

## Cambio de uso del suelo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal, Mérida, Yucatán, México

### *Change of land use in the Zone Subject to Ecological Conservation Cuxtal Reserve, Merida, Yucatan, Mexico*

Gerardo García-Gil,\* Javier Enrique Sosa-Escalante,\*\* Wilian de Jesús Aguilar-Cordero,\* José Salvador Flores-Guido\* y Yolanda Fernández Martínez\*\*\*

Recibido: 2/04/2019. Aprobado: 7/02/2020. Publicado en línea: 01/04/2020.

**Resumen.** Las áreas de conservación son superficies que desempeñan un papel indispensable para la población humana en virtud de los múltiples servicios ambientales y ecosistémicos que benefician a las personas y repercuten directamente en el bienestar social, económico y ambiental a largo plazo. Si bien las áreas de conservación pueden o no representar espacios protegidos, una estrategia que se ha seguido para su protección ha sido decretarlas áreas naturales protegidas. En este artículo se analiza el cambio de uso del suelo durante los últimos 20 años ocurridos en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal, ubicada al Sur de la ciudad de Mérida, Yucatán, México. En 1993, la Reserva fue decretada como área natural protegida de competencia municipal con una extensión de 10 757 hectáreas. Sin embargo, fue hasta el año 2004 que contó con un programa de manejo el cual fue modificado y actualizado en su totalidad después de 14 años en el año 2018. La Reserva, debido a su ubicación en la periferia urbana de Mérida, afronta desde la fecha de su creación una presión constante a causa de la especulación inmobiliaria y cambio de uso del suelo provocado por la expansión del área urbana y, en menor grado, por el crecimiento natural de los ocho centros de población existentes en el interior de la Reserva. El fenómeno de la pérdida de cobertura forestal y cambio

de uso del suelo dentro de la Reserva, ocurre principalmente debido a la carencia de un manejo adecuado y a la falta de cumplimiento de la normativa vigente, lo cual se expresa en la pérdida de áreas de conservación que la Reserva debe proteger. En este trabajo se realiza un análisis temporal para conocer los cambios que ha sufrido la cobertura ocupada por la selva baja caducifolia, la vegetación secundaria herbácea, arbustiva y arbórea durante el periodo de 1995 a 2015. El análisis temporal incluyó la interpretación manual de tipos de vegetación y uso del suelo a partir de fotos aéreas de 1995, ortofotos 2005 INEGI e imagen satelital SENTINEL 2015. Se generó una base geográfica digital que fue procesada en los programas *QGIS 2.18\** y *ARCGIS 10.6\**, a partir de las cuales se obtuvieron mapas del Sur del municipio de Mérida y de la Reserva Cuxtal. Para cada una de las fechas analizadas, se realizó el cálculo de superficies de las categorías consideradas y se obtuvieron tasas de cambio de la vegetación y usos del suelo. La Reserva ha perdido cobertura vegetal a causa de la expansión urbana e irregularidades en materia de construcción de obra civil y desarrollos habitacionales. En 20 años, la selva baja pasó de ocupar el 73.4% de la superficie protegida al 43.9% lo que significa una pérdida de cobertura forestal de 3,180.8 hectáreas. La expansión urbana, infraestructura y servicios registró el mayor incremento

\* Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil km. 15.5. Itzimná, 97100, Mérida, Yucatán, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1641-5326>. Autor de correspondencia: [garciaag@correo.uady.mx](mailto:garciaag@correo.uady.mx)

\*\* Centro para la Gestión de la Sustentabilidad. Calle 78 núm. 578 X 13 1 y 128, Residencial Pensiones VI Etapa, Mérida, Yucatán, México.

\*\*\* Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán. Calle 50 s/n, Parque de la Mejorada, Centro, 97000, Mérida, Yucatán, México.

dentro de la Reserva, ya que aumentó de 723.0 hectáreas en 1995 a 1,864.1 hectáreas en 2015, lo que representa un crecimiento de 1,141.1 hectáreas. La superficie ocupada por vegetación secundaria o en recuperación y en menor medida el uso agropecuario y cultivos perenes, aumentó de 2,142.8 hectáreas a 4,224.7 hectáreas, que significa un incremento de 2,081.9 hectáreas. En el periodo 1995 a 2005, la superficie forestal de la Reserva disminuyó, ya que se estimó una pérdida de 1,566.3 hectáreas de selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea. De 2005 a 2015 se deforestaron 840.6 hectáreas. El uso habitacional en el primer periodo se incrementó en 347.7 hectáreas y en el segundo el incremento fue de 1,141.1 hectáreas. Es evidente que la Reserva no ha contado con el debido cumplimiento de la normativa vigente ya que no se ha logrado cumplir con los objetivos de conservación propuestos para el área natural protegida. Aún existen relictos de vegetación que suman 3,000 hectáreas de selva baja caducifolia que han cambiado a vegetación en estado de recuperación de menos de 10 años. Es necesario que las políticas públicas urbanas y los instrumentos de regulación de los usos del suelo, reconozcan que la Reserva Cuxtal es la fuente hídrica más importante para la zona metropolitana de Mérida, que posee una cobertura vegetal que contribuye a la conservación de la biodiversidad regional e incluye poblaciones en situación de vulnerabilidad. Es indispensable realizar el seguimiento puntual del programa de manejo de la Reserva, generar alternativas productivas sustentables para los pobladores locales, así como tener una mayor eficiencia y eficacia en la regulación del uso del suelo de la Reserva Cuxtal y zonas de influencia.

**Palabras clave:** Área de conservación, área natural protegida, expansión urbana, cobertura forestal, aplicación de la ley.

**Abstract.** Conservation areas are surfaces that play an indispensable role for the human population by virtue of the multiple environmental and ecosystem services that benefit people and have a direct impact on long-term social, economic and environmental well-being. While conservation areas may or may not represent protected areas, a strategy that has been followed for their protection has been the decree of protected natural areas. This article analyzes the change in land use during the last 20 years that occurred in the Zone Subject to Ecological Conservation Cuxtal Reserve, located to the South of the city of Mérida, Yucatan, Mexico. In 1993, the Reserve was decreed as a protected natural area of municipal competence with an extension of 10,757 hectares. However, it was until 2004 that it had a management program which was modified and updated in its entirety after 14 years in 2018. The Reserve, due to its location in the urban periphery of Mérida, faces constant pressure from the date of its creation due to real estate speculation and land use change caused by the expansion of the urban area and, to a lesser extent, by the natural growth of the eight

