

# Procesos urbanos informales y actividades sociales que han determinado la eutrofización del humedal La Sabana, Chetumal, Quintana Roo

Pedro Leobardo Jiménez Sánchez<sup>1</sup>

Francisco Javier Rosas Ferrusca<sup>2</sup>

## Resumen

La ciudad de Chetumal, localizada en el municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo, ha tenido un acelerado incremento demográfico y un crecimiento y expansión de su mancha urbana hacia su periferia, resultando una ocupación informal del suelo. Este proceso de ocupación informal del suelo, es una amenaza para los recursos naturales y ecosistemas acuáticos, dado el excesivo aporte de nutrientes provenientes de las actividades humanas, que pueden ser altamente dañinos y alterar su funcionamiento. Las fuentes de origen antrópico más comunes en el aporte de nutrientes son los drenajes pluviales, descargas de aguas residuales sin tratamiento, el uso de fertilizantes, la falta de infraestructura de saneamiento y alcantarillado. El trabajo tiene como objetivo analizar los procesos urbanos informales que se han gestado en las inmediaciones del humedal La Sabana, que le ha llevado a ser sujeto al proceso de eutrofización.

La metodología aplicada se basa en el Método Mixto; este método establece estar en contacto con los actores sociales que intervienen en el desarrollo del fenómeno dentro del contexto espacial donde se desarrolla el objeto de estudio. Los resultados muestran que el humedal La Sabana es motivo de la presencia en exceso de vegetación acuática, derivado del incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes, que le han generado graves alteraciones bajo el proceso de eutrofización.

**Conceptos clave:** 1. Procesos urbanos; 2. informalidad; 3. eutrofización

## Introducción

La ciudad de Chetumal, capital del estado de Quintana Roo, política y administrativamente pertenece al municipio de Othón P. Blanco y es sede del gobierno estatal, lo que la hace una ciudad con muchas condicionantes y fortalezas desde el punto de vista económico y administrativo; sin embargo, estas condiciones también le adjudican acelerados procesos demográficos y urbanos. Desde el punto de vista demográfico, ha tenido un crecimiento social muy acelerado, consecuencia del desarrollo de actividades económicas, lo cual constituye un referente y atractivo para la población de otras entidades, en busca de mejores oportunidades de trabajo y un bienestar social adecuado, que no encuentran en su lugar de origen.

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Sociales; Profesor investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México; pljimenezs@uaemex.mx

<sup>2</sup> Doctor en Administración Pública. Profesor investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México; fjrosasf@uaemex.mx

Desde el punto de vista territorial, Chetumal ha sido objeto de un proceso de urbanización, crecimiento y expansión urbana hacia su periferia, lo cual se ha desarrollado a través de dos mecanismos: por un lado, un crecimiento de la mancha urbana, cuyas acciones de la población e, incluso, de los promotores inmobiliarios en materia habitacional y comercial, se ha dado bajo la regulación y vigilancia del Estado, fundamentados en los planes de desarrollo urbano y las instituciones.

Por otro lado, se ha dado, fundamentalmente, sobre la base de las acciones de la población, quienes, al no contar con el apoyo del Estado, el gobierno municipal o sus instituciones, determinan el desarrollo y operatividad de mecanismos de ocupación informal o ilegal del suelo, en zonas no aptas para el desarrollo urbano, lo que conlleva a un crecimiento y procesos informales.

Estos dos procesos, en consecuencia, han determinado la ocupación de zonas no aptas para el desarrollo urbano, incluso en áreas en zonas de riesgo o, en su caso, en áreas cercanas a ecosistemas naturales y acuáticos, cuyo resultado son las alteraciones a los mismos, resultado de las actividades urbanas y falta de sistemas de infraestructura y/o apoyo de las autoridades locales en torno a los servicios públicos.

En la ciudad de Chetumal, los procesos de ocupación informal en zonas no aptas para el desarrollo urbano, o cerca de ecosistemas naturales y acuáticos, representan, de acuerdo a Ruíz et al. (2016)

“Amenazas a las que están sujetos los ecosistemas costeros, como lagunas, estuarios y bahías, dado el excesivo aporte de nutrientes provenientes de las actividades humanas. Con moderación estos aportes de nutrientes resultan beneficiosos, sin embargo, su exceso puede ser altamente dañino y alterar el funcionamiento del ecosistema” (Ruiz et al., 2016).

Las fuentes de origen antrópico más comunes en el aporte de nutrientes son los drenajes pluviales, descargas de aguas residuales sin tratamiento, el uso de fertilizantes, la falta de infraestructura de saneamiento y alcantarillado.

Uno de los principales ecosistemas naturales que se ha identificado en Chetumal, es la existencia de un cuerpo de agua denominado La Sabana y sus zonas adyacentes, que son prueba fehaciente de la presencia en exceso de vegetación acuática, derivado del incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes, que puede generar graves alteraciones a los ecosistemas acuáticos, como es la eutrofización. Cooke et al. (2005) define el proceso de eutrofización como “la carga de materia orgánica e inorgánica disuelta y particulada en lagos y embalses a tasas suficientes para aumentar el potencial de alta producción biológica, disminuir el volumen de la cuenca y agotar el -Oxígeno Disuelto-OD”.

