

ANÁLISIS TERRITORIAL Y EL USO DE TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

Coordinadores

Bonnie Lucia Campos Cámara
María Luisa Hernández Aguilar
Norma Angélica Oropeza García



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO



ANÁLISIS TERRITORIAL Y EL USO DE TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES

© Bonnie Lucia Campos Cámara, (Coord.)

© María Luisa Hernández Aguilar (Coord.)

© Norma Angélica Oropeza García (Coord.)

Primera Edición, 2022

200 pp.

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

Bld. Bahía s/n

Colonia del Bosque

CP 77019 Chetumal, Quintana Roo, México

Tel.: (983) 8350300

ISBN: 978-607-8792-21-4

Encargado de Edición: Héctor César Escudero Castro

Supervisor de Edición: Diana Guadalupe González Oriani

Maquetación: David Odín Vargas López

Corrección de estilo: Ulises Paniagua Olivares

Siguiendo los criterios editoriales, los capítulos de esta obra han sido dictaminados mediante el sistema doble par ciego por especialistas en la materia, lo que respalda su carácter científico.

Copyright ®

Todos los derechos reservados. La reproducción total o parcial de este libro, por cualquier medio, sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia no autorizada por los editores, viola derechos reservados. Cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

7. Aplicación de tecnologías geoespaciales en el estudio del humedal urbano La Sabana de Chetumal, Q. Roo, México

Jesús Roberto Flores Rodríguez, María Angélica González Vera
Norma Angélica Oropeza García

Palabras clave: *Tecnologías geoespaciales, batimetría, problemas urbano ambientales, La Sabana de Chetumal.*

Introducción

En el siglo XXI, cada día es más común el uso de las tecnologías geoespaciales para la investigación. En este caso se aborda el estudio de los humedales, en particular del humedal La Sabana de Chetumal, lo que permite la posibilidad de generar resultados con mayor precisión en tiempo real, en ubicación prácticamente exacta, y brinda la posibilidad de generar conocimiento e información útil para los tomadores de decisiones y para la Academia.

La Sabana es un humedal del sur de Quintana Roo, localizado en la ciudad de Chetumal; se incluye dentro de los cuerpos de agua en transición, entre los sistemas acuáticos y terrestres. Una de sus características es que presenta inundación temporal o permanente (CONANP, 2022).

Los humedales incluyen lagunas costeras someras, manglares y petenes, humedales herbáceos de agua dulce y selvas inundables. Albergan una gran variedad de especies de flora y fauna; la hidrología es el principal factor que determina los humedales, las diferencias más significativas se basan en el hidoperíodo, que se define como el patrón estacional del nivel del agua en el humedal, y que afecta de forma significativa a las especies, la composición del suelo y procesos metabólicos entre muchos más (SEMARNAT, 2012).

De acuerdo a la Convención Ramsar (2022), los humedales proporcionan agua dulce para satisfacer la demanda de la población humana, son zonas de captación del agua de las lluvias, reducen el efecto dañino de inundaciones; su capacidad de almacenamiento amortigua el efecto de sequías, y son esenciales para la reproducción y migración de las aves; se consideran dentro de los ecosistemas con mayor diversidad y productividad.

A nivel ambiental, los humedales brindan al entorno diferentes servicios ambientales; algunos de los más importantes, según López (2010), es que son:

- Reguladores de los flujos de agua (zonas de amortiguamiento, ante desastres naturales como huracanes, marejadas, tormentas, inundaciones).
- Fuente de abastecimiento de agua.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Reguladores del clima.
- Controladores de la erosión del suelo.
- Belleza escénica, etc.

Sin embargo, los humedales son de los más afectados por causas naturales o antropogénicas; de las antropogénicas, el relleno de humedales es común para expandir la mancha urbana; esto se manifiesta en una forma de vivienda informal (asentamientos humanos irregulares), ocasionando una de las principales afectaciones, lo que conlleva a la contaminación por aguas residuales y desechos sólidos, coadyuvando en la eutrofización del cuerpo de agua; dando oportunidad a especies invasoras vegetales como la lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), al lirio acuático y al narciso de agua, de desarrollarse y con ello reducir el área de la superficie de La Sabana (estas especies vegetales invasoras provocan cambios en las características fisicoquímicas del cuerpo de agua).