population centers within the Reserve. The phenomenon of loss of forest cover and change of land use within the Reserve occurs mainly due to the lack of proper management and the lack of compliance with current regulations, which is expressed in the loss of conservation areas that the Reserve must protect. In this work, a temporary analysis is carried out to know the changes that the coverage occupied by the low deciduous forest, the herbaceous, shrub and tree secondary vegetation during the period from 1995 to 2015 has undergone. The temporal analysis included the manual interpretation of vegetation types and land use from aerial photos of 1995, 2005 INEGI orthophotos and SENTINEL 2015 satellite image. A digital geographic base was generated that was processed in the QGIS 2.18<sup>®</sup> and ARCGIS 10.6<sup>®</sup> programs, from which maps of the South of the municipality of Mérida and the Cuxtal Reserve were obtained. For each of the dates analyzed, the calculation of surfaces of the categories considered was performed and rates of change of vegetation and land use were obtained. The Reserve has lost vegetation cover due to urban expansion and irregularities in civil construction and housing developments. In 20 years, the low forest went from occupying 73.4% of the protected area to 43.9%, which means a loss of forest cover of 3,180.8 hectares. Urban expansion, infrastructure and services registered the largest increase within the Reserve, as it increased from 723.0 hectares in 1995 to 1,864.1 hectares in 2015, representing a growth of 1,141.1 hectares. The area occupied by secondary or recovering vegetation and to a lesser extent agricultural use and perennial crops increased from 2,142.8 hectares to 4,224.7 hectares, which means an increase of 2,081.9 hectares. In the period 1995 to 2005, the forest area of the Reserve decreased, since a loss of 1,566.3 hectares of low deciduous forest and secondary tree vegetation was estimated. From 2005 to 2015, 840.6 hectares were deforested. Housing use in the first period increased by 347.7 hectares and in the second the increase was 1,141.1 hectares. It is clear that the Reserve has not had due compliance with current regulations as it has not been possible to meet the proposed conservation objectives for the protected natural area. There are still vegetation relics that add 3,000 hectares of deciduous forest that have changed to vegetation in a state of recovery of less than 10 years. It is necessary that urban public policies and instruments for regulating land use recognize that the Cuxtal Reserve is the most important water source for the metropolitan area of Mérida, which has a vegetation cover that contributes to the conservation of regional biodiversity and includes populations in vulnerable situations. It is essential to carry out the timely monitoring of the Reserve's management program, generate sustainable productive alternatives for local residents, as well as to have greater efficiency and effectiveness in the regulation of the land use of the Cuxtal Reserve and areas of influence.

**Key words:** Conservation area, protected natural area, urban expansion, forest cover, law enforcement.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de sociedades generadoras de bienestar, equitativas, responsables con el ambiente y los recursos naturales, deben respetar los derechos humanos de los ciudadanos que las componen. Este enfoque se posiciona como una prioridad en agendas de sociedades y gobiernos que aspiran a un desarrollo sustentable. Actualmente algunas de las economías industrializadas, como en algunos de los llamados países emergentes, se hacen esfuerzos por una transición en esa vía.

Entre los derechos humanos fundamentales reconocidos por instancias nacionales e internacionales, se encuentra el derecho de las personas que habitan los asentamientos humanos a vivir en un ambiente saludable. Esta inquietud se formaliza en la Agenda 2030 que establece los objetivos que los gobiernos de los países del Mundo deben impulsar a través de una serie de estrategias para cumplir metas específicas en los próximos 12 años. La Agenda 2030 reconoce que las políticas públicas tienen que ser formuladas de manera transversal considerando los objetivos del desarrollo sustentable. De los 17 objetivos planteados se destacan los que se refieren al derecho al agua apta para el consumo humano y su debido saneamiento, y a la generación de ciudades y comunidades sostenibles (ONU, 2015). Para ello resulta indispensable que los centros de población no sólo cuenten con áreas urbanizadas con infraestructura necesaria, equipamiento, servicios y reservas territoriales para su crecimiento, sino también con áreas destinadas a la conservación y preservación de los recursos naturales que garanticen el mantenimiento de mejores condiciones de vida.

Las áreas de conservación representan superficies que desempeñan un papel indispensable para la población humana en virtud de los múltiples servicios ambientales y ecosistémicos que aportan, tales como la provisión de agua en calidad y cantidad, la captura de carbono, la absorción de contaminantes, la generación de oxígeno, la regulación de la temperatura, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales, la conservación del hábitat para la vida silvestre, la

protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida, la recuperación de los suelos, la recreación a través del contacto con la naturaleza y el mantenimiento del paisaje, entre otros (Pedlowski *et al.*, 2003; Mohar y Rodríguez-Aldabe, 2008; Balvanera *et al.*, 2009; Sosa-Escalante y Kantún-Palma, 2013). En esencia, estos servicios benefician a las personas y repercuten directamente en el bienestar social, económico y ambiental a largo plazo.

Si bien las áreas de conservación pueden o no representar espacios protegidos, una estrategia que se ha seguido para su protección, ha sido el decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Las ANP son zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (LGEEPA, 1988).

Puede existir en el imaginario colectivo la percepción social de que las ANP son sitios que están destinados a la conservación y protección y que deben estar lejanos de las ciudades, ya que en ellas se conserva la biodiversidad, se protegen especies en peligro de extinción, ecosistemas, cuerpos de agua, paisajes, etcétera. Sin embargo, es indispensable que la sociedad reconozca y valore que los centros urbanos en donde habita dependen también de la protección de los servicios ecosistémicos que provee la naturaleza, ya que la población humana se beneficia directamente de las áreas de conservación indispensables para la supervivencia (Pisanty *et al.*, 2009; Balvanera *et al.*, 2011).

Es relevante que la población de los centros urbanos asuma que las áreas de conservación tienen una influencia directa en la vida cotidiana en actividades como disponer de agua para beber y bañarse, respirar aire limpio, vivir libres de plagas, subsistir sin excesos de calor, no padecer enfermedades estomacales (diarrea) o transmitidas por vectores (dengue, zika, chikunguña), convivir con la naturaleza, esparcimiento, entre otros beneficios. Disponer de áreas verdes y protegerlas, garantiza su propia calidad de vida y el mejoramiento de sus condiciones socioeconómicas (Delgado, 2008; Castillo *et al.*, 2009; Paré *et al.*, 2018).

El fenómeno de la expansión urbana en las ciudades latinoamericanas representa uno de los principales desafíos en términos de justicia ambiental (Azuela, 2016). Dicha problemática ha sido estudiada desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, en la ciudad de Córdoba, Argentina, se abordó las relaciones entre el consumo de suelo urbano y las demandas reales de vivienda (Marengo, 2013) y entre la expansión urbana y la segregación socio espacial (Cervio, 2015). Para el caso de Mérida, se ha profundizado en el papel que las políticas urbanas han tenido en los procesos de expansión urbana (Iracheta y Bolio, 2012).

En consecuencia, se requiere establecer con precisión y claridad los vínculos entre la expansión urbana y sus impactos sobre superficies destinadas a la conservación. En sitios donde las zonas urbanizadas están en colindancia con áreas de conservación, la calidad de vida de los habitantes de las ciudades tiene una fuerte dependencia de los servicios ambientales que estas le proveen (Pisanty *et al.*, 2009). Este es el caso del municipio de Mérida y zona metropolitana con relación a la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal.

En este artículo se analizan los cambios ocurridos en el suelo de conservación de la Reserva Cuxtal durante los últimos 20 años, para evidenciar la falta de cumplimiento de la normativa vigente ante el embate de las presiones de uso del suelo que se expresan como expansión urbana a través de la construcción de fraccionamientos habitacionales y de infraestructura para actividades productivas, lo que se traduce en pérdida de áreas de conservación, de recursos bióticos y de procesos ambientales que la Reserva Cuxtal debe proteger .

## ANTECEDENTES

El crecimiento histórico de la Zona Metropolitana de Mérida es un proceso sin parangón en el Sureste de México, con una dinámica socioeconómica altamente diferenciada (Iracheta y Bolio, 2012; García-Gil y Sosa Escalante, 2013; López-Santillán y Ramírez-Carrillo, 2014). La zona Norte en conexión con la ciudad portuaria de Progreso, ha tenido un crecimiento mediante megaproyectos

de expansión urbana con base en un modelo que considera la construcción de fraccionamientos de lujo, campestres o semi campestres, centros universitarios privados y plazas comerciales. Entre 2004 y 2009 el municipio autorizó 11 programas parciales de desarrollo urbano, de los cuales 10 se localizan en la periferia de Mérida con lo cual 10,400 hectáreas se potencializaron como suelo urbanizable, es decir, a través de estas políticas públicas cuyo interés era detonar el crecimiento de las comunidades de la periferia, se cambiaron los usos del suelo, los cuales pasaron a ser de uso rural a desarrollos inmobiliarios habitacionales (Fernández, 2016).

