante, deja el área con humedales sin protección, sin prevenir la expansión urbana hacia La Sabana y carente del interés necesario a dicho cuerpo de agua.

Cabe destacar que el primer Plan de Desarrollo Urbano de la zona fue decretado en 1995 el cual se ha ido modificando tras el pasar de las administraciones municipales. Donde la constante que impera es el crecimiento urbano en baja extensión hacia el norte de la ciudad, asimismo la consiguiente pérdida de espacios funcionales para organizar la estructuración urbana.

De igual manera, cada modificación del plan de desarrollo urbano le da una característica distinta a La Sabana pasando de área de amortiguamiento a área de reserva, zona de conservación y protección, dejando al cuerpo de agua entre un limbo a falta de una política pública estable, por ende, el emplazamiento de asentamientos urbanos.

Actualmente se encuentra vigente el Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal, Calderitas, Subteniente López, Huay Pix y Xul Há 2018 - 2021. Dicho Instrumento tiene como objetivos Impulsar programas que eleven la productividad, fortalecer el bienestar, contribuir a preservar los activos ambientales, el ordenamiento urbano territorial y promover el bienestar de la región de Chetumal Calderitas Subteniente López Huay Pix y Xul Há, sin embargo, el crecimiento acelerado de Chetumal está impactando directamente el uso de suelo pudiendo provocar que el Programa sea rebasado y llevar sus objetivos a la inviabilidad.

Tabla 5. Marco legal, normatividad e instrumentos de planeación

Ámbito	Instrumento	Relevancia
Internacional	Convención de RAMSAR sobre los Humedales	México al ser un país miembro de RAMSAR cuenta con una administración que apoye la conservación y el uso racional de los humedales.
	Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)	Se cuenta con la legislación para el cuidado de los hábitats y la biodiversidad siendo México parte del convenio.
	Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC)	Se tiene depositado el instrumento de adhesión ante la FAO, México se comprometió a proteger las plantas cultivadas y silvestres previniendo la introducción y la propagación de plagas.
Federal	Ley de Planeación	El objeto principal de la Ley de Planeación es el alcance de los objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Carta Fundamental, siendo su eje conformador la Planeación Nacional del Desarrollo.
	Ley General de Asentamientos Humanos	Determina que la planeación regulada por esta forma parte del sistema nacional de planeación democrática, considerándola como una política sectorial que auxilia en el cumplimiento de los objetivos de los planes nacionales, estatales y municipales de desarrollo.
	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Es el eje rector del sistema jurídico ambiental de México, establece los presupuestos mínimos para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección ambiental, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, la responsabilidad por daño ambiental y otras formas para recurrir.
	Ley de Aguas Nacionales	Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable, define a los humedales en el Artículo 3 Fracción XXX
	Ley General para la Gestión Integral de los Residuos	Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación
Estatal	Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Quintana Roo	Reglamenta en materia de ordenamiento territorial, los asentamientos humanos y del desarrollo urbano sustentable de los centros de población, y determina la participación social y la gestión urbana. De igual forma, establece los programas para el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano en el estado
	Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del	Tiene como objetivo principal establecer las normas básicas que lleven a cabo la planeación del desarrollo del estado, así como encausar las actividades de la administración pública estatal y municipal. A su vez, establece los planes estatales y municipales.

	Estado de Quintana Roo y su reglamento	
Municipal	Reglamento de Desarrollo Urbano y Seguridad Estructural para el Municipio de Othón P. Blanco	Tiene como objeto formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal y participar en la creación y administración de sus reservas territoriales. Asimismo, debe controlar y vigilar la utilización del suelo en su jurisdicción territorial, intervenir en la regulación de la tenencia de tierra urbana, otorgar las licencias y permisos para construcciones y participar en la creación y administración de zonas de reserva ecológica
	Plan Municipal de Desarrollo Urbano	Se establecen las estrategias para el mejoramiento de la infraestructura urbana y los servicios públicos, en congruencia con la política estatal y federal
	Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para Othón P. Blanco	Reglamenta la formulación, conducción y evaluación de la política ambiental municipal, en congruencia con la Estatal y Federal, la creación y administración de zonas de preservación ecológica de los centros de población, parques urbanos, jardines públicos y demás áreas análogas previstas en la legislación del Estado
	Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal, Calderitas, Subteniente López, Huay Pix y Xul Há 2018 - 2021.	Instrumento que tiene como objetivos Impulsar programas que eleven la productividad, fortalecer el bienestar, Contribuir a preservar los activos ambientales, el ordenamiento urbano territorial y promover el bienestar de la región de Chetumal Calderitas Subteniente López Huay Pix y Xul Há.

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT (2017) y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2018).

3.2 Condiciones ambientales

3.2.1 Fisiografía

El área forma parte de la provincia fisiográfica península de Yucatán, de manera específica se ubica en la subprovincia de la costa baja de Quintana Roo y pertenece al sistema de topoformas denominado llanura. Esto es debido a la elevación, ya que la ondulación de las curvas de nivel alcanza alturas muy poco pronunciadas que van desde 1 a 20 metros sobre el nivel del mar.

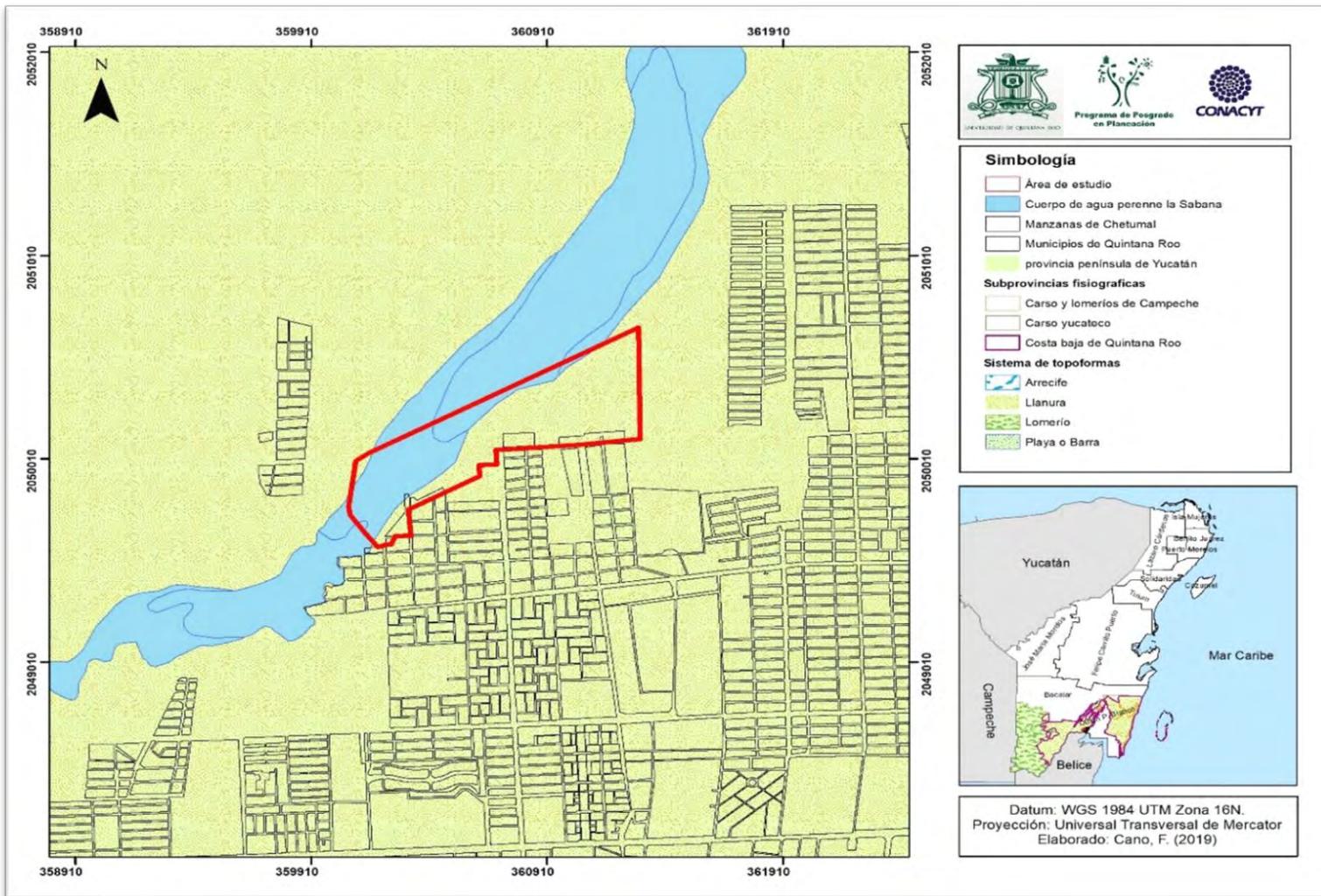
El área de estudio y de su entorno inmediato presenta un relieve plano con pendientes poco pronunciadas (Figura 4). Se observan depresiones que siguen líneas de hundimiento en las que se localiza el humedal La Sabana y zonas inundables temporales, principalmente en los bordos alrededor del cuerpo de agua, que propician inundaciones en épocas de lluvias, por lo que estos territorios no son aptos para el desarrollo urbano, y exigen obras de protección (Centro de Información Geográfica, 2011) (Figura 5).

3.2.2 Geología

Tanto en la ciudad de Chetumal como en el área de estudio, los suelos tienen aproximadamente 12 cm de profundidad, se encuentran establecidos sobre roca sedimentaria caliza, la cual contiene carbonato de calcio aportándole un color blanco que aflora a la superficie.

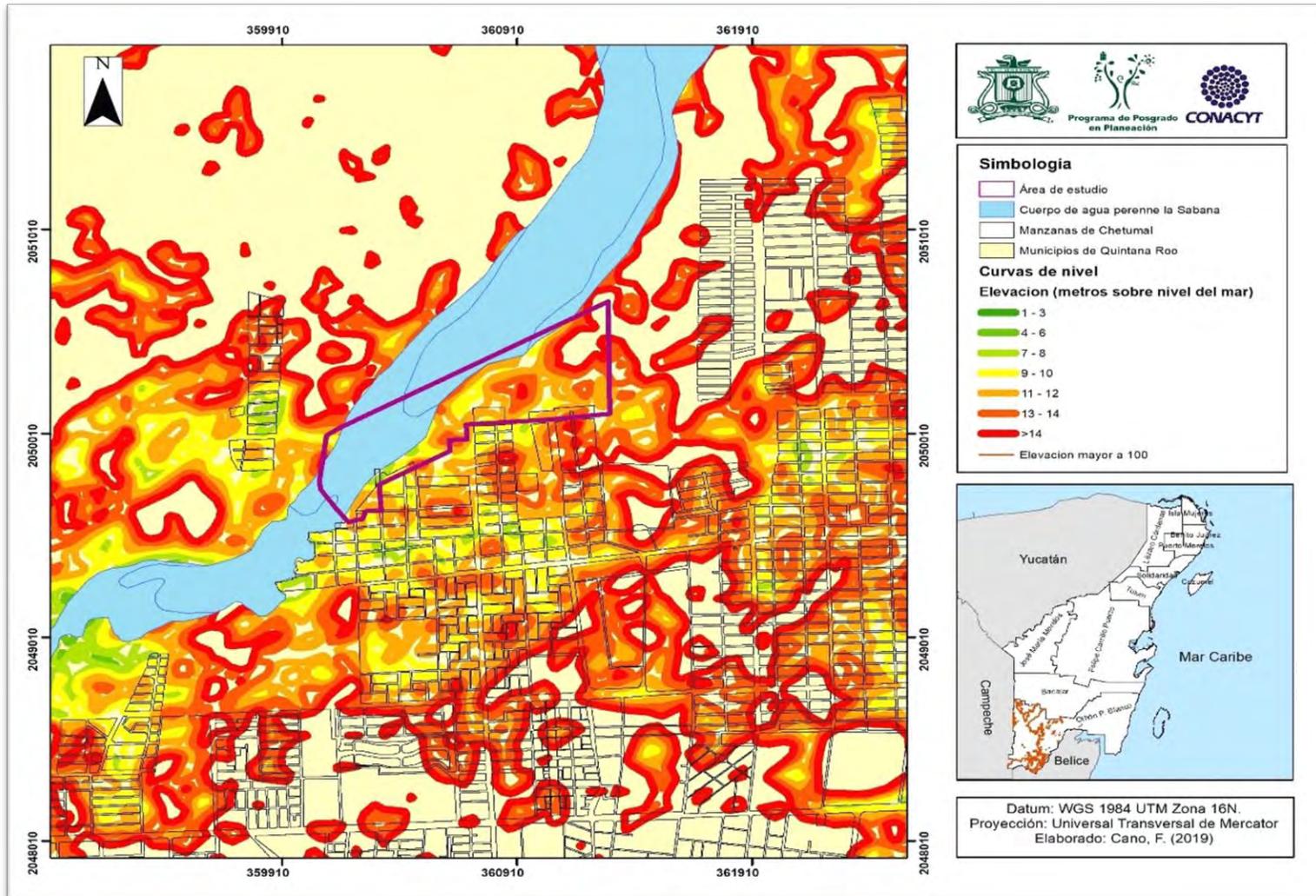
El suelo se caracteriza por presentar permeabilidad ya que se inunda fácilmente, la textura es fina y la estructura está compuesta por bloques subangulares de tamaño medio. Hacia la parte noreste del área de estudio se observa una fractura importante que eleva el terreno de la cual se puede deducir que forma una pendiente hacia el cuerpo de agua arrastrando agua y sedimentos en época de lluvias (Figura 6).

Figura 4. Fisiografía del área de estudio



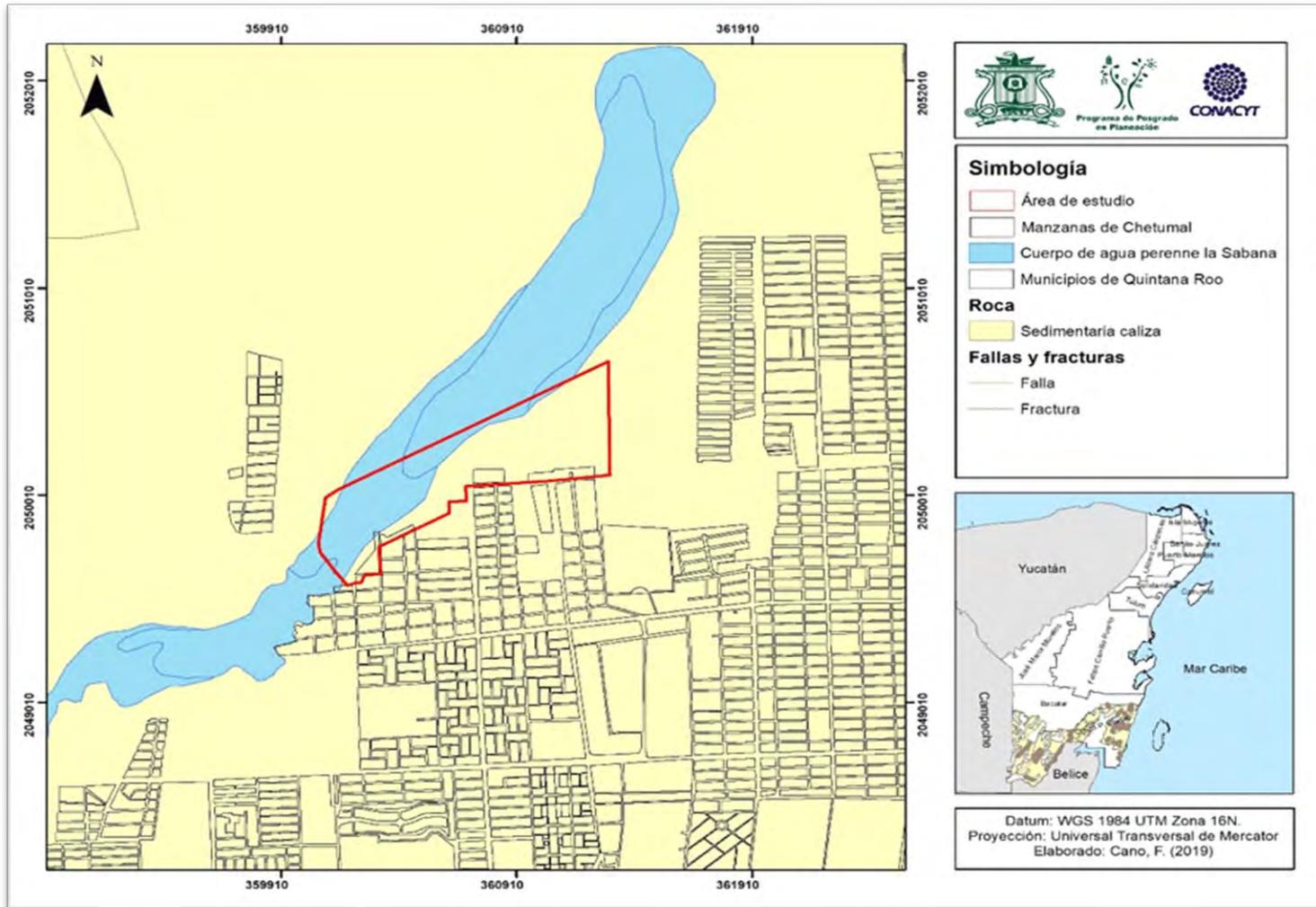
Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2010).

Figura 5. Curvas de nivel del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en imagen ráster (2019).

Figura 6. Geología del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (1999).

3.2.3 Edafología

La zona de estudio está formada por rendzina con incrustaciones de litosoles, este suelo está condicionado por un entorno rico en magnesio o calcio, desarrollado en la roca madre calcárea o dolomítica.

Se les denomina suelos calcimagnésicos humíferos, el cual no depende del clima ni de la vegetación para su formación o composición, es decir está condicionado a factores como lo son la roca madre o un mal drenaje haciendo de estos suelos poco aptos para la edificación de conjuntos habitacionales por su predisposición a encharcamientos e inundaciones (Figura 7) (George, 1991).