Como se mencionó anteriormente, este cuerpo de agua forma parte de los humedales del sur de Quintana Roo, tiene una orientación suroeste a noreste, en época de lluvias genera un flujo de agua hacia el norte; algunos pobladores cercanos realizan, dentro de él, pesca de autoconsumo y, para venta local, la especie más común es la comúnmente llamada mojarra (*C. urphoftalmus*). También es un área de reproducción y desarrollo del cocodrilo de pantano (***Crocodylus moreletii***).

En los últimos diez años, el crecimiento de la ciudad de Chetumal, con su vivienda informal, afecta al cuerpo de agua, debido a que se realizan rellenos en él que impiden la circulación del agua y disminuyen el área de su superficie. La toma de decisiones del gobierno, sin que exista una adecuada planeación urbano ambiental, autorizó la construcción de un puente para comunicar las colonias irregulares ubicadas al oeste de la Sabana; en este caso, el diseño no fue el adecuado, por lo tanto, se afectó el flujo del agua con el paso de los años.

Por otra parte, la falta de drenaje en las colonias cercanas (Mártires Antorchistas, El triunfo, La virtud, Nuevo Progreso), provoca que se contamine al manto freático y al cuerpo de agua, generando problemas de eutrofización, ésta se ve incrementada con aportes de la planta de

tratamiento centenario, ubicada a 170 metros, provocando malos olores e incrementando la contaminación ya existente. El objetivo de este trabajo es estudiar la hidrología, en este caso desde la batimetría, que es una herramienta para describir el fondo, el relieve y las anomalías que puedan existir, así como determinar el espacio ocupado por la Sabana como base para delimitar la mancha urbana que actualmente invade el cuerpo de agua y que, en un futuro, con el efecto del cambio climático y el cambio en las lluvias y sus intensidades, reclamarán su espacio.

Antecedentes

Dentro de los estudios realizados en la Sabana se encuentra el de Lisely Alpuche (2014), que reportó variaciones en parámetros fisicoquímicos, debido a la fragmentación de la laguna por la construcción de una carretera que la atraviesa. Se trata de un sistema de aguas turbias, con enriquecimiento de nutrientes (eutrófico) por causas de origen antropogénico. Otro trabajo al respecto, fue presentado por Cano Godoy (2015), sobre la contaminación de mercurio en peces, estudio que concluyó que la especie que habita la Sabana, denominado pez barracuda de agua dulce (*Ctenolucius hutesasiendo*), y que consumen los pescadores locales, presentó concentraciones de mercurio que sobrepasan los límites permitidos. De este modo, se recomendó se prohíba su consumo y se clausuren los tiraderos de basura a cielo abierto, cercanos al cuerpo de agua, por constituirse en posibles fuentes de contaminación.

Existe un trabajo que analiza problemas de urbanismo sobre los humedales (Rangel Montalvo, 2015), el cual concluye que la planeación urbana de la ciudad de Chetumal no considera la conservación de los humedales, sino que por el contrario alienta la construcción en terrenos junto al cuerpo de agua, provocando la degradación ambiental en aumento, la cual afecta la biodiversidad de las especies, y provoca desequilibrios que también afectan al ser humano.

En cuanto a la vivienda informal y los procesos de ocupación ilegal en La Sabana y colonias aledañas, Jiménez Sánchez *et. al*, en 2017 trabajaron con Asentamientos humanos irregulares y problemática socio ambiental en las zonas y áreas naturales protegidas en Chetumal, Quintana Roo. Posteriormente Jiménez Sánchez, *et. al*, (2020) analizaron Procesos de ocupación ilegal del suelo y modos de producción de la vivienda en el asentamiento humano irregular llamado “Colonia Nuevo Progreso”, dentro de Chetumal, Quintana Roo.

En 2022, Jiménez Sánchez *et. al* estudiaron los Impactos socio ambientales de los asentamientos humanos irregulares en zonas y áreas naturales protegidas de Chetumal, Quintana Roo, México.

En 2022, Jiménez Sánchez y González Vera trabajaron en el Desarrollo de asentamientos humanos irregulares en zonas ejidales y áreas naturales de Chetumal y Calderitas, Quintana Roo.