En el Sur de la ciudad el modelo de expansión es distinto; ahí se ha impulsado la construcción de naves industriales, maquiladoras, cementeras, instalaciones de servicios, terminal aérea, bancos de extracción de materiales pétreos y fábricas de agregados para la construcción, entre otras. En el Sur de la ciudad de Mérida destaca la construcción de fraccionamientos habitacionales de vivienda unifamiliar y de fabricación en serie en espacios mínimos.

El proceso de expansión urbana que ocurre en los bordes de la ciudad de Mérida, como en otras del país, se encuentran lejos de los principios que reconoce la planeación urbana sustentable. La planeación se puede entender como un ejercicio virtual en la medida de la gran brecha que normalmente existe entre lo propuesto en la planeación urbana y los procesos reales que provocan el crecimiento de las ciudades (Garza, 1998). Se reconoce que el ejercicio de planeación es un reto para los gobiernos responsables de normar el crecimiento urbano y cumplir con los objetivos de la planeación en la práctica (Vásquez y Salgado, 2009).

El modelo de crecimiento adoptado por las diversas administraciones municipales en los últimos 22 años ha sido en su mayoría omisas en su responsabilidad en cuanto a regular el crecimiento urbano. Ha prevalecido en muchos casos la ilegalidad en materia de construcción de infraestructura que ha derivado en expansión anárquica y segregación social. Ha dejado grandes vacíos en la zona urbana (superficies sin ocupar rodeadas por la urbanización), por lo que se ha configurado una ciudad

difusa, policéntrica y extendida (García-Gómez y Bolio-Arceo, 2007; Iracheta y Bolio, 2012; García-Gil *et al.*, 2012; García-Gil y Sosa-Escalante, 2013; INEGI, 2015; Ortiz-Pech *et al.*, 2016).

El área urbanizada de la ciudad de Mérida ha tenido una vertiginosa expansión en las últimas dos décadas, invadiendo los espacios rurales cercanos, así como el suelo que había sido destinado para conformar la reserva territorial (Iracheta y Bolio, 2012; López-Santillán y Ramírez-Carrillo, 2014) e impactando negativamente las áreas de conservación del municipio. La Reserva Cuxtal no ha sido la excepción.

La Reserva está ubicada al Sur de la ciudad con una superficie de 10,757 hectáreas e incluye dentro de su poligonal las comisarías de Dzununcán, Molas y las siete sub comisarías de Tahdzibichén, Xmatkuil, San Pedro Chimay, San Ignacio Tesip, San José Palomeque, Hunxectamán, y Dzoyaxché; además de una superficie de reciente colonización formada por diez colonias de la ciudad de Mérida en terrenos que pertenecieron a las comisarías de Dzununcán, Xmatkuil y tablajes de San Antonio Xluch y Kanasín (Figura 1).

La Reserva Cuxtal fue promovida por el gobierno municipal de Mérida durante el periodo 1991-1993. Su establecimiento como ANP fue aprobado por el cabildo el 28 de junio de 1993 y su decreto

publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán el 14 de julio del mismo año (DOGEY, 1993). De esta forma la Reserva Cuxtal se constituyó como la primera y única ANP de competencia municipal en Yucatán. La normativa mexicana establece que, a partir del decreto de un ANP, la autoridad responsable tiene un año para publicar el programa de manejo; sin embargo, la Reserva Cuxtal careció de dicho instrumento durante 11 años hasta que el 4 de octubre de 2004 fue legalmente publicado (DOGEY, 2004). Además, la ley establece que el programa de manejo de un ANP debe ser modificado por lo menos una vez cada cinco años (LGEEPA, 1988). En el caso de la Reserva, después de 14 años, el programa de manejo fue modificado y actualizado en su totalidad (GMAM, 2018).

Ocho administraciones municipales han pasado desde que la Reserva Cuxtal fue decretada. Actualmente, afronta problemas de expansión urbana de la ciudad de Mérida y por actividades comerciales e industriales que implican cambios en el uso del suelo y que inducen la pérdida de la cobertura forestal. El incumplimiento de la normativa dispuesta en el programa de manejo de la Reserva del 2004 (DOGEY, 2004) y el disímil interés mostrado por las administraciones municipales, muestran que la Reserva de Cuxtal ha significado más un obstáculo

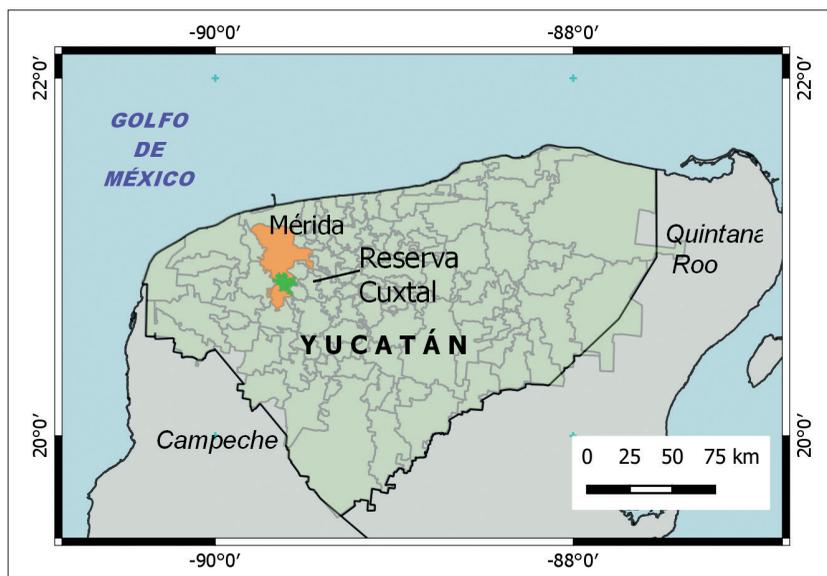


Figura 1. Localización de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal en el municipio de Mérida, Yucatán, México. Fuente: elaboración propia.

para la expansión urbana, que una oportunidad para la protección y la conservación del patrimonio biológico, arqueológico y cultural con un enfoque de sustentabilidad.

Es importante destacar que la autoridad municipal había carecido de un posicionamiento con respecto a la relación que existe entre la expansión urbana y sus consecuencias ambientales. Actualmente, es necesario interpretar el fenómeno urbano desde el concepto de la justicia ambiental, sin soslayar la importancia de los derechos de tercera generación (Baretta, 2012), entre los que se destaca la defensa de intereses colectivos que en determinado momento están amenazados por alguna externalidad, como el derecho al ambiente saludable, que está sustentado en los artículos 4, 25, 27 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que precisa que toda persona tiene el derecho fundamental a la protección del ambiente, para garantizar que contribuya a su desarrollo y bienestar (Calvillo, 2013). El desafío consiste en establecer las relaciones entre el concepto de justicia ambiental y lo que jurídicamente se entiende como el derecho que todo individuo tiene para vivir en un ambiente que promueva su desarrollo y bienestar.

El punto central de este manuscrito evidencia cómo el modelo de ciudad expansiva y los cambios de uso de suelo sobre la Reserva Cuxtal, ponen en riesgo las condiciones ambientales que tienen que ser protegidas mediante la aplicación del programa de manejo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de realizar un análisis comparativo para conocer los cambios en la distribución de la cobertura de la selva baja caducifolia ocurridos durante los últimos 20 años en la Reserva, se recurrió a la consulta de diferentes fuentes de información que incluyeron la interpretación manual de fotografía aérea pancromáticas del INEGI del año 1995. Posteriormente se realizó la interpretación de orto fotografías INEGI del 2005 (F16C52a), (F16C52d), y finalmente se hizo una interpretación manual de una imagen satelital *SENTINEL* 2015 de la zona

de estudio, en donde se realizó una interpretación manual de los tipos de vegetación y uso del suelo.

