



Efecto de las actividades antropogénicas sobre la cobertura de mangle en la cuenca baja del río Coatzacoalcos

M.C. Cuevas-Díaz^{1,2*}, A. H. Hernández-Romero², D. Vázquez-Luna^{2,3}, D. A. Lara-Rodríguez^{3,2}, O. Guzmán-López¹, J. E. González-Arvizu¹, J. I. Ontiveros-José¹

(1) Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Av Universidad Km 7.5. Col Santa Isabel Coatzacoalcos, Ver., CP 96538. México.

(2) Centro de Estudios Interdisciplinarios en Agrobiodiversidad. Universidad Veracruzana. Ctra. Costera del Golfo, Km. 220. Acayucan, Veracruz. CP 96000. México.

(3) Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. Ctra. Costera del Golfo, Km. 220. Acayucan, Veracruz. CP 96000. México.

* Autor de correspondencia: M.C. Cuevas-Díaz [ccuevas@uv.mx]

> Recibido el 28 de marzo de 2020 - Aceptado el 31 de agosto de 2020

Cuevas-Díaz, M.C., Hernández-Romero, A.H., Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D.A., Guzmán-López, O., González-Arvizu, J.E., Ontiveros-José, J.I. 2020. Efecto de las actividades antropogénicas sobre la cobertura de mangle en la cuenca baja del río Coatzacoalcos. *Ecosistemas* 29(3):1954. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1954>

Los manglares son uno de los tipos de humedales costeros presentes en la cuenca baja del río Coatzacoalcos que, a pesar de su creciente deterioro, conservan importancia ecológica y económica. El objetivo del presente estudio fué identificar la principal actividad antropogénica que ha contribuido a reducir la cobertura de manglar en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, mediante dos métodos: 1) comparando las áreas de los manglares y el desarrollo urbano, entre los años 1986 y 2016, con imágenes Landsat y Sentinel (escala 1:250,000), utilizando Q-Gis versión 2.14.2; y 2) mediante una matriz de máximos y mínimos, donde se asignaron valores para calificar el grado de afectación de las acciones antrópicas a cada componente del ecosistema. De acuerdo con el análisis espacial realizado, entre 1986 y 2016, se registró una pérdida del 86% de manglares, asociado al aumento de los asentamientos humanos en la cuenca baja del río Coatzacoalcos. Las acciones que más afectaron los componentes ambientales fueron los asentamientos humanos, desmontes y rellenos, ganadería y emplazamientos industriales con porcentajes de afectación de 15.9, 15.7, 15.5 y 13.5%, respectivamente. Los componentes ambientales más afectados fueron el suelo, la flora y el agua, con porcentajes de afectación del recurso de 17, 17 y 16%, respectivamente. Los asentamientos humanos son la principal causa de pérdida de manglares en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, en particular los asentamientos irregulares que se dan en la región.

Palabras clave: ecosistemas tropicales en peligro; humedal; perturbación ambiental; riesgo ambiental

Cuevas-Díaz, M.C., Hernández-Romero, A.H., Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D.A., Guzmán-López, O., González-Arvizu, J.E., Ontiveros-José, J.I. 2020. Effect of anthropogenic activities on mangrove coverage in the lower Coatzacoalcos river basin. *Ecosistemas* 29(3):1954. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1954>

Mangroves are one of the types of coastal wetlands present in the lower basin of the Coatzacoalcos River, which, despite their increasing deterioration, retain ecological and economic importance. The objective of this study was to identify the main anthropogenic activity that has contributed to reducing mangrove coverage in the lower basin of the Coatzacoalcos River, using two methods: 1) comparing mangrove areas and urban development, between 1986 and 2016, with Landsat and Sentinel images (scale 1: 250 000), using Q-Gis version 2.14.2; and 2) through a matrix of maximums and minimums, where values were assigned to rate the degree of affectation of anthropic actions to each component of the ecosystem. Between 1986 and 2016, mangrove loss was 86%, and it is associated with the increase in human settlements in the lower basin of the Coatzacoalcos River. The actions that most affected the environmental components were human settlements, land clearings and landfills, livestock, and industrial sites with affected percentages of 15.9, 15.7, 15.5, and 13.5%, respectively. The most affected environmental components were soil, flora, and water, with percentages of affectation of the resource of 17, 17, and 16 %, respectively. Human settlements are the leading cause of loss of mangroves in the lower basin of the Coatzacoalcos River, particularly the irregular settlements that occur in the region.

Keywords: environmental disturbance; environmental risk; endangered tropical ecosystems; wetland

Introducción

El ecosistema de manglar se caracteriza por encontrarse en zonas tropicales y subtropicales, y tiende a ser más extenso en sitios costeros, en donde las altas descargas de los ríos proporcionan mayor concentración de nutrientes en el ambiente (Kjerfve et al 1999), generando condiciones para una alta productividad primaria y biodiversidad (Escobar 2004; MEA 2005; Blaber 2007), que puede traducirse en el incremento en rendimientos de las actividades productivas, como la pesca (Aburto-Oropeza et al. 2008). A pesar de su importancia, los ecosistemas de manglar han sido afectados por ac-

ción del hombre o de la naturaleza. Los manglares han sido impactados de forma directa, mediante la tala irregular, el cambio de uso de suelo, entre otras, e indirecta, por actividades productivas (turísticas, petroleras e industriales) así como el crecimiento demográfico. Estas acciones han ocasionado la disminución de su extensión, como la pérdida de los recursos naturales y sus funciones ecológicas; alrededor de 35 % de la cobertura mundial de manglares se ha perdido (MEA 2005), como en los Everglades de Florida, EEUU, donde más del 65% de un total de 10 000 km² de humedales, incluyendo los manglares, han desaparecido por acciones del desarrollo humano y actividades agropecuarias (Barba-Macias et al. 2014).

México, en conjunto con Indonesia, Australia, Brasil y Nigeria, en 2005 contaban con 48% de la cobertura de manglares a nivel mundial, y con Cuba cubren la cuarta parte de los manglares de la Región Norte y Central de América (FAO 2007). Los manglares se encuentran en todos los estados del litoral mexicano, incluyendo las cinco regiones biogeográficas: Pacífico Norte, Pacífico Centro, Pacífico Sur, Península de Yucatán y Golfo de México (Rodríguez-Zúñiga et al. 2013). A nivel nacional, los manglares también han presentado una reducción drástica en su superficie, cuya cuantificación varía con la fuente y el método utilizado. Flores et al. (1971) estimaron mediante planimetría con cartas, una cobertura de 1 420 230 ha, en contraste con lo reportado por Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez 1999, con 524 600 ha. Sin embargo, existen discrepancia entre las estimaciones, como lo reportado por Acosta-Velázquez et al. (2009), con 770 057 ha. Según el informe nacional más reciente, en donde utilizaron imágenes aéreas de 1970 a 1980 e imágenes SPOT y RapidEye del año 2015, concluyeron que la cobertura en los últimos cuarenta años cambió de 856 405 a 775 555 ha (Valderrama-Landeros et al. 2017).

La cobertura de manglares en el estado de Veracruz representa el 4.96 % de la superficie nacional, pero pasó de 44 820 ha en 1976 a 38 311 ha en 2015, y la superficie de manglar perturbado pasó de 4 a 1740 ha en el mismo lapso de tiempo. En la cuenca baja del río Coatzacoalcos, los registros que se tienen reportan que disminuyó de 940 a 300 ha de 1976 a 2005, y la cobertura en 2009 se redujo a 272 ha (López-Portillo et al. 2009a). A nivel regional, en el sur de Veracruz la falta de planeación, la ausencia de ordenamientos ecológicos territoriales y la aplicación de políticas económicas productivistas implementadas por los diferentes órdenes de gobierno han llevado estos sistemas ambientales prácticamente a su desaparición, quedando apenas 30% de la cobertura que se tenía en 1976. Por ello, el objetivo del presente estudio fué identificar la principal actividad antropogénica que ha contribuido a reducir la cobertura de manglar en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, mediante dos métodos: 1) comparando las áreas de los manglares y el desarrollo urbano, entre los años 1986 y 2016, con imágenes

Landsat y Sentinel (escala 1:250 000), utilizando Q-Gis versión 2.14.2; y 2) mediante una matriz de máximos y mínimos, donde se asignaron valores para calificar el grado de afectación de las acciones antrópicas a cada componente del ecosistema.