Finalmente, González Vera, *et. al*, en 2022 (en prensa), toman como objeto de estudio los Servicios ecosistémicos del humedal urbano La Sabana de Chetumal, Quintana Roo, México

Área de estudio

Corresponde a la porción noreste del cuerpo de agua “La Sabana”, forma parte del sistema lagunar Bacalar (SEDATU, 2018), y se ubica en la parte oeste de la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México, la cual está rodeada de humedales y cuerpos de agua, y se encuentra inmersa en un área natural protegida denominada Reserva estatal Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal (Figura 1). Predomina allí el clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano, y un régimen de humedad con más de 10.2 mm de lluvia en invierno. Es isotermal, con presencia de sequía intraestival, clasificado como Aw1 (x´) (Cálido subhúmedo) de acuerdo al Sistema de clasificación climática de Koppen modificado por García (Fragoso Servón, 2015; INEGI, 2013); la temperatura oscila entre 18.8 °C y 33 °C, la precipitación se presenta en todos los meses, y con mayor incidencia de mayo a octubre con 1,100 y 1,300 mm anuales; en época de invierno hay presencia de frentes fríos denominados localmente “nortes”, que se registran durante los meses de noviembre a abril, seguidos de una temporada relativamente seca de abril a mayo, denominada temporada de estiaje.

Se ubica en una zona ciclónica, donde en el periodo de 1851 al 2019, 137 ciclones cruzaron por el estado de Quintana Roo; la mayor incidencia se presentó en la zona norte y noreste de la península de Yucatán, como lo señala Sánchez-Rivera *et al* (2021), sin embargo, estos fenómenos afectan todo el estado con precipitaciones abundantes en periodos cortos de tiempo e inundaciones en partes bajas y planicies.

De acuerdo a Ihl y Frausto Martínez (2014), en el periodo de 1857 al 1996, en Quintana Roo se detectaron 40 huracanes, tres de categoría 5, cuatro de categoría 4, tres de categoría 3, 16 de categoría 2, y 14 de categoría 1. Resalta que de los tres huracanes con categoría 5, dos impactaron en el área de la ciudad de Chetumal en los años de 1955 y 2007. Con respecto a la precipitación total mensual, el mes con más lluvia es junio, con 201.4 mm,

y el menor es marzo, con 28.4 mm. El área analizada tiene una extensión de 2.4 kilómetros, y una anchura mayor de 460 metros.

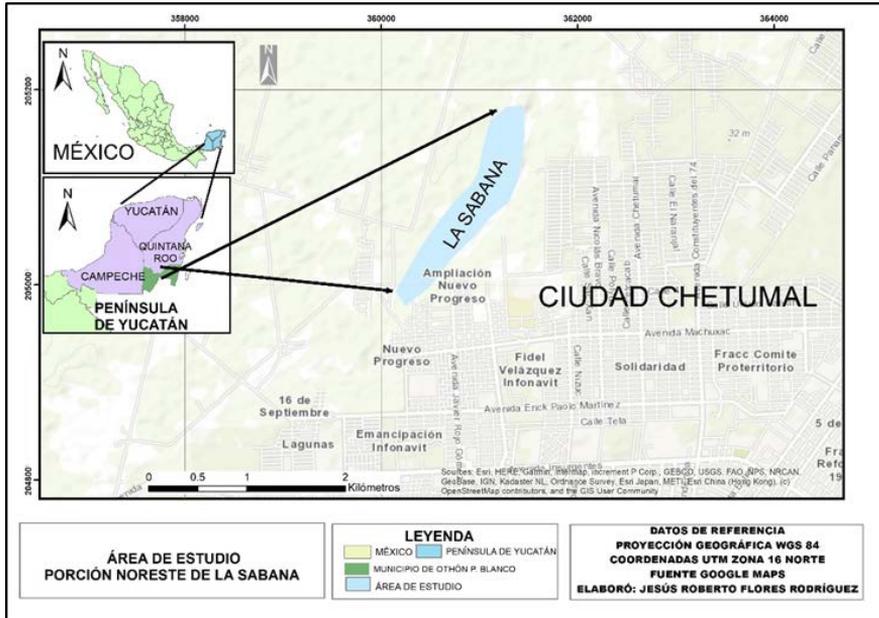


Figura 1. Área de estudio. Elaboración propia.