Los resultados obtenidos, a partir del trabajo de verificación en campo y en gabinete mediante la interpretación de las fotografías aéreas e imagen satelital, fueron utilizados para construir una base geográfica digital, la cual fue procesada en los programas *QGIS 2.18*<sup>®</sup> y *ARCGIS 10.6*<sup>®</sup>, a partir de las cuales se obtuvieron mapas del Sur del municipio de Mérida y de la Reserva. Para cada una de las fechas analizadas, se realizó el cálculo de superficies de las categorías consideradas y se obtuvieron tasas de cambio de la vegetación y usos del suelo.

El cálculo de las tasas de cambio se realizó a partir de los datos obtenidos según el lapso establecido, con el fin de analizar la transformación de la cobertura forestal. Los usos del suelo se realizaron a partir de las categorías o niveles de agregación previstos en la clasificación, a lo largo de los periodos 1995-2005 y 2005-2015. Dichas tasas representan una estimación de la variación entre los periodos analizados:

$$TC = \left[ \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100 \quad (1)$$

e1)

En donde:

*TC*: Tasa de cambio

*S*<sub>2</sub>: Superficie en hectáreas del año 2

*S*<sub>1</sub>: Superficie en hectáreas del año 1

*n*: Número de años comprendidos en el periodo.

Debido a que el polígono envolvente de la Reserva contiene varias inconsistencias y errores de desplazamientos no sistemáticos, se hicieron algunos ajustes de vértices y se corrigieron errores de trazo de la poligonal envolvente. El procedimiento consideró información identificada en las fotografías aéreas, tomando como referentes mensuras de predios, límites ejidales, vías de comunicación, veredas y caminos, entre otros rasgos. Estas correcciones permitieron reducir discrepancias y apearse a los límites de los rasgos visibles establecidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cambio de uso del suelo en la Reserva Cuxtal 1995-2015

El estado de Yucatán es la entidad con mayor deforestación en la Península; es la entidad que conserva la menor superficie forestal al compararse con los estados vecinos de Campeche y Quintana Roo. El Noroeste del estado, en donde se ubica el Municipio de Mérida, forma parte de la denominada “ex zona henequenera”, la cual es una de las que tiene mayor alteración de la cobertura forestal a nivel estatal, solo después del Oriente del estado que ha sido transformado en pastizal dedicado a la producción de ganado bovino (García-Gil y Sosa-Escalante, 2013).

La “ex zona henequenera” se conforma como una matriz que alberga distintos usos del suelo y varios estados de sucesión vegetal (González, 2004). En su mayoría corresponde a vegetación en proceso de recuperación con fragmentos de selva baja caducifolia que pueden llegar a tener entre 40 y 50 años. Históricamente en la región y, particularmente en la Reserva Cuxtal, la vegetación dominante ha sido la selva baja caducifolia, la selva baja caducifolia con asociaciones de cactáceas y la selva baja caducifolia secundaria o en recuperación (etapas serales) (Baéz y Zamora, 2012; Etetla *et al.*, 2012).

En la Reserva Cuxtal existen ocho localidades (dos comisarías y seis sub-comisarías) en donde viven 8,211 habitantes y diez colonias que pertenecen a la ciudad de Mérida en una franja en torno al periférico con 15,952 habitantes (INEGI, 2015). De acuerdo con el Registro Agrario Nacional, la Reserva Cuxtal comprende propiedad ejidal, terrenos comunales (fundos legales) y pequeñas propiedades. Aproximadamente el 84% de la superficie sobre la que se creó la Reserva fue propiedad social, el 10% propiedad privada y el 6% propiedad pública. En 2004 se reconocía que menos de la mitad (40%) de la superficie de la Reserva pertenecía a terrenos ejidales y comunidades bajo el régimen de uso común; mientras que más del 60% ya había pasado ser pequeña propiedad, debido a que se habían realizado los deslindes mediante el programa de titulación de solares urbanos. Prácticamente todos los ejidos se encuentran parcelados mediante la

iniciativa gubernamental denominada “Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos”.

El decreto de la Reserva de Cuxtal no indica la superficie que ocupaban los tipos de vegetación y usos de suelo al interior de la Reserva al momento de su formación (DOGEY, 1993). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas de pares estereoscópicos, indica que en 1995 la selva baja caducifolia y los parches de vegetación arbórea, cubrían la mayor superficie de la Reserva con 7911.86 hectáreas que representan el 73.4% de la superficie que mantuvo la cobertura forestal. Las áreas con vegetación secundaria, ocupadas con vegetación en proceso de recuperación (herbácea y arbustiva) y algunas superficies dedicadas a uso agropecuario y cultivos perennes, ocuparon 2,142.84 hectáreas con el 19.8% de la Reserva. La superficie utilizada para diversas obras de infraestructura y servicios, vivienda, (zonas urbanizadas, sub urbanizadas, rurales), granjas, bancos de materiales pétreos en operación y abandonados, ocuparon 723.04 hectáreas con el 6.71% del total de la Reserva. Las superficies en donde ha ocurrido cambio de uso del suelo se pueden encontrar en toda la Reserva a excepción del extremo Sureste; sin embargo, dichas áreas se encuentran principalmente en las periferias de las localidades urbanas, en menor medida en las localidades rurales y de manera preponderante a lo largo de las vías de comunicación. Los mayores impactos por efecto del proceso de expansión de la urbanización y los cambios de uso del suelo ocurren sobre la principal vía de comunicación que entra a la Reserva, la carretera Mérida a Xmatkuil (Figura 2).

En 2004, el primer programa de manejo de la Reserva Cuxtal, publicado en el *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán* (DOGEY, 2004), no indicó una cifra específica de la superficie ocupada por la selva baja y los usos del suelo. Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida en este trabajo a partir de la interpretación de Ortofotografías del INEGI del año 2005, después de 12 años de haberse creado la Reserva y en comparación con lo obtenido para 1995, la superficie ocupada por la selva baja caducifolia y vegetación secundaria

