



Nova Scientia

E-ISSN: 2007-0705

nova_scientia@delasalle.edu.mx

Universidad De La Salle Bajío

México

García Benítez, Marcelino; Adame Martínez, Salvador; Alvarado Granados, Alejandro
Urbanización e impacto de los ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro,
Yucatán

Nova Scientia, vol. 9, núm. 19, 2017, pp. 819-849
Universidad De La Salle Bajío
León, Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203353519038>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Electrónica Nova Scientia
Urbanización e impacto de los ciclones
tropicales en la ciudad de Progreso de Castro,
Yucatán

Urbanization and impact of tropical cyclones in
Progreso de Castro city, Yucatán

**Marcelino García Benítez, Salvador Adame Martínez y
Alejandro Alvarado Granados**

Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México,
Toluca, Estado de México

México

Marcelino García Benítez. E-mail: geomagabe@gmail.com

© Universidad De La Salle Bajío (México)

Resumen

En México, las ciudades costeras presentan mayor vulnerabilidad por exposición a los ciclones tropicales, en parte por las condiciones medio ambientales locales que repercuten en el desarrollo de la urbanización. Pero la falta de espacio para la ciudad ha ocasionado el incremento en la presión de los ecosistemas naturales, lo que influye en el deterioro e inestabilidad del subsuelo y contaminación de la zona de manglar.

La ciudad de Progreso de Castro es el centro urbano más grande y concentrador de población en la costa de Yucatán; su cercanía con la ciudad de Mérida implica una relación urbana y socioeconómica de gran transcendencia en el sistema estatal de ciudades. Entre su infraestructura existe un puerto de altura que es utilizado por las embarcaciones de carga y turísticas que llegan a esta región, así como un área de manglar entre la ciudad y la zona continental que sirve para darle abrigo a las embarcaciones en caso de alerta de acercamiento de un fenómeno ciclónico en la región.

Los ciclones tropicales tienen una presencia latente en la ciudad. Aunque anualmente no presentan una trayectoria por el centro de la ciudad, son los efectos de su estructura en espiral, su intensidad y velocidad de desplazamiento los que repercuten en la probabilidad de ocasionar daños de desastre a los habitantes y su infraestructura. Se prevé que los fenómenos ciclónicos se vuelvan más intensos por los efectos del cambio climático en el futuro. El objetivo de este trabajo es hacer un estudio sobre la vulnerabilidad por exposición a escala geográfica de secciones electorales, y la relación de las trayectorias de los ciclones tropicales a cuatro rangos de distancia, desde 1880 a 2015 en el interior de la ciudad de Progreso de Castro.

Los resultados están relacionados con la construcción del índice de vulnerabilidad urbana por exposición a los ciclones tropicales, aplicado mediante cinco indicadores, en los cuales se describe el grado de vulnerabilidad intraurbana generada por la exposición en la ciudad de Progreso de Castro a escala de secciones electorales agrupados en cuatro zonas, para su interpretación con los períodos de crecimiento de la estructura urbana y el cruce de las trayectorias de ciclón tropical.

Palabras Clave: urbanización; vulnerabilidad urbana; ciclones tropicales; secciones electorales

Recepción: 31-08-2017

Aceptación: 02-10-2017

Abstract

In Mexico, coastal cities are more vulnerable due to exposure to tropical cyclones, partly because of local environmental conditions that have an impact on the development of urbanization. But the lack of space for the city has caused the increase in the pressure of the natural ecosystems, which influences the deterioration and instability of the subsoil and contamination of the mangrove area.

The city of Progreso de Castro is the largest urban center and population center on the Yucatan coast, its proximity to the city of Mérida implies an urban and socioeconomic relationship of great importance in the state system of cities. Among its infrastructure there is a high port that is used by the cargo and tourist boats that arrive to this region, as well as a mangrove area between the city and the continental zone that serves to shelter the boats in alert case of approaching a cyclonic phenomenon in the region.

