

La expansión urbana de Mérida, la de Yucatán, México y su contribución al cambio climático

En todo el mundo, las ciudades son reconocidas como la principal causa del cambio climático; aunque en total ocupan menos del 2% de la superficie terrestre, producen la mayor cantidad de los gases de efecto invernadero. La zona metropolitana de la ciudad de Mérida, Yucatán no es la excepción. Su expansión urbana y crecimiento poblacional traen consigo un mayor consumo de energía y deforestación y, a la par, mayores emisiones de gases de efecto invernadero y aumentos en la temperatura del ambiente. Encontrar soluciones a esta problemática requiere un plan de desarrollo urbano sostenible en los ámbitos ambiental, social y económico, y lo más importante, de voluntad.

Palabras clave:
Calentamiento global,
deforestación, gases de
efecto invernadero,
mancha urbana, metrópoli.

CELENE ESPADAS MANRIQUE, CASANDRA REYES-GARCÍA Y
GERARDO CARRILLO-NIQUETE

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

uhkin@cicy.mx

El calentamiento global es un fenómeno que afecta al clima mundial, y su trayectoria es claramente ascendente. El Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, aborda los problemas del crecimiento urbano y reconoce que las ciudades son la causa y la solución al cambio climático (ONU 2021). Por un lado, las ciudades son causa porque concentran más de la mitad de la población en menos del 2% de la superficie de la Tierra, consumen alrededor del 78% del suministro energético, producen el 70% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y provocan la degradación ambiental. Por otro lado, son potencial fuente de soluciones, ya que innovaciones gestadas en las ciudades en los sectores de energía, construcción, movilidad y planificación podrían reducir significativamente el impacto ambiental y contribuir a una urbanización sostenible, en donde se considere la preservación de los ecosistemas y la diversidad biológica para abastecer las necesidades actuales, sin comprometer a las futuras generaciones (ONU-HABITAT 2020). En este tenor, algunas soluciones son la mejora en la movilidad urbana a través del uso de vehículos de tracción humana (como bicicletas, patines, etc.), el rediseño del sistema de transporte público (desde la elección estratégica de sus rutas, hasta el cambio de unidades obsoletas que resulten muy contaminantes), y el modelo de ciudades compactas, (que mejoran la conectividad entre sitios, y reducen tiempos de desplazamiento) en lugar del modelo de ciudades dispersas con viviendas unifamiliares por todo el territorio, y de alta dependencia de vehículos automotores (como es el caso de la ciudad de Mérida, Yucatán).

En México existe una Ley de Cambio Climático, que fue decretada en 2012, y que tiene por objeto “Garantizar el derecho a un