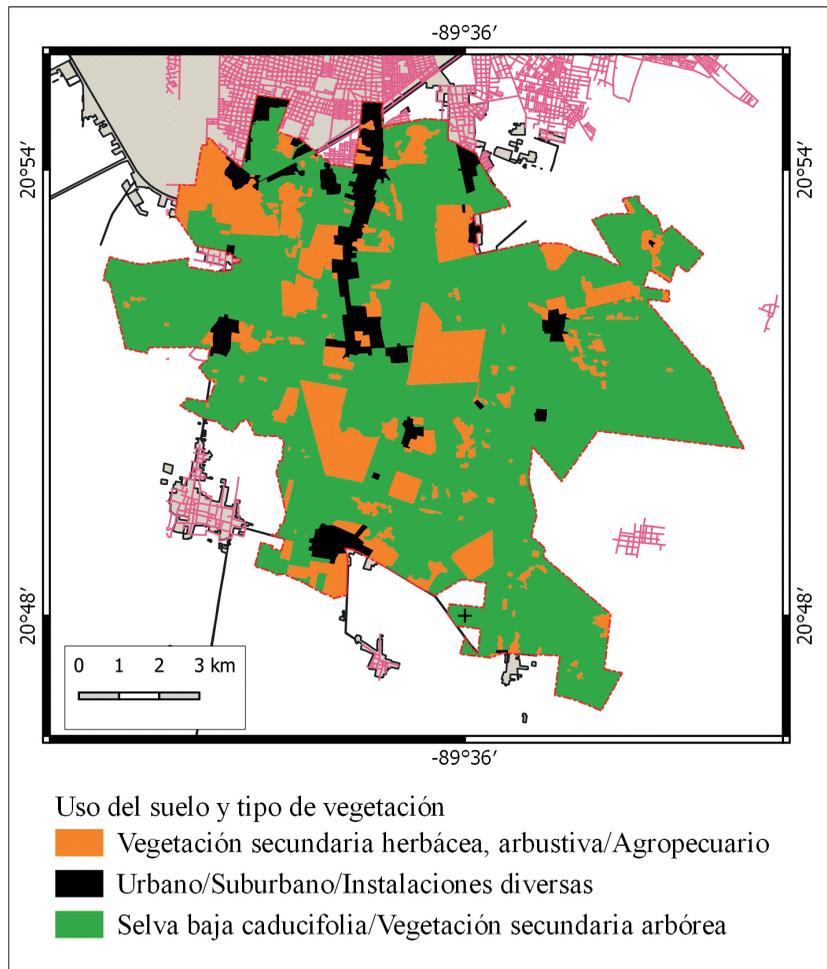


Figura 2. Mapa de uso del suelo y tipo de vegetación en la Reserva Cuxtal, Yucatán, México en 1995. Fuente: elaboración propia.

arbórea tuvo una disminución importante, ya que se redujo a 5694.7 hectáreas, por lo que representó el 52.8%. La superficie ocupada en la categoría de vegetación secundaria (herbácea y arbustiva), áreas de uso agropecuario y cultivos perennes se incrementó de forma considerable, ya que cubrió una superficie 3,601.6 hectáreas que representó el 33.4%. La superficie ocupada por infraestructura industrial y comercial, superficies urbanas y periurbanas se incrementó a 1055.5 hectáreas lo que representó el 9.7% del total de la Reserva. Las principales afectaciones fueron ocasionadas en la zona de contacto con la ciudad de Mérida, debido al fenómeno de expansión urbana lo que afectó el Norte de la Reserva. En el centro y Sur de la Reserva se encuentran predios en donde fue eliminada la

selva baja, sin embargo, no se les dio otro uso, por lo que se mantienen como vegetación secundaria herbácea y arbustiva, la zona con menores cambios es el Sureste en donde se encuentra la Planta potabilizadora Mérida 1 (Figura 3).

La interpretación manual realizada en la imagen satelital SENTINEL del 2015, registra un incremento en la deforestación, principalmente en la superficie ocupada por vegetación secundaria (herbácea, arbustiva) y, en menor medida, en el uso agropecuario y cultivos perennes que en conjunto ocuparon una extensión de 4224.7 hectáreas (39.2%). La superficie ocupada por la selva baja caducifolia y parches de vegetación arbórea fue de 4731.0 hectáreas (43.9%). La categoría que agrupa localidades rurales, superficies urbanizadas y sub

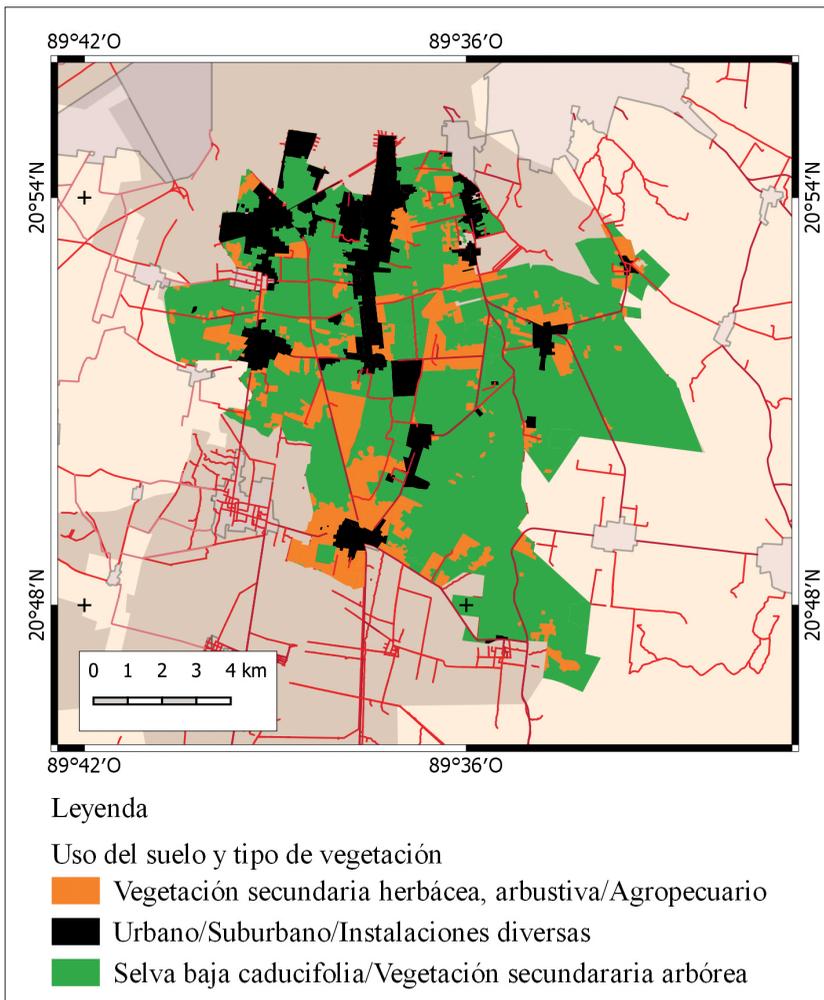


Figura 3. Mapa de uso del suelo y tipo de vegetación en la Reserva Cuxtal, Yucatán, México en 2005. Fuente: elaboración propia.

urbanizadas, infraestructura comercial, industrial y de servicios, se incrementó alcanzando una superficie de 1,864.1 hectáreas (17.3 %) (Figura 4), cifras que reconoce el nuevo programa de manejo vigente de la Reserva (GMAM, 2018).

Los mapas muestran que el proceso de expansión urbana ocurre principalmente a lo largo de las vías más importantes de comunicación, especialmente la carretera Mérida a Xmatkuil y en terrenos cercanos al periférico, la urbanización en algunos casos se consolida y en otros se expande sobre las periferias, creando áreas sub urbanizadas. Al Norte en la zona de contacto con la ciudad de Mérida, existe un incremento de actividades industriales y de servicios que deforestó las superficies de vegeta-

ción en estado de recuperación; en la zona centro y en el Sur de la Reserva, en menor medida, se deforestaron predios en donde se realizan prácticas agrícolas.

La información obtenida a partir de la interpretación de fotografías aéreas e imagen satelital sobre los cambios de uso del suelo y la permanencia de la selva baja caducifolia en los 20 años analizados, hacen evidente que debido al abandono o poco interés de algunas administraciones municipales, la Reserva Cuxtal ha carecido de un manejo continuo y respetuoso de su programa de manejo; en el periodo de 20 años analizado, se ha permitido el crecimiento de la urbanización de forma anárquica e informal a través del cambio de uso del suelo.

La selva baja pasó de 7911.8 hectáreas (73.4%) a 4731.0 hectáreas (43.9%), lo que significa una pérdida de cobertura forestal de 3180.8 hectáreas. El uso del suelo que corresponde a expansión urbana infraestructura y servicios registra el mayor incremento dentro de la Reserva, ya que aumentó de 723.0 hectáreas en 1995 a 1864.1 hectáreas en 2015, lo que representa un crecimiento de 1141.1 hectáreas. La superficie ocupada por vegetación secundaria o en fases incipientes de recuperación, y en menor medida el uso agropecuario y cultivos perenes aumentó de 2142.8 hectáreas a 4224.7 hectáreas, que significa un incremento de 2081.9 hectáreas (Figura 4).

