

## EL HUMEDAL COMO DEPURADOR DE AGUA Y PERCEPCIONES SOCIALES: CASO PARQUE MOLINO DE SAN ROQUE, XALAPA

TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER FROM AN EDUCATIONAL INSTITUTION BY A SERIAL ARTIFICIAL WETLANDS SYSTEM

Maura Parada Molina,<sup>1</sup> Bertha I. Montes Galindo,<sup>2</sup> Joaquín Jiménez Huerta,<sup>3</sup> Juan Cervantes Pérez,<sup>4</sup> Paulo C. Parada Molina<sup>5</sup> y Vianey Torres Pelayo<sup>6</sup>

**SUMARIO:** 1. Introducción, 2. Materiales y métodos, 2.1 Área de estudio, 2.2 Análisis fisicoquímico del agua, 2.3 Percepción sobre el humedal, 3. Resultados y discusión, 3.1 Estado fisicoquímico de los cuerpos de agua, 3.2 Percepciones sociales sobre el humedal, 4. Conclusiones, 5. Fuentes de consulta

### RESUMEN

Los humedales son ecosistemas de gran importancia por los servicios ambientales que proveen; entre los que resalta la depuración del agua, mejorando su calidad. Sin embargo, en áreas urbanas son percibidos de manera negativa y, por ende, su conservación se ve comprometida. Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar la capacidad de depuración del agua del humedal (AH) del parque Molino de San Roque, además de conocer las percepciones de la comunidad aledaña

### ABSTRACT

Wetlands are ecosystems of great environmental importance for the environmental services they provide, among which water purification stands out, improving its quality. However, in urban areas they are perceived in a negative way and therefore their conservation is compromised. Therefore, the objective of this work was to identify the water purification capacity of the wetland (AH) of The Molino of San Roque Park, as well as to know the perceptions of the surrounding

1. Licenciada en Biología con Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental por la Universidad Veracruzana, México. Consultora ambiental.

2. Maestra en Ingeniería de la Calidad por la Universidad Veracruzana. Profesora de Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, México.

3. Maestro en Desarrollo Rural Sustentable por el Colegio de Postgraduados, México. Coordinador de Posgrados de Posgrados de la Facultad de Ciencias Químicas y Profesor de tiempo completo de la Facultad de Biología, de la Universidad Veracruzana.

4. Doctor en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor de Posgrado de la Universidad de Xalapa. Investigador de tiempo completo de la Facultad de Instrumentación Electrónica de la Universidad Veracruzana, México.

5. Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Veracruzana. Docente de la Facultad de Instrumentación Electrónica de la Universidad Veracruzana, México. Contacto: pparada@uv.mx

6. Doctora en Neuroetología por la Universidad Veracruzana. Investigadora de tiempo completo de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, México.

sobre la conservación de este ecosistema. Se encontró que, de acuerdo a análisis de parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y oxígeno disuelto (OD), aún funciona como depurador de agua, a pesar de que el humedal se encuentra en degradación. En cuanto a la percepción de los habitantes sobre el humedal, esta no es favorable para su restauración y conservación.

**PALABRAS CLAVE:** calidad del agua, ciénega, ecosistemas, percepción ambiental.

community about conservation of this ecosystem. It was found that, according to the analysis of physical-chemical parameters such as temperature, pH, biochemical oxygen demand (BOD) and dissolved oxygen (DO), it still functions as a water purifier, even though the wetland is in degradation. As for the perception of the inhabitants about the wetland, it is not favorable for its restoration and conservation

**KEYWORDS:** water quality, swamp, ecosystems, environmental perception.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales, históricamente, han sido de gran importancia para la humanidad debido a los múltiples servicios ecosistémicos que proveen (Rojas et al., 2015). Son de los ecosistemas que más beneficios ambientales generan, además de ser de los más productivos (Cejudo y Herrera-Caamal, 2019). Por su gran importancia, en México se ha decretado la conservación de 144 humedales, al ser catalogados como de importancia internacional (RAMSAR, 2023); sin embargo, no se incluyen los humedales de cualquier área urbana (Serran y Creed, 2016).