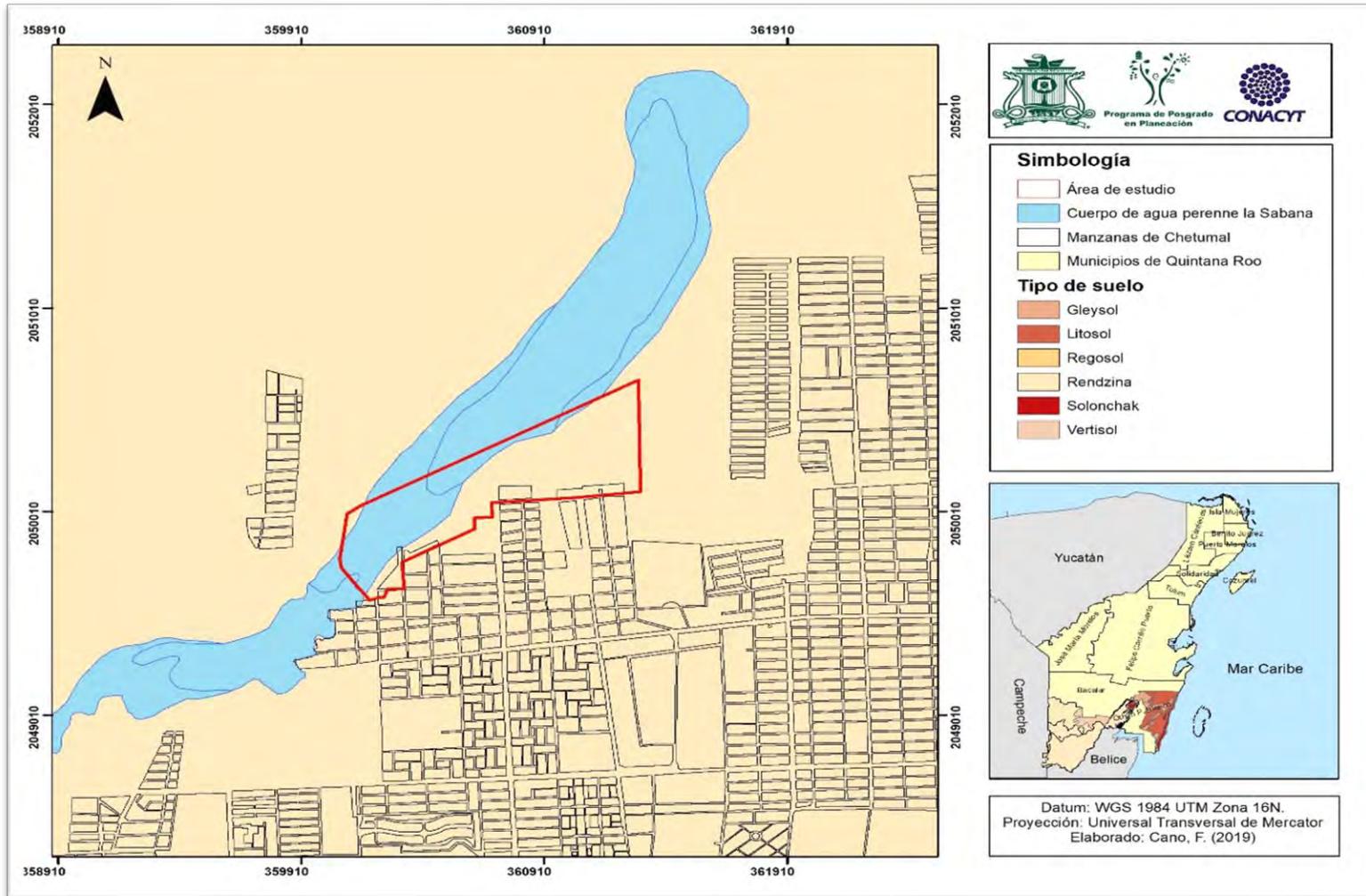
3.2.4 Clima

En el área de estudio el clima es cálido subhúmedo con lluvias intensas en verano que se presenta en la mayoría del territorio del municipio de Othón P. Blanco (Figura 8). La temperatura media anual en Othón P. Blanco es de 25°C (García - CONABIO, 1998), la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto, la temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero.

La precipitación media estatal es alrededor de 1,300 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre, las lluvias suelen ser muy cortas, pero normalmente intensas, a veces durando sólo unos minutos.

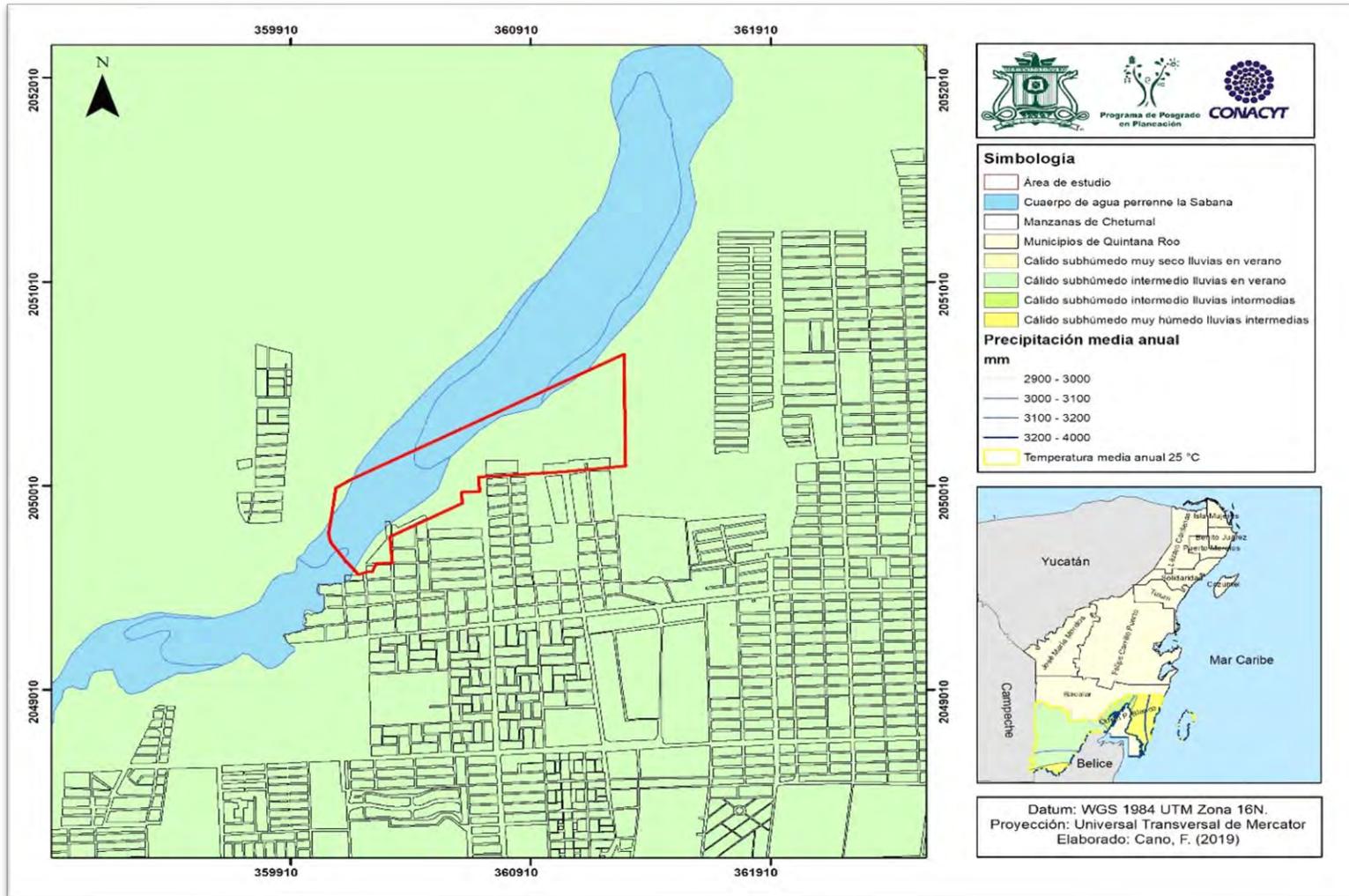
Históricamente los fenómenos hidrometeorológicos amenazan la región donde se localiza la ciudad de Chetumal. Particularmente los huracanes más intensos han sido el Janet (1955), Roxana (1995) y Dean (2007) son algunos de los fenómenos que mayor impacto han tenido en la ciudad, provocando inundaciones, encharcamientos y obligando a evacuar a la población de la zona baja de la ciudad. Por otra parte, durante los meses de noviembre a febrero se presentan los frentes fríos y se caracterizan por ser anticiclónicos, estos fenómenos no llegan a afectar de manera significativa por lo que se les denomina intemperismos no severos (H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

Figura 7. Edafología del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2002).

Figura 8. Clima del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (1980) y García - Conabio (1998).

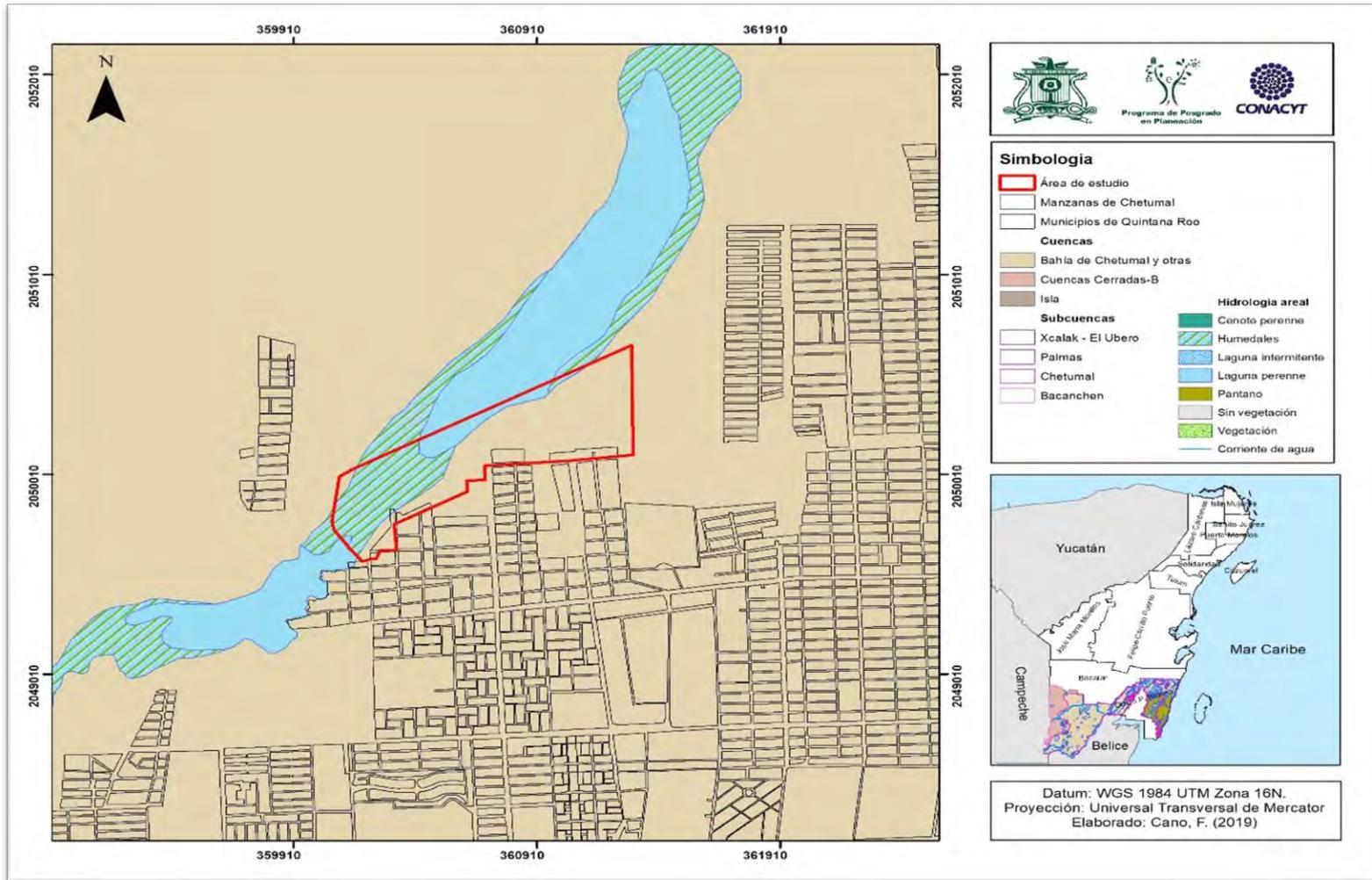
3.2.5 Hidrología

La Sabana se encuentra dentro de la cuenca Bahía de Chetumal, la cual pertenece a la región hidrológica Yucatán. Cabe mencionar que en el municipio de Othón P. Blanco se encuentran las aguas superficiales de todo el territorio de Quintana Roo, destacan el Río Hondo y el Río Escondido. El Río Hondo nace en las sierras fronterizas entre Belice y Guatemala; y desembocan en la ciudad de Chetumal. El Río Escondido es una corriente proveniente de Campeche, es un río mayormente estacional y de cauce muy informal, usualmente se une a amplias aguadas y desemboca en el río Hondo al sur de la Laguna de Bacalar. El resto de las corrientes superficiales, a excepción de los pequeños desagües naturales que se forman durante la temporada máxima de lluvias, mismos que por las características kársticas del suelo son rápidamente drenados hacia las capas inferiores (Figura 9) (Centro de Información Geográfica, 2011; Conagua, 2007).

La Sabana (cuerpo de agua donde se encuentra el área de estudio) está formado por dos zonas, una laguna interna perenne que se encuentra rodeada por un humedal de superficie variable, presenta un escurrimiento natural de sur a norte, se conecta a través de una serie de áreas inundables con la Bahía de Chetumal; formando de esta manera del sistema lagunar Bacalar y su interconectividad con la Bahía. Así mismo la Av. Insurgentes cruza en el extremo sur de La Sabana, dividiendo una porción de este cuerpo de agua situado en las cercanías de las instalaciones actuales de la feria regional de la frontera sur [Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), 2018].

Sin embargo, el acercamiento de la zona urbana y la creciente actividad antropogénica en su entorno, han comenzado a generar cambios y modificaciones en el funcionamiento hidráulico de La Sabana, particularmente la construcción de pasos de caminos, que por ser soluciones sin ningún diseño ni planificación, en la realidad actúan como barreras o diques que obstruyen el flujo natural, por lo que en épocas de lluvias extraordinarias e intensas ya son evidentes los efectos de inundaciones en sus inmediaciones (Rangel, 2015)

Figura 9. Hidrología del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en INEGI, INE, Conagua (2007).

3.2.6 Calidad del agua

En relación con las imágenes de satélite proporcionados por las fuentes libres de información geográfica, se observó que en las instancias inmediatas a la planta de tratamiento centenario existe una descarga con un color inusual la cual desemboca en el cuerpo de agua mezclándose con la corriente, debido a ello se puede atribuir el crecimiento excesivo de la Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) (Figura 10). Además, de que los asentamientos humanos irregulares que se encuentran en los bordos de la Sabana no se encuentran conectados a la red de saneamiento de aguas residuales, descargando dichas aguas directamente al cuerpo de agua.

La planta de tratamiento de Aguas Residuales “Centenario” está ubicada en la Prolongación Av. 4 de marzo en la Ciudad de Chetumal, Capital del Estado de Quintana Roo. Inició sus operaciones el 1 de marzo de 1999 y realiza un tratamiento biológico con un sistema aerobio del tipo de lodos activados con dos reactores de mezcla completa.

La planta tiene una capacidad de recibir un caudal máximo 120 l/s (Tejero y Romero, s/f) considerando una población de 64,800 habitantes y al ser la única planta de tratamiento que da servicio a la ciudad exceptuando los fraccionamientos privados tiene un déficit en su funcionamiento, ya que la población de Chetumal es de 159,096 habitantes lo cual provoca un exceso en su capacidad de carga, dicho exceso es desviado directamente hacia el cuerpo de agua.

No obstante, el exceso de carga orgánica proveniente de la planta de tratamiento es una de las fuentes de contaminación al humedal, asimismo el manejo deficiente de los residuos sólidos aporta gran parte de dicha contaminación, se estima que el 40 % de los de contaminantes que se infiltran a los acuíferos provienen de los lixiviados del sitio de disposición final [González et al., 2004; Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2004].

También, deben considerarse los aportes de agroquímicos de los campos de cultivo, así como los hidrocarburos y metales pesados en sedimentos, tejido orgánico de seres vivos y plantas que llegan a la Bahía de Chetumal y río hondo (Ortiz y Sáenz, 1997; Ortiz et al, 1997; Noreña

et al, 1998; Álvarez et al., 2000; Álvarez y Sáenz, 2005; Álvarez, 2007; Cano, 2015). Debido a que toda la zona esta interconectada.

Figura 10. Vista aérea de la planta de tratamiento centenario



Fuente: HERE WeGo (2018).

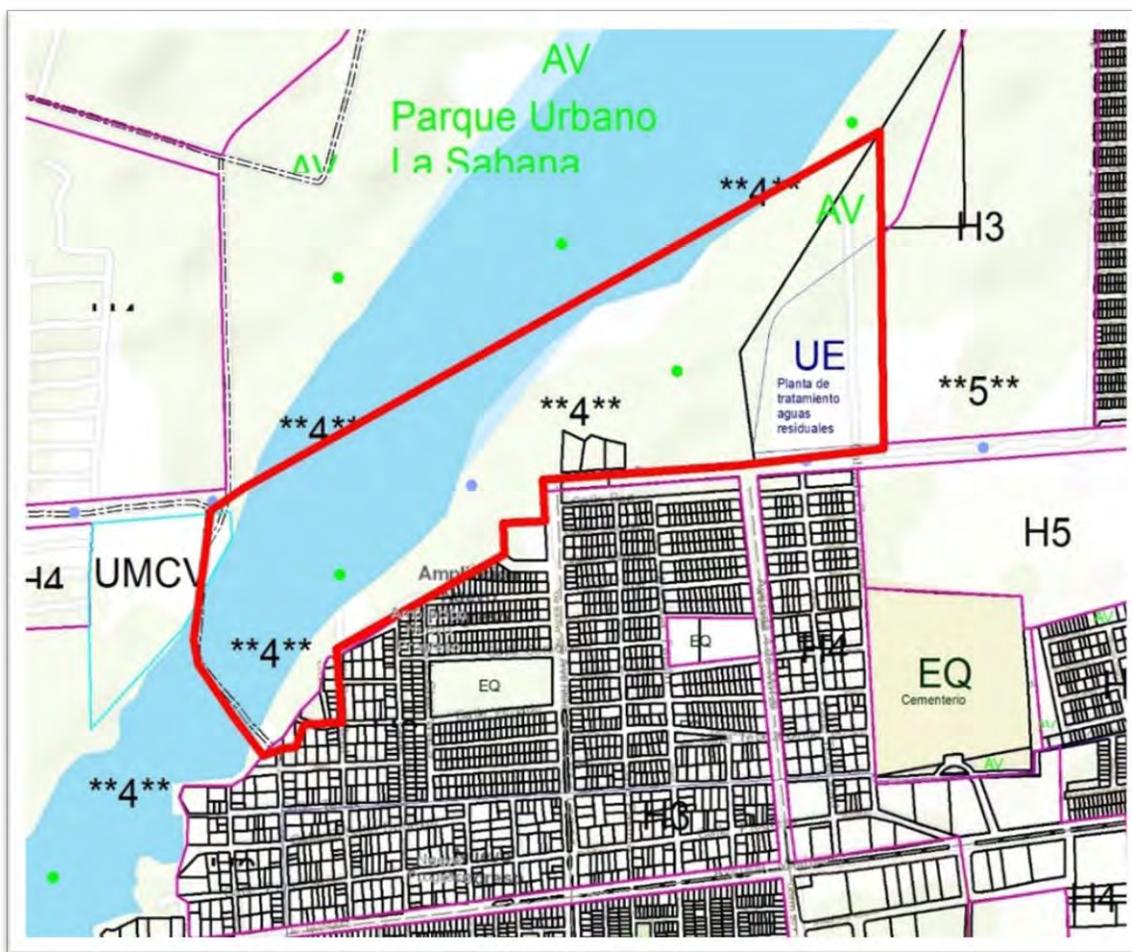
Alpuche (2014) determinó que la calidad del agua en el área de estudio era muy baja encontrándose en estado de eutrofización a causa de los niveles altos en los nutrientes, clorofila, transparencia y concentración de oxígeno provocados por las descargas de aguas residuales con un ineficiente tratamiento, las cuales incumplen con la normatividad mexicana vigente. Por otro lado, Acosta (2016) determinó niveles de coliformes fecales que de igual manera rebasan los niveles máximos permisibles.

3.2.7 Uso de suelo y vegetación

Con base en SEDATU (2018) el área de estudio tiene tres tipos usos de suelo los cuales corresponden al de protección y conservación ecológica (**4**), habitacional con una densidad media de 36 a 45 viviendas por hectárea (H3) y al uso de suelo mixto compatible con vivienda (UMCV) (Figura 11).

El uso de suelo de tipo urbano, la agricultura de riego y temporal son los principales usos del entorno inmediato (Figura 12). Los usos de suelo desfavorecen la vinculación entre zonas, propiciando la demanda de movilidad vehicular, dispersión e impacto negativo al medio natural y a la calidad de vida.