### Tasa de cambio de uso del suelo en la Reserva Cuxtal 1995-2015

La superficie cubierta por la selva baja y vegetación secundaria arbórea en la Reserva Cuxtal ha tenido una disminución por deforestación y cambio de

uso del suelo. Para el final de la primera década (1995-2005), se estimó una pérdida de 1566.33 hectáreas, por lo que desciende anualmente a una tasa negativa de 2.2%. Durante la segunda década (2005-2015), la pérdida de cobertura de selva baja fue un poco menor, ya que se deforestaron 840.6 hectáreas que representa una tasa anual de 1.4%. Si se considera el comportamiento del periodo completo, se tiene un decremento absoluto de superficie equivalente a 2406.9 hectáreas, con una tasa anual de 1.8%. (Cuadro 1).

El uso habitacional e infraestructura comercial y de servicios aumentó a una tasa de 4.0% anual durante el periodo 1995-2005, lo que se traduce a un incremento de 347.7 hectáreas de cobertura en 10 años. Para el periodo 2005-2015 hubo una tendencia alta, ligeramente más elevada, se incrementó a 793.325 hectáreas, lo que representó una tasa anual de crecimiento del 5.7%. Para el periodo completo de 1995-2015 se registró un incremento

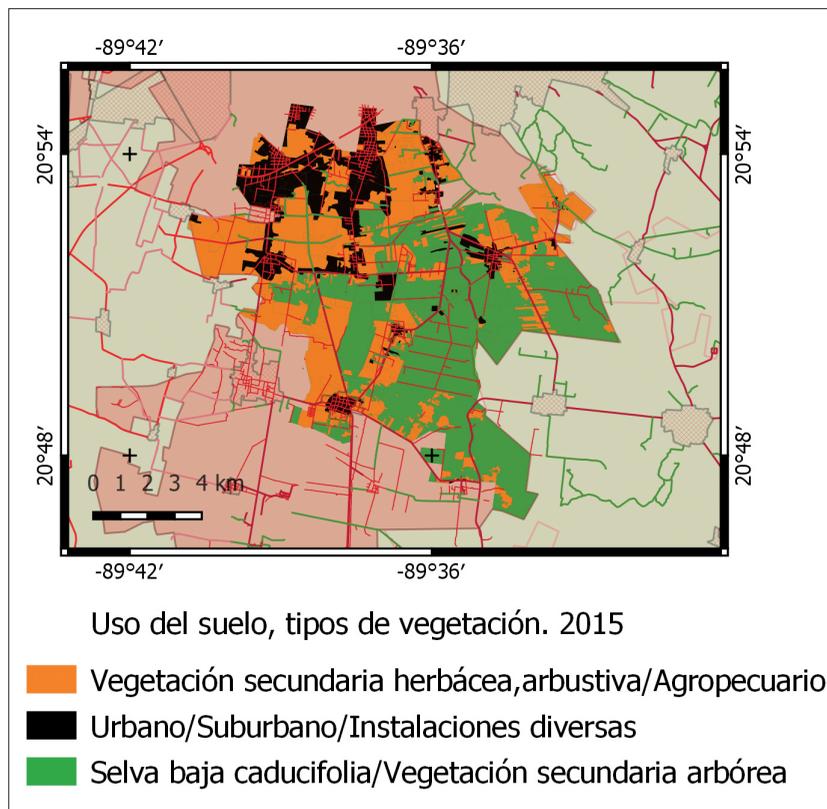


Figura 4. Mapa de uso del suelo y tipo de vegetación en la Reserva Cuxtal, Yucatán, México en 2015. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Tasas de cambio de uso del suelo y vegetación para los periodos de estudio.

Selva baja caducifolia		Infraestructura		Agrícola-Pecuario-Cultivos perennes	
1995-2005	-2.2%	1995-2005	4.0%	1995-2005	3.3%
2005-2015	-1.4%	2005-2015	5.7%	2005-2015	1.5%
1995-2015	-1.8%	1995-2015	4.8%	1995-2015	2.4%

Fuente: elaboración propia.

de 1141.1 hectáreas de suelo dedicado a habitación e infraestructura, que creció anualmente a una tasa de 4.8% en 20 años (Cuadro 1).

La cobertura de uso agrícola, ganadero y tierras en descanso con vegetación secundaria, en 1995 fue de 2142.8 hectáreas aumentando a 2964 hectáreas en 2005. Esto significa un incremento a una tasa anual de 3.3% en el periodo 1995-2005, con un total de hectáreas de 821.207 para 2005. Para el periodo 2005-2015, la tasa de cambio indica una disminución, pues solo tuvo un incremento de 489.8 hectáreas con una tasa anual de 1.5%. La tasa de cambio para el periodo completo indica una tendencia considerable al alza con una tasa anual de 2.4%.

### Ubicación geográfica del cambio de uso del suelo en la Reserva Cuxtal 1995-2015

Mediante el procedimiento de sobre posición cartográfica de ambas fechas (1995-2015), se identificó cual es la ubicación geográfica de los cambios en el uso del suelo y a qué tipo de uso del suelo se dio en ese cambio. Se observa que se recuperaron 665.8 hectáreas que estaban siendo utilizadas principalmente como parcelas agrícolas en 1995 y que en el 2015 se identificaron como vegetación secundaria. Estas parcelas se encuentran principalmente distribuidas en la parte centro y Sur de la Reserva en torno a las comisarías y subcomisarias (Figura 5).

La pérdida de selva y vegetación secundaria arbórea se aprecia en tres circunstancias distintas. El primer caso se refiere a 485.6 hectáreas de parcelas agrícolas en 1995 que cambiaron su uso a áreas habitacionales de vivienda rural o urbana, o bien infraestructura para granjas, bodegas, edificaciones, que se encuentran principalmente al Norte de la Reserva que es la zona más cercana al periférico y

la ciudad de Mérida. El segundo cambio relevante se refiere a 3212.23 hectáreas de fragmentos de selva en 1995 que fueron deforestados o perturbados y cambiados a uso agrícola o pecuario o se encuentran en una fase reciente de recuperación como vegetación secundaria herbácea o arbustiva. Estos predios se ubican principalmente al centro, Norte y en el límite Oeste de la Reserva (Figura 5).

El tercer caso significativo es la pérdida de 684.13 hectáreas de fragmentos de selva que fueron deforestados para inducir un cambio de uso a suelo suburbano, urbano, infraestructura comercial o edificaciones, lo cual ocurre principalmente en el Norte de la Reserva y sobre las principales vías de comunicación. En síntesis, los cambios más significativos de pérdida de selva baja caducifolia ocurren principalmente al Norte de la Reserva, en la zona de contacto con la ciudad de Mérida, En contraste en el centro y Sur de la Reserva los cambios son menores y son susceptibles a recuperación mediante un manejo sustentable.

La evaluación constante y cronológica del cambio de la cobertura vegetal, aporta al conocimiento de trayectorias de pérdida, ganancia y uso (Berry *et al.*, 1996; Lambin *et al.*, 2001; Velázquez *et al.*, 2002), lo cual puede ser considerado como un indicador eficiente de la perturbación por expansión urbana en la planeación a nivel regional de procesos de manejo como la restauración y conservación.