De acuerdo a RAPAL (2010)

“La eutrofización es un proceso natural, resultado de la descarga normal de nutrientes, sedimentos y otros materiales que llegan lentamente a los sistemas acuáticos. Durante dicho proceso, el lago recibe los aportes de nutrientes que, con el paso del tiempo se transforma en un pantano o humedal y al consolidarse se convierte en un sistema terrestre. Este proceso tiene lugar Este proceso tiene lugar en cientos de miles de años,

es irreversible y ocurre tanto en los cuerpos de agua de regiones templados como tropicales, siendo más lento en los ambientes templados (considerando características similares del lago)”

De esta manera, el objetivo del presente trabajo es analizar los procesos urbanos informales que se han gestado en las inmediaciones del humedal La Sabana, ubicado en Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, que le ha llevado a ser sujeto a la eutrofización.

## **Metodología**

El método implementado en el presente trabajo, sugiere la utilización del Método Mixto, los métodos e instrumentos cualitativos utilizados son una herramienta en la investigación de los fenómenos sociales, básicos para explicar e interpretar los problemas sociales; por su parte, los métodos cuantitativos, permitirán extraer la información estadística que permita delimitar el objeto de estudio.

Asimismo, el trabajo se sustenta en el método deductivo , que consiste en la formulación del planteamiento teórico del objeto de estudio; con ello, se derivan las principales variables conceptuales y, a su vez, se construyó el modelo teórico metodológico; para corroborar su validez, se aplicó al caso de estudio. La estrategia más adecuada es establecer el contacto directo con los actores involucrados será mediante la observación. De acuerdo a Farías (2016: 16)

“La observación ocupa un lugar de privilegio en el abordaje investigativo o de intervención como en el caso específico del trabajo social o de toda disciplina de intervención como los docentes, los psicólogos sociales, o los agentes de un departamento de recursos humanos. Sola o asociada a otras técnicas de recolección, la observación permite un contacto directo y estrecho con el problema a estudiar lo que presenta una serie de ventajas, pero también de dificultades.”

El trabajo da cuenta de los resultados de un proceso de investigación que se ha desarrollado durante el periodo 2017-2021 (Jiménez, et al. 1917, 2020), dirigido a un seguimiento de los procesos urbanos informales e irregulares en torno al cuerpo de agua La Sabana, en cuyo seguimiento se ha observado que uno de los principales fenómenos de que ha sido objeto el humedal ha sido la eutrofización y, junto con ello, otro tipo de impactos y consecuencias negativas de tipo socio ambiental sobre los recursos y ecosistemas naturales (Jiménez, 2020).

## **Fundamento teórico**

- *Procesos urbanos informales*

Conforme lo señala Trinidad (2016: 205): Una característica de la producción de las ciudades latinoamericanas ha sido el resultado del funcionamiento y conjunción de tres lógicas de

coordinación social: el mercado, el Estado y la lógica de la necesidad, esta última se constituye a partir de un conjunto de acciones individuales y colectivas que promueven la producción de lo que se ha de denominar “ciudades populares”.

Asimismo, de acuerdo a Abramo (2012: 36-38), “Esta forma de producción urbana se ha desarrollado a partir de una modalidad de acceso al hábitat, caracterizada por su habitual proceso de: ocupación/autoconstrucción/auto urbanización y consolidación; esta modalidad de producción de la ciudad popular se presenta como una nueva variante que articula la lógica del mercado con la de la necesidad, y se manifiesta socialmente como el mercado informal de suelo.”

Por su parte, Rojas y Fretes (2009: 13), señalan que “Los hogares que no pueden conseguir viviendas o suelo en el mercado formal recurren a la compra de suelo en subdivisiones ilegales o invaden tierras, generalmente suelo de propiedad pública o sin demanda en el mercado. Los precios son relativamente menores que en el mercado legal, dada la ausencia de obras de urbanización formalmente requeridas, la baja calidad ambiental y la escasa accesibilidad al resto de la ciudad, y sobre todo la falta de seguridad jurídica. Para los sectores pobres, la ilegalidad de la operación inmobiliaria, y a veces la dudosa propiedad de quien vende, no representa un obstáculo mayor para adquirir el bien. Sin embargo, estas formas de acceso al suelo tienen fuertes externalidades negativas, especialmente impactos ambientales. Consideraciones de este tipo conducen a concluir que el mercado formal de tierras no es independiente del informal, aunque con límites no muy bien definidos.”

A su vez, Delgado (2014: 150-151), manifiesta que “La informalidad e irregularidad son conceptos asociados directamente al desarrollo de un hábitat popular, generalmente espontáneo y auto producido, que en su materialización presenta carencias constructivas y de habitabilidad, así como ausencia/precariedad en las infraestructuras y servicios urbanos, tanto en la propia vivienda como en su entorno inmediato, lo que sin duda disminuye la calidad de vida de las personas que se hallan en estas situaciones.” (Delgado, 2014: 150-151).

#### - *El proceso de Eutrofización*

Por lo que se refiere al proceso de eutrofización, Harper (1992), señala que

“Es el proceso por el cual un cuerpo de agua es enriquecido con nutrientes limitantes para el fitoplancton, principalmente fósforo y nitrógeno, y en algunas ocasiones silicio, potasio, hierro o manganeso. Estos nutrientes promueven el crecimiento excesivo de algas y su acumulación, las cuales se descomponen por la intervención de organismos aerobios presentes en el sistema, agotando el oxígeno disponible, provocando la turbidez en los cuerpos de agua, condiciones anóxicas y como resultado, la muerte y descomposición de la flora y fauna acuática.” (Harper, 1992).