Tropical cyclones have a latent presence in the city, although they do not show a trajectory in the city center annually. They are the effects of their spiral structure, intensity and speed of movement that affect the probability of causing damage or disaster to the inhabitants and their infrastructure, cyclonic phenomena are expected to become more intense due to the effects of climate change in the future. The objective of this paper is to study the vulnerability due to exposure to geographic scale of electoral sections and the relation of the trajectories of the tropical cyclones to four ranges from 1880 to 2015 in the interior of the city of Progreso de Castro.

The results are related to the construction of the urban vulnerability index by exposure to tropical cyclones applied by means of five indicators, in which the degree of intra-urban vulnerability generated by the exposure in the city of Progreso de Castro is described of electoral sections grouped into four zones, for their interpretation with the periods of growth of the urban structure and the crossing of tropical cyclone trajectories.

Keywords: urbanization; urban vulnerability; tropical cyclones; electoral sections;

Introducción

Los procesos de urbanización en las ciudades se derivan de iniciativas políticas, administrativas y socioeconómicas que han originado la creación de los centros de población desde una visión histórica. Las etapas en la que se expande la mancha urbana se inician como un proyecto articulador de asentamientos humanos, como campamentos, colonias o localidades, los cuales requieren de la implementación de trazo de calles, infraestructura y espacio urbano de reserva para la expansión hacia el futuro.

Los estudios realizados sobre la ciudad han definido el conocimiento general sobre la dinámica natural del paisaje y el establecimiento de los asentamientos humanos costeros sin considerar los diversos riesgos o vulnerabilidades. A pesar de estas consideraciones, se han tomado decisiones para el establecimiento de los centros urbanos: estos fueron construidos con materiales diversos, sensibles a los efectos del viento, la lluvia e inundaciones en regiones expuestas por el constante tránsito de las trayectorias ciclónicas (Gutiérrez, 2002).

La transformación de la economía nacional, regional y local atenuó el surgimiento de asentamientos humanos en la costa que aprovecharon la riqueza natural a pesar del conocimiento del riesgo, por lo tanto, los procesos económicos impulsaron la instauración y configuración de los centros urbanos sobre la línea de costa en el siglo XVIII (Durán, 1978). La región yucateca presentó una reconfiguración en las actividades económicas de la península; se fortaleció el aprovechamiento de los recursos naturales, lo que impulsó el centro de población costero, como sucedió con la ciudad de Progreso de Castro, además de la reconfiguración de las actividades al interior del estado de Yucatán (Paré y Fraga, 1994).

A partir de lo anterior la dinámica en las actividades socioeconómicas presentó dos procesos de gran relevancia en la transformación ambiental de la costa de Yucatán: 1) Proceso migratorio ocasionado por la reconfiguración del sistema de ciudades, lo que llevó a establecer un mayor dinamismo en el aprovechamiento territorial y sus recursos naturales en el estado de Yucatán, como sucedió con la pesca ribereña en los de 1960 (CONAPO, 1991).

2) El paso del huracán Beulah (1967) por la ciudad de Progreso de Castro, generado por los vientos intensos, la lluvia precipitada e inundaciones en áreas contiguas, donde el ciclón produjo la integración del mar con la zona de manglar (Frías, 1976). Aunque existen registros sobre la trayectoria de otros ciclones tropicales por la ciudad que se han presentado antes y después del evento, ha representado una experiencia más para la población urbana sobre las consecuencias de

la exposición de los fenómenos ciclónicos, registrado por la National Oceanic Atmospheric Agency de los Estados Unidos (NOAA) y sus efectos por el interior de la ciudad.

El crecimiento poblacional de la ciudad continuó su desarrollo, al grado de agotar el espacio destinado para uso urbano. Las áreas naturales contiguas recibieron una fuerte presión por los habitantes, lo que ocasionó el relleno con materiales de desecho en áreas naturales poco profundas, lo que permitió ganar terrenos a la Ciénega; así fue como aumentó la mancha urbana en la ciudad de Progreso (Frías, 1994).