@CICYoficial    

 GOBIERNO DE
MÉXICO

    gob.mx

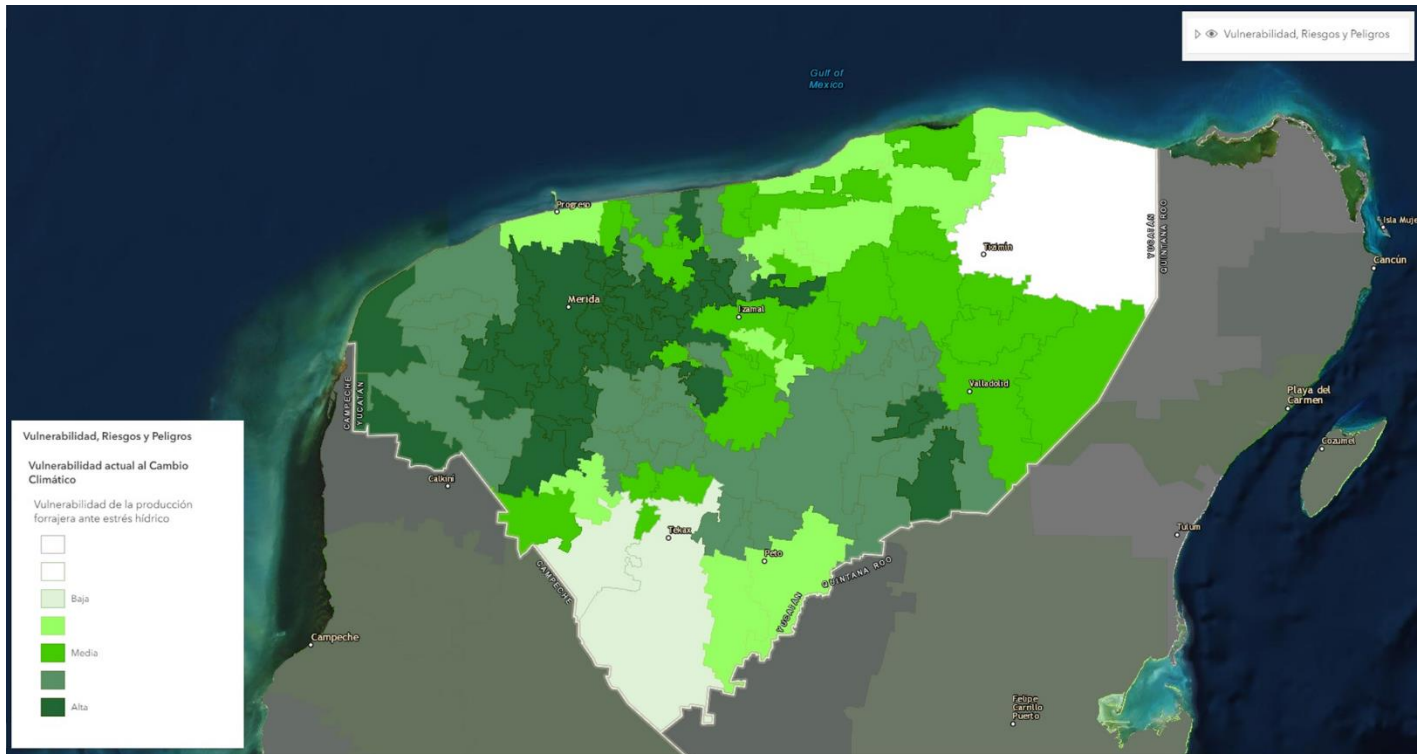


Figura 1. Vulnerabilidad al cambio climático de los municipios de Yucatán (Fuente: https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/EI_31.html).

medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero” (LGCC 2012). El estado de Yucatán cuenta con doce de los 17 instrumentos de política pública en torno a este tema (SEMARNAT-INECC 2020). Sin embargo, ha dilatado mucho en comenzar la elaboración de una Ley de Cambio Climático, al mismo tiempo que carece de un Reglamento de Cambio Climático, de una Evaluación de la Política Estatal de Cambio Climático, de un Reglamento de Construcción y de un Plan Maestro para la Movilidad Urbana Sustentable. Esta situación es muestra del largo camino que queda por recorrer en la regulación y planificación de los asentamientos humanos y en la evaluación de la efectividad de las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

En Yucatán, el análisis de vulnerabilidad a los efectos que produce el cambio climático, encuentra que el sector ambiental (agua, biodiversidad y zonas costeras) resulta más vulnerable que los sectores productivos y sociales ante las variaciones de tempera-

tura y los eventos meteorológicos extremos (huracanes, lluvias torrenciales, sequías y ondas de calor); además, su degradación impacta a todos los sectores y a la sociedad en general (PEACC 2014). Esta situación se exagera ante la falta de acciones para detener el deterioro ambiental y la falta de medidas que fortalezcan la riqueza de los ecosistemas y sus funciones (Monterroso *et al.* 2014), tales como la protección del acuífero, la formación y la fertilidad del suelo y la reducción de gases de efecto invernadero. Entre los municipios de Yucatán más vulnerables a los efectos derivados del calentamiento global se encuentran los que conforman la zona metropolitana de Mérida (Ucú, Umán, Kanasín, Conkal, Mérida y Progreso) y sus colindancias (INECC 2019) (Figura 1).

La vulnerabilidad de estos municipios de Yucatán se relaciona con la acelerada conurbación y transformación de Mérida en una zona metropolitana, impulsada desde la década de 1980 con la apropiación de terrenos por el Estado de la reserva territorial del municipio de Mérida y áreas adyacentes, así como su privatización desordenada y la desmedida especulación de terrenos (Iracheta-Cenecorta y Bolio-Osés 2012). Estos son factores que continúan