Ledesma, et al. (2013) señala que la eutrofización se define como “un proceso de deterioro de la calidad del recurso agua, se origina por el enriquecimiento de nutrientes,

principalmente nitrógeno y fósforo, condicionando la utilización de estos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional”.

Por su parte, Barreto, et al. (2013), menciona que la palabra eutrófico significa “rico en nutrientes y la eutrofización proviene del griego eu “bien” y trophēin “nutrido” que significa bien nutrido y lo definen como consecuencia de un desequilibrio a la multiplicación de materia vegetal, que al descomponerse provoca daños como la disminución del oxígeno disuelto, tan necesario para la vida acuática”

Así, de acuerdo a las Ciencias de la Tierra y Medioambientales (CTM, 2009), la eutrofización,

“es un proceso complejo que se puede podernos sintetizar en tres fases:

- Gran aporte de nutrientes, fundamentales de fosforo, que es el principal factor limitante, pues el nitrógeno, que también es necesario, puede ser fijado por las cianobacterias. Este fosforo procede básicamente de abonos y fertilizantes agrícolas, industrias agropecuarias, residuos alimenticios y de detergentes con fosfato. Estos nutrientes favorecen la fase siguiente:
- Proliferación excesiva de organismos fotosintéticos superficiales, fitoplancton y algas, que enturbian el agua disminuyendo la zona fótica. Al morir, producen un gran acumulo de materia orgánica en el fondo.
- Oxidación de la materia orgánica del fondo por bacterias aeróbicas, agotando el oxígeno, llegando a producir condiciones de anaerobiosis que favorecen la aparición de bacterias anaerobias. Estas fermentan la materia orgánica sobrante y desprenden compuestos químicos desagradables (como SH<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NH<sub>3</sub> que producen mal olor), peligrosos para la salud.”

De esta manera, Scholten (2005), señal que

“Las causas de la eutrofización son derivadas de las fuentes de enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos con las aguas residuales, los detergentes, las descargas industriales, la escorrentía de la agricultura, las obras de construcción, y las áreas urbanas. Estas actividades incrementan el flujo de nutrientes orgánicos e inorgánicos en ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos costeros, promoviendo la eutrofización en sistemas acuáticos. La eutrofización no solo afecta las características biológicas y ecológicas del sistema acuático, sino que también produce graves pérdidas económicas, ya que puede causar hipoxia costera y alterar la red alimentaria en las zonas amenazadas

García y Miranda (2018) reconocen que, entre las causas antropogénicas que aceleran el proceso de la eutrofización,

“Se encuentran:

- Uso de fertilizantes agrícolas: el uso continuo de fertilizantes y estiércol animal es el principal responsable de la eutrofización. Estos llegan a los cuerpos de agua

principalmente por la escorrentía que se produce cuando el agua de lluvia o las prácticas de riego los arrastran hacia zonas bajas, hasta llegar a los cuerpos de agua.

- Descarga de residuos industriales y municipales: este problema se presenta principalmente por la demanda de recursos materiales de la sociedad, ya que al existir una mayor demanda de recursos las actividades industriales aumentan y dentro de estas el uso del recurso agua es primordial para llevar a cabo la elaboración de estos materiales, al hacer usos del recurso debe existir una descarga de este a los cuerpos de agua donde el proceso presenta una aceleración.
- Quema de combustibles fósiles. El nitrógeno liberado a la atmósfera puede volver al agua y al suelo a través de las precipitaciones.”

Entre otros factores que contribuyen al desarrollo de la eutrofización, son la falta de movilidad del agua, escasa profundidad, caudal reducido y temperaturas elevadas del agua. Mientras menos agua hay en el ecosistema acuático o más lenta es su tasa de renovación, más rápido se alcanza la saturación de nutrientes (Castro, 2020).

Pedrozo y Ramírez (2020), señalan

“Los efectos de la eutrofización crean múltiples problemas, entre los que se encuentran la generación de zonas de hipoxia, también conocidas como “zonas muertas”, que reducen la biodiversidad y florecimientos algales que generan problemas de sabor y olor, que amenazan la seguridad del agua potable y el abasto de alimentos acuáticos, que estimulan la liberación de gases de efecto invernadero y que degradan los valores sociales y culturales de estos cuerpos de agua.

Los florecimientos de plantas invasoras están reconocidos como uno de los aspectos más negativos de la eutrofización cultural, que se debe a la carga excesiva de nutrientes por actividades humanas. Esta carga adicional de nutrientes incrementa el florecimiento de algas productoras de toxinas, como son las cianobacterias y los dinoflagelados, presentes en ríos, lagos, embalses, estuarios y lagunas costeras, y que estimulan el crecimiento de plantas invasoras. Las toxinas resultantes de estos florecimientos tienen el potencial de volver el agua almacenada poco segura para el abastecimiento de agua potable, la irrigación y los propósitos recreativos, lo que convierte los cuerpos de agua en disfuncionales desde una perspectiva ecológica, económica y estética.” (Pedrozo y Ramírez, 2020).