Los humedales urbanos son ecosistemas rodeados de zonas urbanas o dentro de ellas; de acuerdo con Rueda-Seguel et al. (2018), son sistemas naturales con características tanto de medio acuático

como de terrestre, con zonas húmedas, semihúmedas y secas.

Los humedales presentes en zonas urbanas y periurbanas también son de gran importancia, ya que permiten regular las condiciones microclimáticas, la calidad del aire, los flujos superficiales ocasionados por las lluvias, reduciendo los procesos erosivos, además, por su capacidad depuradora, permiten mejorar la calidad del agua a escala local (Barbosa y Villagra, 2015; Rojas et al., 2015). La depuración del agua en los humedales se basa, de acuerdo con (Pérez et al., 2000a), principalmente en la reducción de los nutrientes disueltos en el agua por los productores primarios y en la sedimentación de las partículas, dado el lento movimiento a través de la superficie que cubre el humedal.

No obstante, son de los ecosistemas más amenazados por las actividades humanas,

principalmente por asentamientos (urbanización) que perturban su biodiversidad. Además, reducen su capacidad de generar servicios ambientales relacionados al ciclo del agua (Barbosa y Villagra, 2015).

Se ha considerado que el desarrollo urbano ha impactado drásticamente en la presencia de humedales urbanos, inclusive hasta el grado de su desaparición. Iturraspe et al. (2020) pusieron en evidencia cómo los cambios en las políticas, los asentamientos irregulares y la falta de planeación ocasionan el deterioro y desaparición de los humedales; sin dejar de lado que actividades productivas, como la horticultura o floricultura, también compiten y generan presión sobre los humedales en diversas regiones del mundo (López y Rotger, 2020).

La percepción que tiene la sociedad de los humedales es un factor importante para su preservación, ya que por ser zonas pantanosas se les considera peligrosos, a causa de sus características físicas y la fauna que albergan, que suele ser vista como nociva. Además, es común que la población los vea como tiraderos de basura.

Incluso los ven como áreas potenciales para la generación de actividades económicas y sociales, como construir plazas, parques o áreas deportivas (Cortés, 2018; Moreno-Casola et al., 2009). No obstante, su conservación y/o recuperación ambiental permitiría contar con espacios naturales que funcionen como áreas no sólo de recreación, sino que además permitan fomentar la conservación de ecosistemas naturales dentro de áreas urbanas, como parte de estrategias de planeación urbana

con miras a la sustentabilidad y de bienestar socio-ambiental (Sutton-Grier y Sandifer, 2018; Jia et al., 2011).

Sobre esto, Marín-Muñoz et al. (2016) encontraron diferencias en las percepciones de la población sobre el humedal de Monte Gordo, Veracruz, donde los adultos perciben en mayor medida los servicios ambientales que brindan; por su parte, Velasco (2008), pone de manifiesto el deterioro del humedal Chiconahuapan, Estado de México, y las afectaciones que esto ha originado, a partir de la percepción social.

En lo que concierne al humedal del parque Molino de San Roque, esta es una zona de amortiguación hidrológica y funciona como un gran sistema natural de tratamiento de las aguas residuales de las colonias vecinas que lo abastecen, permitiendo drenar agua con una menor cantidad de contaminantes (Pérez et al., 2020b); así como zona de refugio para una gran diversidad de especies.

A pesar de ello, presenta un alto grado de degradación debido a la presión de las diferentes actividades humanas aledañas, minimizando los beneficios ambientales de este ecosistema. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar la capacidad de depuración de agua del humedal del parque Molino de San Roque, además de conocer las percepciones de la comunidad aledaña sobre la conservación de este ecosistema.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El parque estatal Molino de San Roque se localiza al noroeste de la ciudad de Xalapa, Veracruz, México, a 19° 33' 11.4" latitud N y 96° 56' 27.2 longitud W; a 1460 msnm. De acuerdo con el decreto oficial, esta Área Natural Protegida (ANP) cuenta con una superficie de 15.4285 ha (Decreto núm. 356, 1986), aunque el área de la poligonal que se encuentra en la oficina de Registro Catastral de la Secretaría de Finanzas y Planeación de Veracruz registra 164,580 m<sup>2</sup>, un total de 16.46 ha. De acuerdo con la Gaceta Oficial del estado de Veracruz

número 484, desde diciembre de 2018, cuenta con programa de manejo.