Figura 11. Recorte del uso de suelo local en el PDU



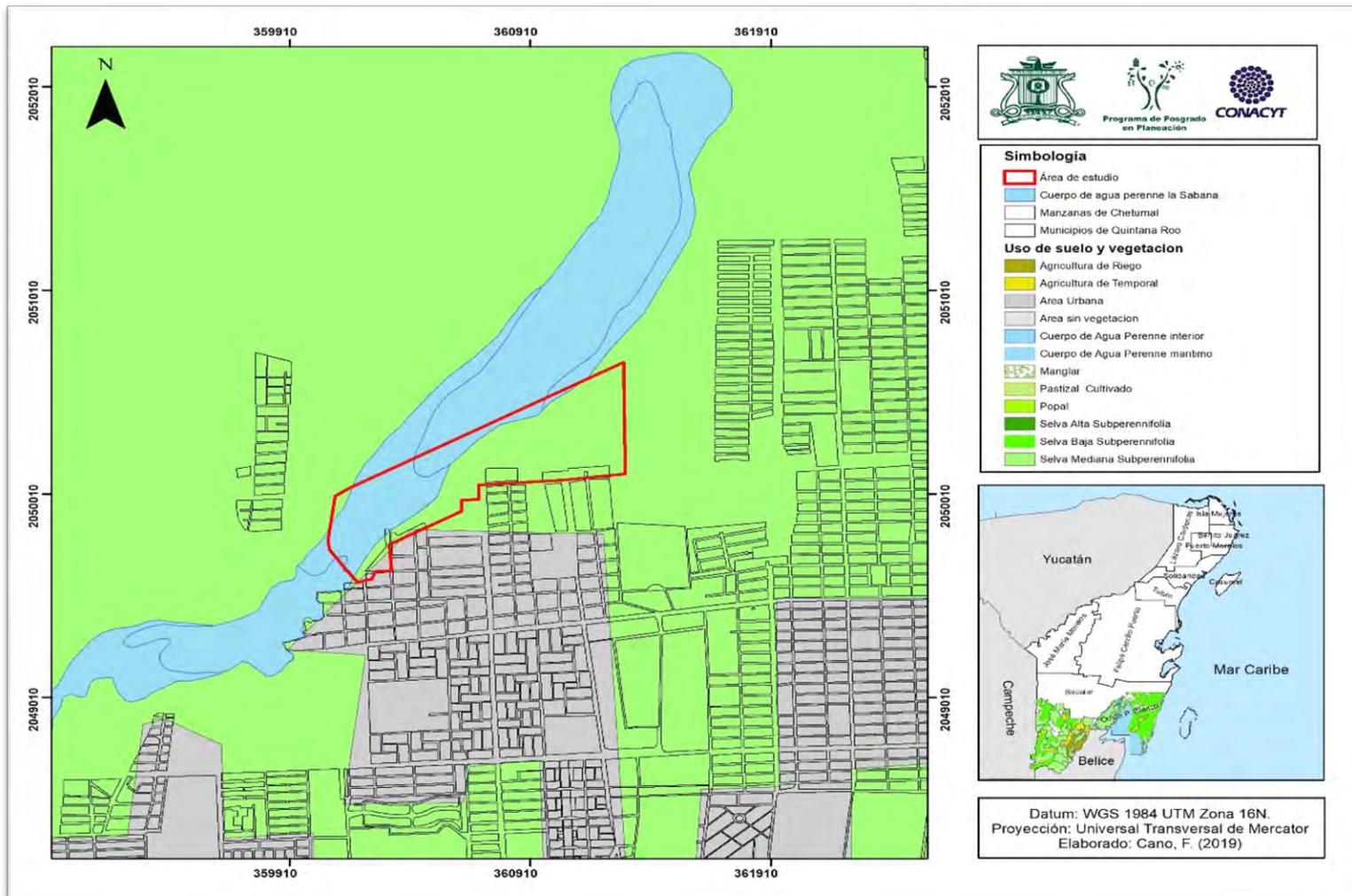
Fuente: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2018).

El tipo de asociación vegetal presente en el área de estudio y su entorno inmediato pertenece a la selva mediana subperennifolia altamente modificada, donde se observa la presencia de algunos árboles de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo originales. Entre los ejemplares más numerosos encontrados en la zona periurbana destacan como parte de la vegetación secundaria las especies:

Habin (*Piscidia piscipula*); Caracolillo (*Sideroxylon foetidissimum*); Katalox (*Swartzia cubensis*); Hualla (*Talisia olivaeformi*), Ramón (*Brosimum alicastrum*); Kanisté (*Poteria campechiana*); Huano (*Sabal yapa*); Caoba (*Swietenia macrophylla*); Chichibe (*Sida acuta*); Zapote (*Manilkara zapote*); Boob (*Cocoloba spicata*), Chakah (*Bursera simarouba*), Hupich (*Albizia tomentosa*), Negrito (*Simarouba glauca*), Siliil (*Diospyros cuneata*), K' anisté (*Pouteria campechiana*), Ja' abin (*Piscidia piscipula*), X-ch'iich bob (*Cocoloba ortizii*), Ya' axnik (*Vitex gaumeri*), Sak chakah (*Dendropanax arboreus*), K' anasim (*Lonchocarpus yucatanensis*), Huaya (*Talasia olivaeformis*), Joochock ché (*Nectandra coriacea*), Huano (*Sabal yapa*), Chechem (*Metopium brownei*), Perescut (*Croton spp.*) (Sánchez y Pozo, 2008; Alonzo y González, M. 2010).

Es importante mencionar a las especies vegetales hidrófitas de la región entre las cuales está Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) Salvinia molesta (*Salvinia mínima*), flor de agua (*Echinodorus andrieuxii* y *Echinodorus nymphaeifolius*), punta de flecha (*Sagittaria lancifolia*), apio acuativo (*Vallisneria americana*), lenteja de agua (*Lemna aequinoctialis* y *Lemna valdiviana*), jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lirio menor (*Eurystemon mexicanum*), alga Illinois (*Potamogeton illinoensis*), ocoshal de agua (*Ruppia marítima*), junco o totora (*Typha domingensis* y *Typha latifolia*), cabomba (*Cabomba palaeformis*), estrella de agua (*Nymphoides indica*) y flor de sol (*Nymphaea ampla*) (Duran y Méndez, 2010; Méndez y López, 2017; Centro de Investigación Científica de Yucatán (Cicy), 2010; Bonilla, 2004; Chan y Rivera, 2017; Croat y Carlsen, 2003; Gutiérrez, 2006).

Figura 12. Uso de suelo y vegetación del área de estudio



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2011).

3.2.8 Fauna

La fauna nativa en la ciudad de Chetumal y área de estudio se ha visto desplazada, quedando remanentes, y apareciendo fauna urbana asociada directamente a los humanos. Algunas especies de fauna nativa han logrado adaptarse y sobrevivir dentro del entorno urbano, gracias a la presencia de jardines que en muchos casos conservan arbolado mayor, así como de baldíos intraurbanos grandes y pequeños.

Las especies que tienen un modo de vida completamente adaptado dentro de la ciudad son, entre otras: Pecari (*Tayassu pecari*), tejón (*Bassariscus sumichrasti*), mapache (*Procyon lotor*), ocelote (*Leopardus pardalis*), roedores silvestres; ratón de campo (*Oligoryzomys fulvescens*), rata arborícola (*Otonyctomys hatti*), ratón de campo (*Peromyscus yucatanicus*), rata cañera (*Sigmodon hispidus*), ardilla arborícola (*Sciurus deppei*) y ardilla negra (*Sciurus yucatanensis*), murciélagos (*Chiroptera spp.*); marsupiales como las zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*); aves como el zanate (*Quiscalus mexicanus*), tórtolas (*Columbina inca*), palomas (*Columba livia*), algunos búhos (*Glaucidium brasilianum*), colibríes (*Colibri thalassinus*), loros (*Amazona xantholora*), tucaneta (*Pteroglossus torquatus*) y jacana norteña (*Jacana spinosa*) (SEDATU, 2018; Bueno, Álvarez y Santiago, 2005) esta última asociada a la abundancia de la maleza flotante Lechuguilla de Agua (Kaufman. 1996).

Es importante mencionar que La Sabana es un cuerpo de agua que está interconectada con la Bahía de Chetumal, en ella se puede encontrar ictiofauna dulceacuícola como mojarra de Ciénega (*Cichlasoma cienagae*), picudito (*Belonesox belizanus*) y molly de vela (*Poecilia velifera*). También hay algunas especies estuarinas, pertenecientes a las familias *Cyprinodontidae* y *Fundulidae* (Duran y Méndez, 2010).

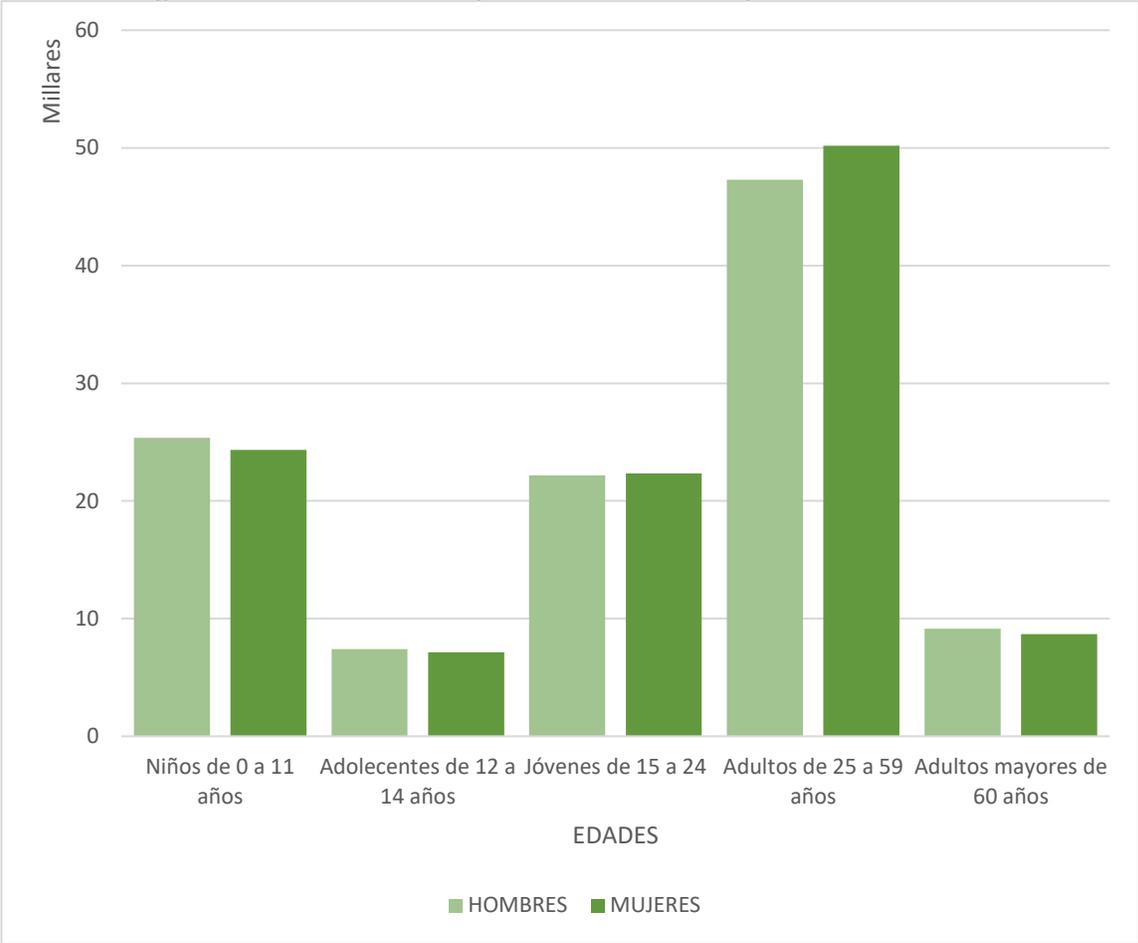
3.3 Condiciones sociales y económicas

3.3.1 Demografía

La población total del municipio es de 224,080 habitantes, el 71% vive en Chetumal, es decir 159,096 habitantes y el 29 % radican en las 84 comunidades rurales del municipio, 64,984

habitantes, la distribución de población indica que el grupo mayoritario lo integran adultos entre 25 y 59 años (Figura 13). Particularmente el área de estudio cuenta con 31 viviendas habitadas y una media de 3 habitantes por vivienda teniendo una población total aproximado de 93 habitantes.

Figura 13. Distribución de población del municipio de Othón P. Blanco



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2015)

3.3.2 Vivienda

El crecimiento disperso que presenta la ciudad de Chetumal propicia áreas centrales sin ocupar, con un alto impacto a los suelos forestales y agrícolas del ejido calderitas. En el ámbito formal se han originado crecimientos de alto impacto a las orillas de la ciudad, así como asentamientos humanos informales en los bordos del humedal La Sabana ocupando áreas bajas inundables, por lo que existe una desintegración del medio natural con la ciudad (Rangel, 2014).

La oferta de vivienda en las zonas urbanizadas es demasiado costosa para muchos, las formas más comunes para adquirir una casa son mediante un crédito hipotecario y herencia de familiares o amigos (Figura 14) (Ramírez, 2013). Por tanto, esta necesidad se ha reflejado en la ocupación hacia la zona noreste de la ciudad siendo más marcada en los últimos años.

Con respecto a la relación entre lo urbano y lo natural, se han ido ocupando áreas próximas a La Sabana, considerado por sus características un ecosistema que requiere conservación y protección que cumple con funciones ecológicas importante. Sin embargo, dicho elemento natural ha sido sobreexplotado debido al conflicto que existe entre la ciudad y el área natural (Rangel, 2015).

Por tanto, Chetumal necesita reestructurar su modelo de ciudad, el cual se aleja de la sustentabilidad urbana ocasionando problemas ambientales como la reducción de selva, inundaciones en varias colonias que fueron creadas en zonas de conservación, en la mayor parte del área urbana se carece de drenaje sanitario, la red de drenaje solo cubre la zona centro de la ciudad y algunas colonias recién fundadas. A su vez, funciona como recolector de aguas negras y como drenaje pluvial las cuales se descargan en la Bahía generando su contaminación (Castillo, 2009).

En el área de estudio se observó un total de 33 viviendas, en las cuales solo 31 estaban habitadas, 8 de ellas eran de autoconstrucción y 11 viviendas se encontraban edificadas de manera informal ya que ocupaban terrenos del cuerpo de agua que fueron rellenados para poder construir las (Trabajo de campo, 2018).

Figura 14. Vivienda de autoconstrucción en La Sabana



Fuente: Trabajo de campo (2018)

3.3.3 Servicios públicos

Los servicios públicos solo están presentes para 20 viviendas de las 33 viviendas registradas en el área de estudio, se observó que contaban con energía eléctrica, agua entubada, saneamiento y alcantarillado.

Además, se observaron tiraderos a cielo abierto y rezago en la recolección de residuos sólidos urbanos, debido a que Chetumal está sufriendo crisis en la gestión de los residuos sólidos urbanos y la ausencia de las políticas públicas para la participación de los ciudadanos (Figura 15) (López et al, 2018).

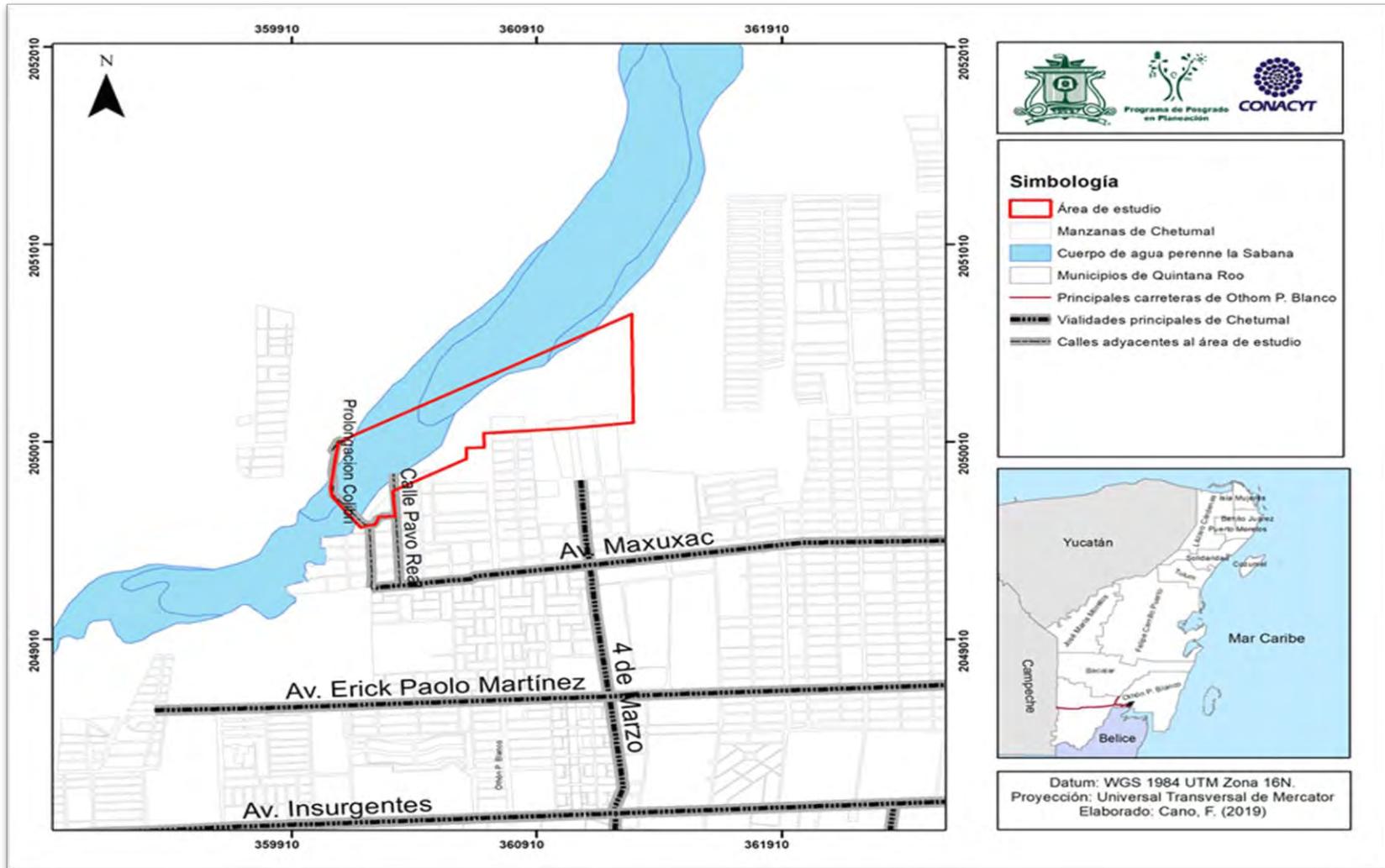
Figura 15. Tiraderos a cielo abierto en La Sabana



Fuente: Trabajo de campo (2018)

En el área de estudio se cuenta con servicio de transporte público, el cual utiliza el puente situado en la calle colibrí cruzando por La Sabana, conectando el asentamiento humano informal Mártires Antorchistas con la colonia Nuevo Progreso. Dicha vía de comunicación bloquea el cauce de la laguna evitando la dispersión de los nutrientes y el flujo natural del cuerpo de agua debido al mal diseño del puente como lo indica la American Association of State Highway and Transportation Officials (2012) (Figura 16; Figura 17).

Figura 16. Vías de comunicación



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

Figura 17. Infraestructura defectuosa del puente



Fuente: trabajo de campo (2019).