El proyecto que reconfiguró la ciudad fue la construcción del puerto de abrigo iniciado 100 años antes, aprovechó la zona de manglar para el resguardo de las embarcaciones de los pescadores, las actividades recreativas y embarcaciones que llegan al puerto, el cual sirve de resguardo del transporte marítimo ante la presencia de eventos ciclónicos, como el que se presentó en 1988 con el huracán Gilberto, el huracán Oppal en 1995 y el Isidoro en 2002 (Frías, 1970).

A pesar de haber sido una solución del resguardo de las embarcaciones, el puerto de abrigo indujo a la población urbana a presentar mayor exposición de sufrir otro tipo de daños, provocado por el aumento de las mareas y los fuertes vientos asociados a los ciclones tropicales. Algunas embarcaciones fueran proyectadas hacia viviendas cercanas, lo que causó que se destruyeran hogares de los pobladores ubicados en zonas contiguas a éstas, (García, 2002).

El impacto de los ciclones tropicales en las ciudades está en función de su localización geográfica, depende de las condiciones ambientales para su desarrollo y la disminución de la exposición de los sistemas para adaptarse a las condiciones del estado del clima global. La magnitud con la que se presentan los ciclones tropicales es importante en la valoración de la vulnerabilidad a cambio climático mediante la subdimensión de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (Aguilar, 2004: 272).

Aproximación conceptual sobre urbanización y ciclones tropicales

Las áreas urbanas como centros neurálgicos son estudiadas como un sistema de ciudades concentradoras de población, con distintos niveles de desarrollo social, desigualdad socioeconómica y deficiencia en la infraestructura física. Los estudios sobre asentamientos humanos en zonas de riesgo se pueden entender desde la visión del cambio climático a escala local y son estas las que presentan mayor vulnerabilidad a sufrir problemas en su funcionamiento interno ante las amenazas que se presentan por la alteración del medio físico. Para su estudio es necesario

estudiar el desarrollo urbano, demográfico, disminución de la pobreza, sistemas de energía, transporte, consumo de combustibles fósiles y capacidades en los gobiernos locales (Aguilar, 2004).

La urbanización es un proceso que concentra a la población y las actividades propias desarrolladas en las ciudades, lo que conlleva cambios no sólo demográficos, sino también ambientales, económicos y culturales. Además de establecer las pautas para su intervención (reglas, principios y normas) han cambiado a las sociedades para que se transformen, parten del proceso de fundación hasta alcanzar una categoría según el núcleo ocupacional dentro de los sistemas de asentamientos humanos (Bottino y Ornés, 2009).

Como no se existe un marco teórico-conceptual sobre la vulnerabilidad urbana, se intenta explicar mediante el riesgo generado por las condiciones de poblamiento; se expone las contribuciones que han aportado las teorías maltusianas, que consideran a la miseria como producto de una sociedad mal estructurada e injusta; sostienen, además, que era el resultado de un inevitable desequilibrio entre población y la distribución equitativa de los recursos naturales.

La exposición se deriva de la forma inequitativa de la explotación de los recursos naturales por parte de la población urbana y la reacción que se presenta a través de los eventos de ciclón tropical, los cuales están latentes en el entorno ambiental; su presencia genera estrés a la población, sus bienes personales y la infraestructura, es la parte más sensible a ser afectada de una ciudad. Depende de la capacidad de respuesta de los actores para mitigar los efectos de distintos factores de estrés a los que se someten como son las lluvias torrenciales, inundaciones, daños a las viviendas entre otros (Lungo, 2002).

La vulnerabilidad es un término surgido de una visión generada por el estrés que causa una amenaza al territorio como consecuencia del riesgo que implica el entorno natural, pero al mismo tiempo es consecuencia de los excesivos procesos de explotación de recursos naturales disponibles en el medio ambiente. Al procesar las materias primas de forma industrial, estas generan un cambio físico-biológico en el ambiente aumentando el flujo de energía, la cual no se regula y se deposita en la atmósfera alterando su composición interna y su ciclo natural en el entorno geográfico.