### CONCLUSIONES

El área de conservación Reserva Cuxtal no ha cumplido a cabalidad con los objetivos de su creación, lo que se explica por el incumplimiento de la normativa y la escasa vigilancia a los cambios

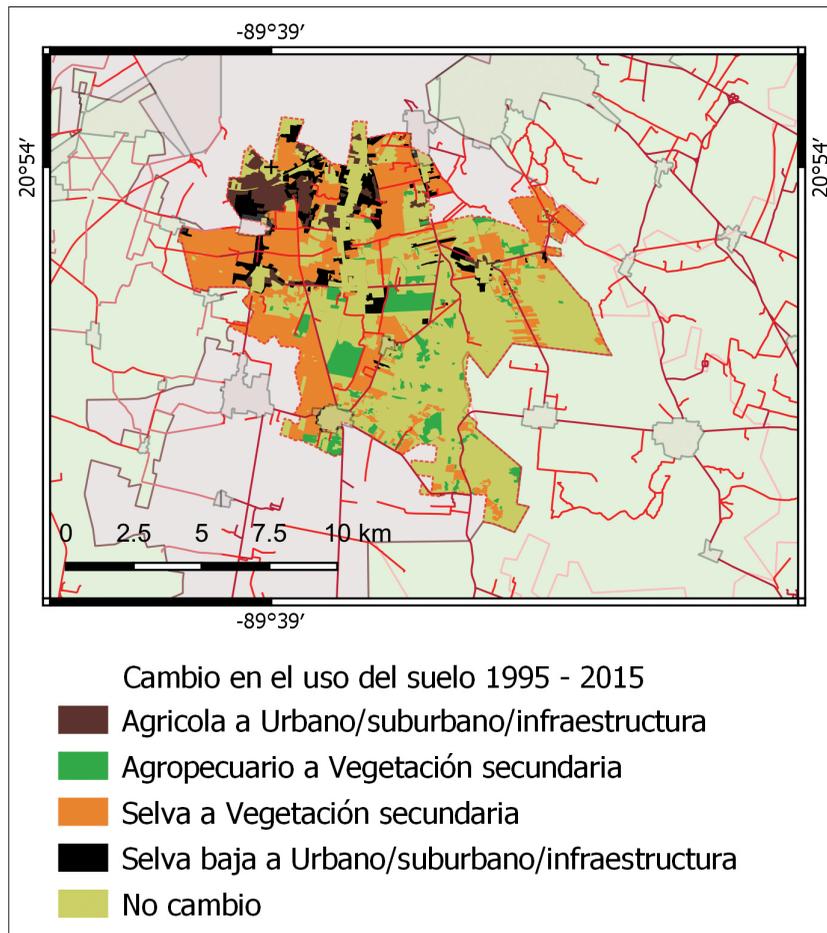


Figura 5. Ubicación geográfica del cambio de uso del suelo en la Reserva Cuxtal 1995-2015. Fuente: elaboración propia.

de uso del suelo que en su mayoría posiblemente hayan sido ilegales. El suelo de conservación se ha convertido en un territorio fragmentado en donde ocurren diversas relaciones socio espaciales, que incluye la creación de nuevos fraccionamientos, usos conflictivos y antagónicos del suelo incompatibles con los objetivos de conservación de la Reserva, tales como la operación de minas para la extracción de materiales pétreos o la construcción de fraccionamientos habitacionales.

En la Reserva Cuxtal, el proceso de expansión urbana y el cambio de uso del suelo obedecen a dos lógicas distintas. La primera se ubica al Norte de la Reserva, en donde la deforestación y el cambio de uso del suelo es producto del avance de la urbanización de la ciudad de Mérida y la construcción de fraccionamientos habitacionales

de alta densidad, parques industriales, almacenes, depósitos, bancos de extracción de materiales pétreos, fábricas de agregados para la construcción, cementeras, bodegas e instalaciones de servicios. Esta situación ha derivado en un proceso de crecimiento del área urbanizada irregular y desordenado.

La segunda ocurre al Sur de la Reserva, en donde los cambios de uso del suelo se deben a las acciones de particulares y, en menor medida, pequeños productores que realizan desmontes e inducen cambios en el uso del suelo. Estas prácticas ocurren en una escala menor debido a que existe de manera generalizada un abandono de las actividades agrícolas y pecuarias. Únicamente el 12% de las familias se dedican a actividades relacionadas con prácticas agrícolas y pecuarias muchas de las cuales se realizan

en los huertos familiares, mientras que el grueso de la población trabaja fuera de la localidad.

Las personas que viven dentro de la Reserva, a pesar del impacto del crecimiento urbano que los desplaza, mantienen expectativas para continuar con actividades mediante formas tradicionales de uso múltiple de los recursos naturales, por ejemplo, la meliponicultura (manejo de abejas nativas sin aguijón) y la horticultura de traspatio practicada en el solar maya.

Todas las actividades que implican pérdida de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo tienen un impacto sobre la Reserva y su biota. Aún existen relictos de vegetación que suman 3000 hectáreas de selva baja caducifolia que han cambiado a vegetación en estado de recuperación de menos de 10 años (en menor medida, se transformó a uso agrícola y pecuario). Es necesario que las políticas públicas urbanas y los instrumentos de planeación y regulación de los usos del suelo consideren la normativa vigente, ya que la Reserva Cuxtal es la fuente hídrica más importante para la zona metropolitana de Mérida, posee una cobertura vegetal que contribuye a la conservación de la biodiversidad regional e incluye poblaciones en situación de vulnerabilidad.

Es pertinente abordar estas problemáticas desde la perspectiva de la justicia ambiental y la sustentabilidad del modelo de ciudad expansiva, así como discutir sobre la eficiencia de los instrumentos jurídicos y la gestión del suelo, toda vez que a pesar de tener un programa de manejo desde el 2004, la expansión urbana y los cambios de uso de suelo han continuado. En consecuencia, habría que redimensionar el derecho al medio ambiente en todos los instrumentos jurídicos que regulan el uso del territorio municipal.

Es impostergable la aplicación del nuevo programa de manejo de la Reserva (GMAM, 2018), así como generar alternativas productivas para los pobladores locales, para una mayor eficiencia y eficacia en la regulación del uso del territorio del ANP y zonas de influencia, otorgar un mayor orden en la administración del desarrollo socioeconómico, en la conservación de la biodiversidad y en la procuración de justicia ambiental.