El área colinda al sur con la unidad habitacional FOVISSSTE, al este con el Centro de Alta Especialidad (CAE) y la preparatoria Artículo 3° Constitucional, al oeste con el Seminario Mayor y al norte con las colonias Lomas del Seminario y Lomas de San Roque; estas últimas son las que tienen mayor interacción con el humedal que alberga el parque (Figura 1). La hidrología de la zona del humedal se basa en escorrentías radiales desde las zonas altas aledañas que mantienen su estabilidad; este humedal es ocupado principalmente por vegetación tular (*Typha domingensis*) (Aquino, 2007; Hernández y Torres, 2015).

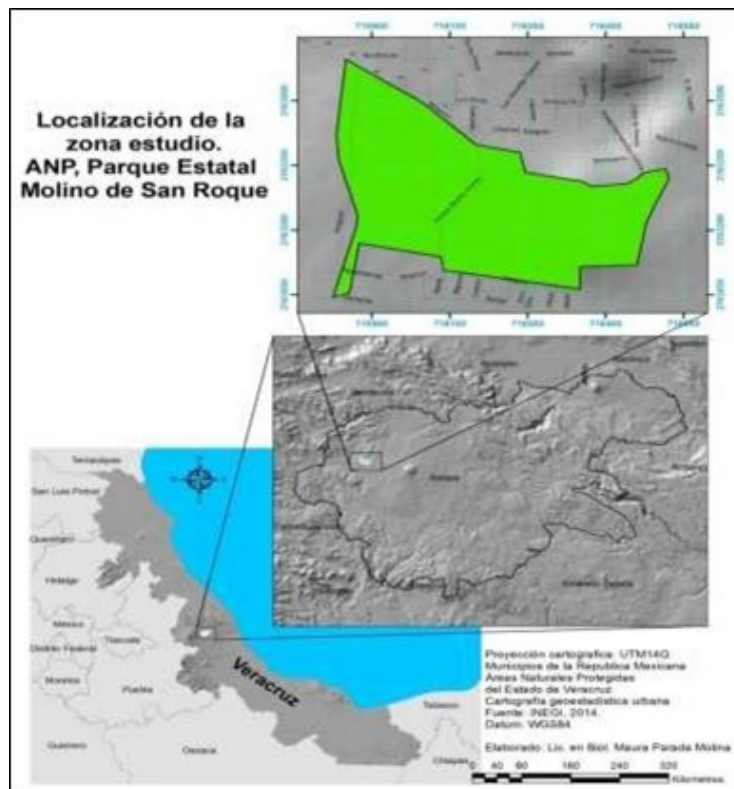


Figura 1. Localización del humedal del parque estatal Molino de San Roque, Xalapa, Ver. Fuente: Elaboración propia a partir de Metadatos de INEGI, 2014

## 2.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA

Dado que se considera que la calidad del agua drenada por el humedal es mayor a la calidad del agua que lo abastece, para identificar la cualidad del humedal del parque estatal Molino de San Roque en la depuración del agua se determinaron parámetros físicoquímicos in situ y en laboratorio del agua que fluye en la zona de estudio: a) arroyo de aguas negras (AAN) que abastece a este ecosistema (al norte del humedal) y b) agua del humedal (AH) en su zona de drenado (al sur del humedal). Los análisis in situ y la toma de muestras se realizaron semanalmente en el mes de marzo (4 muestreos). In situ se determinaron los parámetros: temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD), utilizando un equipo multiparámetro YSI 85.

Para los análisis en laboratorio se recolectaron 6 muestras de agua en garrafas de plástico con capacidad de 3 litros para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), de acuerdo a la NMX-AA-028-SCF-2001; para el OD se tomaron 6 muestras, en frascos Winkler de acuerdo a la NMX-AA-012-SCF-2001. Todas las muestras se recolectaron a las 7:30 de la mañana y fueron procesadas en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento (CMAS); se presentan los valores medios obtenidos.