Material y métodos

Área de estudio

La zona de manglares estudiada se encuentra situada en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, y forma parte de los municipios de Minatitlán, Ixhuatlán del Sureste, Nanchital y Coatzacoalcos (Fig. 1). La cuenca del Río Coatzacoalcos forma parte de la Región Hidrológica 29, y abarca un área de 23 956 km² que corresponden al 1.2% de la superficie total de la República Mexicana. Territorialmente la Región Hidrológica 29, comprende 32 municipios, de los cuales nueve pertenecen al Estado de Oaxaca y 23 al estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Se ubica en la denominada Llanura Costera del Golfo de México, limita al sur con la Sierra Madre del Sur y al norte con la cuenca del río Papaloapan (Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos 2013). La parte de la cuenca baja del río Coatzacoalcos que se estudió corresponde a un área de 38 km (SIATL 2015). El clima es Am(f), cálido húmedo con lluvias en verano (García 2004) y los tipos de suelo dominantes son Gleysol (en las orillas de los cuerpos de agua, 62.1%), Vertisol (hacia el interior, 27.7%) y Regosol (en la barra arenosa costera, 10.2%) (INEGI 2014).

Los manglares de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, siguiendo la propuesta de Rodríguez-Zúñiga et al. (2018), se consideran bosques ribereños, sometidos a marea mixta diurna, de tipo de manglar arbóreo bajo, con 6.3 m de altura en promedio (López-Portillo et al. 2009a). Las especies dominantes son *Rizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), los cuales se encuentran como especies protegidas en la lista de NOM-059-SEMARNAT-2001 (Carmona-Díaz y Hernández-Carmona 2010).

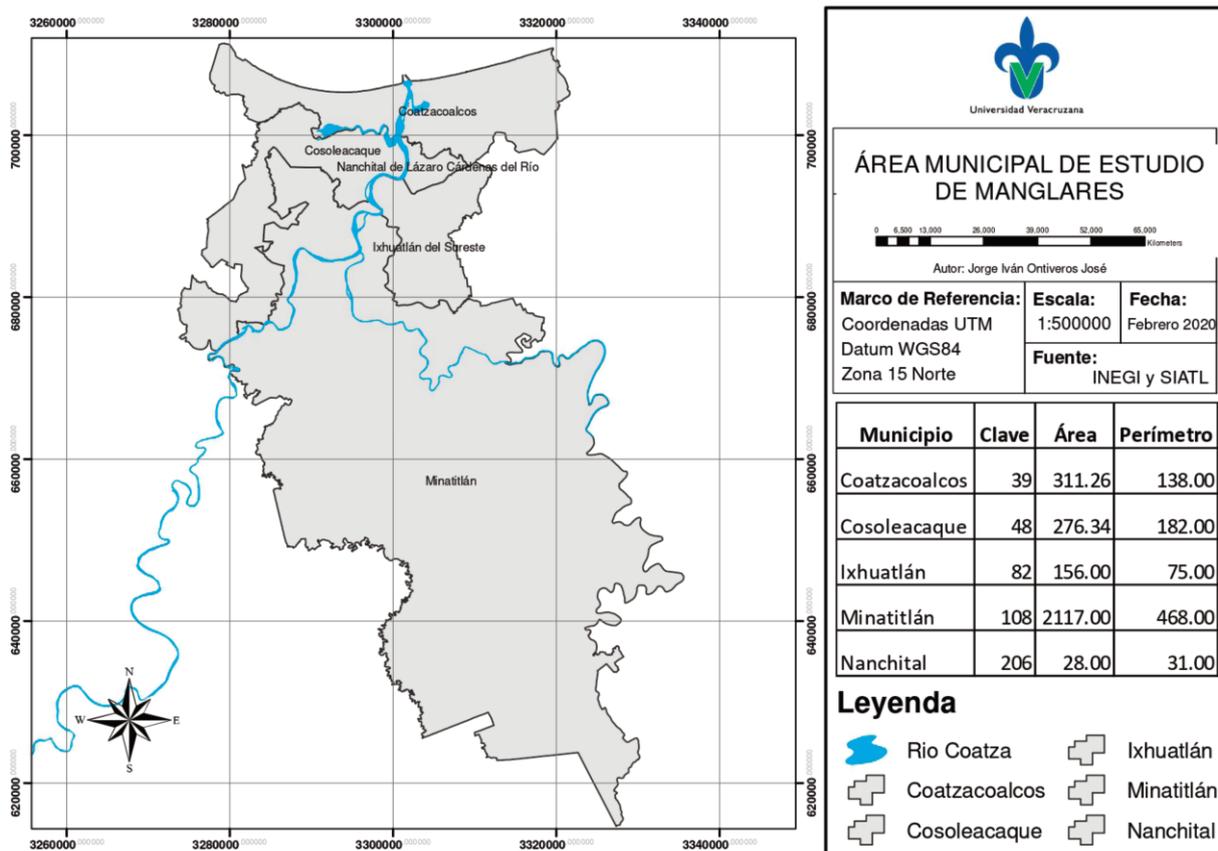


Figura 1. Área de estudio de manglares.

Figure 1. Mangrove study area.

Análisis del área de manglares

El análisis de la cobertura de manglares en la cuenca baja del río Coatzacoalcos se realizó mediante dos estrategias; la primera fue mediante un análisis de cartografía utilizando el software libre QGIS versión 2.14.2; la segunda estrategia constó de implementar la matriz de máximos y mínimos. Para la realización del análisis se recopiló información del área de estudio apoyándose de diversas fuentes como el Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos (2013), Siatl (simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas) http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#, cartografía base de municipios del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0710000000000000&tg=3604>) y del portal del Conabio (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>), el sistema de monitoreo de Manglares de México (<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm>), así como polígonos del uso de suelo y vegetación serie I y VI (<https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>).

Procesamiento de imágenes satelitales y obtención de áreas

Se procesaron imágenes satelitales LANDSAT, para determinar la cobertura vegetal del manglar durante el año 1986 (Serie I) y 2016, se incluyeron los municipios de Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Ixhuatlán del Sureste, Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río y Minatitlán del estado de Veracruz, México (CONABIO 2016). En los rasters también se encontraron imágenes SENTINEL. Los mapas de uso de suelo y vegetación, hidrografía, humedales potenciales y uso potencial del suelo se descargaron de los portales gubernamentales de INEGI (http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#) y CONABIO (2016). Las imágenes LANDSAT se obtuvieron de <https://eos.com/es/> y se editaron a archivos raster, a los cuales se les realizó la composición de color y el realce de imágenes, también se resaltaron los tipos de cobertura. Posteriormente se realizó la conversión a vectorial en formato shape para ser analizados en sistemas de información geográfica, para esto se realizaron visitas en campo para realizar una clasificación supervisada, de esta manera se tuvo una mayor precisión de las coberturas de suelo que se tenían que abordar en el estudio. Se contrastó la información con la cartografía base de usos de suelo y vegetación en su carta número VI de CONABIO (2016). De igual forma se tomaron los puntos tomados de campo para el análisis de la explotación animal, piscicultura, pesca y pesca de camarón. La información se procesó con las herramientas de geoprocésamiento merge y union de Qgis, permitiendo encontrar los municipios con mancha urbana relacionados con estos ecosistemas que permiten el aprovechamiento de los recursos. Se determinó la pérdida de manglares de 1986 a 2016, comparando las cartas serie I y serie VI, determinando el perímetro y área en metros cuadrados de las zonas con manglares.