3.3.4 Salud

Las enfermedades transmitidas por vector son padecimientos relacionados con la pobreza, el saneamiento del ambiente y de los espacios cercanos a la comunidad como los cuerpos de agua, estanques y aguadas, donde se reproducen o protegen los vectores y facilitan el contacto entre agentes y huéspedes. Asimismo, otros procesos se dan por invasión de nichos silvestres o por migración de huéspedes como en la leishmaniosis. En el caso particular de La Sabana se han realizado estudios sobre vectores relacionados con enfermedades como la leishmaniasis, el dengue y el paludismo. (SESA, 2001; Sánchez y Pozo, 2008; Campo y Caselles, 2016). Se detectaron enjambres de mosquitos sobrevolando y atacando en toda el área de estudio (trabajo de campo, 2019).

Actualmente uno de los problemas de salud pública relacionado con el cuerpo de agua es el dengue el cual es transmitido por mosquito vector de la especie *Aedes aegypti*. Dichos mosquitos entre otros vectores tienen preferencia por las aguas estancadas y utilizan de cunero las raíces de la Lechuguilla de Agua para protegerse de depredadores en sus estados larvarios (Ito et al., 2015).

3.3.5 Población económica activa

La población económica activa (PEA) se define como la cantidad de personas que se han integrado al mercado de trabajo. Un total de 101,425 habitantes corresponden a la PEA de los cuales el 97% se encuentra en la ciudad de Chetumal. Con base en el H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2016), el sector público es la principal fuente de empleo del municipio, debido a que las actividades económicas productivas pertenecientes al sector privado son poco significativas. Además, son los más pobres los que recurren al sector informal como única forma de subsistencia, según datos del INEGI (2015) siete de cada 10 mexicanos están incorporados al sector informal. Con relación a lo anterior el área de estudio tiene una población económica perteneciente al sector informal.

3.3.6 Actividades productivas

Se encontraron cuatro comercios al por menor de alimentos, bebidas y tabaco (un minisúper, un abarrotes, una frutería y una tienda de ropa y novedades). Se localizó un comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes (refaccionaria de motocicletas). Además, un comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras y artículos para la decoración de interiores (bazar). También un comercio al por mayor de materias primas agropecuarias, para la industria y materiales de desecho, en específico es un establecimiento de comercio de materiales de construcción que satisfacen la demanda por expansión del área habitacional que se está construyendo sobre el cuerpo de agua.

3.3.7 Recursos culturales y religiosos

En Chetumal existen ocho escuelas de danza, seis espacios culturales independientes, siete espacios culturales gubernamentales, tres museos en la ciudad y 13 inmuebles de expresión popular. En el área de estudio existe una falta de espacios culturales o religioso, no obstante, se encontró un templo como único centro de convivencia social (H. Ayuntamiento de OPB, 2016) (Figura 18). Por otra parte, es notorio el acceso a medios culturales y de comunicación, se observó acceso a televisión satelital y conexión a internet mediante cable telefónico en la mayoría de las viviendas que se encuentran en los límites del área urbanizada (trabajo de campo, 2019).

Figura 18. Templos cristianos en La Sabana



Fuente: Trabajo de campo (2019)

3.3.8 Actividades recreativas

La pesca deportiva es una de las principales actividades recreativas en La Sabana, algunas veces los peces son para autoconsumo e inclusive para vender, esta actividad se ha visto mermada por la aparición de la Lechuguilla de Agua que cubre parte del cuerpo de agua provocando el desplazamiento o muerte de los peces hacia otras zonas. Además, se observaron otras actividades como senderismo, nado, ciclismo y paisajismo (Figura 20; Figura 21) (Trabajo de campo, 2019).

3.3.9 Valorización del humedal y conflictos sociales

Existe una desvalorización del humedal, la población considera inseguro habitar en los bordos de este, debido a que se encuentran ilegalmente asentados creándoles incertidumbre jurídica en sus propiedades, socialmente se generan problemas de inseguridad por considerarse sitios que sirven de escondite, para consumir bebidas alcohólicas (Figura 19) y el consumo de drogas (trabajo de campo, 2019).

Figura 19. Problemática social consumo de alcohol en La Sabana



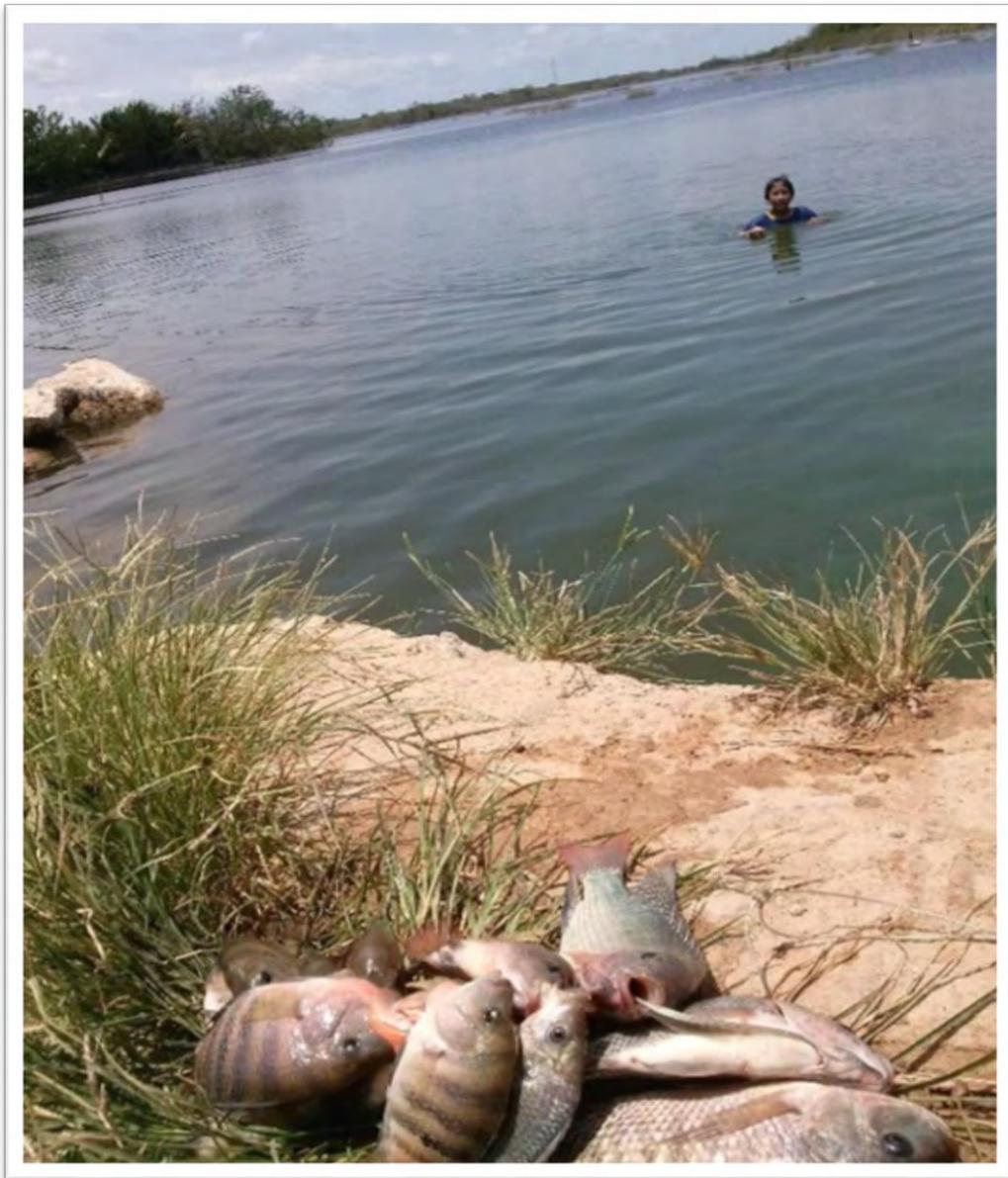
Fuente: Trabajo de campo (2019).

Figura 20. Pesca en La Sabana



Fuente: Villanueva (2018).

Figura 21. Actividades realizadas en La Sabana



Fuente: Rangel (2015)

CAPÍTULO IV: IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS

En este capítulo se analizaron los resultados arrojados por nuestros instrumentos metodológicos: la lista de chequeo y la matriz de impactos generados (Tabla 6), con la finalidad encontrar áreas de oportunidad y priorizar objetivos en la elaboración del plan dando como resultado las variables que posteriormente serán tomadas como indicadores.

4.1 interpretación de resultados

El escenario que se presenta corresponde a la problemática ambiental que causa la proliferación de la maleza acuática Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) en el cuerpo de agua La Sabana. Por su parte, la presencia de plantas acuáticas en ecosistemas dulceacuícolas es esencial independientemente de su estado de evolución en el que se encuentre. Pero representa una amenaza para La Sabana ya que se encuentra eutrofizada.

Cuando estas plantas se encuentran en densidades bajas, aportan una fuente de obtención oxígeno disuelto, fungen como cuneros para especies de peces, aves y otros organismos, la lechuguilla particularmente funciona como biofiltro para los componentes tóxicos y metales pesados como el plomo y el mercurio que regularmente se acumularían en el agua y en sus sedimentos. Por el contrario, el crecimiento excesivo de la Lechuguilla de Agua ocasiona problemas de salud, ecológicos, económicos y sociales.

Son numerosas las distintas formas en que la maleza acuática puede ocasionar problemas en las estructuras para el manejo del agua en el humedal. Algunos de los problemas más visibles son la acumulación en los canales causándole obstrucción y provocando inundaciones en situaciones críticas.

Por otra parte, la calidad visual se ve mermada por el bajo nivel de agua que presenta el humedal al aumentar la evapotranspiración provocando que se sequen algunas áreas. Al igual a desplazado especies de flora y fauna que eran muy atractivas para los fotógrafos de naturaleza.

A continuación, se presenta un resumen de los impactos más importantes obtenidos a partir las fases de diagnóstico y caracterización cotejados mediante la lista de chequeo:

a) Alteración física de los hábitats:

- Alteración de los patrones de drenaje
- Alteraciones de los patrones de sedimentación en ríos y lagos
- Colmatación
- Disminución capacidad de infiltración de suelos por pérdida de vegetación
- Disminución de niveles en acuíferos
- Efecto barrero (embalses, tranques relaves, caminos)
- Excesiva deforestación
- Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas
- Fragmentación del hábitat
- Incendios
- Inundaciones
- Modificación régimen hidrológico
- Pérdida de suelos por expansión urbana y agrícola
- Sobreutilización del recurso suelo

b) Contaminación:

- Contaminación bacteriológica de los cursos de agua superficiales
- Contaminación por aguas residuales de asentamientos humanos informales
- Contaminación por desechos sólidos
- Contaminación por metales pesados
- Contaminación superficial por aguas residuales
- Eutroficación

c) Introducción de especies exóticas:

- Introducción de especies de fauna exóticas (Tilapia)

d) Cambios climáticos globales:

- Daños por alta variabilidad de precipitaciones pluviales
- Déficit de aguas
- Sequías estacionales

e) Administración y prácticas de manejo:

- Deficiente reforestación con especies nativas
- Excesivo o mal uso recreativo
- Falta de tratamiento de aguas residuales
- Falta o escasez de áreas de protección de la diversidad biológica
- Inadecuada planificación territorial
- Legislación incompatible con la conservación de humedales
- Mala localización de poblaciones y áreas agrícolas
- Pesca y caza clandestina
- Prácticas de agricultura como sobre utilización de abonos y pesticidas, incendios
- Utilización irracional del bosque nativo

En segundo lugar, se presenta la matriz resultante de la evaluación de impactos, en la que se observa que el excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas es el elemento más impactante en todo el componente ambiental y el componente ambiental perteneciente a la fauna tiene interacción con todos los factores siendo la afectación de especies focales el más relevante.

4.1.1 Componentes ambientales

Con relación a la interacción del componente ambiental con los factores impactantes destacan que los aspectos socioeconómicos suman un mayor valor de interacción, posiblemente por la cantidad de variables y a pesar de que el desplazamiento involuntario de unidades familiares por compra de vivienda tiene una interacción nula (Figura 22).

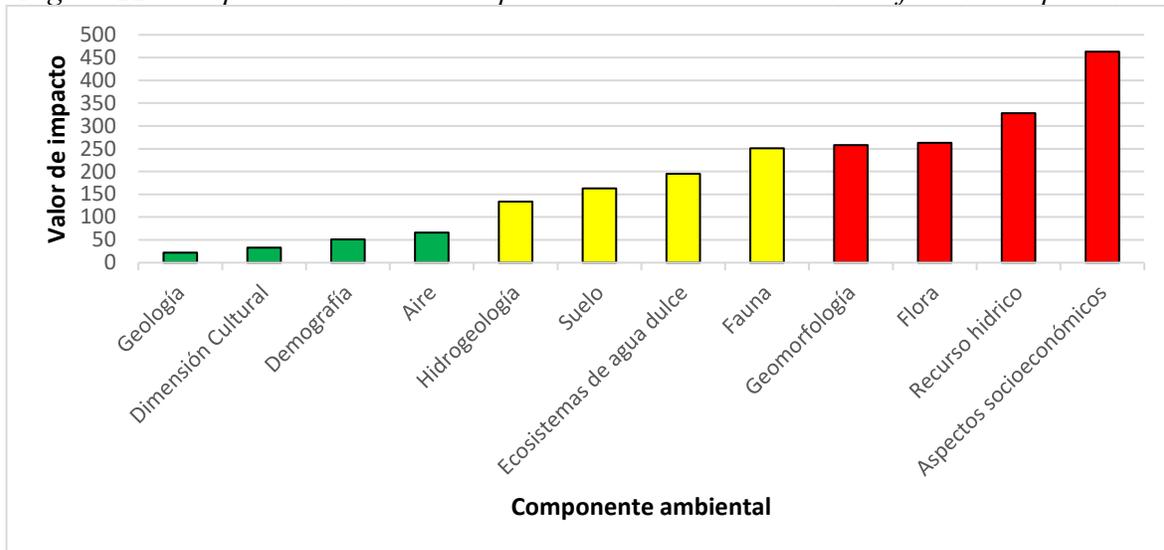
El componente perteneciente al recurso hídrico es el segundo más impactado debido a diversos factores externos como el cambio climático e internos como la contaminación directa al cuerpo, en este aspecto se observa la disminución del caudal natural del cuerpo de agua por la construcción de puentes con diseños arquitectónicos que, a pesar de tener un impacto positivo en la conectividad y movilidad urbana, han afectado el cauce de agua.

En tercer lugar, es importante darle énfasis a la pérdida de biodiversidad florística por el desmonte y ocupación de terrenos para nuevos asentamientos humanos provocando pérdida de la cobertura vegetal, cabe mencionar que las especies florales están siendo reemplazadas con especies ornamentales que no son de la región. también la flora dulceacuícola está teniendo cambios con respecto a sus poblaciones como lo es el caso del crecimiento excesivo de la *Pistia stratiotes*.

El componente ambiental correspondiente a la geomorfología es el cuarto más impactado, siendo la modificación paisajística el impacto más significativo. El paisaje tiene incidencia directa e indirectamente en aspectos como el medio ambiente y la calidad de vida. El factor correspondiente a las alteraciones físicas del hábitat interactúa directamente con la geomorfología teniendo una sinergia con los demás factores.

La fauna representa la media del componente ambiental, concretamente la afectación de especies endémicas y restringidas a un hábitat, las cuales han sido desplazadas en el pasado por el uso de suelo agrícola y recientemente por la expansión urbana, no obstante, todos los factores tienen incidencia directa con la afectación a especies focales.

Figura 22. Componente ambiental impactado de interacción con los factores impactantes



Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Factores impactantes

Una vez descritos las principales relaciones del componente ambiental y los elementos impactados, se procedió a clasificar los factores impactantes por cada uno de los elementos bajo el criterio de semaforización, como parámetro estadístico se dividieron los valores del total de las interacciones de los factores (elementos impactantes) con el componente ambiental teniendo como resultante la Tabla 7:

Tabla 7. Elementos impactantes en el componente ambiental.

Elemento impactante	valor
Pesca y caza clandestina	29
Prácticas de agricultura como sobre utilización de abonos y pesticidas, incendios	31
Introducción de especies de fauna exóticas (Tilapia)	37
Deficiente reforestación con especies nativas	49
Falta o escasez de áreas de protección de la diversidad biológica	56
Alteraciones de los patrones de sedimentación en ríos y lagos	58
Disminución de niveles en acuíferos	60
Alteración de los patrones de drenaje	61
Disminución capacidad de infiltración de suelos por pérdida de vegetación	61
Contaminación por metales pesados	61
Contaminación bacteriológica de los cursos de agua superficiales	62

Eutroficación	62	
Falta de tratamiento de aguas residuales	62	
Daños por alta variabilidad de precipitaciones pluviales	63	
Legislación incompatible con la conservación de humedales	63	
Efecto barrero	65	
Inundaciones	65	
Contaminación por aguas residuales de asentamientos humanos informales	65	
Contaminación por desechos sólidos	65	
Contaminación superficial por aguas residuales	65	
Colmatación	67	
Modificación del régimen hidrológico	72	
Déficit de agua	73	
Excesivo o mal uso recreativo	74	
Utilización irracional del bosque nativo	74	
Fragmentación del hábitat	75	
Excesiva deforestación	78	
Incendios	78	
Sequías estacionales	79	
Sobreutilización del recurso suelo	80	
Inadecuada planificación territorial	80	
Mala localización de poblaciones y áreas agrícolas	84	
Pérdida de suelos por expansión urbana y agrícola	85	
Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas	91	
Nivel de impacto	Intervalo	Número de elementos
Bajo	29 - 49	4
Medio	50 - 70	17
Alto	71 - 91	13

Fuente: elaboración propia.

De donde se concluye que el factor ambiental perteneciente a las alteraciones físicas del hábitat resultó ser el más significativo, por tanto, es necesario encontrar alternativas de control, prevención, mitigación o compensación orientadas principalmente hacia la expansión urbana. Seguidamente se encontró que el factor perteneciente a la administración y prácticas de manejo tiene mayor impacto debido a la mala localización de poblaciones; y a

la inadecuada planificación territorial. Dichas acciones han ocasiona que actividades agropecuarias sean desplazadas a otras zonas o sencillamente desaparezcan (Tabla 7).

4.1.2.1 Alteraciones físicas del hábitat

En esta sección se describe el estado del hábitat derivado de la evaluación de los factores impactantes como el objetivo de poder tener un referente para la construcción de los indicadores, se incluye una breve definición del factor.

Modificación del régimen hidrológico

Las variaciones de caudal definen el régimen hidrológico de los cuerpos de agua. En los cuerpos de agua de baja profundidad (someros) como lo es La Sabana, es rápida la dinámica de resuspensión de sedimentos y liberación de gases, teniendo consecuencias sobre la condición trófica (Van de Bund et al., 2004; Spears et al., 2006).

Los cuerpos de agua tropicales se encuentran en mayor vulnerabilidad, ya que al contar con un mayor fotoperiodo y temperaturas cálidas se favorece una mayor producción de fitoplancton, proliferación de cianobacterias y macrófitas, alterando así el balance hídrico, la cadena alimenticia y poniendo en riesgo al ecosistema (Lewis, 2000; Arfi et al., 2001; Settacharnwit et al., 2003; Romo et al., 2004; Wu et al., 2009). Por ello es importante conocer si un cuerpo de agua recibe una importante carga de nutrientes y tiene un régimen hidrológico que le permita remover dichos nutrientes, o si éstos se acumulan paulatinamente en los sedimentos y columna de agua, incrementando su grado trófico (Royle y King, 1996; Spears et al., 2006; Jin et al., 2006).

Fragmentación del hábitat

La pérdida de hábitat y la fragmentación se consideran las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica (Harris, 1984; Wilson, 1988; Saunders y Hobbs, 1991; Alverson y otros, 1994; McCullough, 1996; Pickett et al, 1997; Fielder y Kareiva, 1998). Conservacionistas, planificadores y ecólogos se refieren a la pérdida de hábitat y al aislamiento de los hábitats con el término fragmentación (Collinge, 1996). La fragmentación ocurre cuando un hábitat grande y continuo se reduce y se subdivide en dos o más fragmentos.