## 2.3 PERCEPCIÓN SOBRE EL HUMEDAL

Con la finalidad de conocer la percepción que tiene la población acerca del humedal

del parque estatal Molino de San Roque, a través de un análisis exploratorio descriptivo, se aplicó una encuesta a personas de las colonias Lomas del Seminario y Lomas de San Roque, de la ciudad de Xalapa. Este instrumento sirvió para recolectar información sobre los conocimientos y actitudes de la población sobre la importancia que tiene el área para la comunidad, así como sobre la disposición de esta para participar en realizar acciones o en actividades conducentes a una posible restauración del humedal. La edad de la población objetivo osciló entre los 17 y 55 años. Considerando un nivel de confianza del 95%, un intervalo de confianza de  $\pm 5$  y un error del 5% se obtuvieron 150 encuestados, repartidos equitativamente en las 2 colonias realizándose de manera aleatoria, de acuerdo a Murray y Larry (2009).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 ESTADO FÍSICOQUÍMICO DE LOS CUERPOS DE AGUA

Los resultados obtenidos de los parámetros físicoquímicos temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD), analizados en campo, se presentan en la Tabla 1. Tomando como referencia la NOM-001-SEMARNAT-2021, se corroboró que las temperaturas de ambos cuerpos de agua se encuentran dentro de los límites permisibles para el desarrollo de vida acuática en humedales. A pesar de ello, se encontró que el agua del AAN presenta temperaturas hasta 5 °C más elevadas que en el AH.

El AH presenta un pH neutro ( $7.1 \pm 0.8$ ); el agua del AAN presenta un pH ácido ( $5.8 \pm$

0.3) fuera de los límites permisibles (Tabla 1). La acidez del agua del AAN se debe a los procesos de descomposición de la materia orgánica y la liberación de sustancias ácidas en dichos procesos. El OD del AH es aceptable para que se desarrollen los organismos acuáticos (Tabla 1) al presentar un valor mayor a 5 mg/l (SEGOB, 1989); a esa concentración, los microorganismos se encuentran en plena productividad fotosintética.

depuración natural de la materia orgánica. Otro trabajo realizado en humedales urbanos en la ciudad de Xalapa, Veracruz, reporta la contaminación de estos ecosistemas por aguas negras, dadas las concentraciones de aniones y de coliformes totales y fecales (Hernández y Bastian-Lima, 2022).

Por el contrario, las aguas del AAN presentan valores de  $DBO_5$  por arriba

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua evaluados

Parámetros	Humedal	Agua residual	NOM-001-SEMARNAT1996. (P.D)
Temperatura	20.7 °C	25.7 °C	40 °C
pH	7.1	5.8	5 a 10
Conductividad	0.0 $\mu\text{s/cm}$	0.0 $\mu\text{s/cm}$	
Salinidad	0	0	
Oxígeno disuelto (OD)	12.6 mg/L	0.0 mg/L	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	21.0 mg/L	207.4 mg/L	150 mg/L

Valores medios  $\pm$  desviación estándar. Fuente: Elaboración propia

La nula presencia de OD en el agua del AAN impide el desarrollo de vida acuática; además, podría causar la muerte de organismos que tienen contacto con este cuerpo de agua. En cuanto a la  $DBO_5$ , el AH se encuentra dentro de los límites permisibles para la protección de la vida acuática, estipulados en la NOM-001-SEMARNAT-2021, lo que indica una

de lo normado, lo cual es un indicativo del incremento de la materia orgánica, disminuyendo así el contenido de oxígeno disuelto en el agua. Para humedales de Isla Mujeres, Quintana Roo, México; Barrientos-Medina et al. (2021), reportan que tomando en cuenta los valores de las  $DBO_5$ , la calidad del agua es de aceptable a buena. Para el caso de las concentraciones

de OD, estas fueron nulas. Por ello, el agua no cumple con las características aceptables para la protección de la vida acuática, según el Acuerdo por el que se Establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA001/89 (SEGOB, 1989).

### 3.2 PERCEPCIONES SOCIALES SOBRE EL HUMEDAL

De la población encuestada, el 71% fue del sexo femenino, debido quizá al horario en el que se realizó la encuesta. Por las mañanas, los hombres se encontraban en sus lugares de trabajo y las mujeres, en general, se encargan de las labores de la casa y el cuidado de los hijos. No obstante, ellas podrían jugar un papel importante en las percepciones sobre el entorno, ya que suelen atender en mayor medida temas concernientes al cuidado del medio ambiente (Shin y McCann, 2018).