El concepto está profundamente arraigado en el campo de los riesgos naturales y la consecuencia ocasionada por el daño inducido a la población, la vulnerabilidad no tiene una definición universal, pero sin duda se trata de una herramienta de análisis de gran alcance en la descripción de las condiciones actuales en la susceptibilidad al deterioro, la impotencia y

marginalidad de los dos sistemas físicos y socio-ecológicos. Al mismo tiempo, para guiar el análisis normativo en medidas para mejorar el bienestar a través de la reducción del riesgo.

Para el estudio de la vulnerabilidad al cambio climático propone realizar la evaluación mediante tres dimensiones: externa mediante: a) exposición interna b) sensibilidad y c) capacidad de adaptación. La exposición es definida como el sistema expuesto a una amenaza o estresor (peligro) relacionado con la variabilidad climática, el cual se reporta a través del nivel que ejerce sobre los agentes físicos internos del sistema, los cuales incluyen la magnitud y frecuencia de los eventos extremos que se presentan en un tiempo determinado (Adger, 2006, y IPCC, 2007).

Sobre la revisión conceptual de la vulnerabilidad, Füssel y Klein (2006) consideran necesario el estudio de los agentes biofísicos para determinar el grado de estrés que presenta el territorio ante amenazas externas. Al no existir un marco conceptual aplicado a lo urbano, son retomados los estudios realizados sobre los enfoques construidos para definir los alcances de la vulnerabilidad social y biofísica como parte de la evolución que presenta los riesgos determinados las variables ambientales como la temperatura, precipitación según el tipo de amenazas (Füssel, 2006).

Con el desarrollo de la sociedad se han intentado explicar los procesos de estrés generado por la alteración al medio ambiente, como es la construcción social del riesgo, donde la vulnerabilidad es una función inversa de la capacidad de prever, resistir, aminorar los impactos de eventos que exponen la fragilidad material de los individuos, grupos sociales y pobladores expuestos a fenómenos potencialmente generadores de daños de desastre (Lampis, 2010).

Antecede al enfoque de cambio climático, el cual incluye los aspectos generados por la alteración climática regional y sus impactos a escala local, siendo ésta la más afectada por la intensidad con la que se presentan las amenazas o peligros, aunque no siempre se presentan con regularidad temporal. La vulnerabilidad al cambio climático presenta características más enfocadas a determinar los procesos técnicos y metodológicos en los cuales la población está imposibilitada a resistir los efectos naturales de los eventos climáticos extremos, considera la susceptibilidad (exposición), magnitud (sensibilidad) y la adaptación (capacidad) a los cambios extremos propiciados por las alteraciones del desarrollo en el medio ambiente.

El concepto de vulnerabilidad debe aplicarse como una herramienta metodológica incluyente, conductora de las variables que integran los indicadores que describan la probabilidad de afectación de una amenaza en un territorio, a través de las alteraciones medioambientales que

se presentan en la actualidad, producto del incremento de emisiones de GEI derivadas de las actividades humanas (Monterroso, 2012).

La vulnerabilidad debe ser enfocada al estudio específico del potencial de los riesgos probables, con un lenguaje simple que permita su aplicación con otros sectores sociales y en términos menos técnicos que coadyuven a la generación de instrumentos en la política con un nivel de análisis sobre la causalidad y no sobre las condiciones que la generan.

Estos estudios permiten describir la forma en que se ha desarrollado la conceptualización sobre vulnerabilidad y sus diversas aplicaciones en ámbitos poco estudiado, partiendo de la global, (Wilches-Chaux, 1998). Para analizar la vulnerabilidad urbana, es necesario adaptar y comprender la conceptualización asociada a la vulnerabilidad en relación con el riesgo, la gestión de los desastres y el cambio climático, así como las formas de abordaje de los distintos enfoques estudiados por autores de diversas disciplinas.