A su vez, Torrans y Clemens (1982) manifiestan que

“Las consecuencias del gran crecimiento de fitoplancton, provoca un enturbiamiento en el sistema que impide la entrada de la luz al fondo. Los organismos fotótrofos no pueden realizar sus actividades metabólicas lo que provoca su muerte, por lo que la producción de oxígeno disminuye y los organismos descomponedores, principalmente bacterias aerobias, comienzan a consumir el oxígeno presente, creando un ambiente anóxico. Este ambiente hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema.”

## **Delimitación del caso de estudio**

La SEDATU (2018), señala que

“Chetumal goza de una variedad de recursos naturales, sin embargo la riqueza de la biodiversidad, paisajes, cuerpos de agua, playas y franjas costeras, así como la riqueza histórico arqueológica, es también susceptible y frágil; a pesar de que se han decretado diversas áreas protegidas, la presión de la población y, especialmente, de la actividad turística en la región cercana a la zona maya (la denominada “Costa Maya”) ha propiciado que en los instrumentos de planificación turística se haga mención a la necesidad de conservar cuidar y preservar, más que la intención de aprovechar o utilizar los recursos.”

El Centro de Información Geográfica (CIG, 2011) y la Conagua (CNA, 2007), manifiestan 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 primero nace en las sierras fronterizas entre Belice y Guatemala y desembocan en la ciudad de Chetumal; el segundo 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, son rápidamente drenados hacia las capas inferiores.”

Uno de los principales ecosistemas acuáticos naturales que se ha identificado en Chetumal, es un cuerpo de agua denominado La Sabana que, junto con sus zonas adyacentes, se encuentra dentro de la cuenca Bahía de Chetumal, que pertenece a la región hidrológica Yucatán; este cuerpo de agua es prueba de la presencia en exceso de vegetación acuática, derivado del incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes, que puede generar graves alteraciones a los ecosistemas acuáticos, como es la eutrofización.

La Sabana “se ubica a cuatro metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas geográficas de 18°32'15.60"N y 88°19'18.57"W; tiene una longitud de 15 kilómetros, desde el norte recorre las colindancias de la mitad de Chetumal; en la parte más ancha tiene 300 metros”, en algunas partes 100 metros, la parte más profunda es de 4 metros; La Sabana “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.” (SEDATU, 2018)

La Sabana se localiza al noroeste de la ciudad de Chetumal y colinda con la colonia Nuevo Progreso, rodeando “toda la zona noreste de Chetumal desde el ejido calderitas hasta las inmediaciones de La Feria regional de la frontera sur” (Cano, 2020: 45); el cuerpo de agua está llena de vida, “cuenta con diferentes especies de aves, iguanas, cocodrilos y peces, además de dos especies de manglar y está conectada con los manglares de la Reserva estatal Bahía de Chetumal Santuario del Manatí.”

## **Procesos urbanos informales**

El municipio de Othón P. Blanco “tiene una extensión de 11,804.65 kilómetros cuadrados de superficie, lo que representa el 25% del territorio del Estado de Quintana Roo”. El municipio de Othón P. Blanco ha contado con un Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) y, a su vez, se han formulado y actualizado otros instrumentos de planeación, como es el Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal, Calderitas, Subteniente López, Huay Pix y Xul-Há (SEDATU, 2018), de acuerdo con las disposiciones establecidas en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Estos instrumentos de planeación se han formulado a efecto de regular y ordenar el proceso de urbanización y crecimiento de la mancha urbana, no obstante, por las acciones que se han desarrollado por parte de la sociedad, estos instrumentos han sido rebasados.

El Índice de Competitividad Urbana (ICU)

“Ha registrado un crecimiento acelerado de la mancha urbana en el municipio de Othón P. Blanco, pasando de 0.31 en 2020 a 2.8 en 2021; este indicador mide la tasa promedio de crecimiento Trimestral de la superficie urbana, en relación con el crecimiento de la población. Las cifras referidas demuestran que para el año 2020 la población crecía más rápido que la mancha urbana y para el año 2021, la mancha urbana está creciendo casi tres veces más rápido que la población.” (Cano, 2020).

De acuerdo a Rangel (2014),

“El crecimiento de la mancha urbana implica un consumo ineficiente del suelo, genera estructuras urbanas discontinuas y con alto grado de fragmentación, lo que hace ineficaz inequitativa y financieramente insostenible la atención de las necesidades derivadas de un patrón expansivo que no corresponde a un esquema de planeación ordenada del territorio.”

“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” a las orillas de la ciudad, así como asentamientos humanos informales en las inmediaciones del humedal La Sabana.

Con respecto a la relación entre lo urbano y lo natural, Rangel (2015), señala que

“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.”

## **Causas antropogénicas de la eutrofización**

Scholten (2005) señala que las causas de la eutrofización son derivadas de

“Las fuentes de enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos por aguas residuales, los detergentes, las descargas industriales, la escorrentía de la agricultura, las obras de construcción, y las áreas urbanas. Estas actividades incrementan el flujo de nutrientes orgánicos e inorgánicos en ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos costeros, promoviendo la eutrofización en sistemas acuáticos. La eutrofización no sólo afecta las



características biológicas y ecológicas del sistema acuático, sino que también produce graves pérdidas económicas, ya que puede causar hipoxia costera y alterar la red alimentaria en las zonas amenazadas.”