Se observó que el 71.3% de la población encuestada no sabe qué es un humedal y la importancia de su conservación (beneficios y servicios ambientales). La falta de información y nulo acceso a ella son motivos del desconocimiento; sin embargo, existen diversos factores que intervienen en la motivación e interés de las personas en temas relacionados con el ambiente y su cuidado, como hábitos, costumbres; entre otros (Marín-Muñiz et al., 2016). Esto se suma al desinterés de las personas por conocer del tema, a pesar de vivir en colonias que colindan con un humedal.

Estos factores impactan en la importancia que se le da al humedal del parque estatal Molino de San Roque, por parte de la

población de las colonias aledañas. El 65.3% de los encuestados mencionó que no es un área importante que deba ser conservada o rescatada, sino lo contrario, perciben al humedal como un área de riesgo. Históricamente, los humedales no han sido bien vistos debido a que son zonas pantanosas; muchas veces son considerados peligros para la población por sus condiciones físicas y la fauna que alberga (Moreno-Casasola et al., 2009).

Son diversos los problemas percibidos por los habitantes con relación al humedal (Tabla 2), entre los que resalta, en primera instancia, la contaminación (67% de la población). También consideran que es una fuente de malos olores, principalmente en temporada de calor; además es una zona donde proliferan insectos, así como fauna nociva.

Por ello, los colonos ven al humedal como un foco de infección que se acrecienta por la contaminación aledaña al mismo que ha sido utilizado como tiradero de basura, por la misma población. Resultados similares reportan Junca et al. (2022), quienes reportan que las personas ven al humedal como una fuente de mal olor, basura e inseguridad. Además, Marín-Muñiz et al. (2016), reportan que estudiantes (35%) y población económicamente activa (14%) percibieron que humedales del municipio de Tecolutla, Veracruz, son utilizados como tiraderos de basura, y lo consideran normal. A pesar de que la percepción de los humedales ha ido cambiando positivamente en los últimos años, aún hay quienes los ven como basureros y zonas pantanosas con poco valor ambiental (Cortés, 2018).

Tabla 2. Problemas percibidos con relación al humedal del Parque Estatal Molino de San Roque.

<b>Problemas identificados en el humedal</b>	<b>Causas</b>	<b>Efectos</b>
Abandono y delimitación del área	Desapego de las autoridades y de las colonias cercanas	Tala clandestina Invasión de la zona a partir de la introducción de ganado Delincuencia Tiradero de basura
Contaminación	Tiradero de basura a cielo abierto Relleno de la zona por escombros y tierra Asentamientos humanos alrededor de la zona Vertientes de aguas residuales Aumento de la materia orgánica y de sedimentos	Foco de infección Proliferación de animales en la zona Pérdida en la flora y fauna Cambio en la calidad del agua
Introducción de ganado	Espacios perturbados por el pastoreo de vacas Relleno de las zonas Cambio en la vegetación nativa por otra vegetación	Pérdida de la zona Cambio en los flujos hidrológicos Pérdida de la flora y fauna Compactación del suelo Pérdida en la cadena alimenticia en el área
Disminución de avistamiento de aves	Apedrean y disparan a las aves Cambio en el hábitat para refugiarse	Avistamientos son menos frecuentes Escasea el alimento Escasean áreas de reproducción
Pérdida acelerada del área inundable	Por el relleno de la zona por escombros y tierra Introducción de maquinaria para desazolver la zona Cambio en los flujos hidrológicos para controlar la entrada y salida de agua	Pérdida de la flora y fauna Cambio de uso de suelo para dar pie a construcciones urbanas

Fuente: Elaboración propia



Entre las causas de este problema identifican el crecimiento excesivo de las colonias, cuyos habitantes también lo utilizan como depósito de escombros y demás desechos generados en la construcción de viviendas, e incluso como área de pastoreo de ganado. Además, en los últimos años, por presión de las personas que viven en colindancia con el humedal, este ha sido drenado, a través de la construcción de canales en su interior, lo cual ha influido considerablemente en la reducción de los servicios ambientales que este brindaba, viéndose afectados los afluentes cercanos que incrementan su caudal en gran magnitud en temporada de lluvias, al no ser amortiguados estos flujos por el humedal.