La vulnerabilidad urbana se considera el grado en el cual un grupo de personas es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos de un fenómeno; es una función de carácter, magnitud, rapidez y variación a la que un sistema está expuesto, así como la sensibilidad y la capacidad de adaptación a dicho sistema (UnHabitat, 2004:18). Sin embargo, para Olazabal (2010) la vulnerabilidad urbana considera a los elementos urbanos que son susceptibles o incapaces de hacer frente a los efectos adversos, siendo la naturaleza, magnitud y persistencia de la variabilidad climática que influye al elemento que está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de respuesta.

Por su parte, Romero y Qin, (2011) puntualizan que la vulnerabilidad urbana es la posibilidad de ser dañado, como el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos de una o varias amenazas o problemas (como el cambio climático). La aplicación de la vulnerabilidad urbana con enfoque de cambio climático permite que los estudios pueden llegar hasta escalas locales. En esta investigación será aplicado a las condiciones que propicia los ciclones tropicales en un centro urbano ubicado en la costa, su presencia es latente después de haber iniciado su desarrollo en el Océano Atlántico, pero está determinada por la intensidad y su variabilidad del estado del tiempo, son situaciones que no se conocen, pero se pueden correlacionar con los escenarios climáticos para la península de Yucatán.

Sobre la conceptualización de los fenómenos hidrometeorológicos, se parte de la noción para denominarlos ¿Ciclón tropical o Huracán?, pero es la ubicación geográfica la que determina

el nombre para referir al término, ya que existe variación para denominar el mismo evento en diversas regiones del mundo. En el Mar de Arabia y la Bahía de Bengala, Océano Índico, este de Mauricio y Madagascar se le llama ciclón; en el Océano Atlántico, Golfo de México, Mar Caribe y Océano Pacífico es denominado Huracán; para el Mar de China y la costa de Japón su nombre es Tifón; en Australia y Samoa se conoce como Willy Willy y en las Filipinas se llama Baguio (SEGOB-CENAPRED, 2000).

Para puntualizar las características de los ciclones tropicales es necesario considerar factores atmosféricos como la intensidad y dirección de sus vientos, la temperatura del agua marina, la presión atmosférica y la dirección a la cual circula, siempre al lado contrario de las manecillas del reloj. Rosengaus y otros, (2002) consideran que para definir a los huracanes se debe partir del significado de ciclón tropical, el cual se clasifica de acuerdo con la presión atmosférica y la velocidad de sus vientos.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) describe a un ciclón tropical como un sistema frontal de escala sinóptica, de núcleo caliente, que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales, dotado de convección profunda organizada y circulación cerrada de los vientos de superficie alrededor de un centro bien definido; se clasifica según su intensidad. Para el estudio de los huracanes se remite a las variables estudiadas por la OMM, quien hace referencia sobre la categorización de los ciclones tropicales es a través de la escala Saffir-Simpson, la cual mide la intensidad de los vientos en superficie, nivel de destrucción y su capacidad de resistencia de la infraestructura básica dependiendo la ruta que asuma durante su trayectoria en la región (OMM, 2005: 12).

Una manera de realizar estudios interurbanos es mediante áreas geoestadísticas electorales, las cuales están determinadas por la agrupación de población votante que según la ley electoral vigente es de 750 a 1,500 personas (INEGI y IFE, 2010). Esta metodología presenta la ventaja de que la información sociodemográfica está determinada por la población que habita en estas áreas geográficas, por lo que el control de la información presenta una mejor oportunidad de realizar estudios a escala local, sobre todo cuando se trata de describir la situación de la población dentro de una ciudad.

Existen estudios que han aplicado este tipo de metodología, como el realizado por Cadena y Campos, (2012) sobre la vulnerabilidad social en México: Un análisis geoestadístico. En este trabajo la escala geográfica son las secciones electorales, las cuales hacen referencia al análisis de

las variables que se consideran en el estudio y describe las condiciones de vulnerabilidad social en México. Para esta investigación se retoma esta escala geográfica para describir las condiciones de vulnerabilidad urbana de la población en la ciudad costera de Yucatán que se estudia.