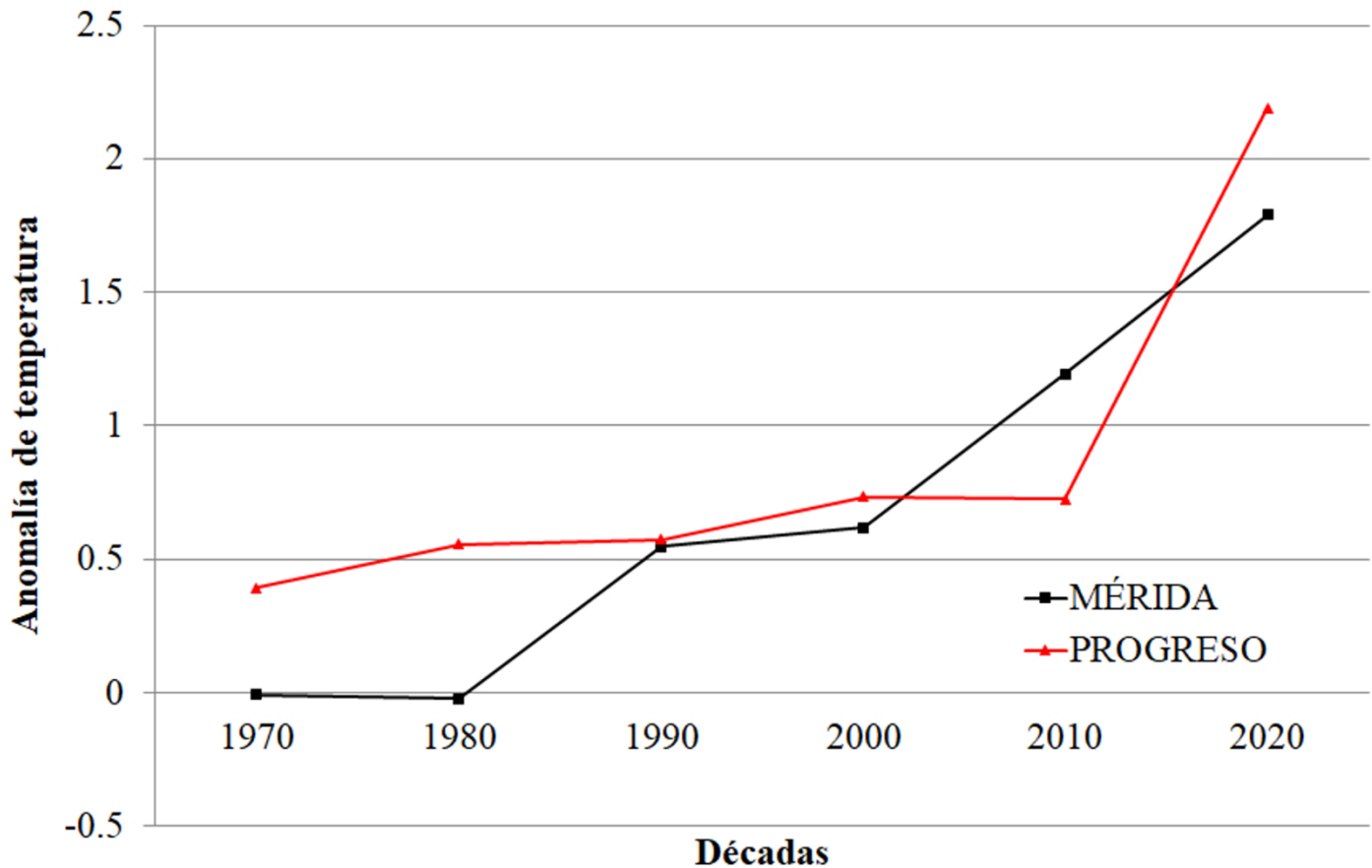


Figura 2. Anomalías de la temperatura promedio por décadas (1970-2020). Las anomalías constituyen las diferencias con respecto al clima previo a los efectos del cambio climático. Se muestra cuánto más cálido es Mérida y Progreso cada década, en comparación con la década de 1960. (Gráfico elaborado con Datos de CONAGUA).

operando hasta la fecha y, más recientemente, han estado acompañados por la inversión empresarial, turística e inmobiliaria sobre zonas agrícolas y ejidales a partir de conjuntos de viviendas periféricas, la expansión de proyectos industriales, la infraestructura de telecomunicaciones, transporte y energía (Geocomunes 2020).