Metodología

Para analizar los cambios en cobertura del humedal se emplearon imágenes de Google Earth del año 2015, y se compararon con las del año 2020; con ese programa se diseñaron los polígonos del área del humedal y se obtuvo la información del espacio ocupado. Para medir la profundidad de la Sabana, y generar el mapa batimétrico, se utilizó una embarcación menor con motor fuera de borda, equipada con ecosonda marca GARMIN ECHOMAP PLUS, y para zonas más someras las mediciones se realizaron manualmente, con un estadal con divisiones en centímetros, y un geo posicionador por satélite portátil (GPS) marca Garmin, modelo 64SX. La velocidad de la embarcación en promedio fue de 4 a 5 nudos (7.4 a 9.2 km/h), y en los registros, a aproximadamente 25 metros de distancia, se establecieron transectos a lo largo del humedal y junto a la ribera.

En el trabajo de gabinete, se empleó el programa Arc Map 10.8, e imágenes de satélite de Google Earth, para elaborar el mapa batimétrico.

Resultados

Análisis de cambios en cobertura del humedal La Sabana

Haciendo uso de las imágenes de Google Earth del año 2015 al 2020, se observa un decremento del área ocupada por el cuerpo de agua de 1,942,225 a 1,483,506 metros cuadrados. Este resultado hace evidente cómo en 5 años disminuyó el cuerpo de agua en un 24%, tal como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Imagen de la Sabana en el año 2015 y 2020. Fuente: Imagen de satélite Google Earth.

A nivel mundial, el crecimiento de las ciudades muestra patrones que crecen del centro de la ciudad hacia lugares periféricos; este fenómeno trae consigo el impacto sobre terrenos vírgenes, seminaturales, agrícolas y zonas de humedales, creando en la mayoría de los casos asentamientos humanos irregulares que ejercen presión sobre el medioambiente, ocasionando una mayor demanda de recursos naturales, pérdida de la biodiversidad y de diferentes servicios ecosistémicos (Rojas, *et al.* 2015). Y en el humedal La sabana, esto se demuestra con los resultados presentados. Los sitios con disminución de la superficie del área del cuerpo de agua se presentaron en la parte suroeste, entre la carretera federal 307 (Chetumal-Cancún) y un camino de terracería, así como en el área junto a la Planta de Tratamiento Centenario (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Pérdida del humedal en la parte suroeste, año 2015 al 2020. Fuente: Imagen de satélite Google Earth.



Figura 4. Pérdida del humedal en el área de la planta de tratamiento Centenario, año 2015 al 2020. Fuente: Imagen de satélite Google Earth

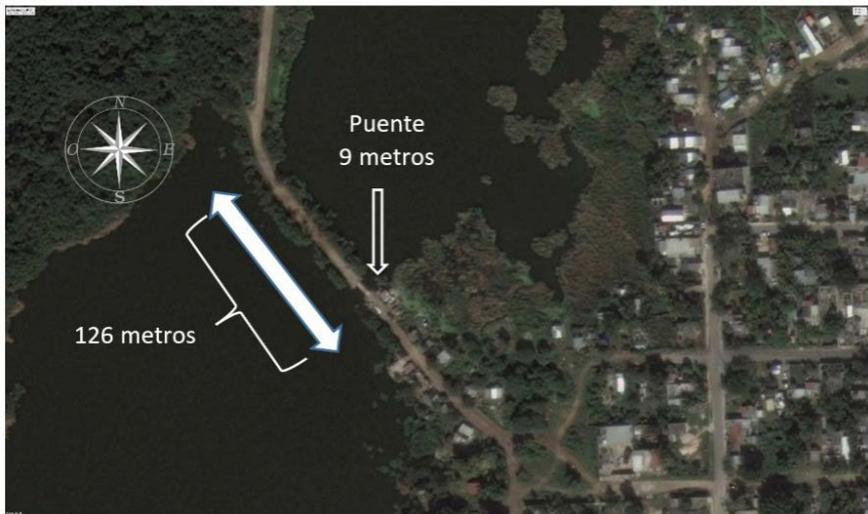


Figura 5. Interrupción del flujo de agua en el puente. Fuente: Imagen de satélite Google Earth.

Una de las interrupciones más evidentes de flujo del agua se registra en el puente que comunica las Colonias Nuevo Progreso con Mártires Antorchista (Figura 5).

Las orillas próximas al humedal La Sabana han sido ocupadas como consecuencia del crecimiento urbano desordenado, dando paso a la vivienda informal (asentamientos humanos irregulares), causando afectaciones al humedal e interrupción de corrientes naturales de agua.