Este fenómeno ocurre cuando el área es atravesada por una carretera, canal, línea de transmisión u otra obra de infraestructura que divida el área (Primack, 1998). En el caso de La Sabana es importante tomar acciones en la infraestructura vial para restablecer el hábitat.

Excesiva deforestación

La expansión urbana en México se relacionó con una tasa anual de deforestación de -0.41% para selvas durante 1976-2007 (Rosete-Vergés et al., 2014). De igual forma, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015) estableció la cifra de -0.3% de deforestación de bosques templados y tropicales entre 1990-2015. En las cuencas de los ríos Grijalva y Usumacinta, el área de las selvas se redujo del 36% al 9 % de 1993 a 2007 (Kolb y Galicia, 2012). Esta pérdida de masas forestales ha afectado negativamente a la calidad del agua, la biodiversidad y la captura de carbono (Merlín-Uribe et al., 2013). En consecuencia, la excesiva deforestación es una amenaza latente para los ecosistemas cercanos a las ciudades, como lo es La Sabana.

Incendios

El fuego urbano-forestal, un tipo de incendio que no sólo puede alcanzar, sino que además puede propagarse en el interior de los desarrollos edificatorios, lo que hace que surjan unos problemas específicos, sustancialmente distintos a los provocados por los incendios puramente forestales o urbanos (Pyne et al., 1996). Este tipo de incendios se da debido a la quema no controlada de residuos sólidos urbanos en la periferia de la ciudad por el rezago del servicio de recolección de residuos.

Sobreutilización del recurso suelo

El suelo es uno de los principales recursos que brinda la naturaleza al hombre, ya que en él crecen y se desarrollan las plantas, tanto las silvestres como las que se cultivan para servir de alimento al hombre y los animales. En La Sabana y sus alrededores los usos de suelo actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2002).

Pérdida de suelos por expansión urbana

El crecimiento urbano, por décadas, ha generado intensos debates, dado los múltiples efectos que provoca tanto en las actividades económicas existentes como sobre los recursos naturales. El aumento constante de la población generó una demanda notable de suelos para uso residencial y un acelerado proceso de localización de la población hacia la periferia de la ciudad, además de un excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas (Dematteis, 1998). En el caso de La Sabana la problemática radica en la ocupación del suelo por asentamientos urbanos informales, los cuales modifican las características físicas del suelo.

4.1.2.2 Cambios climáticos globales

Los cambios climáticos globales han propiciado sequías estacionales provocando la reducción del cuerpo de agua, disminuyendo los hábitats, afectando a la fauna, la flora y el ecosistema de agua dulce. Sin embargo, es posible combatirlo mediante la aplicación de medidas de mitigación y adaptación a pequeña escala que ayuden a frenar el cambio climático.

El déficit de agua está directamente relacionado con la cantidad de agua contenida en la laguna, constituye un recurso renovable que interviene en el ciclo hidrológico. Se ha demostrado que su cantidad global no varía, aunque sí su cantidad local y su calidad. Las sequías estacionales ocasiona graves desequilibrios hidrológicos, la lluvia es escasa e infrecuente y la temperatura aumenta, la vegetación se desarrolla con dificultad, se perjudican los sistemas de producción y a la economía de una región (Universidad Nacional Autónoma de México - Comisión Nacional de Derechos Humanos, 2018).

4.1.2.3 Administración y prácticas de manejo

Excesivo o mal uso recreativo

Los paseos al aire libre, el paisajismo y el ciclismo de ruta o montaña son ejemplos de actividades recreativas que se pueden practicar de manera responsable con el medio ambiente, sin embargo, los parques naturales no cuentan con la infraestructura, equipamiento

o el mantenimiento necesario siendo zonas inseguras donde existe abuso de alcohol y drogas (Báez y Acuña, 1998).

Utilización irracional del bosque nativo

Las acciones humanas pueden modificar los ciclos naturales, entre ellos la sobreexplotación de los recursos del sistema, es decir, el uso por encima de las tasas de regeneración. Por ende, el sistema se vuelve incapaz de regenerarse, se empobrece y degrada. El principal problema es el reemplazo de bosques por cultivos y la degradación de ambientes por expansión de la frontera agropecuaria. En algunas ocasiones por sobreexplotación, pero en otras ocasiones se reemplaza sin utilizarlo (Gobierno de Mendoza, 2011). Para el caso particular de La Sabana la utilización irracional del bosque nativo es para la edificación de nuevos asentamientos humanos los cuales a su vez han desplazado las zonas protegidas o reservadas como zonas de amortiguamiento.

Inadecuada planificación territorial

La ciudad se caracteriza por tener un modelo disperso en donde lo planeado no concuerda con lo construido. Se requiere planificar hacia el desarrollo sustentable con usos de suelo que integren lo urbano y lo natural, mejorar el acceso a la vivienda en con la red de servicios e infraestructura necesaria, así como la diversificación de la economía, la cultura, el rescate del espacio público, la integración y el respeto al medio natural con educación ambiental. (Lefebvre, 1969; Cuesta, 2000).

Mala localización de poblaciones

La mala ubicación de poblaciones y la autoconstrucción de la vivienda generan escenarios de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos, se debe verificarse la calidad del suelo para realizar un nuevo asentamiento, también es de vital importancia evitar la aparición de nuevos asentamientos humanos en áreas no aptas para la construcción (Centro de Información Geográfica, 2011).

4.2 Propuesta de indicadores

Fue necesario priorizar los impactos más significativos del componente ambiental para construir los indicadores para el monitoreo de la calidad ambiental del programa de restauración, por tal motivo se seleccionaron los elementos con el valor de interacción más alto (Tabla 8).

Tabla 8. Principales indicadores de impacto ambiental

Factor	Elemento	Indicador	Unidad de medida
Alteración física de los hábitats	Modificación del régimen hidrológico	Caudal	m ³ /s
	Fragmentación del hábitat	Superficie de áreas sensibles	m ²
	Excesiva deforestación	Superficie de bosque restaurado	m ²
	Incendios	Número de incendios no controlados	Número/año
	Sobreutilización del recurso suelo	Densidad de población	Número de individuos/Km ²
	Pérdida de suelos por expansión urbana Excesivo desarrollo y crecimiento de áreas urbanas	Cambio de suelo por expansión urbana	Tipo de cobertura/uso de suelo
Cambios climáticos globales	Déficit de agua	Volumen de agua	m ³
	Sequias	Precipitación media anual	mm
Administración y prácticas de manejo	Excesivo o mal uso recreativo	Número de equipamientos o infraestructura	Número
	Utilización irracional del bosque nativo	Superficie de bosque para conservación	m ²
	Inadecuada planificación territorial	Número de subprogramas realizados del PDU	Número
	Mala localización de poblaciones	Superficie de ocupación por asentamientos humanos informales	m ² o número de lotes

Fuente: elaboración propia con base en Vargas y Ponce (2008); German Agency for Technical Cooperation (CEPAL) (2009); SEMARNAT (2013); Gobierno Vasco (2003).

CAPITULO V PLAN DE RESTAURACIÓN DE LA SABANA DE CHETUMAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA LECHUGUILLA DE AGUA (*Pistia stratiotes*)

La elaboración de este documento deriva de la esencial importancia que tiene el humedal para el bienestar de los habitantes de Chetumal y su entorno inmediato. Ya que la pérdida de este ecosistema tendrá un coste ambiental, económico y social elevado. Sin embargo, La presión urbanística que padece la ciudad de Chetumal se traduce en una importante escasez de áreas verdes. A pesar de esto, el humedal y su entorno no se han visto favorecidos como espacio destinado al uso recreativo.

Hasta la fecha no se ven reflejadas las acciones establecidas en los instrumentos vigentes de planeación, por tal motivo, es necesario que dichas acciones se apliquen de manera complementaria y coordinada para el cumplimiento de objetivos y metas institucionales. Por consiguiente, aparecen nuevas formas de desarrollo mediante la restauración y recuperación de un espacio degradado, al tiempo que se abre la posibilidad de fomentar la creación de un espacio para la investigación y el desarrollo de estrategias de conservación adecuadas a la realidad del medio.

Se comprende la formulación de propuestas para la restauración, protección y conservación del ecosistema mediante acciones sociales; con proyectos de inversión de recursos para acciones de equipamiento encaminadas a actividades propias para la restauración, protección y conservación como son, la concientización, la restauración, reforestación y campañas de limpieza del humedal.

De igual forma, las acciones económicas estarían encaminadas a sancionar en algunos casos o incentivar a la comunidad residente aledaña al humedal que son exactamente las personas que conviven a diario con el ecosistema, y que se podrían beneficiar de las políticas económicas a desarrollarse en el sector por parte de los entes de la administración pública.

La realización del “plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua” consideró los lineamientos para elaborar y aplicar políticas

nacionales de humedales establecidas con base a las directrices de la convención de RAMSAR. Finalmente se plantean una serie de objetivos estratégicos, líneas de acción y metas que guiarán a los actores en la atención a las problemáticas del humedal, a corto y mediano plazo.

5.1 Objetivos

1. Desarrollar el programa de mejoramiento de la administración y prácticas de manejo del humedal La Sabana para mantener el valor ecológico, económico y social del humedal La Sabana, a través del manejo integrado y bajo un enfoque económico ecológico, que coadyuve al desarrollo sustentable de Chetumal y su entorno inmediato así como fomentar el desarrollo de acciones participativas de comunicación, educación y concientización, con el fin de promover la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno federal, estatal y municipal, así como de la sociedad civil para la protección del humedal La Sabana.

2. Establecer el programa contra las alteraciones físicas del hábitat que afectan al humedal La Sabana para mitigar las principales causas que provocan el deterioro del humedal con acciones e instrumentos que se requieren para su atención.

3. Crear el programa para mitigar el cambio climático para la conservación, restauración y el uso sustentable del humedal para mantener su estructura y función, de manera que se asegure el suministro de bienes y servicios ambientales y se contribuya a aumentar el bienestar humano, la equidad y la seguridad ambiental.

4. Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación del plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua para determinar de manera justa la evaluación de efectividad y el impacto de las acciones realizadas para el cumplimiento de los objetivos de la planeación.

5.2 Visión

La Sabana es un cuerpo de agua que debe contar con la capacidad de proveer bienes y servicios ambientales, mismos que aporten un incremento al bienestar de la sociedad y el

mantenimiento de los recursos naturales que se plasme visiblemente al 2030 mediante acciones de organización, planeación, fomento y regulación de las actividades que se realicen en el humedal La Sabana, así como restauración, conservación y protección de los recursos naturales de la misma.

5.3 Misión

Establecer las bases y las prioridades que articulen las acciones de los tres órdenes de gobierno, federal, estatal y municipal, así como los sectores privado y social en el control, prevención y mitigación de los impactos ambientales que amenazan al humedal mediante los beneficios ambientales económicos y sociales que se generen con el manejo ordenado y sustentable del humedal La Sabana bajo criterios de conservación, protección y restauración de la biodiversidad y los recursos naturales.

5.4 Alcance

El plan será instrumentado por la administración pública federal, debido a que el humedal “La Sabana” carece de una Figura de Protección Internacional. Se reconoce que, en la aplicación del Plan el Gobierno Federal deberá trabajar coordinadamente con las autoridades estatales y municipales, el sector público y privado, las organizaciones de la sociedad civil y demás actores sociales, en el ámbito de sus competencias, responsabilidades e intereses en las diversas líneas de acción planeadas.

5.5 Principios rectores

En la construcción del plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*) se han seguido principios rectores para la definición de los objetivos, estrategias y líneas de acción. Estos principios son:

Conceder protección legal al humedal, revisando la legislación dirigida a su protección, como la legislación de los agentes que influyen en el humedal.

Concientizar a la sociedad sobre los valores y funciones del humedal. Es importante la sensibilización, de manera que todas las personas comprendan los costes ambientales, sociales y económicos que suponen la degradación y desaparición de estas zonas.

Incrementar el conocimiento a todos los niveles acerca del humedal. Para ello es necesaria la existencia de un mapa zonificado que permita conocer la situación exacta, factores de influencia y datos como sus propiedades, fauna, flora, ciclos hidrológicos, variables físicoquímicas del agua, suelo, entre otros.

Intentar que el humedal sea gestionado de manera efectiva e integrada, mediante la interdisciplinariedad evitando la exclusión. Para que no sea visto como una isla desvinculadas del exterior.

Movilizar asistencia financiera dedicada a la conservación y uso racional de los humedales. Se trata de conseguir que la financiación sea inclusiva, pública y privada, señalando los elementos de valor añadido que supone una correcta gestión de una zona húmeda para las economías locales.

Reforzar la cooperación institucional, tanto gubernamentales como no gubernamentales, incluyendo al sector público y privado.

5.6 Descripción del área de influencia de la Lechuguilla de Agua

En este apartado se presenta un panorama general de la ciudad de Chetumal con especial énfasis en el humedal, en el cual se abordan aspectos relevantes para la investigación. Se realiza una descripción de las principales características del sitio, así como la delimitación del área designada para la planeación, a su vez se describen aspectos relacionados con el medio físico, el medio ambiente y algunos antecedentes históricos. Por otra parte, se identificó el marco legal aplicable, la normatividad, los planes y programas que tengan influencia en el área de estudio.

5.6.1 Ubicación geográfica

Chetumal es una ciudad pequeña y punto intermedio entre México y Centro América tiene una población total de 151,243 habitantes, se ubica en el sureste de México, en la península de Yucatán, al sur del estado de Quintana Roo, dentro del municipio de Othón Pompeyo Blanco, entre las coordenadas 18°33'00.0"N 88°21'00.0"W y 8°29'24.0"N 88°15'36.0"W aproximadamente. Fue fundada en la desembocadura del Río Hondo en la Bahía de Chetumal; actualmente es la capital del estado y cabecera municipal (INEGI, 2010). El área de estudio se encuentra ubicada al noroeste de Chetumal, específicamente en la zona norte del cuerpo de agua La Sabana (Figura 23). La laguna La Sabana es un cuerpo de agua dulce que se encuentra a cuatro metros sobre el nivel del mar, en la colonia Nuevo Progreso en las coordenadas geográficas de 18°32'15.60"N y 88°19'18.57"W. Dicho cuerpo de agua rodea toda la zona noreste de Chetumal desde el ejido calderitas hasta las inmediaciones de La Feria regional de la frontera sur.

Debido a la superficie variable de La Sabana fue necesario delimitar el área de estudio para enfocarse en un sector del cuerpo de agua, para dicha selección se consideraron factores como la disponibilidad de información y la cantidad de conflictos sociales. Además, la presencia de la Lechuguilla de Agua como principal bioindicador de perturbación ambiental fue un factor importante (Gutiérrez et al., 1994).

Se consideró un polígono delimitado por las calles Colibrí, calle Privada Venado y Pavo Real que interceptan la zona de la invasión de la Lechuguilla de Agua en La Sabana. Dicha maleza fue tomada como punto de referencia ya que ha formado una colonia que se está extendiendo desde la calle colibrí hacia la parte norte del cuerpo de agua.

El área delimitada colinda con la colonia Nuevo Progreso, algunos locales comerciales y asentamientos humanos informales ubicados en terrenos rellenados en los bordos del humedal, a su vez se incluyó la planta de tratamiento de aguas residuales Primer Centenario como principal factor incidente (Figura 24).

La Sabana es un cuerpo de agua de superficie variable siendo un área propensa a inundaciones, tiene un escurrimiento natural de noroeste a suroeste. Su entorno inmediato se caracteriza por ser una planicie con pendientes menores a 5%, el suelo está formado en su mayoría por piedra caliza.

El perfil edafológico en la clasificación maya corresponde al tzeke, según la carta edafológica del INEGI (2009), escala 1: 250,000, Bahía de Chetumal E-16-4, el tipo de suelo predominante es la rendzinas con incrustaciones de litosoles (E+1/3).

Los suelos son poco profundos integrada por una capa muy delgada aproximadamente de 12 cm, están condicionados a un entorno rico en calcio o magnesio, dichas condiciones impiden su explotación económica y la ocupación de asentamientos humanos debido a su baja permeabilidad.

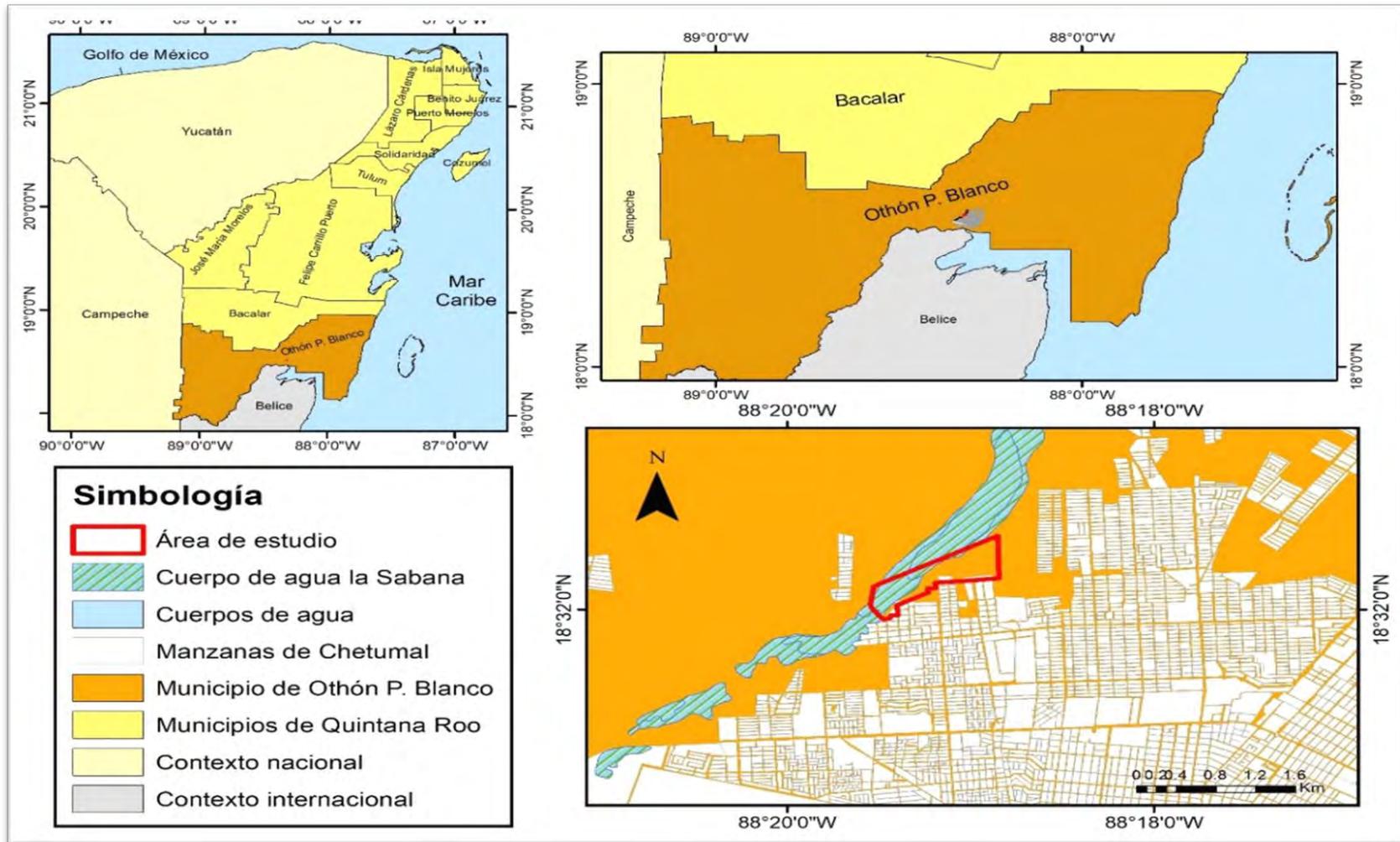
De igual manera el clima es cálido subhúmedo intermedio, la vegetación asociada pertenece a la selva mediana, aunque ha sido altamente modificada por la influencia del centro de población que también ha desplazado a las especies de fauna limitando el espacio a la biodiversidad que en los últimos años ha servido no solamente de hábitat de diferentes especies de animales, sino de esparcimiento, subsistencia y sustento económico.