Diseño de la matriz de máximos y mínimos

Para el análisis del impacto antropogénico, se recurrió al método de matriz de máximos y mínimos, el cual consistió en analizar el grado de afectación de las actividades que genera la población humana al recurso o componente ambiental (Tabla 1), siguiendo el método propuesto por Regidor (2014, datos sin publicar). Esta valoración se efectuó en dos tipos por cada actividad, un valor máximo teórico, que se asignó considerando el mayor grado de afectación del componente ambiental de acuerdo a la información de CONABIO (CONABIO 2016) e INEGI cartografía geoestadística (datos del 2016), y un valor mínimo teórico, que se determinó, con base en los diferenciales de los inventarios de manglar de los últimos diez años, considerando los conceptos de protección de manglares incluidos en la Ley General de Vida Silvestre (México 2018) en su artículo 1 y 60 ter, en la NOM-059-SEMARNAT-2001 en donde se indica que es una especie en peligro de extinción y en los conceptos de NOM-022-SEMARNAT-2003 y sus criterios de acuerdo con López-Portillo et al. (2009b).

La matriz se realizó en Excel versión 14.0, donde se consideraron nueve actividades (colocadas en filas), clasificadas en tres categorías: transformación del territorio y construcción (actividades:

Tabla 1. Rango de grados de afectación de cada recurso, estimando un máximo y un mínimo teóricos.

Table 1. Range of degrees of affectation of each resource, estimating a theoretical maximum and minimum.

Magnitud	Mínimo teórico (%)	Máximo teórico (%)
Despreciable	0	3
Muy bajo	3	6
Bajo	6	9
Medio	9	12
Alto	12	15
Muy alto	15	Más de 15

Fuente: Regidor 2014

asentamientos humanos; emplazamientos industriales; carreteras y caminos; desmontes y rellenos); extracción de recursos (explotación forestal, pesca comercial); y alteración del terreno (ganadería, agricultura y almacenamiento de productos). Las columnas de la matriz correspondieron a siete recursos o componentes ambientales afectados: suelo, agua, atmósfera, flora, fauna, actividades económicas y paisaje. Para evaluar el impacto de cada acción sobre cada recurso o componente ambiental se consideraron valores máximos y mínimos teóricos, en una escala de cero a 15, clasificados de acuerdo a su magnitud, desde una afectación despreciable (valor de cero) a muy alto (quince) como se presenta en la Tabla 1. De la sumatoria de los valores se obtuvo el impacto por recurso y por acción, y los porcentajes correspondientes.

Resultados

Procesamiento de imágenes

De acuerdo con los resultados obtenido del procesamiento de las imágenes de la cuenca baja del río Coatzacoalcos tomadas de las cartas de uso de suelo y vegetación específicamente las cartas series I y VI, para el año 1986 la zona de manglares cubría 744 ha, mientras que para el año 2016 solo se observaron 103 ha; en 30 años este ecosistema sufrió una pérdida de 86%. En las figuras 2 y 3 se puede observar el crecimiento generalizado de la mancha urbana y la zona industrial, cubriendo una parte importante de las zonas de manglar, ocasionando una alta tasa de degradación en esta vegetación, también se puede apreciar que únicamente la zona cercana a Ixhuatlán del Sureste es la que se ha conservado y no ha sido tan afectada por el alto crecimiento demográfico y urbano.

Asignación de valores a matriz de máximos y mínimos

En la Tabla 1 se observa la puntuación asignada a cada componente de la matriz, para las interacciones entre acciones y recursos o componentes ambientales. En la Tabla 2 se ordenan, de mayor a menor, los porcentajes de afectación obtenidos en la matriz. En las columnas de la izquierda se presentan las actividades que afectan en mayor cantidad a los componentes del medio ambiente (máximos teóricos), que corresponde a los asentamientos humanos (15.9%), seguidos por desmontes y rellenos (15.7%) y ganadería (15.5%). Respecto a los porcentajes de afectación por recurso los más afectados son el suelo (17.0%), la flora (17.0%) y el agua (17.0%). Por otro lado, las acciones con menor porcentaje de afectación fueron: el almacenamiento de productos (0.0%) y la explotación forestal (3.8%), estos datos estuvieron relacionados a la presencia de caminos y carreteras (Fig. 4), zonas de explotación flora y fauna (Fig. 5) y la presencia de zonas agrícolas (Fig. 6). Así mismo, se observó un aumento significativo en el área urbana de 1986 al 2016 (Figs. 7 y 8).

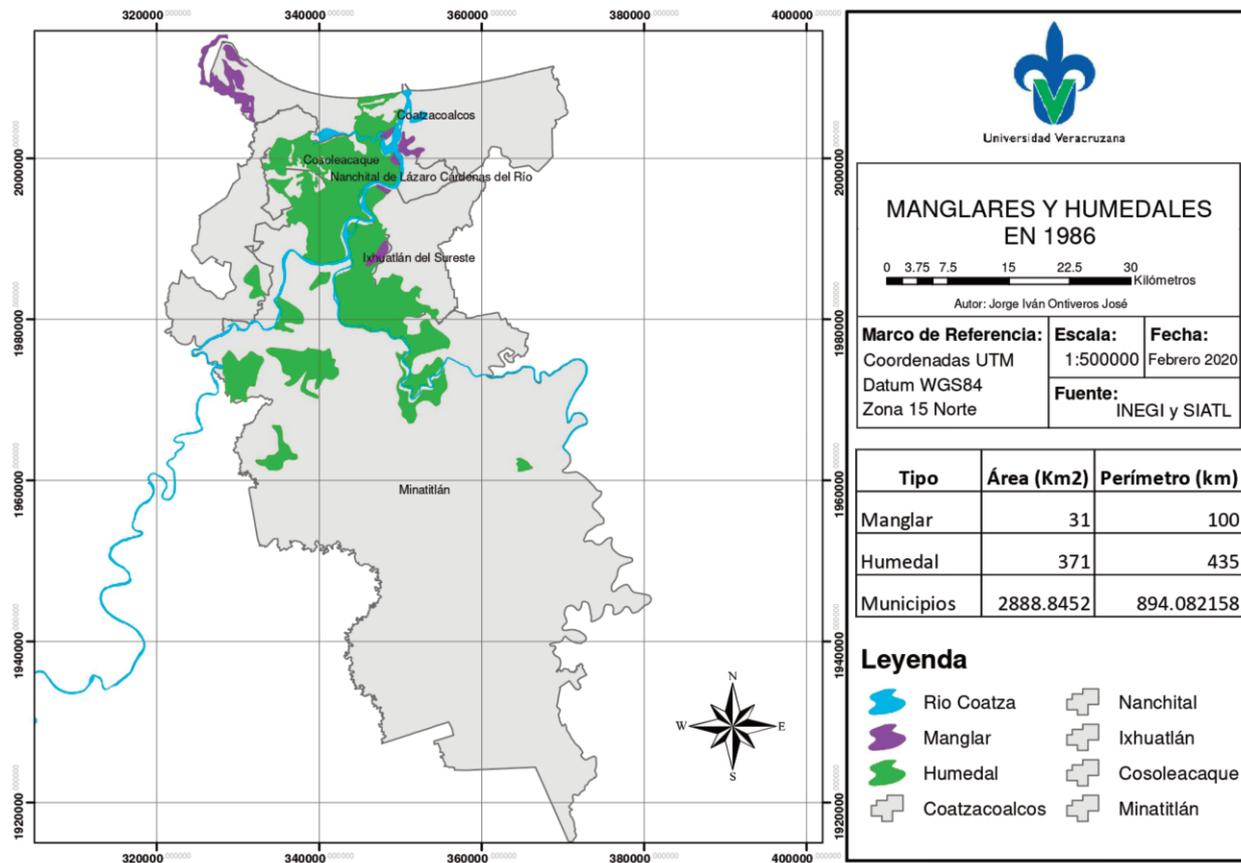


Figura 2. Representación del desarrollo urbano y manglar en el año 1986.