Por ello, se ha generado que las personas de las colonias aledañas consideren que “la ciénega” (humedal), como la conocen los colonos, debería ser rellenada, ya que es un terreno en el que se podrían crear nuevas viviendas, parques recreativos o deportivos, o incluso un acceso vehicular a la unidad habitacional que está al “otro lado”; los afluentes del AAN que fluyen a través de esta zona podrían ser entubados y canalizados al sistema de drenaje.

Esto daría mayor plusvalía a esta zona, de acuerdo con lo comentado por la población encuestada. Con esto resalta que el cambio de uso de suelo y la degradación antrópica de los ecosistemas naturales repercuten no sólo en aspectos ecológicos, sino también en económicos y sociales (Marín-Muñoz et al., 2016).

Durante la entrevista se les mencionó la importancia de conservar el humedal en

la zona y de efectuar actividades para su conservación. Sin embargo, más del 60% opinó que eso depende de las autoridades municipales, que ellos no están dispuestos a invertir su tiempo en esas actividades, mucho menos a limpiar lo que otros ensucian.

Menos del 40% respondió que estarían dispuestos a ayudar a conservar el área; este grupo consideró que, para ellos, sería un beneficio volver a tener ese lugar como antes, contar nuevamente con los avistamientos de fauna silvestre como las garzas que cubrían la zona del humedal; sin embargo, no creen que esto suceda a corto plazo, principalmente por el desinterés de las autoridades municipales.

Dada la percepción social, queda en evidencia el desapego de la sociedad respecto de los ecosistemas naturales. Es imperante la necesidad de implementar estrategias para fomentar el cambio de visión que permita mejorar la relación entre estos, particularmente sobre la idea y percepción que se tiene sobre los humedales urbanos.

Entre estas estrategias, las basadas en el desarrollo urbano sustentable podrían ayudar a impulsar acciones para la aceptación, conservación y mejoramiento, no solo de los ecosistemas naturales, sino también de los que se encuentran inmersos en áreas urbanas, para lograr la simbioempatía entre estos, de acuerdo con De Goyo y Camejo-Ruiz (2020). Sin embargo, también juega un papel importante la postura de las personas aledañas, sobre la conservación o restauración de estos ecosistemas, que

exponen ser afectadas negativamente (Schmidt, 2018). Ante esto, en muchas ocasiones, las autoridades deciden hacer caso a las demandas de la población, dejando de lado el beneficio ambiental.

Además, la formulación de normatividad en la que se incluirían estos ecosistemas dentro de áreas urbanas permitiría su protección, conservación y/o restauración. Tal es el caso de Chile, país en el que se modificaron aspectos legales de la ley 21.202, para la protección de los humedales urbanos y adaptaciones a la Ley General de Urbanismo y Construcciones con el objetivo de que todo proyecto que implique la modificación del territorio, incluya a los humedales urbanos como zonas naturales protegidas (Jiménez, 2021).

#### 4. CONCLUSIONES

Los valores obtenidos a través de los análisis fisicoquímicos reflejan que el humedal del Parque Estatal Molino de San Roque sirve como depurador del agua, vertiendo su flujo de salida a cuerpos de agua sin impactar su calidad en gran medida. Con relación a la percepción de los habitantes sobre el humedal, esta no es favorable para su restauración y conservación. El desconocimiento de los beneficios y servicios ambientales que los humedales proveen son algunas de las principales causas que generan las posturas negativas hacia el humedal.

Sumado a esto, la población no es consciente de que la contaminación por basura en el humedal es ocasionada por la misma comunidad y, por ende, perciben al humedal

como un foco de infección por malos olores, basura y proliferación de insectos y fauna nociva. Es primordial la implementación de estrategias de comunicación, divulgación y educación ambiental para preservar los distintos ecosistemas que se encuentran dentro de las áreas urbanas de Xalapa, además de la inclusión de la protección y conservación de los humedales urbanos en la normatividad ambiental.