La construcción de infraestructura urbana (puente), sin tomar en cuenta los cauces naturales del humedal, ha ocasionado estancamiento en ambos de sus lados. Por otra parte, está la necesidad de ganar terreno a las zonas inundables para la instalación de vivienda informal por parte de

quienes no cuentan con los recursos necesarios para acceder a viviendas en zonas urbanizadas, y esto provoca pérdida del hábitat (Castilla, 2017). Otra de las problemáticas ambientales encontradas es la formación de tiraderos clandestinos, y la carencia de un sistema adecuado de recolección de residuos en estos asentamientos irregulares (apenas en el año 2020 el municipio autorizó la recolecta a las zonas aledañas al humedal); esto ha generado la proliferación de tiraderos clandestinos en los que se pueden encontrar desechos de todo tipo; aunado a esto se genera la proliferación de vectores asociados con el manejo inadecuado de los residuos, lo que acarrea problemas de salud para la población, ya de por sí vulnerable y orillada a vivir en condiciones irregulares; también provoca enfermedades como dengue y paludismo, que son transmisibles por los mosquitos que proliferan en aguas acumuladas en los desechos. Existe además el vertimiento de aguas residuales y el arrastre de contaminantes, debido a la falta de drenaje en asentamientos irregulares. Por su parte, la presencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales prácticamente a la orilla, es causa de una elevada concentración de *Enterococos* en el agua del humedal; por otro lado, se ha reportado también la presencia de contaminantes como metales pesados, lo que se atribuye a la cercanía de una zona industrial, y pone en riesgo la salud de quienes realizan actividades de pesca para autoconsumo, o nadan en las aguas del humedal (Galera, 2021) (Figura 6).



Figura 6. Ribera de la Sabana, donde se aprecia el flujo de agua, y sedimentos provenientes de la Planta de tratamiento Centenario. Fuente: JRFR.

Entre las principales causas de pérdida de la biodiversidad se encuentran la disminución del hábitat, y su fragmentación. La modificación de las condiciones del humedal genera puntos aislados que evitan la continuidad del espacio como resultado de la construcción de carreteras, puentes o canales, repercutiendo en la pérdida de especies o en la proliferación de especies invasoras que modifican el ecosistema y las condiciones del humedal, a causa de un crecimiento desmedido.

En el exceso de carga orgánica, proveniente de la planta de tratamiento y de los asentamientos humanos irregulares hacia el caudal del cuerpo de agua La Sabana, existen dos fuentes de contaminación al humedal; la primera es el manejo deficiente de los residuos sólidos, que aporta gran parte de dicha contaminación; en ese sentido, Cano (2018) refiere que el 40 % de los de contaminantes que se infiltran a los acuíferos proviene de los lixiviados del sitio de disposición final. Y la segunda es la disposición final de las aguas residuales al humedal La Sabana, que ha dado cuenta de la presencia de un crecimiento atípico de la lechuguilla de agua dulce (*Pistia stratiotes*). Durante el periodo 2017-2021 (Jiménez, 2017, 2020 y 2021), esta vegetación apareció a partir del 2016 y aún predomina en la zona, lo cual ha dado cauce a otros estudios en torno a esta problemática ambiental, que incluyen otra vegetación con crecimiento atípico, y que se encuentra en competencia con la lechuguilla y el jacinto de agua dulce (*Eichhornia crassipes*) (Gonzalez, et al, 2022) (Figura 7).



Figura 7. Invasión del cuerpo de agua de la Sabana por especies vegetales invasoras.

Batimetría

La Sabana es un cuerpo de agua somero, predominan en ella profundidades de 1 a 1.5 metros; la porción sureste registra la zona más profunda de 1.5 a 1.8 metros, mientras que en la parte norte existen las zonas más someras, con profundidades entre 2 a 5 metros; la profundidad máxima fue de 1.83 metros. Presenta fondo lodoso en las zonas más profundas, y en la parte norte se registraron áreas con fondo rocoso. Por la baja profundidad y los vientos predominantes del sureste y noreste, hay re-suspensión de sedimentos, generando aguas turbias. El mapa con la batimetría de La sabana se muestra en la Figura 8.