Con la transformación de Mérida en una zona metropolitana surgen otros problemas; mientras que el sector inversionista conceptualiza a la zona metropolitana de Mérida como el lugar para diferentes proyectos económicos, ésta cumple con la paradoja de ser motor de desarrollo económico y, a la vez, generadora de desigualdad social y vulnerabilidad climática. Ejemplo de lo primero es la canalización de inversión económica, equipamientos urbanos y espacios públicos en la zona de mayor plusvalía -el norte de la ciudad- que en otros barrios y sectores más antiguos de la ciudad que reciben menor atención a este respecto (García-Gil *et al.* 2012, ONU-Hábitat 2017).

Y como generadora de vulnerabilidad climática, tenemos el auge del mercado inmobiliario y el crecimiento urbano en un paisaje kárstico con una profundidad del manto freático menor de 7 m; también en la zona norte de Mérida, clasificada como de alto riesgo de inundación ante el aumento de la frecuencia y magnitud de tormentas y huracanes y el ascenso del nivel del mar (Bautista-Zuñiga y Aguilar-Duarte 2020).

La metropolización de Mérida propicia otros factores que contribuyen al calentamiento global. Una muestra de lo anterior es que, en las últimas décadas, más del 50% de los habitantes de Yucatán se han concentrado en esta metrópoli, principalmente en los municipios de Mérida y Kanasín y, más recientemente, en municipios como Conkal y Ucú (INEGI 2020). Esta concentración, motivada por el empleo y las actividades económicas, políticas y sociales que se desarrollan en la ciudad de Mérida (Ramírez-Carrillo y López Santillán 2014) tiene repercusiones en