El entorno inmediato a La Sabana, así como sus bordos presentan una tendencia de crecimiento mediante la invasión de terrenos ejidales, proyectos de viviendas y fraccionamientos. También, la presencia de asentamientos urbanos informales en las zonas más bajas e inundables, carentes de servicios básicos como alcantarillado, agua potable y luz eléctrica [Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2018)].

Existe una problemática derivada de invasiones biológicas por plantas oportunistas en el área de estudio, en 2016 se presentó un afloramiento de la maleza acuática Lechuguilla de Agua, el siguiente año la Procuraduría de Protección al Ambiente (PPA) realizó trabajos de extracción de la planta sin realizar estudios previos y con un plan de acción muy limitado, en el cual fallaron en el cumplimiento de los objetivos previstos (PPA, 2018).

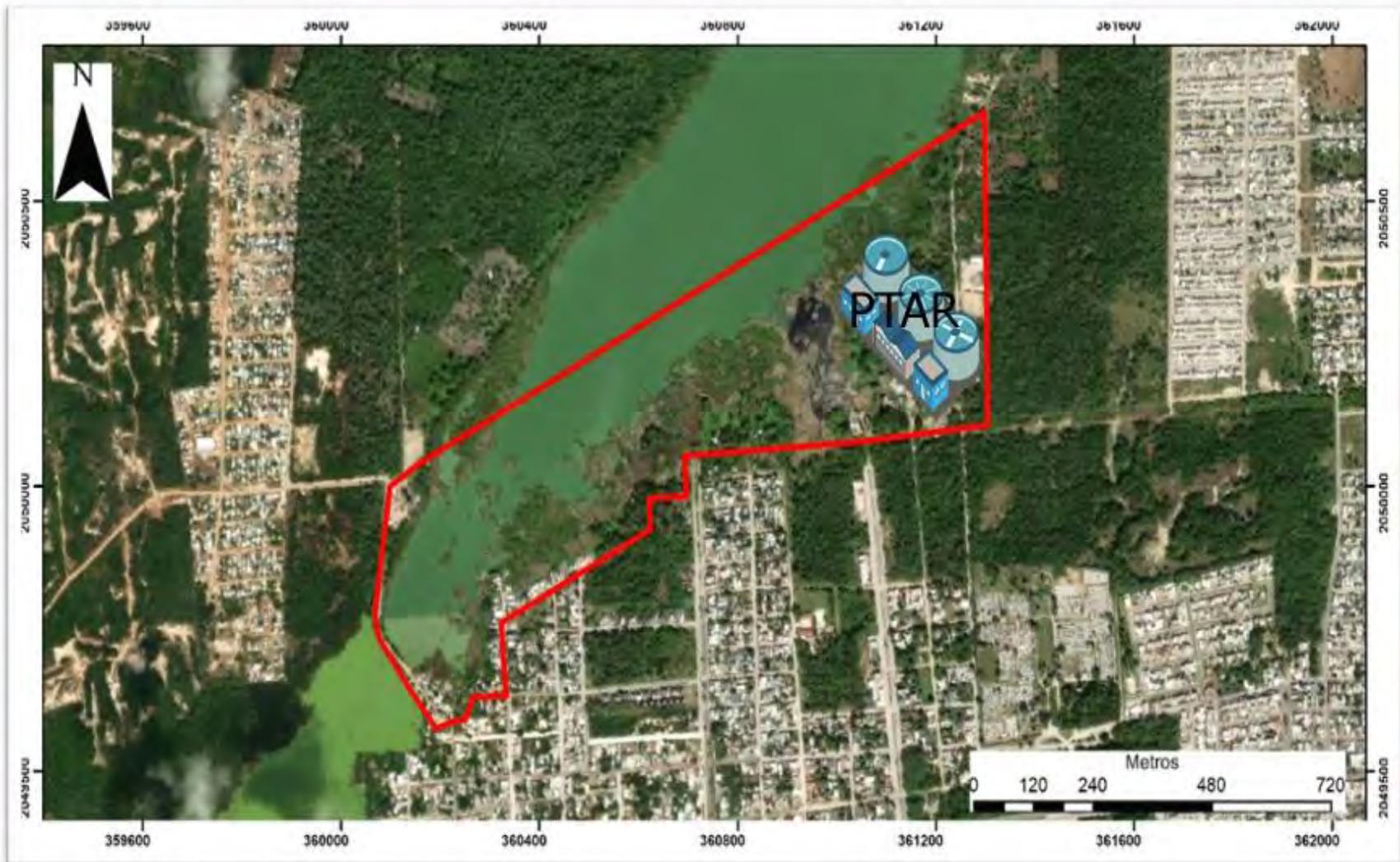
Posteriormente, el Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR) realizó un diagnóstico sobre la invasión de la lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), así como la caracterización de la riqueza de plantas acuáticas en el cuerpo de agua La Sabana (El Colegio de la Frontera Sur, 2018). Sin embargo, los resultados de dichos estudios no han sido publicados a la fecha de publicación del presente trabajo.

Figura 23. Ubicación geográfica del área de estudio.



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

Figura 24. Área de estudio y ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)



Fuente: elaboración propia con base en imagen de satélite (ESRI, 2019).

CAPITULO IV PROGRAMAS, ESTRATEGIAS Y ACCIONES

Una vez detectadas las amenazas, y estudiado el potencial ecológico del humedal, se ha diseñado un plan de restauración y conservación de la zona con la pretensión de implicar a los actores locales para devolver a este espacio el protagonismo que merece. De este modo, se pretende proporcionar las herramientas teóricas y técnicas necesarias para garantizar la conservación y gestión sostenible del humedal urbano y sus recursos naturales.

El plan está conformado por tres programas desde la estructuración de ideas en el proyecto de restauración hasta la generación y análisis de sus beneficios, que van orientados hacia la atención de las problemáticas a corto, mediano y largo plazo de los factores que tienen un grado mayor de amenaza hacia el humedal La Sabana (Figura 25).

En segundo lugar, se tiene al conjunto de principios que señala la dirección, acción y organización de los recursos, instrumentos y organismos que participan para llevar adelante los propósitos derivados del plan, denominados como estrategias, las cuales señalan la manera de cómo se enfrentará la acción, planteará lo que se hará o dejará de hacer, para alcanzar los objetivos establecidos.

Dichas estrategias se presentan aplicadas en cada elemento impactado, los elementos impactados van acompañados de su propuesta de indicador, con esto se buscará como primera medida que el indicador sea adecuado para valorar la calidad de vida de los habitantes del lugar, seguidamente se describen las acciones específicas contenidas en cada una de las estrategias.

Una acción específica es una operación concreta, medible y cuantificable para períodos de tiempo. El periodo corto se considera de seis meses a un año, el periodo mediano de uno a tres años y para el periodo largo de tres años en adelante. Todos estos periodos a partir de la puesta en marcha del plan.

Cabe destacar que los programas, acciones y estrategias propuestos tendrán una mayor área de operatividad y sus impactos tendrán un alcance más allá del área de influencia de la Lechuguilla de Agua, ya que La Sabana pertenece a un sistema complejo, específicamente a un sistema socio ecológico, que interactúa con otros sistemas en todas las direcciones.

La principal prioridad es restablecer el sistema natural como factor desencadenante de cambio utilizando la orientación económica ecológica con el propósito de determinar los cursos de acción que asignen y distribuyan recursos y servicios ambientales de forma justa y eficiente mediante la planeación como proceso de toma de decisiones.

Es importante indicar que las instituciones involucradas en la toma de decisiones necesitan formar un comité para designar sus tareas correspondientes ya que por la situación legal, administrativa y el lugar, el área se encuentra en una zona donde se translocan diferentes programas y ordenamientos territoriales dejando vacíos y sesgos en las atribuciones de los tres órdenes de gobierno, así que se requiere de una coordinación que se comprometa con las acciones que se les sean asignadas a cada una de las instituciones responsables.

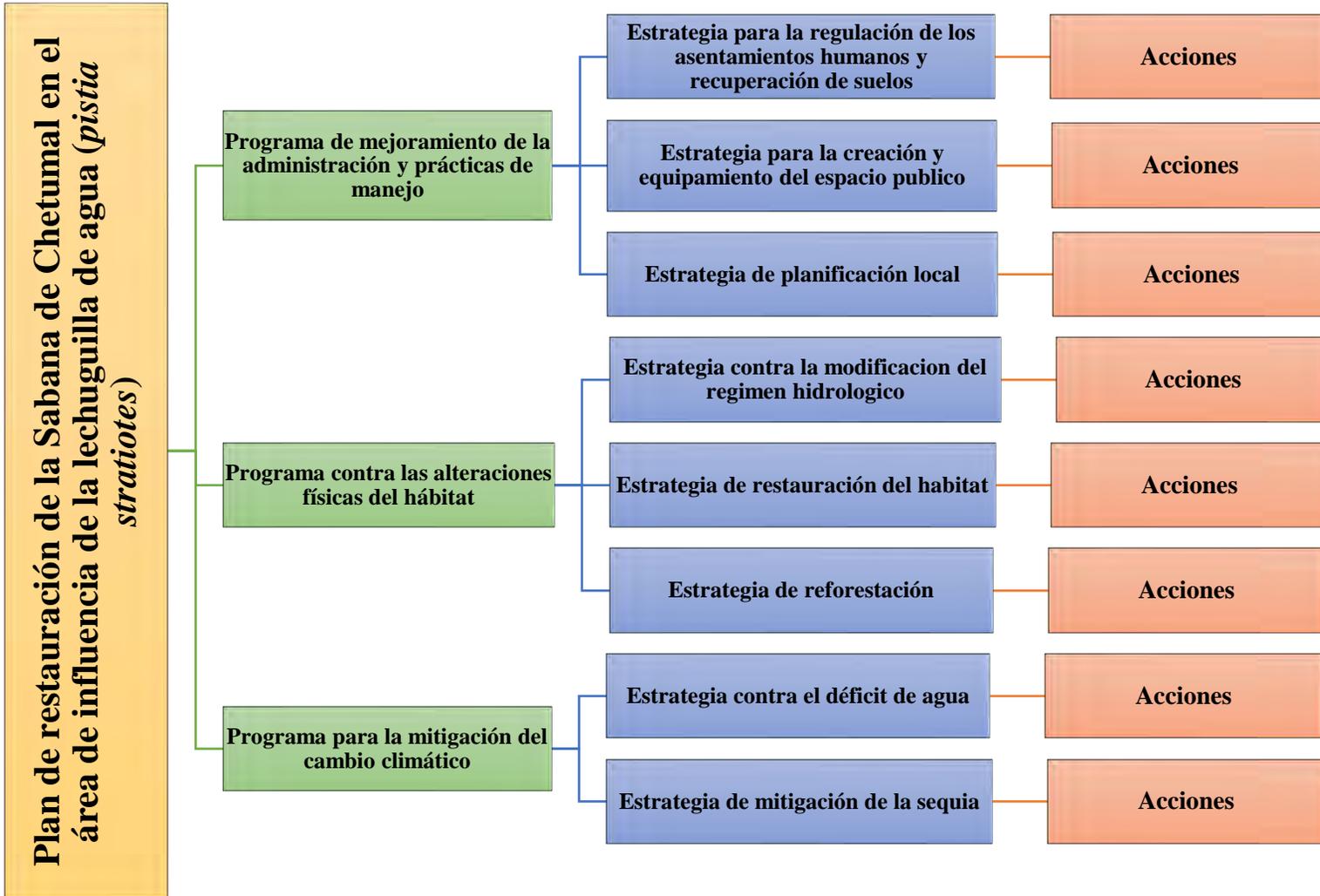


Figura 25. Diagrama del plan propuesto.

Fuente: elaboración propia.

6.1 Programa de mejoramiento de la administración y prácticas de manejo

El programa tiene como objetivo realizar mejoras que orienten sistemáticamente la gestión en el manejo para mantener el valor ecológico, económico y social del humedal La Sabana, a través del manejo integrado y bajo un enfoque económico ecológico, que coadyuve al desarrollo sustentable de Chetumal y su entorno inmediato así como fomentar el desarrollo de acciones participativas de comunicación, educación y concientización, con el fin de promover la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal), así como de la sociedad civil para la protección del humedal La Sabana.

Debido a la complejidad del área y la diversidad de programas e instituciones que participan de alguna forma en el desarrollo de la zona. Así pues, se diseñaron estrategias y acciones específicas dentro de la regulación de asentamientos humanos y recuperación de suelos, además de la toma de decisiones y en la toma del control político o autogestión administrativa para transitar con certidumbre hacia un modelo de desarrollo sustentable del humedal.

6.1.1 Estrategia regulación de asentamientos humanos y recuperación de suelos

La ocupación del suelo mediante la invasión de reservas territoriales en áreas de influencia de La Sabana es un hecho que pone en riesgo a las poblaciones, debido a la cercanía con el cuerpo de agua de ancho variable. Por lo cual, se requiere de la pronta intervención de la autoridad para detener dichas prácticas, para ello se propone: crear un programa para la regulación del suelo y la propiedad de los habitantes, dando opciones a los ocupantes que no tengan derechos sobre el suelo y población vulnerable. Asimismo, el desalojo y la demolición de asentamientos urbanos informales para propiciar la recuperación ecológica del humedal.

Se necesitan realizar acciones que impacten en el uso de suelo por expansión urbana (tipo de cobertura/uso de suelo), la superficie de ocupación por asentamientos humanos informales y la densidad de la población en el área de influencia de La Sabana como principales indicadores de desempeño. Por otra parte, las instituciones responsables en el proceso recuperación del suelo son el Gobierno Municipal, Estatal y Federal, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), SEDATU y SEDETUS (Tabla 9).

Tabla 9. Acciones de recuperación de suelos

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Crear un programa para la regulación del suelo y la propiedad			
Atender a la población vulnerable mediante apoyo a la vivienda social			
Desalojar asentamientos humanos informales			
Demoler edificaciones construidas ilegalmente			

Fuente: elaboración propia.

6.1.2 Estrategia para la creación y equipamiento del espacio público

La estrategia para la creación y equipamiento del espacio público apoya a diversas obras de equipamiento e infraestructura, así también, acciones sociales en el espacio público mediante la creación y el mejoramiento físico del mismo, la participación social y la seguridad comunitaria.

En otras palabras, la estrategia está orientada hacia la creación del espacio con la finalidad de mejorar la calidad de vida, para el uso y disfrute de la comunidad, además dotar de infraestructura y equipamiento el espacio público creado, con ello, incidir en la prevención social del delito y la violencia, así como el fortalecimiento del tejido y la cohesión social.

Como principal indicador de desempeño en la estrategia se tendrá el número de infraestructuras o equipamiento nuevo que se provea o edifique en el área del humedal. Las instituciones responsables son el gobierno Municipal, Estatal y Federal, SEDATU, SEDETUS, Secretaría de Infraestructura y Transporte (SINTRA), SEDESOL, Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte (CONADE), Comisión para la Juventud y el Deporte de Quintana Roo (COJUDEQ), SEMA, CONANP y CONAFOR (Tabla 10).

Tabla 10. Acciones para la creación y equipamiento del espacio publico

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Edificar el puente colibrí en la sustitución del dique			

Implementar la creación de un vivero forestal y de ornato			
Crear un jardín botánico			
Promover el deporte mediante la construcción de circuitos para corredores y ciclistas			
Crear un embarcadero para promover actividades acuáticas como kayak, canotaje, pesca deportiva y paseo en bote			
Fundar el parque urbano La Sabana y sus oficinas administrativas			
Diseñar el reglamento administrativo del parque urbano La Sabana para regular las actividades que se realizan en el sitio			
Crear campañas de educación ambiental con recorridos al parque			
Programar actividades recreativas y de esparcimiento en el parque			
Construir canchas deportivas			
Edificar puentes peatonales para mejorar la movilidad			
Dotar de mobiliario urbano las áreas que lo requieran			

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Imagen conceptual puente sobre el cuerpo de agua



Fuente: fotografía tomada por Aldarete (2007).

6.1.3 Estrategia de planificación local

La estrategia de planificación local tiene como objetivo mejorar la coordinación de los tomadores de decisiones en el manejo y la gestión del humedal urbano. Por tanto, se necesita de la atención técnica y operativa para determinar los programas y actividades que sean prioridad o que necesiten ser cambiados a ajustados a la realidad.

El principal indicador de esta estrategia es el número de subprogramas realizados en Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Chetumal en el área de influencia de La Sabana. Asimismo, las instituciones a cargo de revisar los programas y los subprogramas tienen que ser un equipo multidisciplinario conformado por el gobierno Municipal y SEDATU en colaboración con el gobierno Estatal, Federal y la sociedad civil.

Tabla 11. Acciones de planificación local

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Crear una mesa de trabajo comisionada para la gestión de La Sabana			
Identificar los programas proyectados en La Sabana			
Diagnosticar el avance de los programas proyectados en La Sabana			
Evaluar los programas proyectados en La Sabana			
Ajustar los programas proyectados en La Sabana			
Modificar los programas proyectados en La Sabana			

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Programa contra las alteraciones físicas del hábitat

Las alteraciones físicas del hábitat por sobreexplotación, desarrollo urbano y presencia de especies invasoras son unas de las causas de pérdida de diversidad biológica en México. Por tal motivo, este subprograma tiene como objetivo la construcción del proceso de adaptación de las comunidades humanas de manera sostenible. El programa contra las alteraciones físicas del hábitat que afectan al humedal La Sabana tiene la finalidad de mitigar las principales

causas que provocan el deterioro del humedal con acciones e instrumentos que se requieren para su atención.

El programa contra las alteraciones físicas del hábitat consta de cuatro estrategias encauzadas hacia las problemáticas de mayor relevancia, las cuales comprenden la modificación del régimen hidrológico, la destrucción del hábitat, la deforestación y la pérdida de suelos. Así mismo las estrategias serán orientadas para cada problemática.

Figura 27. Imagen conceptual de la restauración del hábitat del humedal urbano



Fuente: Bejarano y Bonilla (2009).