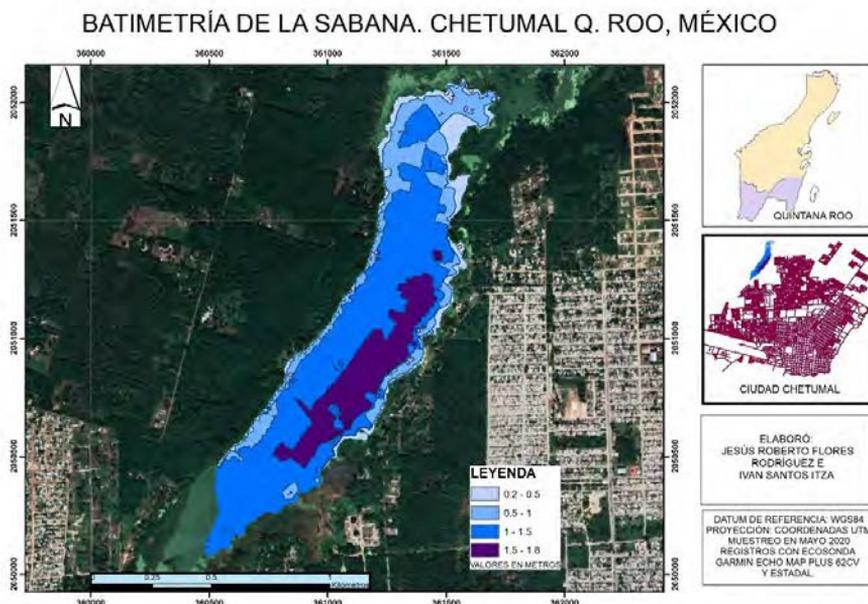


Figura 8. Mapa batimétrico de la Sabana. Fuente: Imagen de satélite Google Earth.

Conclusiones

Las imágenes de la Sabana, en un período de cinco años (2015-2020), señalan una pérdida de la superficie del área del agua, y con ello de almacenamiento y desarrollo de vegetación en zonas antes inundadas, principalmente en la parte suroeste; esta situación ha provocado invasión de terrenos para vivienda informal, que en un futuro serán zonas inundadas por aumento de lluvias o fenómenos hidro meteorológicos, que debido al cambio climático cada vez son más fuertes.

El puente construido para el paso de personas y vehículos a través del cuerpo de agua, es la única manera de cruzar entre ambos márgenes del humedal. Esta infraestructura ha provocado la disminución del flujo de agua con el paso del tiempo, porque no permite la comunicación entre la parte del norte con el sur del cuerpo de agua, aún sea época de lluvias. Es necesario hacer conciencia de esta situación, porque esto significa un alto riesgo para las personas que viven en colonias aledañas en caso de evacuación por contingencia ambiental, dado que Chetumal se ubica geográficamente en la ruta de los huracanes, lo que ocasionaría que se incremente la posibilidad de pérdidas materiales y humanas.

Es importante mencionar que no se encontró información con respecto a la batimetría del humedal, por lo que se convirtió en parte de los objetivos del estudio. Los resultados nos muestran un cuerpo de agua somero, con profundidad promedio de 1 a 1.5 metros, y un máximo de 1.83 metros.

Durante los muestreos fue notoria la presencia de lagartos en diversas áreas de la Sabana, lo que puede ser un riesgo diario para la población que construye su vivienda informal en las márgenes, siendo más alto el riesgo en la época de lluvias y huracanes, que abarca de mayo a noviembre de cada año. También es evidente la presencia de especies de aves que han hecho de las especies vegetales invasoras sus hábitats, ya sea como refugio o para encontrar su alimento.

El ser humano, y su presencia como pescador de autoconsumo en el área, es parte de la vida cotidiana de muchos de los que habitan en las colonias aledañas, pues estos aprovechan las especies animales sin pensar en que pudieran no ser aptas para consumo humano, debido a la problemática ambiental ya descrita.

La valoración de los humedales urbanos en las ciudades es un aspecto fundamental a considerar en los planes de desarrollo para ofrecer alternativas de aprovechamiento sostenible, tanto de los recursos naturales que genera, como de los servicios ambientales que presta. La regulación hidrológica que ofrenden los humedales, así como la capacidad de estos ecosistemas para regular el clima a nivel local y sumar en la regulación del cambio climático a nivel mundial, deben ser la base para establecer políticas ambientales de conservación de estos ecosistemas de transición entre lo acuático y lo terrestre.