Figure 2. Representation of urban and mangrove development in 1986.

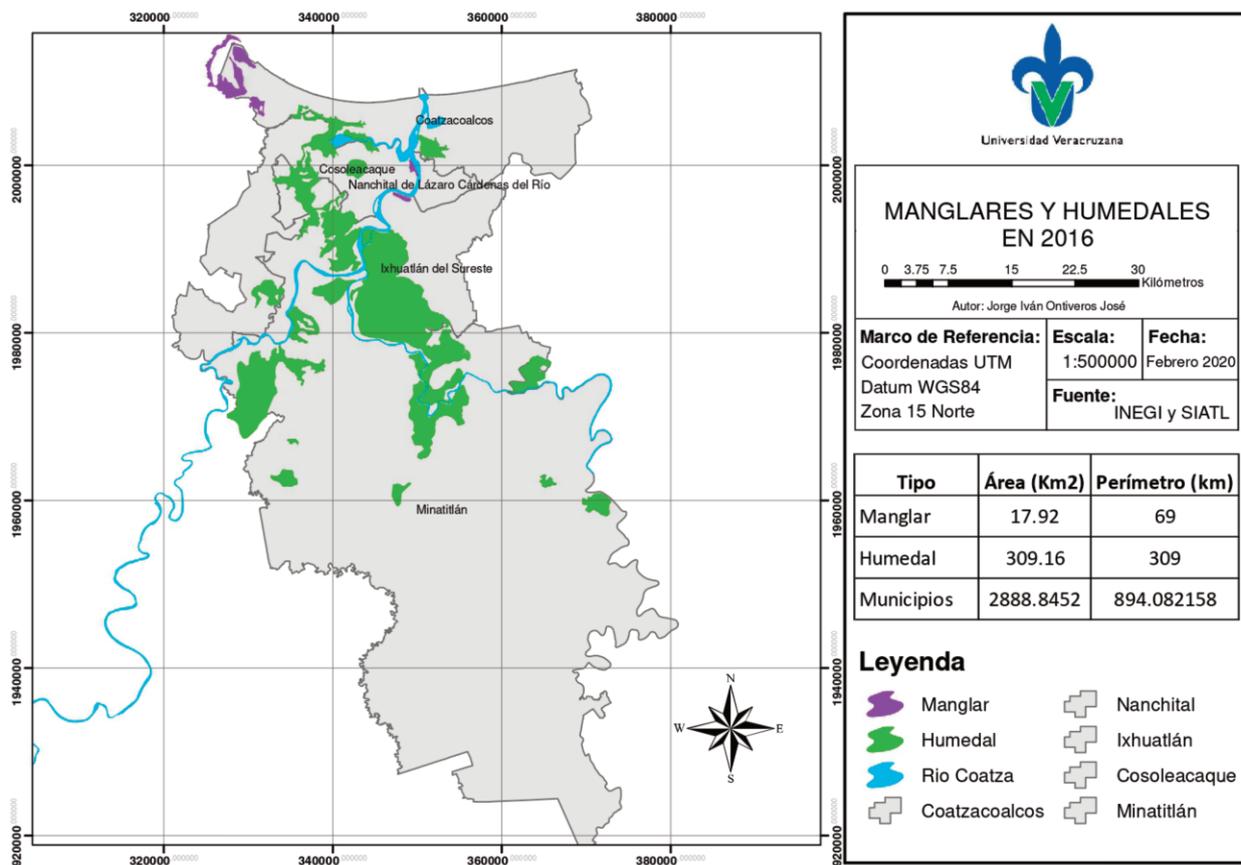


Figura 3. Representación del desarrollo urbano y manglar en el año 2016.

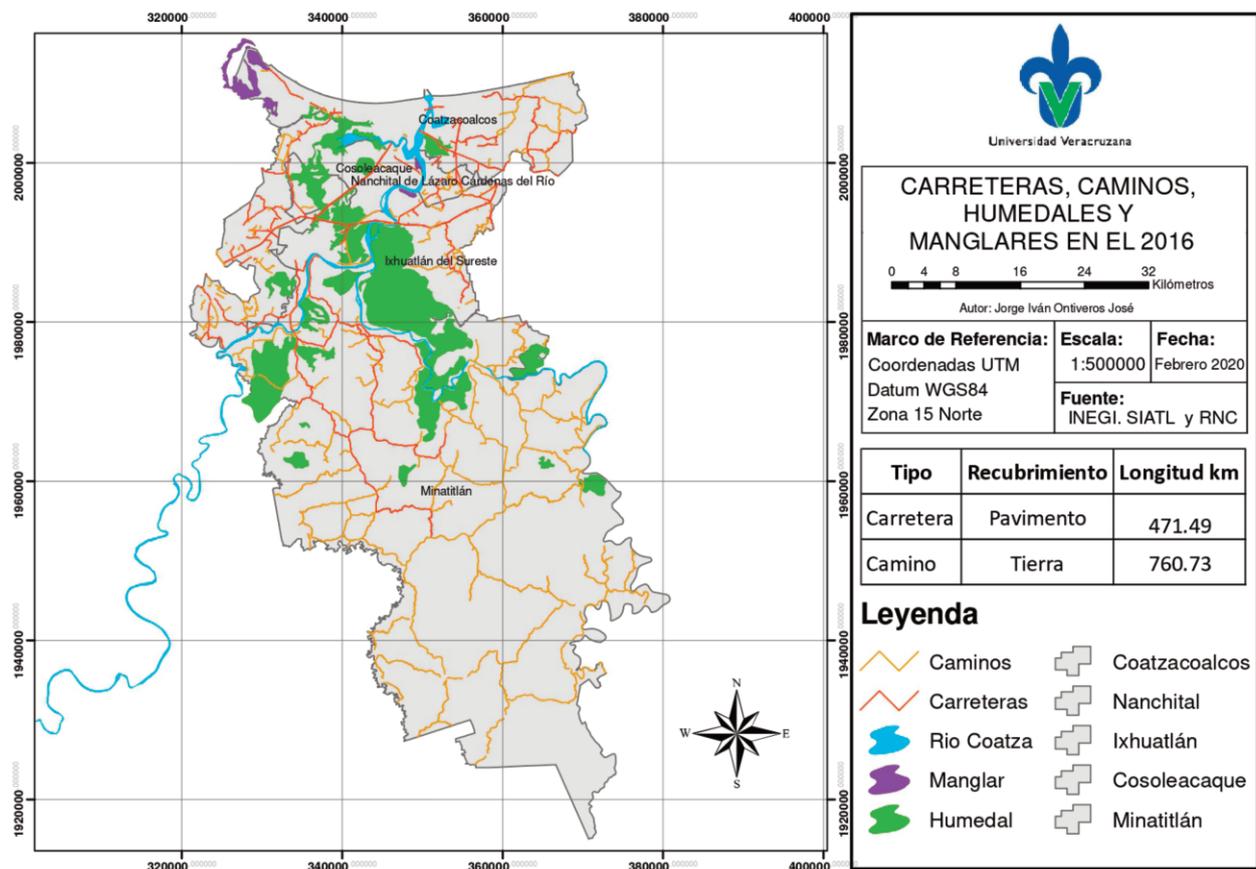
Figure 3. Representation of urban and mangrove development in 2016.