## 5. FUENTES DE CONSULTA

- Aquino, Ana María. (2007). Flora vascular del ANP Molino de San Roque (Cerro de las Garzas), Xalapa, Ver. Universidad Veracruzana.
- Barbosa, Olga., Villagra, Paula. (2015). Socio-ecological studies in urban and rural ecosystems in Chile. In R. Rozzi, F. S. Chapin III, J. B. Callicott, S. T. A. Pickett, M. E. Power, J. J. Armesto, y R. H. May Jr. (Eds.), *Earth stewardship: linking ecology and ethics in theory and practice* (pp. 297–311). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-12133-8\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12133-8_19)
- Barrientos-Medina, Roberto., Ceballos-Povedano, Rosiluz., Cobos-Gasca, Víctor., Navarro-Alberto, Jorge. (2021). Water quality in urban wetlands of Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(1), 32. Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3648/1562>
- Cejudo, Eduardo., Herrera-Caamal, Geraldine. (2019). Humedales en dolina del norte de Quintana Roo, México: ecosistemas poco conocidos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 207–218. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1827>
- Cortés, Lorena Andrea. (2018). Aproximación al paisaje de los humedales urbanos de Bogotá dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1 SE-), 118–130. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.60584>
- Decreto No. 356-1986, 20 de septiembre, mediante el cual se declaran destinados al Mejoramiento y Conservación del Ambiente y al Establecimiento de Zonas de Protección Ecológica los inmuebles que se indican en el mismo. *Gaceta Oficial del Estado de Veracruz*. 23 de septiembre de 1986. Disponible en: [http://repositorio.veracruz.gob.mx/medioambiente/wp-content/uploads/sites/9/2018/02/Molino-de-San-Roque\\_1986.pdf](http://repositorio.veracruz.gob.mx/medioambiente/wp-content/uploads/sites/9/2018/02/Molino-de-San-Roque_1986.pdf)
- Goyo, María., Camejo-Ruiz-Armando. (2020). Simbioempatia en humedales urbanos como eje articulador de responsabilidad social compartida hombre/naturaleza. *Catálogo editorial*, Bogotá: Catálogo editorial. <https://doi.org/10.15765/poli.v1i282>
- Hernández, María., Bastian-Lima, Violeta. (2022). Diagnóstico sociohidrológico de tres humedales urbanos de Xalapa, Ver., México. *Ambiens Techné et Scientia México*, 2(10), 189-205. Disponible en: <https://atsmexico.org/atsm/article/view/vol10num2/91>
- Hernández, María Gabriela., Torres, Leonel. (2015). Análisis de dos áreas naturales protegidas en relación con el crecimiento del Área Metropolitana de Xalapa, Veracruz. *Investigaciones Geográficas*, 87, 51–61. <https://doi.org/10.14350/rig.39077>

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). Conjunto de datos vectoriales.
- Iturraspe, R.J., Fank, L., Urciuolo, A.B., Lofiego, R. (2021). Efectos del crecimiento urbano sobre humedales costerocontinentales del ambiente semiárido de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, (75), 139-165. <https://doi.org/10.14198/INGEO.17586>
- Jia, Haifeng., Ma, Hongtao., Wei, Mingjie. (2011). Urban wetland planning: A case study in the Beijing central región. *Ecological Complexity*, 8(2), 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2011.03.002>
- Jiménez, Claudio. (2021). Apostillas a la Ley 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos. *Revista De Derecho Ambiental*, 1(15), 123-144. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.57711>
- Junca, Diego., Hernández, María., Marín, José. (2022). Percepciones sobre la importancia de los servicios ambientales del humedal urbano Molino de San Roque de Xalapa, Veracruz, México. *Journal of Basic Sciences*, 8(23), 154-161. <https://doi.org/10.19136/jobs.a8n23.5355>
- López, Isabel., Rotger, Daniela. (2020). Expansión urbana, humedales y evolución en los usos del suelo en el Gran La Plata. *Biología Acuática*, (35), 017. <https://doi.org/10.24215/16684869e017>
- Marín-Muñiz, José Luis., Hernández Alarcón, María., Silva Rivera, Evodia., Moreno-Casasola, Patricia. (2016). Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. *Madera y Bosques*, 22(1), 53-69. Disponible en : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61745707004>
- Moreno-Casasola, Patricia., Rosas, Hugo., Mata, Dulce., Peralta, Luis Alberto., Travieso-Bello, Ana Cecilia., Warner, Barry. (2009). Environmental and anthropogenic factors associated with coastal wetland differentiation in La Mancha, Veracruz, Mexico. *Plant Ecology*, 200(1), 37-52. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/40305590>
- Murray, Spiegel., Larry, Stephens. (2009). *Estadística*. México: McGraw-Hill.
- NMX-AA-012-SCF-2001. Análisis de agua. Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba. Secretaría de Economía. México: Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166768/NMX-AA-012-SCFI-2001.pdf>
- NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis de agua. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO<sub>5</sub>) y residuales tratadas. Método de prueba. Secretaría de Economía. México: Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2001/nmx-aa-028-scfi-2001.pdf>
- NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles

- de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: Diario Oficial de la Federación. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022)
- Pérez, Marcos., Sánchez, Salvador., Rojo, Carmen. (2000a). Función depuradora de los humedales I: una revisión bibliográfica sobre el papel de los macrófitos. SEHUMED, 14, 115-122. Disponible en: [http://www.sehumed.es/banco/archivos/SEHUMED\\_colecc115.PDF](http://www.sehumed.es/banco/archivos/SEHUMED_colecc115.PDF)
- Pérez, Marcos., Sánchez, Salvador., Rojo, Carmen. (2000b). Función depuradora de los humedales I: una revisión bibliográfica sobre el papel de los macrófitos. Boletín SEHUMED, 15, 115-122. Disponible en: [http://www.sehumed.es/banco/archivos/SEHUMED15\\_colecc123.PDF](http://www.sehumed.es/banco/archivos/SEHUMED15_colecc123.PDF)
- RAMSAR. (2023). Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. [https://rsis.ramsar.org/es/research/?f%5B0%5D=regionCountry\\_es\\_ss%3AAmerica del Norte&f%5B1%5D=regionCountry\\_es\\_ss%3AMéxico](https://rsis.ramsar.org/es/research/?f%5B0%5D=regionCountry_es_ss%3AAmerica%20del%20Norte&f%5B1%5D=regionCountry_es_ss%3AMéxico)
- Pérez, Marcos., Sánchez, Salvador., Rojo, Carmen. (2000). Función depuradora de los humedales II: una revisión bibliográfica sobre el papel del sedimento. Humedales Mediterráneos, 1, 123-130. Disponible en: [http://sehumed.uv.es/revista/numero15/SEHUMED15\\_colecc123.PDF](http://sehumed.uv.es/revista/numero15/SEHUMED15_colecc123.PDF)
- 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, 181-204. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022015000200010&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022015000200010&nrm=iso)
- Rueda-Seguel, Ivonne Andrea., Rojas-Quezada, Carolina Alejandra., De la Fuente-Contreras, Helen Edith., Virano-Reyes, Patricia Zulema. (2018). Diseño colaborativo de una plataforma SIG web de humedales urbanos del área Metropolitana de Concepción (urbancost). Urbano, 21(37),32-43. <https://doi.org/10.22320/07183607.2018.21.37.03>
- SEGOB. (1989). Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA001/89. Diario Oficial de La Federación. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/11/1989#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/11/1989#gsc.tab=0)
- Serran, Jacqueline., Creed, Irena. (2016). New mapping techniques to estimate the preferential loss of small wetlands on prairie landscapes. Hydrological Processes, 30(3), 396-409. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hyp.10582](https://doi.org/10.1002/hyp.10582)
- Shin, Dong Won., McCann, Laura. (2018). Analyzing differences among non-adopters of residential stormwater

- management practices. *Landscape and Urban Planning*, 178, 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.06.003>
- Schmidt, Mariana Andrea. (2018). Conflictos por la valoración de humedales en ámbitos urbanos. La cuenca Matanza Riachuelo, Argentina. *Bitácora Urbano Territorial*, 28(3), 89-98. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.63935>
- Sutton-Grier, A.E., Sandifer, P.A. (2019). Conservation of Wetlands and Other Coastal Ecosystems: a Commentary on their Value to Protect Biodiversity, Reduce Disaster Impacts, and Promote Human Health and Well-Being. *Wetlands* 39, 1295–1302 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1039-0>
- Velasco, Juan Jesus. (2008). La Ciénaga de Chiconahuapan, Estado de México: un humedal en deterioro constante. *Contribuciones desde Coatepec*, 15, 101–125. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28101505>