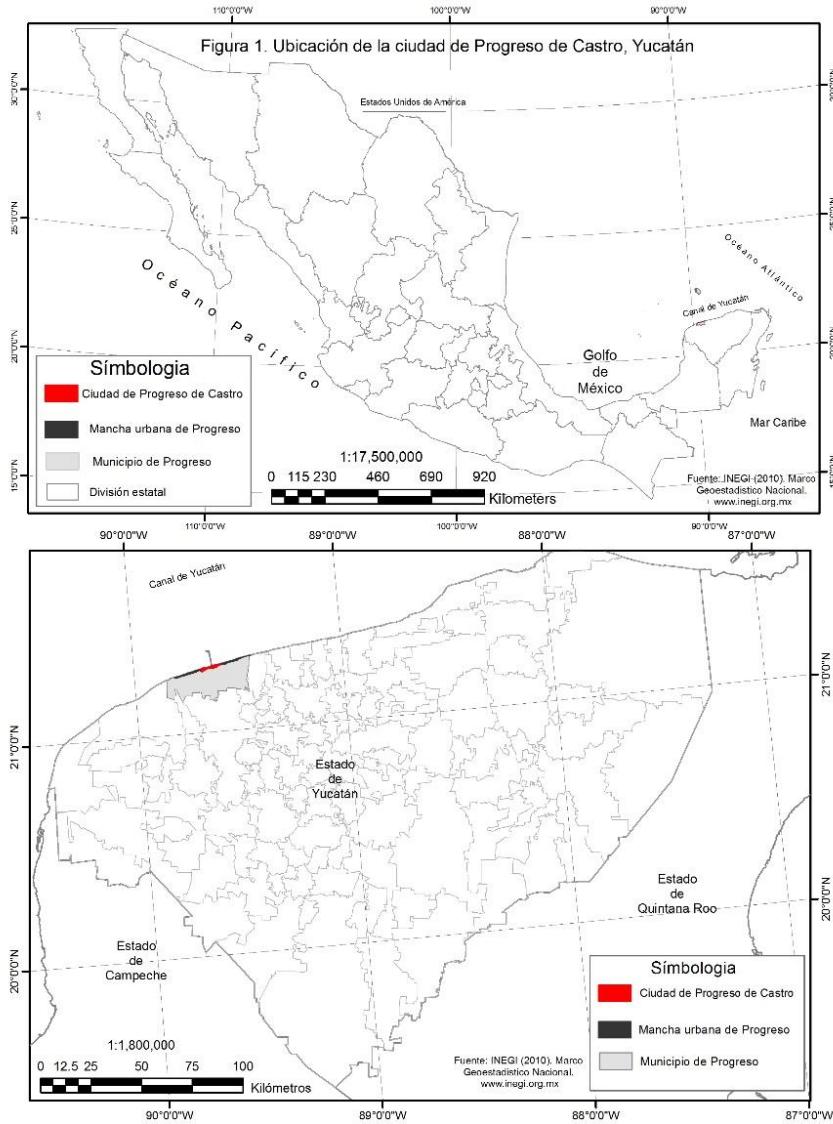
Una forma de conciliar los distintos aportes realizados para el estudio del riesgo y la vulnerabilidad aplicado al interior de la ciudad es mediante la integración de las dimensiones, las cuales puedan ser evaluadas, obteniendo como resultado un indicador que permita definir “el grado en que las personas, grupos o comunidades de una ciudad se enfrentan a los efectos de los ciclones tropicales, según su capacidad de resistir, prever y adaptarse a los impactos latentes en sus bienes materiales personales y de infraestructura el cual puede ser estudiado a escala geoestadística de secciones electorales o ageb urbanos”.