Tabla 2. Matriz de porcentajes de afectaciones máximas y mínimas, por acciones y por recursos, o componentes ambientales, encontrados en la zona de estudio.**Table 2.** Matrix of percentages of maximum and minimum affectations, by actions and by resources, or environmental components, found in the area of study.

Porcentajes de afectación por acción			
Máximos	(%)	Mínimos	(%)
Asentamientos humanos	15.9	Asentamientos humanos	16.7
Desmontes y rellenos	15.7	Desmontes y rellenos	16.7
Ganadería	15.5	Ganadería	15.4
Emplazamientos industriales	13.5	Emplazamientos industriales	14.1
Carreteras y caminos	10.8	Agricultura	12.8
Pesca comercial	8.7	Pesca comercial	11.5
Agricultura	8.7	Carreteras y caminos	9.0
Explotación forestal	7.7	Explotación forestal	3.8
Almacenamiento de productos	3.6	Almacenamiento de productos	0.0

Porcentajes de afectación por recurso			
Máximos	(%)	Mínimos	(%)
Suelo	17	Suelo	17.9
Flora	17	Actividades económicas	17.9
Agua	16	Fauna	16.7
Fauna	15	Agua	14.1
Paisaje	15	Paisaje	12.8
Atmósfera	12	Flora	11.5
Actividades económicas	8.2	Atmósfera	9.0

Acuerdo de estimación.

**Figura 4.** Carreteras, caminos y manglares en el año 2016.**Figure 4.** Highway, roads and mangroves in 2016.

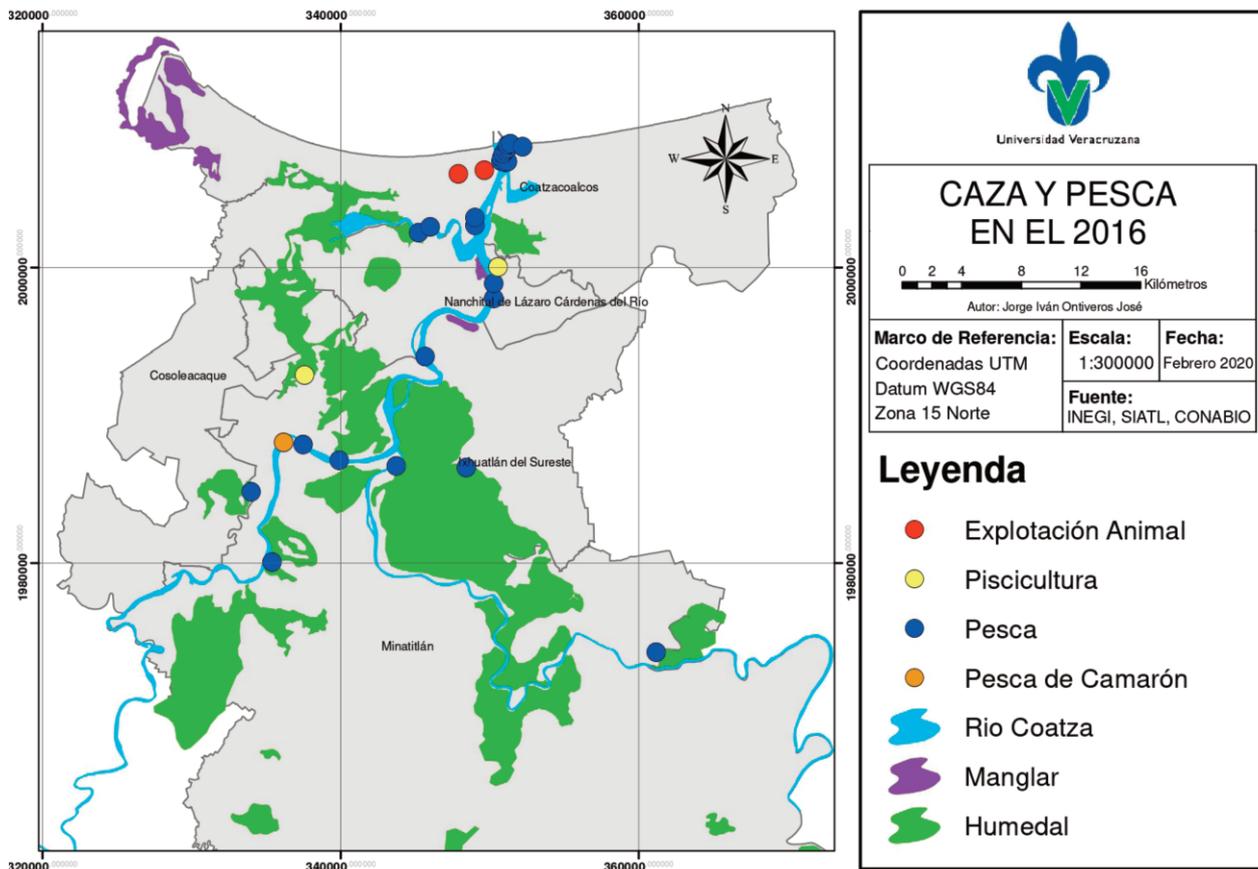


Figura 5. Zonas de caza y pesca en 2016.
 Figure 5. Hunting and fishing areas in 2016.

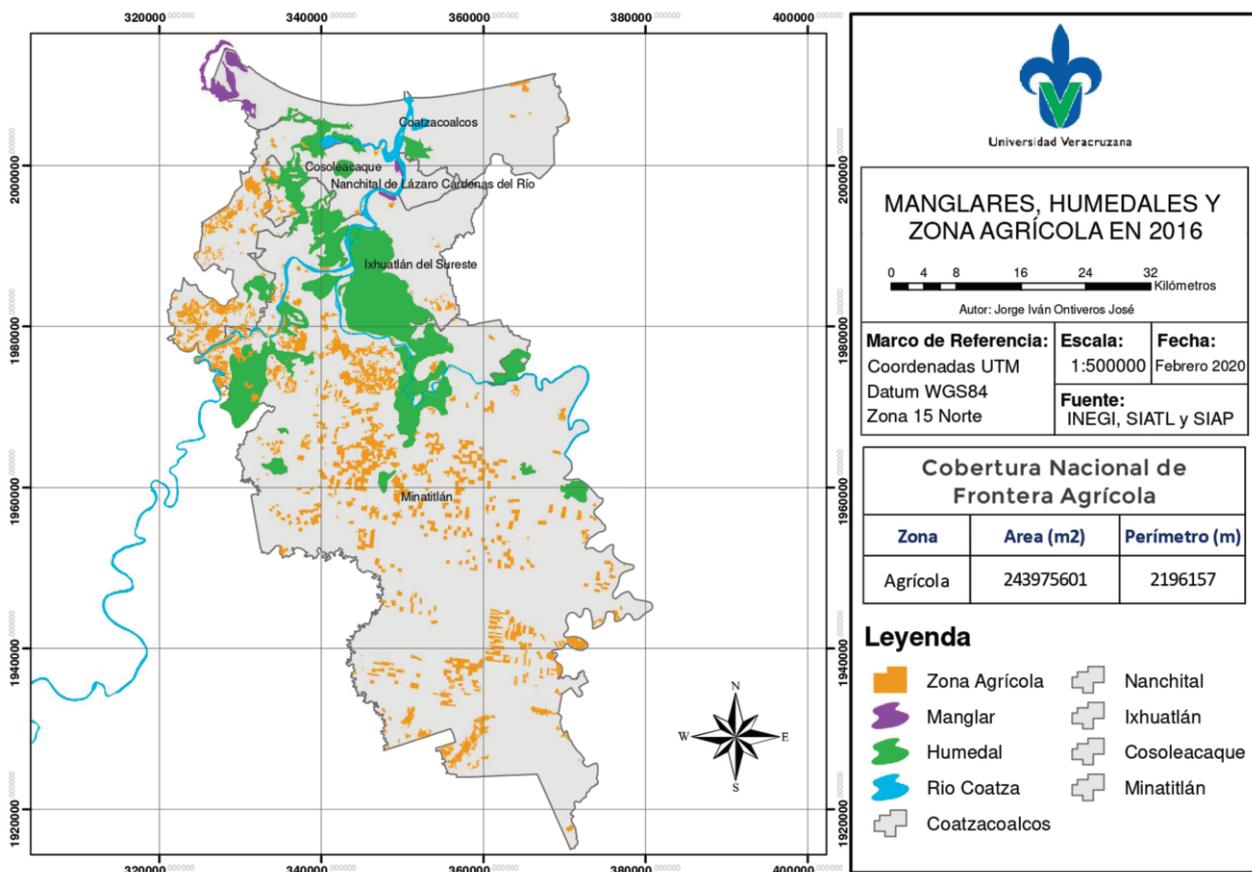


Figura 6. Zonas agrícolas y manglares en 2016.
 Figure 6. Agricultural and mangrove areas in 2016.