Considerando los argumentos de García y Miranda (2018), “entre las causas antropogénicas que aceleran el proceso de la eutrofización”, aplicado a La Sabana, se encuentran:

a) Uso de fertilizantes agrícolas:

La zona donde se encuentra localizado el cuerpo de agua La Sabana, corresponde a tierras de origen social de los núcleos agrarios de Chetumal y Calderitas, donde aún prevalece la actividad agrícola y pecuaria, en el que tanto los fertilizantes como el estiércol animal, son dos fuentes principales que determinan la contaminación del ecosistema acuático y, por lo tanto, son aportaciones que tienen como resultado la eutrofización que, “al llegar al cuerpo de agua, principalmente por la escorrentía que se produce cuando el agua de lluvia o las prácticas de riego los arrastran hacia zonas bajas, hasta llegar a los cuerpos de agua.”

Las causas fundamentales en este rubro 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” (Cano, 2020), debido a que toda la zona esta interconectada.

b) Descarga de residuos municipales:

Las fuentes que originan este tipo de contaminación están determinadas “por la demanda de recursos materiales de la sociedad que, al existir una mayor demanda de recursos las actividades urbanas aumentan” y, por lo tanto, también aumenta el uso del recurso agua y que desafortunadamente descarga a los cuerpos de agua, donde el proceso presenta una aceleración.

- Desarrollo de vivienda informal

Un aspecto identificado en materia habitacional, es el desarrollo de vivienda informal en las inmediaciones de La Sabana, como una alternativa que la población adquiere al no ser sujeto de créditos para adquirir vivienda regulada por el Estado, por lo que esta necesidad y formas de producir la vivienda,

“Se ha reflejado en la ocupación hacia la zona noreste de la ciudad siendo más marcada en los últimos años. En torno a La Sabana, 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 construirlos.” (Cano, 2020).

- Infraestructura básica

El cuerpo de agua La Sabana, se encuentra colindante con diversas áreas que se encuentran en proceso de consolidación, por lo que dicha circunstancia ha llevado a un lento proceso de

incorporación de la infraestructura y servicios básicos: agua, drenaje y alcantarillado, delimitando un proceso de saneamiento adecuado de la disposición de aguas residuales.

Entre los asentamientos humanos que se encuentran en sus inmediaciones, lo representa la Colonia Nuevo Progreso, cuya carencia de infraestructura sanitaria ocasiona el uso de letrinas o, en su caso, la disposición de las aguas residuales directamente al humedal La Sabana, ocasionando un daño irreversible.

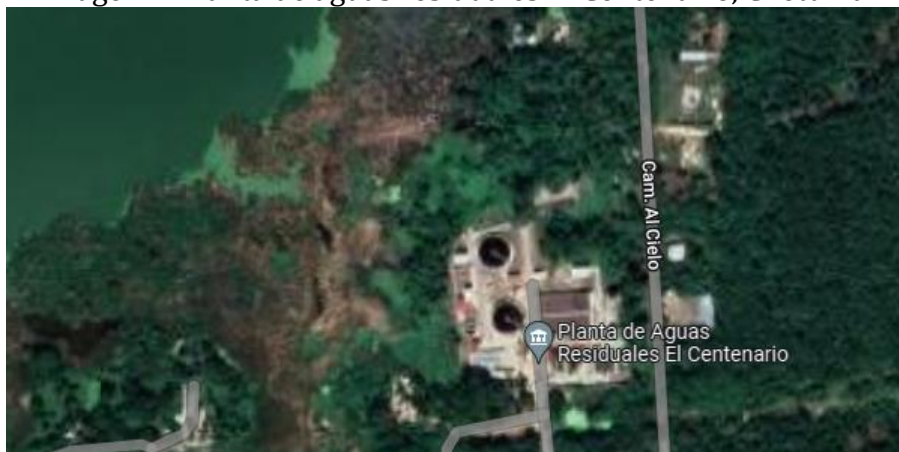
- Planta de tratamiento

“La planta de aguas residuales denominada El Centenario se encuentra ubicada en la Prolongación Avenida 4 de marzo, en la Ciudad de Chetumal; dicha planta 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.” De acuerdo al trabajo de campo realizado durante los últimos cinco años, se ha observado un deterioro en las áreas cercanas a la planta, dado que las descargas desembocan en el cuerpo de agua La Sabana (ver imagen 1), mezclándose con la corriente, por lo que se ha notado un color inusual y “a ello se puede atribuir el crecimiento excesivo de la Lechuguilla de Agua (*Pistia stratiotes*)” (Cano, 2020).

“La planta tiene una capacidad de recibir un caudal máximo 120 l/s 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.” (Tejero y Romero, s/f)

“El exceso de carga orgánica proveniente de la planta de tratamiento es una de las fuentes de contaminación al humedal; el manejo deficiente de los residuos sólidos aporta gran parte de dicha contaminación, se estima que el 40 % de los contaminantes que se infiltran a los acuíferos provienen de los lixiviados del sitio de disposición final.” (González et al., 2004).

Imagen 1. Planta de aguas residuales El Centenario, Chetumal



Fuente: Google mapas (2022).