La belleza escénica del lugar también es aprovechada por los que ahí viven, falta que se les capacite y sepan reconocer los servicios ecosistémicos que les ofrece el humedal, porque existe un exceso de residuos sólidos en las zonas adyacentes al humedal, lo cual significa que existe contaminación

visual y ambiental y que no ha sido suficiente la intervención del gobierno municipal. De acuerdo a Cano (2020), el reporte emitido por la dirección responsable de la limpieza, recolección y destino final del Ayuntamiento de Othón P. Blanco, menciona que, en marzo del 2020, el total de residuos trasladados fue un poco más de 6,500 toneladas. Considerando este indicador y los reportes del Ayuntamiento, se observa que probablemente muchos de los residuos sólidos del municipio no encuentran atención oportuna y cauce hacia los basureros y vertederos.

Finalmente, existe información urbano ambiental que utiliza sistemas de información geográfica para registrar los cambios en el cuerpo de agua con el paso del tiempo, dado que estos afectan a las especies que habitan el humedal la Sabana, permitiendo observar y analizar situaciones ambientales y urbanas que no se podrían estudiar sin esta tecnología de uso de imágenes de satélite, drones y geo posicionadores. Es evidente la falta de interés, por parte de las autoridades estatales y municipales, para utilizar dicha tecnología y poder tomar decisiones que permitan ejecutar estrategias que involucren la planeación urbano ambiental, y así poder gestionar de manera sostenible todos los usos, aprovechamiento y servicios ambientales que otorga el humedal La Sabana.

Bibliografía

- Cano Godoy, F. A. (2015). Determinación de mercurio en peces *Ctenolucius Hujeta* de la Sabana de Chetumal, Q. Roo (tesis de ingeniería ambiental). Chetumal: Universidad de Q. Roo.
- Cano, F. (2020). Plan de restauración de La Sabana de Chetumal en el área de influencia de la lechuguillade agua (*pistia stratiotes*). Mexico: Universidad de Quintana Roo.
- CONANP. (4 de OCTUBRE de 2022). Importancia y beneficios de los humedales. Obtenido de Comisión Nacional de áreas naturales protegidas: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/la-importancia-y-beneficios-de-los-humedales-ciclo-de-videoconferencias>
- Fragoso Servón, P. (2015). *Análisis espacial de los suelos de Quintana Roo con un enfoque geomorfoedafológico* (Tesis de Doctorado). Chetumal Q. Roo: Universidad de Quintana Roo.
- Ihl, T., & Frausto Martínez, O. (2014). El cambio climático y los huracanes en la Península de Yucatán. En O. Frausto Martínez, *Monitoreo de riesgo y desastre asociado a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático* (Primera ed., págs. 41-49). Cozumel Q. Roo, México: Universidad de Quintana Roo.

- Galera, A. (2021-02-02). Familias usan la Sabana de Chetumal como tiradero de basura. Sipse-Información. <https://sipse.com/chetumal/familias-usan-sabana-chetumal-tiradero-basura-contaminacion-390868.html>
- Lisely Alpuche, S. (2014). Caracterización físico-química y del zooplancton en la laguna La Sabana, Q. Roo (Tesis de Ingeniería ambiental). Chetumal: Universidad de Q. Roo.
- RAMSAR. (4 de OCTUBRE de 2022). La convención sobre los humedales y su misión. Obtenido de Convención RAMSAR: Los humedales están entre los ecosistemas más diversos y productivos. Proporcionan servicios esenciales y suministran toda nuestra agua potable. Sin embargo, continúa su degradación y conversión para otros usos.
- Rangel Montalvo, L. E. (2015). Urbanismo y Humedales. Caso de estudio: El Humedal “La Sabana” desarrollo urbano en la zona noroeste de Chetumal, México. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Rojas, Carolina, Sepúlveda-Zúñiga, Einer, Barbosa, Olga, Rojas, Octavio, & Martínez, Carolina. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. Revista de geografía Norte Grande, (61), 181-204. HYPERLINK “<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022015000200010>”
- SEDATU. (2018). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Ha. Mpio. OPB, Quintana Roo, México. <http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/transparencia/93/1/f/PDU2018/PDU%20integrado%2019012018-publicacion%20digital.pdf>
- SEMARNAT. (2012). Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. MÉXICO: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.