Zona de estudio

La ciudad de Progreso de Castro se ubica dentro del municipio de Progreso sobre la costa central del estado de Yucatán, a 36 kilómetros de la ciudad de Mérida. Es el centro de población más grande de la costa. Está situada en la región sursureste de la República Mexicana, en la península de Yucatán entre las coordenadas geográficas 21°16'03" y 21°17'17" de latitud Norte, 89°37'24" y 89°42'09" de longitud oeste como se describe en la Figura 1. Limita al norte con el canal de Yucatán (parte central entre el Golfo de México y Océano Atlántico); al este con la localidad urbana de Chicxulub Puerto; al sur con una zona de manglar, además del puerto de abrigo y al oeste con la localidad urbana de Chelem.

El proceso de fundación fue favorecido por la necesidad que presentaba la economía para la salida de mercancías producidas en la región, situación que estableció la construcción del puerto de altura y de abrigo, además es un destino social, económico y turístico de finales del siglo XVIII (Quezada y Frías, 2006).

La población total es de 37, 340 habitantes en 2010, esta representa el 69 por ciento del total de la población del municipio y 1.9 por ciento del total de población que habita en el estado de Yucatán. La ciudad presenta una distribución poblacional más uniforme, la mayor concentración se presenta en zona sur con más de 14 mil habitantes, en el este y oeste entre 8,000 a 9,000 habitantes y es menor de 5,000 habitantes en la zona norte. Existe una relación en la población de hombres menor en las zonas este y oeste con una diferencia del 2 por ciento a favor de las mujeres, en las zonas norte y sur, el número de hombres y mujeres es en la misma proporción.



El grupo de edad de 0 a 14 años representa entre 20 y 30 por ciento, y habita en la zona media de oeste a este. Sin embargo, en la zona norte la población representa menos del 20 por ciento. El grupo de 15 y 64 años representa entre 65 y 70 por ciento, se distribuye por toda la ciudad. Para el grupo de edad de 65 años y más o adultos mayores, la mayor concentración se ubica en la zona Norte, sobre la costa y se extiende hacia el Oeste. La distribución de la población ésta determinada por el tipo de habitantes: residentes habituales (los que viven de manera permanente): los habitantes veraniegos (los que solo llegan en la temporada de verano) y los turistas que solo están de manera temporal en la ciudad. Una situación importante que se presenta en este municipio es que la población registrada a nivel de secciones electorales es muy homogénea en las 31

secciones que abarca todo el municipio, por lo que son tan solo 18 secciones que se localizan hacia el interior de la ciudad.

Urbanización y uso de suelo

Las características geográficas que inciden en el uso de suelo y vegetación permiten el desarrollo de cierto tipo de especies vegetales tropicales, animales y de disponibilidad de recursos como el pesquero, salinero, así como los inducidos en la transformación de la capacidad natural de los ecosistemas ubicados alrededor de los asentamientos humanos. Los ecosistemas regulan las condiciones ambientales no solo a escala local, si no también se ha estudiado que la alteración de los mismos repercute en otras regiones como sucede a través de las corrientes marinas (SEDUMA, 2013).

Derivado del crecimiento del crecimiento urbano desordenado en las ciudades costeras e internas de México como es el caso de Progreso, con problemas de riesgo y vulnerabilidad ocasionado por el deterioro del manglar, se generaron medidas reactivas a través de políticas de protección ambiental implementadas en áreas naturales como se establece en la sección dos, artículo 46 al 56 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, para el cuidado de los recursos naturales, (Diario Oficial de la Federación, 1988).