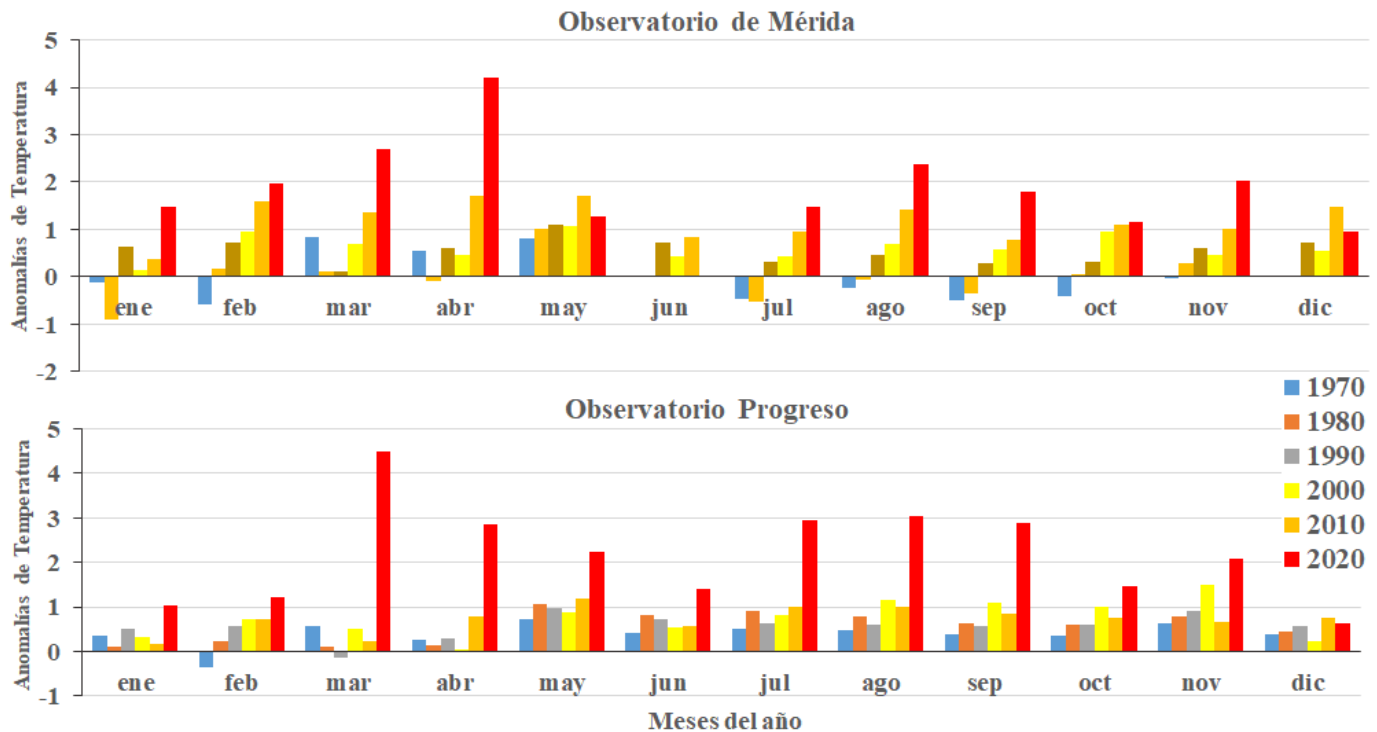


Figura 3. Anomalías de la temperatura promedio por décadas (1970-2020). Las anomalías constituyen las diferencias con respecto al clima previo a los efectos del cambio climático. Se muestra cuánto más cálidos son los meses en Mérida y en Progreso, en comparación con la década de 1960. (Gráfico elaborado con Datos de CONAGUA).

los estilos de vida y en el consumo de servicios, como, por ejemplo, el consumo de energía eléctrica que en esta metrópoli es del 75% del total producido en Yucatán (INEGI 2017). De acuerdo con el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de Yucatán, las industrias dedicadas a la generación de electricidad, así como el transporte, servicios, industrias de manufactura y transformación son la principal fuente de emisiones de GEI (SEDUMA 2013), los cuales contribuyen al calentamiento global.

Otros factores de la metropolización que contribuyen al calentamiento global son el aumento en las superficies impermeables (SI) y la pérdida de selvas. Las SI (carreteras, pavimento, edificios y áreas de concreto) tienen alta capacidad de almacenar calor y transferirlo por convección a lo largo del día y la noche, por lo que contribuyen con el calentamiento de las ciudades. En Mérida, se ha estimado que las SI crecieron en promedio 529 ha anualmente entre 1986 y 2014 (Sandoval y Núñez 2016). Aunado a lo anterior, la expansión urbana ha provocado que durante las dos primeras décadas de este siglo se perdieran anualmente 205.08 ha de selvas o montes (Carrillo-Niquete *et al.* 2021). También se ha evidencia-

do que el incremento de SI y la pérdida de selvas se asocian con las zonas periurbanas de uso residencial como Ciudad Cauce, Las Américas, Los Héroes y Xcanatún, mientras que a las afueras de la ciudad la deforestación se debe a la expansión ganadera, de zonas agrícolas para satisfacer la demanda de una población creciente (Ellis *et al.* 2017, Carrillo-Niquete *et al.* 2021).

Con relación al calentamiento y la deforestación en la ciudad y en sus alrededores, se ha visto que la temperatura puede aumentar entre 2.36 y 3.94°C después de la deforestación (Carrillo-Niquete *et al.* 2021), y que con la expansión de las SI se forman islas de calor urbanas, en donde las diferencias de temperatura entre sitios urbanizados y no urbanizados puede ser hasta de 10°C. Tal efecto contribuye a aumentar el riesgo por golpe de calor y a complicar enfermedades presentes en la población, como pueden ser enfermedades respiratorias crónicas y diabetes (Bai *et al.* 2014).

Además, con el incremento de las SI se pierden servicios esenciales como la infiltración de agua al suelo, el hábitat de las especies y la regulación del clima local (Scott *et al.* 2014). Por otro lado, la desa-

parición de las selvas afectaría otros procesos como la producción de oxígeno y la infiltración de agua al manto freático a través de las raíces de los árboles (Orellana-Lanza y Espadas-Manrique 2016), el almacenamiento de carbono y la reducción del CO₂ atmosférico (Poorter *et al.* 2016), la liberación de vapor de agua a la atmósfera y el ciclo del agua (Makarieva y Gorshkov 2010), y la regulación de la temperatura mediante la producción de sombra y el proceso activo de la transpiración (Reyes-García y Espadas-Manrique 2016).

En párrafos anteriores, se ha mostrado cómo los factores de la metropolización han propiciado un aumento en la temperatura ambiental y como sus consecuencias afectarían a la biodiversidad, los recursos naturales y la población. Para ilustrar mejor los cambios de temperatura y su posible relación con el crecimiento urbano, se consultaron los registros de los Observatorios Meteorológicos de Mérida y de Progreso y se calcularon las diferencias de la temperatura promedio de las últimas décadas con respecto al período previo a la metropolización y a los efectos del cambio climático. Se encontró que la temperatura media anual ha aumentado progresivamente en la ciudad de Mérida y en el puerto de Progreso, alcanzando un aumento de 1.8 y 2.1 °C con respecto a la década de 1960 (Figura 2). En las dos últimas décadas, este aumento ha sido más rápido en ambos sitios, a la par de una urbanización también acelerada.