- Construcción de puente

El cuerpo de agua La Sabana, es un elemento hídrico que ha tenido diferentes afectaciones por el crecimiento de la mancha urbana. El acercamiento de la zona urbana y la creciente actividad antropogénica que se ha desarrollado “en su entorno, han comenzado a generar cambios y modificaciones en el funcionamiento hidráulico, particularmente lo referido a la construcción de pasos de caminos.” Un elemento importante que se ha identificado respecto a la infraestructura vial relacionada con La Sabana, es un puente que se ha desarrollado sobre la Avenida Insurgentes, que se hizo para atravesar de la colonia Nuevo Progreso a la colonia irregular Mártires Antorchistas, el cual que “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.” (SEDATU, 2018).

Este puente ha actuado en la realidad más como una barrera o dique, que obstruyen el flujo natural del cuerpo de agua; de manera gradual, “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”, por lo “que en épocas de lluvias extraordinarias e intensas ya son evidentes los efectos de inundaciones en sus inmediaciones.” (Rangel, 2015, citado en Cano, 2018: 59).

- Residuos sólidos

En la zona donde se ubica La Sabana, se han identificado una serie de puntos de tiraderos clandestinos de basura, los cuales son producto de la disposición que hace la población cerca de su domicilio, lo cual ha respondido a la carencia de un servicio municipal de recolección de basura. “El reporte emitido por la dirección responsable de la limpia, recolección y destino final del Ayuntamiento de Othón P Blanco, en marzo del 2020, exhibió que, el total de residuos trasladados, poco más de 6500 toneladas al mes fueron levantados por el servicio de recolección de residuos que otorga el Ayuntamiento.” (Cano, 2020).

“Acorde con los datos emitidos por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), para el año 2021 el kilo gramaje diario de residuos sólidos generado por habitante del municipio es de 1.7 kg; entonces la población total de municipio es a partir de este momento un dato que es sumamente relevante, porque 233,648 habitantes multiplicado por 1.7 kg es igual a 397,201.6 kilogramos diarios de residuos sólidos por día, considerando este indicador y los reportes del Ayuntamiento, para el mes de marzo de 2018, se puede asentar que probablemente muchos de los residuos sólidos del municipio no encuentran atención oportuna y cauce hacia los basureros y vertederos.” (Cano, 2020).

“Lo anterior, si bien requiere de una atención mayor y más eficiente, también es un área en la que la población debe generar conciencia colectiva; en Othón P. Blanco existe un sitio de disposición final de residuos sólidos Categoría “A” (dicha clasificación se encuentra contenida en la NOM-083-SEMARNAT-2003), cuenta con una extensión de 12.5 hectáreas.” (Cano, 2020).

A pesar de ello, los tiraderos clandestinos que se identifican corresponden a sitios cercanos a los asentamientos humanos irregulares que se encuentran en las inmediaciones de La Sabana, lo cual es notorio la disposición final en estos sitios y, algunas ocasiones, la quema de la misma (ver imagen 2).

Imagen 2. Tiraderos clandestinos identificados en la zona de La Sabana.



Fuente: Trabajo de campo 2018-2020, Chetumal, Quintana Roo.

- Relleno con materiales

Otro problema es el relleno con materiales y escombros del que ha sido objeto La Sabana, desde hace 35 años. En el caso de la Avenida Insurgentes y el puente que divide el cuerpo de agua, se han desarrollado en el tiempo donde no existían leyes ambientales, por lo que empresarios y desarrolladores “rellenaron una parte de la laguna para hacer otro camino y tener comunicación y sacar material de las cabeceras del ejido Calderitas.” El crecimiento irregular del norte de la ciudad ha propiciado que se sigan relleno con escombros las orillas de La Sabana.

Una de las situaciones que se observaron en campo en el año 2018, fue el relleno del humedal La Sabana con materiales y desechos de construcción; esta práctica conlleva a “ganarle” espacio al cuerpo de agua, a efecto de que en esta superficie pueda desarrollarse la vivienda informal, a través de técnicas de autoconstrucción; dichas viviendas, construidas informalmente y con materiales perecederos, son sujetos a riesgo de inundación y/o, en su caso, inseguridad en la integridad de los habitantes, cuyos procesos constructivos que no les aseguran una vivienda adecuada.

En general, Chetumal y la zona donde se localiza el humedal La Sabana, necesita de una reestructuración y un nuevo

“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 sólo 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, citado en Cano, 2020: 67-68).

## **Manifestaciones de la eutrofización**

De acuerdo a Pedrozo y Ramírez (2020),

“Conforme desarrollamos una visión más holística de los ecosistemas acuáticos, queda claro que el enriquecimiento de nutrientes tiene amplios efectos. Los florecimientos algales, la presencia de plantas invasoras y las resultantes zonas de hipoxia en lagos, embalses y lagunas costeras están entre los temas más estudiados mundialmente, pero se requiere mayor investigación sobre los impactos de agregación de nutrientes más allá de estos problemas; por ejemplo, su influencia sobre procesos bióticos desde una especie hasta el ecosistema completo. Este panorama pone en relieve la necesidad de generar conocimiento a través de procesos de investigación multidisciplinaria, como los que desarrolla el IMTA, para sustentar las decisiones que permitan revertir esta problemática.”

### **a) Especies vegetales**

Alpuche (2014, citado en Cano, 2018: 60-61)

“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.”