6.2.1 Estrategia contra la modificación del régimen hidrológico

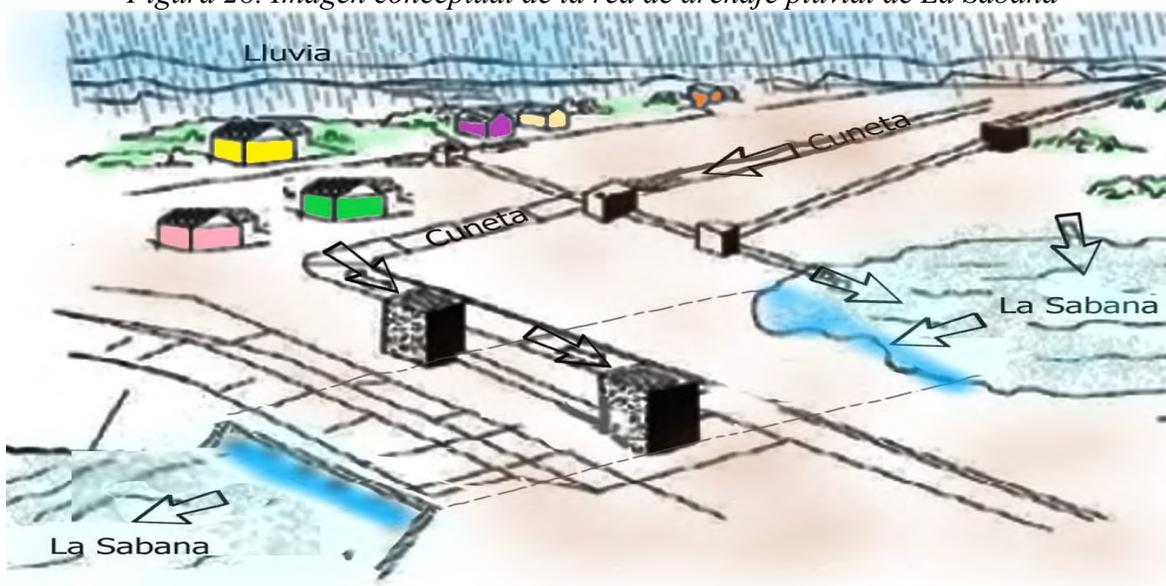
Con respecto al régimen hidrológico, se realizarán acciones para mejorar la eficiencia y eficacia en las redes de drenaje pluvial, como son el adecuado control de la presión y mejorar el caudal (m^3/s) proporcionando un mayor volumen de agua derivado del escurrimiento natural y la captación del agua de lluvia en las vialidades cercanas al cuerpo de agua. Las instituciones responsables son el Gobierno Municipal, Estatal y Federal, CAPA y CONAGUA.

Tabla 12. Acciones contra la modificación del régimen hidrológico

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Pedir apoyo a las instituciones de educación superior			
Realizar los estudios específicos en el área de cuenca			
Buscar financiamiento del proyecto drenaje pluvial de La Sabana			
Diseñar la red de drenaje pluvial de La Sabana			
Crear la red de drenaje pluvial de La Sabana			
Crear un programa de limpieza y desazolve del drenaje pluvial			

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Imagen conceptual de la red de drenaje pluvial de La Sabana



Fuente: elaboración propia

6.2.2 Estrategia para la restauración del hábitat

La Restauración tiene como finalidad recuperar total o parcialmente la estabilidad de los ecosistemas del humedal, la integridad de sus procesos ecológicos y su biodiversidad que hayan sido degradados o destruidos debido a actividades antropogénicas o por desastres naturales. La estrategia para la restauración del hábitat tiene como objetivo contribuir a la restitución de los daños ambientales producidos en el humedal.

Para ello se requiere una serie de actividades que permitan priorizar las áreas más sensibles siendo la superficie de éstas el principal indicador que ayude a evaluar la estrategia. Las instituciones responsables son el Gobierno Municipal, Estatal y Federal, CAPA, CONAGUA, SEMARNAT, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), SEMA y PPA.

Tabla 13. Acciones para la restauración del hábitat

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Crear un programa de mejoramiento en la calidad del agua de La Sabana			
Retirar el exceso de maleza acuática Lechuguilla de Agua (<i>Pistia stratiotes</i>)			
Dragar terrenos rellenados con material de desechos de la construcción			
Promover la gestión de los residuos sólidos			
Evitar la aparición de tiraderos a cielo abierto			
Realizar campañas de monitoreo de la calidad de agua			

Fuente: elaboración propia

6.2.3 Estrategia de reforestación

Los árboles urbanos incrementan los bienes y servicios ambientales provocando el mejoramiento de la calidad ambiental de las ciudades, inversamente la falta de árboles provoca un declive en la calidad ambiental y la belleza del paisaje. Por tal motivo, la estrategia de reforestación tendrá como objetivo principal planificar la forestación y reforestación urbana en el sector norponiente del humedal La Sabana, con la finalidad de

mejorar la calidad ambiental de la ciudad, recuperar el paisaje, además de mitigar el cambio climático y los fenómenos naturales como los fenómenos hidrometeorológicos que amenazan a Chetumal.

Los indicadores de desempeño que guiarán la estrategia de reforestación son la superficie de bosque restaurado (m²), la superficie de bosque para conservación (m²), el número de quemas y el cambio de cobertura del suelo (tipo de cobertura/uso de suelo). Por otra parte, las instituciones responsables en el proceso de reforestación son el Gobierno Municipal, Estatal y Federal, Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), SEMARNAT y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Tabla 14. Acciones para la reforestación

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Caracterizar de los árboles de la zona norponiente de La Sabana para conocer los árboles existentes			
Identificar los sitios potenciales para plantación			
Reforestar terrenos recuperados			
Crear murallas verdes que amortigüen el crecimiento urbano			
Sembrar árboles de copa densa y amplia en relación con el Anexo III.1. Manejo de vegetación del Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há. Municipio de Othón P. Blanco alrededor del cuerpo de agua para evitar la fotosíntesis de la Lechuguilla.			
Monitorear quemas clandestinas para prevenir incendios.			

Fuente: elaboración propia.

6.3 Programa para la mitigación del cambio climático

México cuenta con compromisos y metas condicionadas internacionalmente. Por tal motivo, las estrategias del programa están orientadas hacia el uso racional del agua en las viviendas y su disposición para el tratamiento, así como las medidas que se deben tomar para la mitigación de la sequía con la finalidad de fortalecer la capacidad resiliente de los sistemas naturales o sociales debido a los efectos derivados del cambio climático al ser un municipio con un grado alto de vulnerabilidad (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2015).

6.3.1 Estrategia contra el déficit de agua

La estrategia está dirigida a la realización de medidas para la adaptación del cambio climático. Por ende, muchas de las causas que originan el déficit de agua en el humedal La Sabana están relacionadas con la sobre explotación del acuífero y la modificación de los cauces naturales de humedales interconectados entre las distintas lagunas que conforman la cuenca 33A Bahía de Chetumal y otras.

Por tal motivo, se requiere realizar una serie de actividades que restablezcan la cantidad de agua contenida en el cuerpo de agua de La Sabana tales como, la identificación de pozos, la restauración de cauces naturales de agua y los estudios específicos a nivel de cuenca para mejorar la cantidad y calidad del agua del humedal.

Como principal indicador de desempeño en la estrategia contra el déficit del agua está el volumen de agua promedio en el humedal (m³) medible en diferentes temporadas del año. De igual manera, las instituciones responsables en dicha estrategia son el Gobierno Municipal, Estatal y Federal, Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), SEMARNAT, CONAGUA, SEMA, Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable (SEDETUS) y CAPA.

Tabla 15. Acciones contra el déficit de agua

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Estudio hidrológico a nivel de cuenca			
Identificar cauces y cuerpos de agua			
Identificar pozos clandestinos			
Clausurar pozos clandestinos			
Restaurar cauces y cuerpos de agua identificados			
Vigilar la extracción ilegal de agua de la laguna			
Restablecer el cauce natural del humedal mediante la demolición de diques			

Fuente: elaboración propia.

6.3.2 Estrategia de mitigación de la sequía

Para iniciar el proceso de mitigación de cambio climático con énfasis en las sequías se propone promover la investigación de nuevas tecnologías y nuevos métodos de adaptación. Asimismo, difundir el conocimiento a través de campañas de educación pública e información que involucre a la comunidad para asimilar nuevos comportamientos que sirvan para la adaptación al cambio climático.

La sequía al ser una problemática global no se pueden tomar medidas tan efectivas como en otras estrategias por tal motivo se tomará en cuenta la precipitación media anual (mm) como principal indicador, aunque las medidas solo serán de carácter mitigatorio. Las instituciones responsables son el gobierno Municipal, Estatal y Federal, Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Educación de Quintana Roo (SEQ), SEDATU, SEMARNAT, CONAGUA, SEMA, SEDETUS y CAPA.

Tabla 16. Acciones de mitigación de la sequía

Acciones	Plazo		
	Corto	Mediano	Largo
Crear una estación meteorológica para el cálculo de la sequía de manera local			
Incluir en los programas educativos información referente a la sequía			
Implementar campañas de comunicación social para enseñar sobre las técnicas para el ahorro del agua y las tecnologías para su reutilización			
Apoyar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con la sequía			
Estudiar la calidad biológica y química del agua de lluvia			

Fuente: elaboración propia.

6.4 Monitoreo y Evaluación del Plan

La evaluación es un proceso para determinar las características más importantes de la planificación. Para determinar de manera justa la evaluación de efectividad y el impacto de las acciones realizadas para el cumplimiento de los objetivos del plan es imprescindible diseñar e implantar un sistema de monitoreo y evaluación encaminado a favorecer un proceso

de análisis y toma de decisiones para el fortalecimiento de dicho Programa o para el replanteamiento de sus objetivos, programas, estrategias y acciones.

El Monitoreo tiene la finalidad de dar seguimiento de forma periódica el nivel de avance o ejecución de los programas, estrategias y actividades planificadas para el desarrollo del Plan de Restauración de La Sabana, mediante el uso de indicadores que refieran la eficiencia y eficacia en el cumplimiento de las metas y acciones realizadas.

Asimismo, el monitoreo podrá realizarse en diferentes periodos de tiempo y por lo menos semestralmente, cuatrimestral o en periodos de tiempo más cortos, de acuerdo con lo que considere pertinente la mesa de trabajo comisionada para la gestión de La Sabana, considerando el factor humano y económico.

Para la elaboración del sistema de monitoreo y evaluación se requiere involucrar a la mesa de trabajo comisionada para la gestión de La Sabana, la cual debe de tener un carácter técnico, multidisciplinario e integrarse con miembros de la comunidad. De igual modo, los indicadores propuestos servirán para determinar la efectividad en el cumplimiento de las metas y las actividades planificadas anualmente para el desarrollo del plan de restauración y el impacto que provoque el cumplimiento de los objetivos de plan.

6.4.1 Indicadores de desempeño

Los indicadores fueron elaborados con base en las estrategias establecidas en los tres programas derivados del Plan de Restauración de La Sabana. Por consiguiente, si se considera la eficiente ejecución del plan, que cumpla de acuerdo con lo proyectado y utilizando los recursos en el proceso de elaboración de los programas operativos por la mesa de trabajo comisionada para la gestión de La Sabana deberán incluir la construcción de dichos indicadores (Tabla 17).

Se recomienda la elaboración de una matriz como se muestra debajo de este apartado (Tabla 18) para facilitar el monitoreo y la posterior evaluación del desempeño con la que han sido

ejecutadas las acciones programadas en los programas operativos. Al igual, dicha matriz permitirá estandarizar los procedimientos de monitoreo y facilitar la evaluación.

Tabla 17. Programas e indicadores del plan

Programa	Estrategia	Indicadores
Programa de mejoramiento de la administración y prácticas de manejo	Estrategia para la regulación de los asentamientos humanos y recuperación de suelos	Uso de suelo por expansión urbana (tipo de cobertura/uso de suelo) Superficie de ocupación por asentamientos humanos informales (m ²) Densidad de la población
	Estrategia para la creación y equipamiento del espacio público	Número de infraestructuras o equipamiento
	Estrategia de planificación local	Número de subprogramas realizados en Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Chetumal en el área de influencia de La Sabana
Programa contra las alteraciones físicas del hábitat	Estrategia contra la modificación del régimen hidrológico	Caudal (m ³ /s)
	Estrategia de restauración del hábitat	Superficie de áreas sensibles (m ²)
	Estrategia de reforestación	Superficie de bosque restaurado (m ²) Superficie de bosque para conservación (m ²) Número de quemas y el cambio de cobertura del suelo (tipo de cobertura/uso de suelo)
Programa para la mitigación del cambio climático	Estrategia contra el déficit de agua	Volumen de agua promedio en el humedal (m ³)
	Estrategia de mitigación de la sequía	Precipitación media anual (mm)

Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Matriz para el monitoreo y evaluación del plan

Monitoreo y Evaluación del Plan de Restauración de La Sabana									
Programa									
Responsable									
Estrategia	Indicador	Actividades		Tiempo en meses		Medio de verificación	Sitio	Presupuesto	
		Programadas	Ejecutadas	Programado	Ejecutado			Asignado	Utilizado

A partir de esta matriz podrá hacerse una valoración porcentual del desempeño, con la aplicación del siguiente procedimiento:

Efectividad = Actividades programadas / Actividades ejecutadas
 Eficacia = Efectividad (Tiempo planeado) /Tiempo ejecutado
 Eficiencia = Eficacia (presupuesto asignado) / (presupuesto gastado)

Fuente: elaboración propia con base en CONANP (2012)

CONCLUSIONES

Las condiciones actuales en las que se encuentra La Sabana son desfavorables para lograr su conservación natural sin una intervención inmediata para su restablecimiento. Los problemas de eutroficación, la fragmentación del humedal por un dique y las descargas de aguas residuales son parte fundamental del problema. A su vez, la falta de interés al humedal por parte de la población y las autoridades e instituciones son la principal causa del deterioro ambiental.

En lo que refiere a la planeación ambiental, la legislación y los programas de ordenamiento o desarrollo urbano en materia de humedales se requiere una mayor coordinación que busque generar los conocimientos para mejorar las capacidades en el manejo y la gestión de los recursos para beneficiar a las poblaciones humanas asentadas en las cercanías de los humedales y las actividades sociales y económicas que se desarrollen en estos espacios.

Por otra parte, la restauración de humedales urbanos necesita de la atención técnica y operativa por parte de los tomadores de decisiones. Igualmente, requiere una política pública orientada hacia los ecosistemas dentro del espacio urbano que genere mecanismos a largo plazo para llenar los vacíos institucionales ya que no se cuenta con un marco legal o normativo que brinde protección específica a los humedales urbanos en México. En consecuencia, la LGEEPA señala que aquello que no esté expresamente reservado a la Federación se entiende reservado a los Estados. Por el contrario, al ser un cuerpo de agua la nación es la que tendrá los derechos sobre el mismo y a su vez el Municipio tiene la capacidad de gestionar el área mediante su carácter autónomo. Estas condiciones impiden la atención oportuna y eficiente de aspectos relacionados con la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, además que provocan el crecimiento de asentamientos humanos en distintos lugares cercanos a la sabana, que van sumando problemáticas ambientales que, de alguna manera, impactan a La Sabana.

Algunos proyectos analizados en este trabajo han demostrado que el cuerpo de agua La Sabana recibe cargas de materia orgánica por encima de las normas oficiales mexicanas, tanto

de las aguas residuales municipales, como de los asentamientos humanos carentes de red de saneamiento que se encuentran en los bordos. No obstante, existen múltiples fuentes que requieren un mayor grado de estudio y análisis, tales como la infiltración de lixiviados en el manto freático tanto de residuos sólidos urbanos, hidrocarburos y otros compuestos químicos persistentes que son dañinos para el medio ambiente.

La presencia de la Lechuguilla de Agua deriva en resultados difíciles de comprender debido a la modificación brusca de las condiciones originarias del ecosistema provocando que algunas especies abunden y otras se vean disminuidas. Los efectos de la Lechuguilla de Agua tienen una importante afectación en el cuerpo de agua ya que ha provocado la disminución de las poblaciones de peces alejándolos a otras zonas. También, ha afectado los ciclos naturales y por ende el rendimiento esperado de los pescadores y el ecosistema mismo. De igual manera ha afectado la navegación para ir en busca de las presas al obstruir el desplazamiento de las pequeñas embarcaciones.

Por otra parte, los estudios técnicos acerca de la ciudad de Chetumal en sus diferentes ramas de aplicación han dejado fuera a los asentamientos humanos que están edificados en la periferia del cuerpo de agua de La Sabana, debido a la informalidad que estos poseen, por lo que de continuar con la inobservancia los procesos humanos en el territorio los proyectos de desarrollo e investigación estarán orientados a la reparación y no a la prevención, que es la acción primordial para los sistemas ambiental, social y económico.

Además, se requiere de la actualización de estudios técnicos como son los inventarios de flora y fauna en la zona de estudio, inclusive en la ciudad de Chetumal, debido a la importante que se continúen desarrollando para tener registros de las especies de flora que se van perdiendo, las especies de fauna que migran o se desplazan a otras zonas y las especies oportunistas o adaptadas al medio urbano que van apareciendo.

Finalmente cabe destacar que el presente trabajo queda como antecedente para ser retomado en otros proyectos, tales como encontrar mejores alternativas para el control y manejo de la maleza acuática en el cuerpo de agua, determinar el tipo de afectación que provoca el estado

actual de La Sabana al sistema de cuenca de la Bahía de Chetumal, realizar acciones para entender los problemas de salud pública como las epidemias provocadas por vectores asociados al cuerpo de agua o entender los procesos de los asentamientos humanos informales para su control y atención. Ya que La Sabana es mencionada en los programas y planes institucionales, pero no se ven reflejadas las acciones para mejorar las condiciones ambientales de la zona.

REFERENCIAS

- Acosta, F. (2016). Determinación: coliformes totales y fecales en *Oreochromis niloticus* y agua del sistema lagunar “La Sabana”. Universidad de Quintana Roo. México.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2004). Estudio de manejo de saneamiento ambiental en la costa del Estado de Quintana Roo en los Estados Unidos Mexicanos.
- Agenjo, C., Molero, R., Bullejos, y Martínez, C. (2013). Economía Ecológica. En Bullejos, A., Agenjo, A., Martínez, C. y Molero, R. (coords) (2017): Manual de corrientes económicas heterodoxas. Economistas sin Fronteras.
- Aguilar, Z. (1996). Control biológico de maleza acuática. Una experiencia en Sinaloa. Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto Control de Maleza Acuática en Canales y Drenes en los Distritos de Riego.
- Aguilar, Z. (1996). Control biológico de maleza acuática. Una experiencia en Sinaloa. Anexo No. 1 en: Informe final del Proyecto Control de Maleza Acuática en Canales y Drenes en los Distritos de Riego.
- Alonzo, L., González, M. (2010). Pérdida de cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, 12(2), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. México.
- Alonzo, L., González, M. (2010). Pérdida de cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, 12(2), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. México.
- Alpuche, S. (2014). Caracterización físico-química en la laguna La Sabana de Chetumal. Universidad de Quintana Roo. México.
- Álvarez, T. (2007). Monitoreo de la calidad del agua de la Bahía de Chetumal y el Río Hondo. México.
- Álvarez, T. y Sáenz, R. (2005). Hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos de la Bahía de Chetumal. México.
- Álvarez, T., Medina, D. y Zavala, A. (2000). Plaguicidas organoclorados y metales pesados en sedimentos y organismos bénticos de la Bahía de Chetumal. México.

- Alverson, W., Kuhlmann, W. and Waller, D. (eds.). (1994). *Wild Forests: Conservation Biology and Public Policy*. Washington, DC: Island Press.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (2012) *Standard Specifications for Highway Bridges*.
- Andreu, J., Vila, M., Hulme, P.E. (2009). An assessment of stakeholder perceptions and management of noxious alien plants in Spain. *Environmental Management* 43. España.
- Arfi, R., Bouvy, M., Cecchi, P., Pagnao, M. and Thomas, S. (2001). Factors limiting phytoplankton productivity in 49 shallow reservoirs of North Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquat. Ecosyst. Health Manag* 4, pp.123-138.
- Balestrini, M (2001). *Como se elabora el proyecto de Investigación*. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas, Venezuela.
- Barba, E., Alva, M. y Calva L. (2013). *Guía ilustrada para la identificación de plantas acuáticas en humedales de Tabasco*. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco. México.
- Becares, E. (2016). *Especies invasoras en humedales y su relación con la salud en zonas tropicales*. España.
- Bejarano, P. y Bonilla, M. (2009). *Rehabilitación del humedal Juan Amarillo*. Colombia.
- Berkes, F., and C. Folke (eds) (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, New York.
- Bertalanffy Von, L. (1976) *Teoría General de los Sistemas*. Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
- Bojórquez, G. y Aguilar, Z. (1997). *Control biológico de maleza acuática. Una experiencia en Sinaloa*. Anexo No. 1 en: *Informe final del Proyecto Control de Maleza Acuática en Canales y Drenes en los Distritos de Riego*. Sinaloa. México.
- Bonilla, J. (2004). *Flora acuática vascular del área focal Felipe Carrillo Puerto, Corredor Biológico Sian Ka'an-Calakmul, Quintana Roo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. Y025. México.
- Bonilla, J. y Santamaría B. (2013). *Plantas acuáticas exóticas y traslocadas invasoras*, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 223-247.