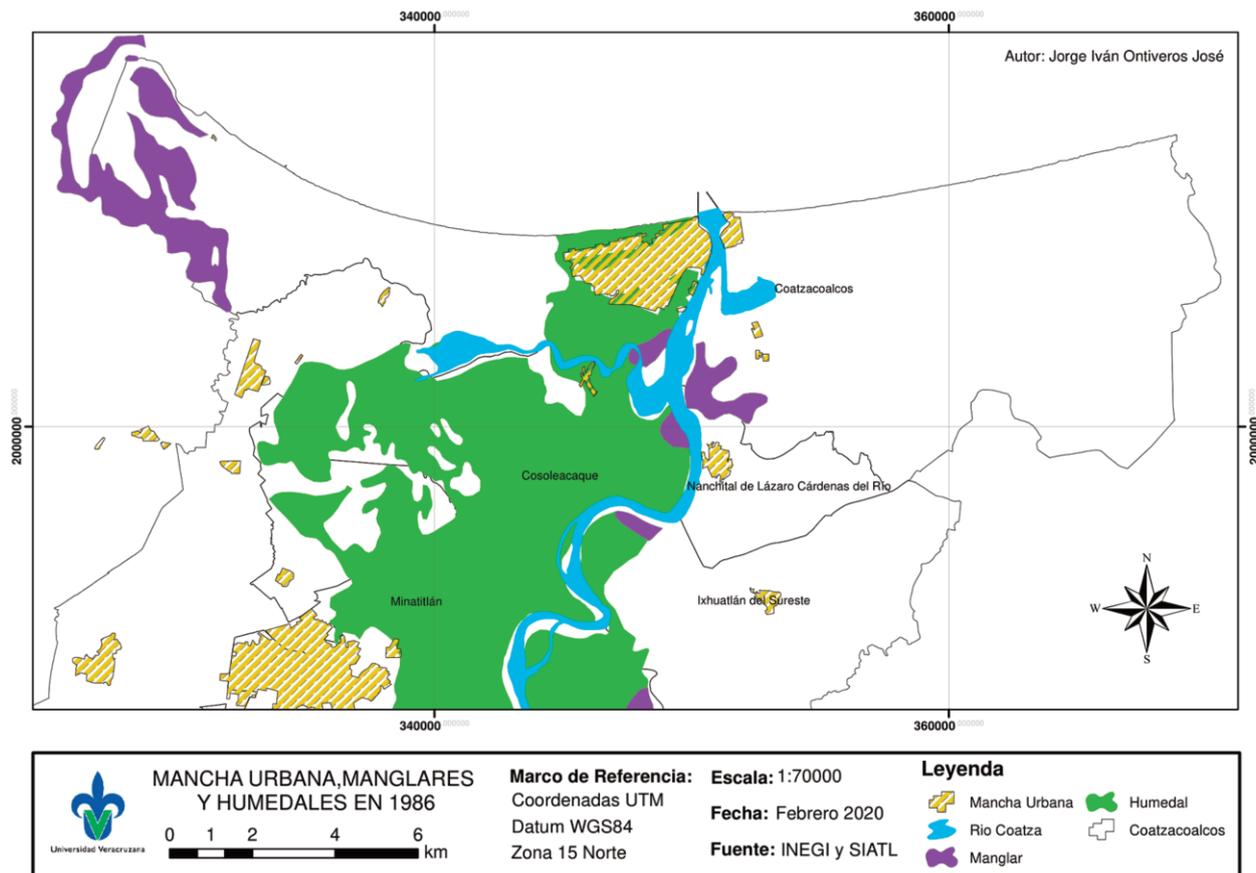


Figura 7. Zonas urbanas y áreas de manglar 1986.
Figure 7. Urban areas and mangrove areas in 1986.

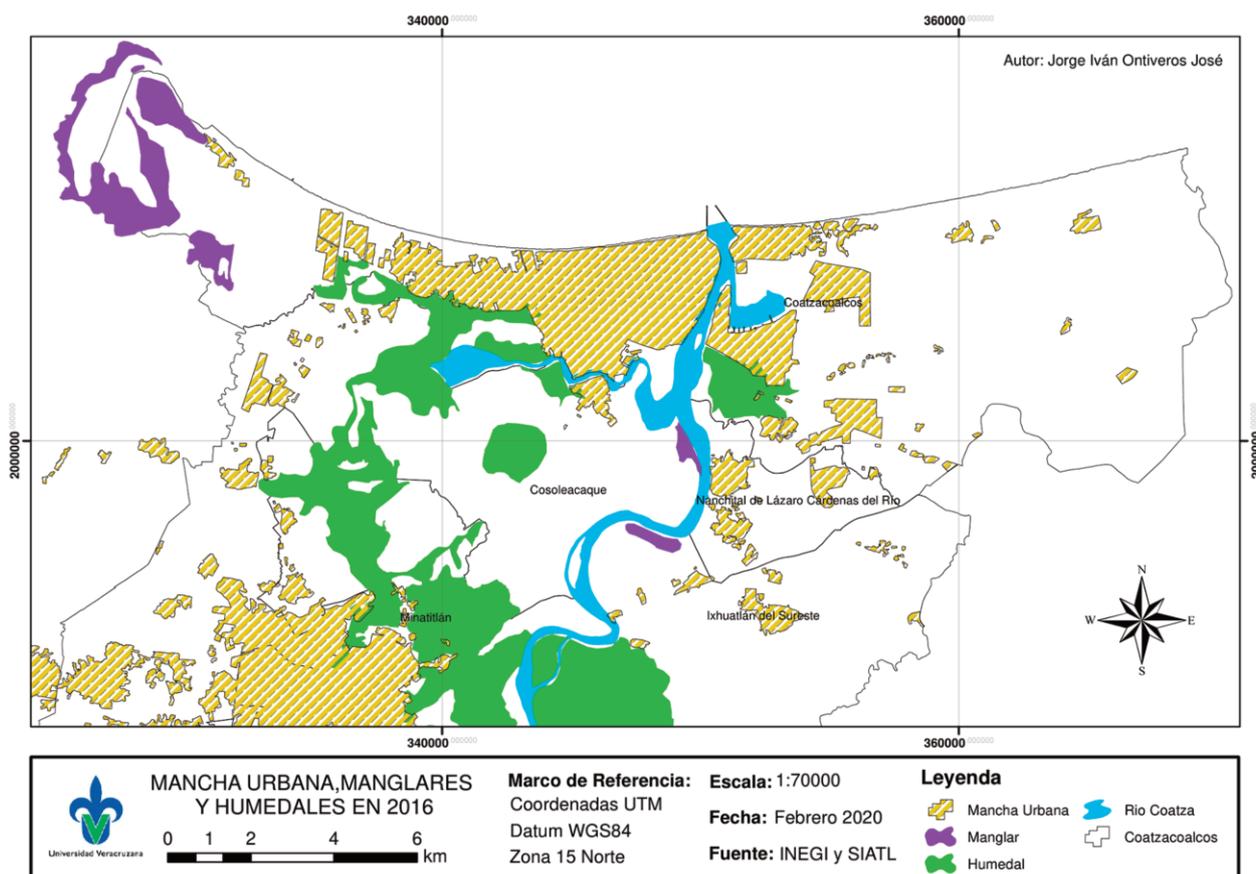


Figura 8. Zonas urbanas y áreas de manglar 2016.
Figure 8. Urban areas and mangrove areas in 2016.