Durante el seguimiento que se ha dado a la eutrofización en el humedal La Sabana, durante el periodo 2017-2022, se observó la presencia de crecimiento atípico de la lechuguilla de agua dulce (*Pistia stratiotes*), el gobierno federal, estatal y municipal, junto con sus autoridades en el sector ambiental y urbano, trataron de retirar nueve toneladas de la planta, sin embargo, eso no fue posible debido al tipo de fijación que la planta presenta en el cuerpo de agua y su rápido crecimiento. A la fecha sigue sin solución y prácticamente este crecimiento atípico ha ido en aumento del lado norte del cuerpo de agua y, debido a la presencia de la construcción del muelle que fragmenta dicho cuerpo de agua, esta planta no se ha extendido al lado sur.

### **b) Especies animales**

La fauna de la ciudad de Chetumal y del área de estudio, en los últimos años se ha visto desplazada, apareciendo fauna urbana asociada 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*), tejon (*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” (Kauman, 1997).

Dado 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 velífera*). También hay algunas especies estuarinas, pertenecientes a las familias Cyprinodontidae y Fundulidae” (Duran y Méndez, 2010, citados en Cano, 2018: 65).

## **Conclusiones**

En las ciudades costeras de México, los procesos urbanos de que han sido objeto, representan un fenómeno que ha llevado a la diversificación de actividades de tipo político, económico y social. Un caso concreto ha sido Chetumal que, siendo capital del estado de Quintana Roo, tiene como sede el poder estatal y cuyas actividades administrativas le llevan a ser un atractivo para población oriunda o de otros estados de la república para encontrar mejores oportunidades de desarrollo.

Desde el punto de vista económico, la realidad que ha tenido Chetumal lo lleva a ser una ciudad con actividades relacionadas con el sector terciario, en el que predominan los giros habitacionales y comerciales, que complementan las actividades político-administrativas que se gestan sobre el territorio local y municipal.

Estos dos atractivos que ha tenido Chetumal, merecen atención a población oriunda y de otras entidades, provocando movimientos migratorios que aceleran el crecimiento demográfico de la entidad y del municipio; por supuesto, toda esta población busca oportunidades de empleo y, en consecuencia, mejorar sus condiciones económicas, seguidas de la demanda de habitación, servicios de educación, comercio, salud, recreación y deporte, entre otros. Bajo esta postura, la manifestación y participación del Estado, los gobiernos locales y sus autoridades, dejan mucho que desear, en virtud de que no logran satisfacer totalmente las necesidades de la población.

Así, dada la baja capacidad que tienen el Estado y las autoridades estatales y locales para satisfacer a demanda de vivienda de toda la población, los que no son partícipes de un programa oficial para obtener una vivienda, buscan, a través de sus propios medios y recursos, satisfacer sus necesidades de suelo y vivienda a través de medios informales. Estos

asentamientos, por supuesto, al no tener atención y continuidad a la satisfacción de sus demandas de infraestructura y servicios, se vuelven proceso de ocupación informales que demeritan la calidad de vida de los habitantes, sobre todo aquellos que se asientan en lugares no aptos para el desarrollo urbano.

Por consiguiente, estos procesos, lejos de ser ajenos a un equilibrio entre ciudad y medio ambiente natural, determinan un impacto sobre los recursos naturales y acuáticos de la zona donde se desarrollan, generando un deterioro sobre dichos ecosistemas; un fenómeno abordado en el presente trabajo es la eutrofización, como un proceso que pone de manifiesto que la mala planeación y regulación del crecimiento urbano, son determinantes para que la ciudad crezca sin ningún orden y, por consiguiente, tenga impacto sobre estos recursos naturales.

El caso del humedal La Sabana, motivo del presente análisis, da cuenta sobre los procesos informales que se gestan sobre el territorio y que, a pesar de existir planes de ordenamiento territorial, estos han sido rebasados por las acciones de la sociedad, lo cual conlleva a una serie de problemas, entre ellos la eutrofización, cuyas causas fundamentales son las acciones informales de la población para satisfacer sus necesidades de suelo y vivienda.

En este tenor, los resultados dan cuenta que de no existir una regulación por parte de las autoridades locales del crecimiento informal de las ciudades. El costo será el deterioro de los ecosistemas naturales, los cuales, lejos de tener un equilibrio, orientarán el desarrollo de actividades urbanas por encima de los recursos naturales, que son necesarios para la vida y convivencia de la sociedad con el entorno natural y, en consecuencia, incluso, el deterioro de las características naturales que le den un sustento económico a las ciudades cuyas actividades turísticas, entre otras, son las fuentes de empleo de la sociedad misma.

## Referencias

- Abramo, P.** (2012) "La ciudad confusa: mercado y producción de la estructura urbana en las grandes metrópolis latinoamericanas", en Revista *EURE*, No. 114, vol. 38, 2012.
- Alpuche, S.** (2014) *Caracterización físico-química en la laguna La Sabana de Chetumal*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo. México.
- Barreto, L. et al.** (2013) *Eutrofização em rios brasileiros*. Enciclopedia Biósfera, 9(16), p. 2179
- Cano, F.** (2020) *Plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la lechuguillade agua (pistia stratiotes)*. Tesis de Maestría. México: División de Ciencias, Ingeniería y Tecnología, Universidad de Quintana Roo.
- Castillo, L.** (2009) *Urbanización, problemas ambientales y calidad de vida urbana*. Plaza y Valdés. México
- Castro M.** (2020) *Eutrofización: proceso, causas, consecuencias, soluciones*. Editorial Lifeder.
- CIG** (2011) *Atlas de peligros naturales de la ciudad de Chetumal*. Centro de Información Geográfica. México.