- Briassoulis, H. (1989). Theoretical Orientations in Environmental Planning: An Inquiry into Alternative Approaches, *Environmental Management* 13 (4), pp. 381-392
- Bueno, J., Álvarez, F y Santiago, S. (2005). Biodiversidad del estado de tabasco. Instituto de biología de la UNAM. México.
- Camarena, O, Aguilar, J. (2012) El IMTA y el control biológico de maleza acuática en distritos de riego del país (experiencias desde 1990) IMTA. Jiutepec, Morelos. México.
- Camarena, O., Aguilar, J., Vega, R., Lomelí, J. (2000). Control integral de maleza acuática en distritos de Riego (2), Jiutepec. México.
- Campbell, S. y Fainstein, S. (2003). Introduction: The structure and debates of planning theory. Leído en *Planning Theory*, pp, 1-16.
- Canal, N. (2006) Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes. *Revista eden* 9(9). Madrid, España.
- Cano, F. (2015). Determinación del mercurio en peces *Ctenolobus hujeta* de La Sabana de Chetumal, Quintana Roo. México. Universidad de Quintana Roo. México.
- Castillo, L. (2009). Urbanización, problemas ambientales y calidad de vida urbana. Plaza y Valdés. México.
- Centro de Ecología Aplicada, Comisión Nacional de Medio Ambiente y Gobierno de Chile (2006). Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Chile.
- Centro de Información Geográfica (2011). Atlas de peligros naturales de la ciudad de Chetumal. México.
- Centro de Investigación Científica de Yucatán (Cicy) (2010). Flora Digital: Península de Yucatán Herbario Cicy, Unidad de Recursos Naturales, Mérida, Yucatán, México.
- Centro nacional de prevención de desastres (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. México.
- Chan, J., y Rivera, N. (2017). Contribución al inventario de la vegetación acuática y ribereña de Tabasco, México. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco. México.
- Charles, H., Dukes, J. 2007. Impacts of invasive species on ecosystem services. En: Nentwig, W. (eds.), *Biological Invasions*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Jalisco (2005). Programa de control de malezas acuáticas en el lago de Chapala. Jalisco.
- Comisión estatal de agua y saneamiento del gobierno del estado de jalisco (2007). Control de maleza acuática en el embalse “presa de la vega”. Jalisco.

- Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987). Declaración de Tokio.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2012). Manual para la elaboración de planes de manejo. México.
- Comisión Nacional de Medio Ambiente y Gobierno de Chile (2006). Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica (2). Chile.
- Comisión Nacional del Agua (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tlalpan, México.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Convenio de RAMSAR (1971). la Convención sobre los Humedales (RAMSAR, Irán, 1971)
- Corvalan C., Hales S., McMichael A. (2005). Ecosystems and human well-being: Healthsynthesis. WHO, Italia
- Croat, T. y Carlsen, M. (2003). Araceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología (INECOL) Fascículo 114 (35), pp 1-35.
- Cuesta, A. (2000). Ordenamiento y territorio: de lo planeado a lo construido. Colombia.
- Dear, M y Scott, A. (1981) Urbanization and Urban Planning in Capitalist Society. London
- Dematties, G. (1998) Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas latinas. La ciudad dispersa. Barceloa
- Díaz, A., Díaz, J. y Pinzón, Y. (2012). Elaboración del catálogo. Categorías generales de especies. En Díaz-Espinosa et al. (Eds.). Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá (pp. 26-41). Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Drakaskis, D. (1995). Third World Cities: Sustainable Urban Development, 1. Urban Studies. Departamento de geografía. Liverpool, Reino unido.
- Dray, y Center, 2002. Chapter 5: Waterlettuce. In: Biological Control of invasive Plants in the Eastern United States, USDA Forest Service Publication FHTET2002-04, Estados Unidos.
- Durán R. y M. Méndez (Eds). (2010). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Cicy, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, México
- El Colegio de la Frontera Sur (2018). Informe anual 2018. México.

- Espigares, M. y Perez, J. (1985) Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.
- Fielder, P. and Kareiva, P. (eds.). 1998. Conservation Biology for the Coming Decade. New York: Chapman & Hall.
- García, E. CONABIO, (1998). Isotermas Medias Anuales. Escala 1:1000000, México.
- García, R. (2006). Dialéctica y Estructura de la Construcción del Conocimiento Retrieved.
- Gardner, R., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C., Galewski, T., Harrison, I., Paganini, M., Perennou, C., Pritchard, D., Rosenqvist, A. and Walpole, M. (2015). State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Gastó, J., Rodrigo P. y Aránguiz I. (2002). Ordenación territorial, desarrollo de predios y comunas rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, LOM Ediciones, Santiago de Chile, pp 998.
- Gattenlöhner U., Hammerl, M., Jantschke S. (eds). (2004) Restauración de Humedales –Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros. Europa.
- George, P. (1991). Diccionario akal de geografía. Ediciones Akal. Madrid. España
- German Agency for Technical Cooperation (2009). Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Alemania.
- Girardet, H. (2008). Cities people planet urban development and climate change. Chichester, West Sussex (England): John Wiley & Sons Ltd.
- Gobierno de Mendoza (2011). Manual de Bosques Nativos. Un aporte a la Conservación desde la Educación Ambiental. Argentina
- Gobierno Vasco (2003). Indicadores ambientales: biodiversidad y paisaje. España.
- González, R., Vadillo, I., Rodríguez R. y Carrasco F. (2004). Sistema redox en un acuífero carbonatado afectado por lixiviado de basureros. Revista Latino-Americana de Hidrogeología (4). Pp 71-79.
- Govaerts, R., Dransfield, J., Zona, S., Hodel, D.R. & Henderson, A. (sf). World Checklist of Areaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Recuperado en: <http://wcsp.science.kew.org/> Retrieved
- Gudiño, M. (2003). Desafíos para el neoliberalismo. Ordenamiento territorial y planificación estratégica. Proyección 2. Revista del CIFOT. Pp 33-40.

- Gutiérrez, C. (2006). Lista de especies de plantas acuáticas vasculares de la península de Yucatán, México. Centro de Investigaciones Históricas y Sociales. Universidad Autónoma de Campeche. México.
- Gutiérrez, E., Arrequín, F., Huerto, R. y Saldaña, P. (1994) Control de malezas acuáticas en México. Ingeniería Hidráulica en México 9 (3), pp. 15-34
- Guzzi, T. (1989). Técnicas para el control de malezas acuáticas. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), México.
- H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2001) Programa de ordenamiento territorial (POET) de la laguna de bacalar. México.
- H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2016) Plan municipal de desarrollo 2016-2018. México.
- H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (2018). Acta de la sesión No. 26 del segundo periodo ordinario de sesiones del segundo año de ejercicio constitucional. México.
- Hall, P. (1989) London 2001. London
- Hammerl, M., Gattenlöhner, U. y Jantschke, S. (2004). Restauración de Humedales – Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros. Manual para la Elaboración de un Plan de Gestión. Global Nature Fund (GNF)
- Harris, L. (1984). The Fragmented Forest: Island Biogeographic Theory and the Preservation of Biotic Diversity. Chicago: University of Chicago Press
- Hernández, R. (1998). metodología de la Investigación. McGraw-Hill Editores. México.
- Hoch, C., Dalton, L. y Frank, S. (Eds) (2000). The Practice of Local Government Planning. Estados Unidos.
- Holland, J. (1984). Adaptation in Natural and Artificial Systems. MIT Press, United States.
- Hopkins, C. (2001). Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard. Directorate for Nature Management, Svalbard, Noruega.
- Horwitz P., Finlayson, M. and Weinstein, P. (2012). Healthy wetlands, healthy people: a review of wetlands and human health interactions. Ramsar Technical Report 6/ WHO Report. Ramsar Convention Secretariat. Gland, Suiza.
- Huerto, R., Alonso, P., Vargas, S., Amador, A., Ortiz, C. y Zambrano, L. (2011). Manejo integral para el control de malezas acuáticas, especies invasoras y remoción de sedimentos en apoyo

- a la recuperación de especies emblemáticas y mejora de la calidad del agua del lago, Informe final. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1994). Programa de control de Malezas Acuáticas en el Lago de Chapala. México.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2015) Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.
- Instituto nacional de estadística y geografía (2007). Clasificador para la Codificación de Actividad económica. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1980). Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual 1:1,000,000. Serie I. México: Autor
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1999). Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Carta Geológica 1:1,000,000. Serie I. México: Autor
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2000) Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Carta Fisiográfica 1:1,000,000. Serie I. México: Autor
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2002). Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico 1:250,000. Serie I. México: Autor
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2006). Manual descriptivo humedales potenciales de México. México, DF.
- Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI) (2009): Prontuario de Información Geográfica Municipal de Othón P. Blanco, Quintana Roo,
- Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI) (2010). Marco geoestadístico. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2011). Uso de suelo y vegetación. Datos vectoriales escala 1:250.000 Serie V (Capa Unión) – Descarga México Autor
- Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI) (2016). Encuesta intercensal 2015. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007) Cuencas Hidrográficas de México, escala 1:250,000 México
- Ito, E., Nmor, J., Ake, J. y Utebor K. (2015). Larvicidal Activity of Pistia stratiotes (Water Lettuce) against Larvae of Aedes aegypti. Advances In Research. 3(6): PP. 589-595.

- Jin, X., Wang, S., Zhao, H., Bu, Q., Chu, J., Cui, Z., Zhou, X. and Wu, F. (2006). Lake sediments alkaline phosphatase effect of lake sediments of different trophic states on alkaline phosphatase activity. *Lakes Reserv Res Manag* 11, pp. 169–176.
- Kaufman, K. (1996). *Lives of North American Birds*. Boston. Estados Unidos.
- Klingman G. y Ashton F. (1980). *Estudio de las Plantas Nocivas. Principios y Prácticas*. Limusa. México, D.F.
- Labrada, R. Caseley, J., Parker C. (1996). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal - 120)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. Italia.
- Lefebvre, H. (1969). *El derecho a la ciudad*. Barcelona. España.
- Lein, J. (2003) *Integrated Environmental Planning*. Blackwell Publishing, Oxford, pp.1-43.
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B, Balsley, J. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Estados Unidos.
- Lewis, W. (2000). Basis for the protection and management of tropical lakes. *Lakes Reserv. Res. Manag* 5, pp. 35–48.
- Lot, A., Novelo, A. y Cowan, C. (1980) Hallazgo en México de euforbiácea acuática originaria de Sudamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (39). México.
- Manuel, P. (2003) Cultural perceptions of small urban wetlands: Cases from the Halifax Regional Municipality, Nova Scotia, Canada. *Wetlands* (23). Pp 921–940.
- Marín J. y Hernández M. (2013) Los humedales, sus funciones y su papel en el almacenamiento de carbono atmosférico. *Ciencia hoy* 172. Instituto de Ecología (INECOL). México.
- Martín, J. y Ramírez, C. (1983). Flora de malezas en arrozales en Chile central. *Ciencia e Investigación Agraria* 10. Chile.
- McCullough, D. (ed.). (1996). *Metapopulations and Wildlife Conservation*. Washington, DC: Island Press.
- Méndez, A. y Astudillo, M. (2008). *La investigación en la era de la información*. México: Trillas
- Mendoza, E y López, L. (2017). *Inventario florístico y entomofaunístico en tres objetos de conservación ecosistémicos en las zonas núcleo de las Reservas Estatales de Balam-kú y Balam-kin, Campeche*. Secretaría de Educación Pública. Instituto Tecnológico de China. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF128. Ciudad de México. México.

- Mendoza, Y., Pérez, J. y Galindo, A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *SciELO* 29 (2). La Serena. Chile.
- México Serra, A. (2002). Derecho administrativo. México: Porrúa. Recuperado de <http://www.inap.mx>
- Morán, A. y Área de Educación (2017). ¿qué es la economía ecológica? 99 preguntas y 99 experiencias para aprender a vivir en un mundo justo y sostenible. *Ecologistas en Acción*. España
- Munizaga, G. (2000). Imagen de archivo Macroarquitectura - Tipologías y Estrategias. España.
- National Academy of Sciences (NAS) (1976). Making aquatic weeds useful: Some perspectives for developing countries. National Academy of Sciences, Washington, D.C. Estados Unidos.
- National Research Council (1976). Making Aquatic Weeds Useful: Some Perspectives for Developing Countries. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19948>.
- Noreña, E., Zapata, O., Ceja, V. and Gold, G. 1998. Hydrocarbon and organochlorine residue concentrations in sediments from Bay of Chetumal, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 61(1). Pp 80-87.
- ONU-Hábitat. (2015). Directrices Internacionales sobre Planificación Urbana y Territorial. Recuperado de www.unhabitat.org
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1999). Integrated and coordinated implementation and follow-up of major. United Nations conferences and summits. Nueva York, Estados Unidos de América, Pp. 18. Consultado en internet en la página www.un.org/documents/ecosoc/docs/1999/e1999-11.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2020). Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. México.
- Ortiz, M. and Sáenz, R. (1997). Detergents and orthophosphates inputs from urban discharges to Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 59 (3). Pp 486-491.
- Pickett, S., Ostfeld, R., Shachak, M. and Likens, G. (eds.) (1997). *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystem, and Biodiversity*. New York: Chapman & Hall
- Primack, R. 1998. *Essentials of conservation biology*. 2ed. Singapur. Pp 659

- Procuraduría de protección al ambiente (2018). Programa de saneamiento de La Sabana. Chetumal, Quintana Roo. México.
- Ramírez, A., Sanchez, J. y Garcia, A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. Revista del Centro de Investigación 6 (21), pp 55-59 México.
- Ramirez, M. (2013). Análisis de la oferta de vivienda de interés social en la ciudad de Chetumal. Universidad de Quintana Roo. México.
- Rangel, L. (2014). O diagnostico do desenvolvimento urbano da cidade de Chetumal no México. Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais. 3 (2). Brasil.
- Rangel, L. (2015). Urbanismo y humedales caso de estudio: El humedal La Sabana desarrollo urbano de la zona noroeste de Chetumal, México. Universidad Veracruzana. México.
- Resilience Alliance (2010). Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners.
- Rivas, G. y Mijares., (1980). Tratamiento de aguas residuales. Ed. Vera. México.
- Romo, S., Miracle, M., Villena, M., Rueda, J., Ferriol, C. and Vicente, E. (2004). Mesocosm experiments on nutrient and fish effects on shallow lake food webs in a Mediterranean climate. *Freshwater Biol* 49, pp.1593-1607.
- Royle, R. and King, R. (1996) Nutrient status of Lake Liddel, New South Wales: Mass loadings of nitrogen and phosphorus, industrial modification, and trophic state. *Aust. J. Marine Freshwater Res* 43, pp. 443-455.
- Sabbatini, M., Fernández, O. y Bezic, C. (2014). Malezas acuáticas. Malezas e invasoras de la Argentina, Editorial de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Sánchez, G. y Pozo, M. (2008). Colección de referencia de vectores de *Leishmania* spp (causante de Leshmaniasis cutánea localizada) de la Península de Yucatán y un estudio preliminar en un área endémica de Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CC005. México.
- Sánchez, J. (1996). La documentación fotográfica. Revista General de Información y Documentación 6 (1). Universidad Complutense de Madrid. España.
- Saunders, D. and Hobbs, R. (eds.). 1991. Nature Conservation 2: The Role of Corridors. Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty and Sons
- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (1978). Glosario de términos sobre asentamientos humanos, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2018). Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há. Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.

Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) (2011). Glosario de términos. Atlas de riesgo del municipio de Novolata. Sinaloa, Mexico.

Secretaría de economía (2013) Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable – criterios y requerimientos mínimos. México.

Secretaría de gobernación (2017). REGLAS de Operación del Programa para Regularizar Asentamientos Humanos Irregulares, para el ejercicio fiscal 2017. Diario oficial de la federación. México.

Secretaría de la Convención de Ramsar (2010). Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales 4 (1). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). Política nacional de humedales. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). Política nacional de humedales. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) – Secretaría de ecología y Medio Ambiente (Sema) – H. ayuntamiento de Othón P. Blanco (2015) Programa de ordenamiento ecológico local (POEL) del municipio de Othón Pompeyo Blanco. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), (2008). Guía MIA regional. México, D.F.

Secretaría de salud (2001). Disposición sanitaria de excretas. Programa de salud y nutrición para los pueblos indígenas. México.

Secretaría de salud (2001). Programa de Acción: Enfermedades Transmitidas por Vector. Mexico.

Settacharnwit, S., Buckney, R., and Lim, R. (2003). The nutrient status of Nong Han, a shallow tropical lake in north-eastern Thailand: Spatial and temporal variations. Lakes Reserv. Res. Manag 8, pp.189–200.

- Smardon, R.C., Palmer, J.E., Felleman, J.P. (1986). Foundations of visual projects analysis. New York. Wiley Ed.
- Spears, B., Carvalho, L. and Paterson, D. (2006). Phosphorus partitioning in a shallow lake: implications for water quality management. *Water and Environment Journal* 0(0), pp. 1-7.
- Tamayo, M. (1996). El proceso de la investigación científica. Limusa Noriega Editores.
- Tejero, J. y Romero, J. (Sin fecha). Planta de tratamiento de aguas residuales “Centenario”. Recuperado en: <http://www.capa.gob.mx/cultura/pdfs/tratamiento.pdf>
- The Secretariat of the Convention on Wetlands (1971). Convención sobre los humedales (RAMSAR). Irán.
- Tundisi, J., Matsumura, T. and Calijuri, M. (1993). Limnology and management of reservoirs in Brazil. *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, Springer, Amsterdam, Netherlands.
- Vargas, A., Victoria, M yAgüero, J. (2016): proceso de urbanización en Chetumal Quintana Roo 1981-2015. Un análisis de sus efectos sociales y ambientales. In: El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México. ISBN AMECIDER: 978-607-96649-2-3 UNAM: 978-607-02-8564-6
- Vargas, H. y Ponce, D. (2008). Propuesta de indicadores para la evaluación del uso urbanístico del municipio san José de las Lajas en función de su desarrollo local sostenible. *Revista Ingeniería industria* (1). Pp 39-47. Cuba.
- Villanueva, P. (2017). La desconocida sabana de Chetumal. Recuperado en: <http://comunicadoresurbanos.com/2017/08/03/la-desconocida-sabana-de-chetumal/>
- Volkheimer, W., Scafati, L., Melendi, D. (Eds). (2011) Breve enciclopedia del ambiente. Argentina.
- Wilson, E. (1988). The current status of biological diversity. In *Biodiversity* (Wilson EO, ed.). Washington, DC: National Academic Press, pp. 3-18.
- Wu, J., Zhang, J., Jia, W., Xie, H., and Zhang, B. (2009). Relationships of nitrous oxide fluxes with water quality parameters in free water surface constructed wetlands. *Front. Environ. Sci. Engin. China* 3(2). pp 241–247.
- Yáñez, A. (2008). Impacto ambiental y metodologías de análisis. *Revista unam* 1(2). Pp 7-15. México.

- Yáñez, A. (2008). Impacto ambiental y metodologías de análisis. *Revista unam* 1(2). Pp 7-15. México.
- YU Jing-Lei, JU Mei-Ting, SHAO Chao-Feng (2007). *Management and Restoration of Urban Wetlands*. *Wetland Science & Management*. Nankai University, Tianjin.
- Ziller, S., Reaser, J., Neville, L. y Brandt, K. (eds). (2005). *Especies alienígenas invasoras en Sudamérica: informes nacionales & directorio de recursos*. Global Invasive Species Programme, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.