Un aumento en la temperatura promedio implica que habrán más días de intenso calor y de temperaturas extremas (oleadas de calor) y menos días frescos, particularmente durante la temporada más seca del año (marzo a mayo) (Figura 3). Esto a su vez, propicia un mayor consumo de energía para abatir el calor y un aumento de los GEI y otros contaminantes del aire que agravan las enfermedades cardiovasculares y respiratorias (OMS 2021). En los sistemas naturales, las repercusiones que tendría el incremento de temperatura son la alteración de los patrones de perturbaciones como los incendios, sequías e inundaciones, así como la pérdida de biodiversidad, la perturbación del funcionamiento de los ecosistemas, de los que dependen servicios como el agua y los alimentos (IPCC 2007).

Para mitigar estos impactos, la zona metropolitana de Mérida debe implementar medidas de adaptación basadas en la naturaleza y los servicios ecosistémicos, como el uso de infraestructura verde, bosques periurbanos y arbolado urbano. Por otra parte,

es también importante una eficiente transición hacia energías renovables como fuentes de energía eléctrica que promuevan el cuidado de los recursos naturales y respete los derechos de los pueblos originarios. Para que esto funcione, se requiere un cambio en nuestra forma de pensar y actuar como sociedad, acompañado de estrategias de conservación y restauración de las selvas, montes secundarios y agroecosistemas en todo el estado, que cumplan con delicadas funciones que no pueden ser sustituidas.

La firma de tratados y acuerdos internacionales, los instrumentos de política pública y las buenas intenciones en torno al cambio climático, requieren ser implementados urgentemente en Yucatán y articularse con un plan de desarrollo urbano sostenible en los ámbitos ambiental, social y económico, donde se privilegie a las personas sobre los automóviles, donde se reconozcan y satisfagan las necesidades de todos los habitantes, se promueva el uso de energía no contaminante y estilos de vida con modalidades de consumo y producción sostenibles, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Y para que la ciudad de Mérida y su zona metropolitana puedan ser la solución al cambio climático, sólo hace falta lo más importante: voluntad.

Referencias

- Bai L., Ding G., Gu S., Bi P., Su B., Qin D. y Liu Q. 2014. The effects of summer temperature and heat waves on heat-related illness in a coastal city of China, 2011-2013. *Environmental Research* 132: 212–219.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.002>
- Bautista-Zuñiga F. y Aguilar-Duarte Y. 2020. Riesgo de inundación ante lluvias extremas en el karst de la ciudad de Mérida Yucatán México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(35): 1–12.
- Carrillo-Niquete G.A., Andrade J.L., Valdez-Lazalde J.R., Reyes-García C. y Hernández-Stefanoni J.L. 2021. Characterizing spatial and temporal deforestation and its effects on surface urban heat islands in a tropical city using Landsat time series. *Landscape and Urban Planning* 217: 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104280>
- Ellis E.A., Hernández I.U. y Romero J.A. 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura

- forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas* 26(1): 101–111.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.16>
- García-Gil G., Peña Y. y Ortiz-Pech R. 2012.** Distribución espacial de la marginación urbana en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas* 77: 89–106.
- Geocomunes 2020.** Colectivo GeoComunes, Gabriela Torres-Mazuera, Claudia Gómez Godoy. *Expansión capitalista y propiedad social en la Península de Yucatán*. Herramienta de visualización y análisis de amenazas al territorio en la Península de Yucatán (junio 2020).
<http://geocomunes.org/Visualizadores/PeninsulaYucatan/> (consultado: 30 octubre 2021).
- INECC 2019.** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México*. 1ª. Edición (libro electrónico). México.
https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf
- INEGI 2017.** Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Anuario estadístico y geográfico de Yucatán*.
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095116.pdf (consultado: 30 octubre 2021).
- INEGI 2020.** Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo de Población y Vivienda*.
http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=31
- IPCC 2007.** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Resumen para Responsables de Políticas. En: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. y Hanson C.E. (Eds.) *Cambio Climático: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC*, pp. 1–15. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Iracheta-Cenecorta A. y Bolio-Osés J. 2012.** *Mérida metropolitana propuesta integral de desarrollo*. Fundación Plan Estratégico de Yucatán A.C. Mérida, Yucatán, México. 379 pp.
- LGCC 2012.** Ley General de Cambio Climático, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_061120.pdf
- Makarieva A. y Gorshkov V. 2010.** The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate. *International Journal of Water*. 5(4): 365–385.
<http://dx.doi.org/10.1504/IJW.2010.038729>
- Monterroso R.A., Fernández A., Trejo R.I., Conde A.C., Escandón J., Villers L. y Gay C. 2014.** *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Programa de Investigación en Cambio Climático y Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. México. 641 pp.
<http://atlasclimatico.unam.mx/VyA>
- OMS 2021.** Organización Mundial de la Salud.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (consultado: 30 octubre 2021).
- ONU-Hábitat 2017.** Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. *Mérida, Iniciativa de las ciudades prósperas. Informe de prosperidad urbana*. 96 pp.
<http://isla.merida.gob.mx/serviciosinternet/or-denamientoterritorial/docs/ProsperidadUrbanaMerida.pdf>
- ONU-Hábitat 2020.** Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. *La nueva agenda urbana*. 194 pp.
<https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Nueva-Agenda-Urbana-Ilustrada.pdf>
- ONU 2021.** Organización de las Naciones Unidas, Noticias-ONU.
<https://news.un.org/es/story/2019/09/1462322> (consultado: 29 octubre 2021).
- Orellana-Lanza R. y Espadas-Manrique C. 2016.** El papel de la cubierta vegetal en la conservación del agua en la península de Yucatán. En: Chávez-Guzmán M. (Ed.). *El Manejo del agua a través el tiempo en la península de Yucatán*, pp. 161–177. Universidad Autónoma de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Consejo de la Cuenca de La Península de Yucatán, Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP. Mérida, Yucatán, México.
- PEACC 2014.** Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Yucatán- decreto 176/2014. Diario oficial del gobierno del estado de Yucatán, 26 de abril de 2014.

Poorter L., Bongers F., Aide T.M., Almeyda-Zambrano A.M., Balvanera P., Becknell J.M., Boukili V., Brancalion P.H.S., Broadbent E.N., Chazdon R.L., *et al.* 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530 (7589): 211–214.

Ramírez-Carrillo L.A. y López-Santillán R. 2014. Mérida, los trabajos y los días. En: López-Santillán R. y Ramírez-Carrillo L.A. (Eds.). *Crecimiento urbano y cambio social, Escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*, pp. 7–18. Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.

Reyes-García C. y Espadas-Manrique C. 2016. Oleadas de calor y el efecto de la vegetación en Yucatán. *Desde el Herbario CICY* 8: 97–101.

Sandoval H. y Núñez J.M. 2016. Cuantificación de la composición biofísica de los ambientes urbanos de la ciudad de Mérida, Yucatán basada en el análisis de imágenes LANDSAT TM/ETM+/OLI (1986-2014). En: Alatorre-Cejudo L.C., Bravo-Peña L.C., Wiebe-Quintana L.C., Torres-Olave M.E., Uc-Campos M.I. y González-León M.O. (Eds.). *Estudios territoriales en México: Percep-*

ción remota y sistemas de información espacial, pp. 187–207. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Scott D., Petropoulos G.P., Moxley J., y Malcolm H. 2014. Quantifying the Physical composition of urban morphology throughout wales based on the time series (1989–2011) Analysis of Landsat TM/ETM+ Images and Supporting GIS Data. *Remote Sensing* 6(12): 11731–11752.

<https://doi.org/10.3390/rs61211731>

SEDUMA 2013. Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero Yucatán 2005*. 145 pp.

<<https://www.gob.mx/inecc/documentos/inventario-de-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-yucatan-2005>>

SEMARNAT-INECC 2020. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *Información sobre la implementación de la política climática subnacional, Yucatán. Análisis de Instrumentos Estatales de Política de Cambio Climático*. 32 pp.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600913/60_2020_Reporte_Yucatan.pdf>

Desde el Herbario CICY, 13: 232–238 (2-diciembre-2021), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali Fernández-Concha y José Luis Tapia Muñoz. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 2 de diciembre de 2021. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura de los editores de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.