Discusión

La satisfacción de las necesidades de una población en constante aumento requiere la provisión de alimentos, servicios y otras condiciones, como la provisión de vivienda, espacios para servicios, infraestructura industrial y comercial (Valentín 2017). Una de las consecuencias de esto es la perturbación de los ecosistemas naturales que se conjuga con el crecimiento acelerado de la población, quienes recurren a poblar áreas de reservas y otras áreas de riesgo, que se traduce en un déficit del diseño de políticas sustantivas en planeación territorial (Soria et al. 2020).

Las consecuencias de estos asentamientos irregulares son generalmente: el crecimiento desordenado e ilegal o improvisados, la disminución de áreas de reserva ecológica, la falta de acceso a servicios públicos como el drenaje y limpia pública, el constante peligro por tratarse de áreas inestables (Caraveo 2009) y la disposición de desechos en espacios naturales.

El cambio de la superficie cubierta por manglares a nivel mundial reportado por FAO es de 19 % entre 1980 y 2005, y a nivel de Centro y Norteamérica, la pérdida es de 13 % en ese periodo (FAO 2007). A nivel nacional se estima una pérdida de 10.7 % de la superficie de manglar, con base en las coberturas de 1981 (856.405 ha) y 2010 (764.486 ha) (Rodríguez-Zúñiga et al. 2013), y de 9.4 % si se considera la extensión estimada para 2015 (775.555 ha) (CONABIO 2016). En el estado de Veracruz, la disminución de cobertura es del 14 % (Valderrama-Landeros et al. 2017), considerando el periodo 1976 a 2010. Estos porcentajes son importantes, pero están por debajo de lo reportado para la cuenca baja del río Coatzacoalcos. El cambio estimado en esta región entre 1976 (9.4 ha) y 2010 (2.72 ha) es de 71.1 %, según datos de López-Portillo et al. (2009b), lo que es más cercano a lo encontrado en el presente estudio (86 %). Sin duda, el cambio reportado en el presente estudio es uno de los más dramáticos, y está asociado a las actividades antropogénicas que se han desarrollado en la región.

Si bien, no toda la industria se encuentra localizada en áreas de manglares, sí se han generado impactos derivados de la actividad industrial. Según Vázquez-Botello et al. (2004), la industrialización y crecimiento urbano, asociados a la falta de aplicación de normas ambientales, ha contribuido a la presencia de altas concentraciones de metales pesados (Pb, Cr, Cd) en el 45 % de los ríos y lagunas del Golfo de México, incluyendo el estero del río Coatzacoalcos, con una tendencia al incremento de las concentraciones y su dispersión. Por otro lado, a lo largo del territorio veracruzano se encuentran ductos petroleros que conectan con los yacimientos, centros de transformación, terminales marítimas y centros consumidores los cuales atraviesan corrientes de agua principales que albergan los manglares. Tan sólo en 2005, se derramaron 5000 barriles de petróleo de la línea Nuevo Teapa-Poza Rica, afectando plántulas de mangle de la Laguna de Pajaritos, recorriendo 11.3 kilómetros de Nanchital a Coatzacoalcos (Carmona-Díaz 2005, datos sin publicar). Si bien el agua que se aprovecha para uso humano, la cuenca de Coatzacoalcos (355.2 m³ año⁻¹) es de apenas el 0.97 % de la oferta natural total (36 670 m³ anuales), el 74.8 % de ese uso se dedica a la industria y 24.3 % al uso público urbano. Otro aspecto adicional, es que el 74.8 % de los 228.2 millones de metros cúbicos anuales de escurrimientos superficiales de la cuenca son destinados a uso humano en la infraestructura hidráulica y es utilizado para la industria (Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos 2014), misma agua que es desechada a las aguas superficiales. Aumentando los problemas de contaminación del agua por la falta de la efectividad de los procesos gubernamentales y legislativos, en cuanto al manejo de sus aguas residuales (Casiano et al. 2017).

Las vías de comunicación terrestres son un factor fundamental para el desarrollo económico, ya que conectan con la parte norte y sur del país a través de los puentes I y II a los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. La red de carreteras en el año 2011 data de 417 km, siendo también la conexión a los complejos industriales y el estado de Tabasco (Red Nacional de Cami-

nos 2017). Estas vías de comunicación atraviesan áreas de manglares, las cuales se afectaron e incluso llegaron a desaparecer, siendo las carreteras las que más afectan el área de manglares en las zonas de Coatzacoalcos-Nanchital e Ixhuatlán-Minatitlán (Fig. 4). Los desmontes y rellenos están directamente vinculados con los asentamientos humanos, la ganadería y la agricultura, por tratarse de espacios que son transformados para establecer las actividades económicas y poblacionales debido a que perturban los espacios naturales, alterando la calidad del agua, flora y fauna. La actividad forestal en la zona de estudio no es vista de forma atractiva, por ejemplo, en el municipio de Nanchital en el 2011, no se reportaron unidades de producción de corte de árboles. En Ixhuatlán del Sureste, en el 2005, se reportó la inexistencia de selva y bosques, pero en el 2011 se encontraron cuatro unidades de producción de corte de árboles (Anuario Estadístico del Estado de Veracruz 2010).

En la cuenca baja del río Coatzacoalcos, las principales actividades de pesca de camarón y captura de crustáceos y moluscos se localizó en Minatitlán. En la figura 5 se observan las actividades de pesca que se encuentran en toda la zona, se aprecia que estas actividades están alejadas de las zonas de manglares en su gran mayoría. Al respecto, se han encontrado altas concentraciones de compuestos orgánicos persistentes en peces y especies que residen en los humedales (22.7 a 24 662.1 ng / g lw) y daño en el ADN (20.5 a 56.8 µm), por lo que la pesca en Coatzacoalcos puede ser un riesgo para la salud (González-Mille et al. 2019), además de la evidente reducción en la pesca, pues en 2013, Coatzacoalcos tuvo una producción del 0.04% a nivel nacional (INEGI 2016).

Las actividades agrícolas y ganaderas son consideradas como la mayor amenaza de los manglares por la tala para la ampliación de los territorios de estas actividades (Tuan et al. 2014), colocando a México entre cinco países con mayor pérdida de manglares en los años 1980 y 2005, según la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, esto se observa en la figura 6, en donde se identifica a la ganadería como la más perjudicial para los manglares. El sector ganadero genera 18 % más gases de efecto invernadero comparándolo con el transporte, medido en su equivalente en dióxido de carbono, exacerbándose en las naciones industrializadas o en vías de desarrollo (Liu et al. 2019). También se agregan las emisiones por el cambio de uso de suelo, siendo responsables del 9 % del CO₂ de las actividades humanas, aunque se aprecia que es un porcentaje bajo, éste se descompensa por la producción en mayor cantidad de los gases de efecto invernadero más perjudiciales, al generarse el 65 % de óxido nitroso, el cual es procedente del estiércol, un 37 % de metano producido por actividad humana y el 64 % de amoníaco. Otra desventaja de esta actividad es la tala de árboles, en este caso los manglares, con el fin de crear zonas de pastoreo para la alimentación de los rumiantes (FAO 2007). La ganadería provoca daños en el suelo por la compactación de este y el sobrepastoreo, erosionándolo. Los porcentajes de territorio ocupado por la actividad ganadera en la cuenca baja del río Coatzacoalcos van de 38.4 a 72.1 %, siendo el municipio de Nanchital la zona que presenta mayor actividad ganadera (INEGI 2013).