## REFERENCIAS

- Azuela, A. (Coord). (2016). *La ciudad y sus reglas, sobre la huella del derecho en el orden urbano*. México: Universidad Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México.
- Balvanera, P., Cotler, H., Aburto, O., Aguilar, A., Aguilera, M., Aluja, M., Andrade, A., Arroyo, I., Ashworth, L., Astier, M., Ávila, P., Bitrán, D., Camargo, T., Campo, J., Cárdenas, B., Casas, A., Díaz, F., Etchevers, J., Ghillardi, A., González, E., Guevara, A., Lazos, E., López, C., López, R., Martínez, J., Maser, O., Mazari, M., Nadal, A., Pérez, D., Pérez, R., Quesada, M., Ramos, J., Robles, A., Rodríguez, H., Rull, J., Susan, G., Vergara, C., Xolalpa, S., Zambrano, L. y Zarco, A. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En R. Dirzo, R. González e I. March (Comp.), *Capital Natural de México. Volumen II Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 185-245). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).
- Báez, G., Zamora, C. y Crescencio, P. (2012). Especies leñosas de la selva baja caducifolia de Xmatkuil, Yucatán, México. *Foresta Veracruzana*, 14(2), 9-14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49728290002>
- Balvanera P., Castillo, A., Lazos, E., Caballero, K., Quijas, S., Flores, A., Galicia, C., Martínez, L., Saldaña, A., Sánchez, M., Maass, M., Ávila, P., Martínez, Y., Galindo, L. y Sarukhán, J. (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. En P. Laterra, E. Jobagy y J. Paruelo (Eds.), *Valoración servicios ecosistémicos: Conceptos, herramientas, y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 39-68). Buenos Aires: INTA.
- Beretta, I. (2012). Some Highlights on the Concept of Environmental Justice and its Use. *E-cadernos CES*, 17, 136-162. DOI: 10.4000/eces.1135.
- Berry, M. W., Flamm, R. O., Hazen, B. C. y MacIntyre, R. L. (1996). The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. *IEEE Computational Science & Engineering*, 3(1), 24-35. DOI: 10.1109/99.486758
- Calvillo, G. (2013). Hacia una ley orgánica para la procuración de justicia ambiental. *Derecho Ambiental y Ecología*, 54:13-19.
- Cervio, A. L. (2015). Expansión urbana y segregación socio-espacial en la ciudad de Córdoba (Argentina) durante los años '80. *Astrolabio*, 14: 360-392.
- Delgado, C. (2008). "Urbanización sin fronteras" el acoso urbanístico a los espacios naturales protegidos. *Boletín de la A.G.E.*, 47, 271-310.

- DOGEY. (1993, 14 de julio). Declaratoria de la zona sujeta a Conservación Ecológica "Reserva Cuxtal". *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*. Mérida, México. Recuperado de [https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema\\_nacional/documentos/ANPL/Yuc/9-DECRETO-CUXTAL.pdf](https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/sistema_nacional/documentos/ANPL/Yuc/9-DECRETO-CUXTAL.pdf)
- DOGEY. (2004, 4 de octubre). Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Reserva Cuxtal". Ayuntamiento del Municipio de Mérida, Yucatán. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*. Mérida, México. Recuperado de [http://yucatan.gob.mx/docs/diario\\_oficial/diarios/2004/2004-10-04\\_2.pdf](http://yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2004/2004-10-04_2.pdf)
- Fernández, Y. (2016). ¿Qué se está Re-territorializando o Des-territorializando en la periferia de Mérida? *Ciudades*, 109, 26-32.
- García-Gómez, C. y Bolio-Arceo, E. (Coord.) (2007). *Autoproducción de vivienda en Mérida, zonas urbanas en proceso de consolidación*. México: Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Arquitectura.
- García-Gil, G., Peña, O. y Ortiz-Pech, R. (2012). Distribución espacial de la marginación urbana en la ciudad de Mérida. Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*, 77, 89-106.
- García-Gil, G. y Sosa-Escalante, J. E. (Eds.). (2013). *Ordenamiento Territorial del Estado de Yucatán: Visión 2030*. Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán, Gobierno del Estado de Yucatán.
- Garza, G. (1998). Normatividad urbanística virtual en la Ciudad de México. En G. Garza y F. A. Rodríguez (Comps.), *Normatividad urbanística de las principales metrópolis de México* (pp. 41-109). México: El Colegio de México. DOI: 10.14350/rig.31021
- González, J. (2004). *Estudio de la selva baja caducifolia y vegetación secundaria derivada en la zona henequenera del noroeste de Yucatán por medio de percepción remota y sistemas de información geográfica*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Mérida: CICY.
- GMAM. (2018). Modificación del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación ecológica Reserva Cuxtal. *Gaceta Municipal del Ayuntamiento de Mérida*, 1,046(11), 14-100. Suplemento 2-84. Recuperado de [http://www.merida.gob.mx/municipio/portal/norma/contenido/pdfs/gaceta/1001-1100/gaceta\\_1046.pdf](http://www.merida.gob.mx/municipio/portal/norma/contenido/pdfs/gaceta/1001-1100/gaceta_1046.pdf)
- INEGI. (1995). Fotografías aéreas pancromáticas. México: INEGI.
- INEGI (2005). Ortofotografías. México: INEGI.
- INEGI (2015). Encuesta intercensal 2015. México: INEGI. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/214>
- Iracheta, A. y Bolio, J. (2012). *Mérida metropolitana*. Mérida, México: Plan estratégico de Yucatán, A. C.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B. y Angelsen, A. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11, 261-269. DOI: 10.1016/S0959-3780(01)00007-3
- LGEEPA (1988). *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Texto Vigente: Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de enero de 2017. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- López Santillán, R. y Ramírez, L. A. (Eds.) (2014). *CreCIMIENTO urbano y cambio social: escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*. Mérida, México: Universidad Autónoma de México, Centro peninsular en humanidades y en ciencias sociales.
- Marengo, C. (2013). Extensión urbana e intervenciones habitacionales. El caso de la ciudad de Córdoba (Argentina). *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 6(12), 280-301.
- Mohar, A. y Rodríguez-Aldabe, Y. (2008). El papel de las ciudades en los procesos causales que determinan el uso y la conservación de la biodiversidad. En J. Carabias, A. Mohar, S. Anta y J. De La Maza (Comps.), *Capital Natural de México. Volumen III Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad* (pp. 43-84). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Ortiz-Pech, R., Celis-Fajardo, H. y García-Gil, G. (2016). Impacto de las actividades productivas y de la expansión urbana sobre una reserva ecológica; el caso de Cuxtal, Yucatán; México. *Noésis*, 26(52), 1-22. DOI: 10.20983/noesis.2017.2.1
- Paré, L., Sosa Acosta, R. y Aranda, E. (2018). La asociación de vecinos del Pixquiuc-Zoncuanntla: una experiencia ciudadana para el manejo del agua y de los recursos naturales en una comunidad periurbana. En P. Paré y H. García H. (Coords.), *Gestión para la defensa del agua y el territorio en Xalapa, Veracruz* (pp. 47-95). México: UNAM-IIS-SENDAS A.C.
- Pedlowski, M., Corabi, J. y Heynen, N. (2002). Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. *Urban Ecosystems*, 6, 9-20. DOI: 10.1023/A:1025910528583
- Pisanty, I, Mazari, M. y Ezcurrea, E. (2009). El reto de la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas y periurbanas. En R. Dirzo, R. González e I. March (Comps.), *Capital Natural de México Volumen II*

- Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 719-759). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SENTINEL. (2015). Imagen satelital. Programa Copérnico de la Agencia Espacial Europea. Recuperado de <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Sosa-Escalante, J. E. y Kantún-Palma, R. (2013). Áreas Naturales Protegidas. En G. García-Gil y J. Sosa-Escalante (Eds.), *Ordenamiento Territorial del Estado de Yucatán: Visión 2030* (pp. 75-89). México: Universidad Autónoma de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán.
- Tetetla, E., Durán, R., Hernández, J., y Dupuy, J. (2012) Distribución espacial de la riqueza de especies leñosas raras de la Península de Yucatán y su relación con las áreas naturales protegidas. *Tropical Conservation Science*, 5(3), 320-339. Recuperado de [https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v5/TCS-2012\\_Vol\\_5\(3\)\\_320-339\\_Tetetla\\_et\\_al.pdf](https://tropicalconservationscience.mongabay.com/content/v5/TCS-2012_Vol_5(3)_320-339_Tetetla_et_al.pdf). DOI: 10.1177/194008291200500307
- Vásquez, A. y Salgado, M. (2009). Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43, 95-110. DOI: 10.4067/S0718-34022009000200006
- Velázquez A., Mas, J. F., Mayorga-Saucedo, R., Palacio, J. L. y Bocco, G. (2002). El Inventario Forestal Nacional 2000: Potencial de Uso y Alcances. *Ciencias*, 64, 13-19.