- CNA** (2007) *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Comisión Nacional del Agua Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tlalpan, México.
- Cooke, JE, Kemp, HA y Moens, CB** (2005) *Se requiere EphA4 para la adhesión celular y la formación de límites de rombomeros en el pez cebra*. *Biología actual*: CB. 15(6):536-542.
- CTM** (2009) *Procesos eutrofización*, Ciencias de la Tierra y Medioambientales 2° Bachillerato. Editorial EDITEX
- Delgado, M.**, (2014). “La informalidad visible e invisible del hábitat popular en Montevideo”, en Bolívar, T., Guerrero, M. y M. Rodríguez, (2014) *Cosas de infinitas privaciones ¿Germen de ciudades para todos?* Abya Yala, Universidad central de Venezuela y Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador, CLACSO,
- Durán R. y M. Méndez** (Eds). (2010) *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Cicy, PPD-FMAM, Conabio, Seduma, México
- Farías, L.** (2016) “La observación como herramienta de conocimiento y de intervención, en Schettini, Patricia y Cortazzo, Inés, 2016, *Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa*, Argentina, Universidad Nacional de la Plata
- García F. y Mirando V.** (2018). “Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico”, en *Impacto socio-ambiental, Territorios Sostenibles y Desarrollo Regional desde el Turismo*. Universidad Nacional autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Editorial Coeditores, México.
- González, R., Vadillo, I., Rodríguez R. y Carrasco F.** (2004) “Sistema redox en un acuífero carbonatado afectado por lixiviado de basureros”, en *Revista Latino-Americana de Hidrogeología* (4). Pp 71-79.
- Google maps** (2018) *Planta de aguas residuales El Centenario*, en Google maps. Consultado en: <https://www.google.com.mx/maps/place/Chetumal,+Q.R./@18.5378739,-88.3155872,794m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8f5ba3552cd7f90f:0x2149ecd7f0b553ed!8m2!3d18.5001889!4d-88.296146>
- Harper, D.** (1992) *Eutrofización de las aguas dulces*. Editorial Springer, Dordrecht.
- Jiménez, PL. et al**, (2017) *Asentamientos humanos irregulares y problemática socio ambiental en las zonas y áreas naturales protegidas en Chetumal, Quintana Roo*, Proyecto de investigación, Registro clave 4467/2017SF, México, Universidad Autónoma del Estado de México
- Jiménez, PL. et al**, (2020) *Procesos de ocupación ilegal del suelo y modos de producción de la vivienda en el asentamiento humano irregular “Colonia Nuevo Progreso”, Chetumal, Quintana Roo*, Proyecto de investigación, registro 6194/2020CIF, México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Kauman** (1997) El panorama a nivel mundial de la investigación en productos forestales Madera y Bosques, vol. 3, núm. 1, primavera, 1997, pp. 3-12, Instituto de Ecología, A.C., México. En: [https://www.researchgate.net/publication/237037616\\_El\\_panorama\\_a\\_nivel\\_mundial\\_de\\_la\\_investigacion\\_en\\_productos\\_forestales](https://www.researchgate.net/publication/237037616_El_panorama_a_nivel_mundial_de_la_investigacion_en_productos_forestales)



- Ledesma, C., Bonansea, M., Rodríguez, C. & Sánchez, A.,** (2013). “Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero”, en Revista Ciência Agronômica, Córdoba, Argentina, 44(3), pp. 419-425
- NOM** (2010) *Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo*. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010.
- Pedrozo A. y Ramírez, N.** (2020) *La eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención*. IMTA. PERSPECTIVAS IMTA
- Rangel, L.** (2014) “O diagnostico do desenvolvimento urbano da cidade Chetumal no México”, en *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais*. 3 (2). Brasil.
- RAP-AL** (2010) *Contaminación y eutrofización del agua Impactos del modelo de agricultura industrial*, Red de Acción de Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina, ISBN: 978-9974-8029-7-1, Uruguay, consultado en <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/08/ContaminacionEutrofizacionAgua.pdf>
- Rojas, E. y V. Fretes,** (2009) “Construir ciudadanía para una mejor calidad de vida”, en Rojas, Eduardo (2009) *Construir Ciudades, Mejoramiento de barrios y calidad de vida urbana*. Washington, DC: Banco Internacional de Desarrollo.
- Ruiz, T., Arreola, J., & Morquecho, L.** (2016). “Índices de eutrofización aplicados en lagunas costeras del Golfo de California”, en *Entorno Académico* Revista de divulgación científica del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (17).
- Scholten, M. T.** (2005). *Gestión de la eutrofización y ecotoxicología*. Nueva York, Springer Science & Business Media.
- SEDATU** (2018). *Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Há. Municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo*. México: H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco, Quintana Roo. Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.
- 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>
- Torrans, S. y Clemens, M.** (2016) *Eutrofización: Una visión general*. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Biológicas. Editorial DIP/UAdEC, Recuperado en <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>
- Trinidad, V.** (2016) “Entrevistando en investigación cualitativa y los imprevistos en el trabajo de campo: de la entrevista semiestructurada a la entrevista no estructurada”, en Schettini, Patricia y Cortazzo, Inés, 2016, *Técnicas y estrategias en la investigación cualitativa*, Argentina, Universidad Nacional de la Plata