Conclusiones

En este estudio se observó que los manglares se vieron disminuidos en más de 595.2 ha (86 % de su extensión), en un lapso de 30 años. De acuerdo a la matriz de máximos y mínimos, la actividad que ha contribuido en mayor medida a la pérdida de este ecosistema son los asentamientos humanos irregulares, los cuales deterioran los componentes bióticos y abióticos del mismo, agudizando la pérdida de la capacidad natural de los manglares para filtrar el agua y amortiguar las inundaciones.

Referencias

Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E.G. Danemann, Valdez, V.J. Murray, Sala E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of National Academy of Sciences* 105(30):10456-10459.

- Acosta-Velázquez, J., Rodríguez-Zuñiga, T., Díaz-Gallegos, J.R., Cerdeira-Estrada, S., Troche-Souza, C., Cruz, Ressler, R., Jiménez R. 2009. Assessing a nationwide spatial distribution of mangrove forest for Mexico: an analysis with high resolution images. *Proceedings, 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment, ISRSE 2009*, May 4-8, 2009 Stressa, Italy.
- Anuario Estadístico del Estado de Veracruz 2010. Disponible en: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/anuario-estadistico-2010/>
- Barba-Macías, E., Rangel-Mendoza, J., Ramos-Reyes, R. 2014. Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 22(2):101-110,2006.
- Blaber, S.J.M. 2007. Mangroves and fishes: Issues of diversity, dependence, and dogma. *Bulletin of Marine Science* 80:457- 472.
- Caraveo, C.B. 2009. El problema de la vivienda en Ciudad Juárez: los asentamientos humanos irregulares. *Revista de Ciencias Sociales y Humanas* 156-167.
- Carmona-Díaz, G., Hernández-Carmona, S. 2010. Registro de Géneros Florísticos por Municipio. Atlas Regional de Impactos Derivados de las Actividades Petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz. Mendoza-Cantú, A., Cram, H.S., Sommer C.I., Oropeza, O.O. (compiladoras). INE-SEMARNAT. México. 45-52. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/629/registro.pdf>
- Casiano, F. C., Özerol, G., Bressers, H. 2017. "Governance restricts": A contextual assessment of the wastewater treatment policy in the Guadalupe River Basin, Mexico. *Utilities Policy* 47, 29-40.
- CONABIO 2016. *Mapa de cambios en el paisaje de la zona costera asociada a los manglares de México (2010 - 2015)*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF, México. Disponible en: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mx_cm1015gw.html
- Consejo de Cuenca del Río Coatzacoalcos 2014. *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía (PMPMS) en la Cuenca del río Coatzacoalcos*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99924/PMPMS_CC_Coatzacoalcos_R.pdf
- Escobar, B.E. 2004. Estado del conocimiento de las comunidades bénticas en el Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (compiladores). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*, pp. 199-244. SEMARNAT, Ciudad de México, México.
- FAO 2007. *The World's Mangroves 1980-2005*. FAO Forestry Paper 153. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1427e/a1427e00.htm>
- Flores, G.M., Jiménez, J., Madrigal, X., Moncayo, F., Takaki, F. 1971. *Memorias del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, 208 p. Disponible en: https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i27151_001.pdf
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Instituto de Geografía-UNAM, México DF. 90 p.
- González-Mille, D.J., Ilizaliturri-Hernández, C.A., Espinosa-Reyes, G., Cruz-Santiago, O., Cuevas-Díaz, M.D.C., Martín Del Campo, C.C., Flores-Ramírez, R. 2019. DNA damage in different wildlife species exposed to persistent organic pollutants (POPs) from the delta of the Coatzacoalcos river, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 180, 403-411.
- INEGI 2013. *Uso de suelo y vegetación, escala 1:250000, Serie V (continua nacional). 2a Edición*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007024>
- INEGI 2014. *Mapa Edafológico*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Mapa>
- INEGI 2016. *Censos Económicos 2014*. Veracruz de Ignacio de la Llave. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/#>
- Kjerfve, B., Lacerda, L.D., Rezende, C.E., Coelho, O. 1999. Hydrological and hydrogeochemical variations in mangrove ecosystems. En: Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A.A. (eds.): *Ecosistemas de manglar en América Tropical*, pp. 71-82. Instituto de Ecología, A.C. México. UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring, MD, Estados Unidos.
- López-Portillo, J., Vázquez-Reyes, V., Lara-Domínguez, A. L., Ávila-Ángeles, A., Vázquez-Lule, A.D.; (CONABIO) 2009a. Caracterización del sitio de manglar Coatzacoalcos. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F., México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/GM36_Coatzacoalcos_caracterizacion.pdf
- López-Portillo, J. A., Gómez-Aguilar, L. R., Vázquez, V.; (CONABIO) 2009b. Criterios para la selección del sitio de manglar Coatzacoalcos. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F., México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/criterios/GM36_Coatzacoalcos_criterios.pdf
- Liu, D., Guo, X., and Xiao, B. 2019. What causes growth of global greenhouse gas emissions? Evidence from 40 countries. *Science of The Total Environment* 661, 750-766
- MEA 2005. *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. World Resources Institute. Washington, DC, Estados Unidos. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>
- México 2018. *Ley General de Vida Silvestre*. [Última reforma] *Diario Oficial de la Federación del 19 de enero de 2018*. Páginas 1 y 27. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_190118.pdf
- Red Nacional de Caminos 2017. Disponible en: <http://189.254.204.50:83/>
- Rodríguez-Zuñiga, M.T., Troche-Souza C., Vázquez-Lule, A.D., Márquez-Mendoza, J.D., Vázquez- Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., et al. 2013. *Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (CONABIO). Ciudad de México, México. 128 pp
- Rodríguez-Zuñiga, M.T., González Zamorano, P., Nava Sánchez, E., López Portillo, J., Bejarano, M., Cruz López, M.I., et al. 2018. Marco de referencia para la integración y análisis de los manglares de México. En: Rodríguez Zuñiga, M.T., Villeda Chávez, E., Vázquez-Lule, A.D., Bejarano, M., Cruz López, M.I., Olguín, M., et al. (Coords). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala*, pp. 13-31. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.
- SIATL 2015. *Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL)*. Versión 3.2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes, México. Disponible en: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- Soria, K.Y., Palacios, M.R., and Morales, G.C.A. 2020. Governance and policy limitations for sustainable urban land planning. The case of Mexico. *Journal of Environmental Management* 259, 109575.
- Tuan, T.H., My, N.H.D., Van Toan, N. 2014. Using contingent valuation method to estimate the wtp for mangrove restoration under the context of climate change: A case study of thi nai lagoon, quy nhon city, vietnam. *Ocean and Coastal Management* 95: 198-212.
- Valderrama-Landeros, L.H., Rodríguez-Zuñiga, M.T., Troche-Souza, C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., et al. 2017. *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México. 128 pp.
- Valentin, M.L. 2017. Desarrollo local y microfinanzas como estrategias de atención a las necesidades sociales: un acercamiento teórico conceptual. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* 62, 101-127.
- Vázquez-Botello, A., Villanueva, S., Rosales, L. 2004. Distribución de metales pesados en el Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra E. (eds.). *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, pp. 681-706. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México D.F., México.
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A.L. 1999. Los manglares de América Latina en la encrucijada. En: A. Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A.L. (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*, pp. 9-16. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD, Estados Unidos.