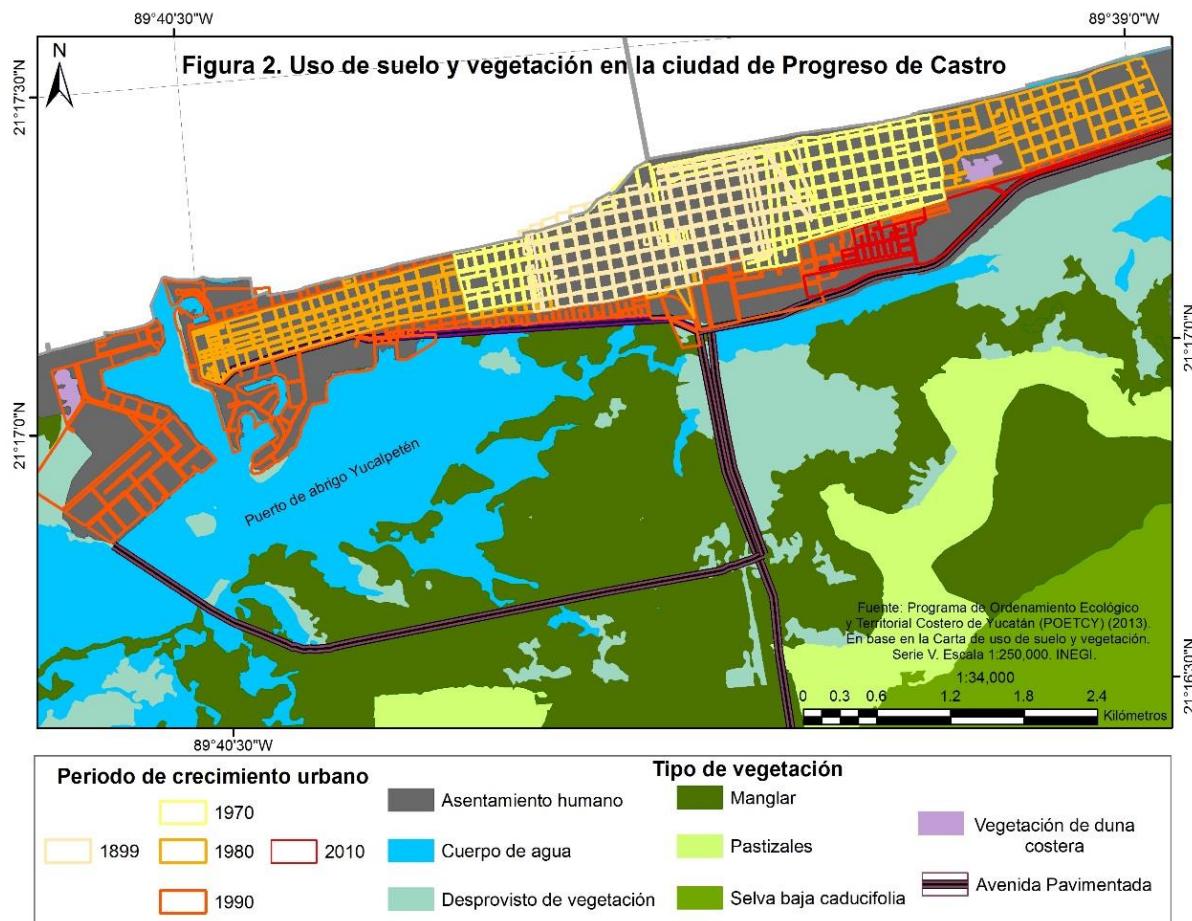
A pesar de todo sirve de protección contra las mareas o las marejadas provocadas por la agitación del agua en altamar generada por la fuerza que imprimen los ciclones tropicales y las ondas frías o frentes del Norte que se presentan tanto en verano como invierno. Además, que ha servido como una barrera natural para la protección de la población urbana (Paré y Fraga, 1999) y referido en estudios sobre la costa en Santiago de Cuba por (Milanés y Pacheco, 2011).

El municipio de Progreso presenta una superficie de 426 km², la ciudad representa el 2.22 por ciento y una densidad 69.91 hab/km² (Sistema Nacional de Información Municipal e Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, 2016). Presenta una altitud de 0 a 1 msnm, al cruzar la ciudad y el manglar hacia la parte sur aumenta hasta 8 msnm. Para describir la traza urbana de la ciudad se consideraron los aspectos históricos que han propiciado el establecimiento de la ciudad, este se agrupa en tres etapas: **I.** Siglo XIX, los actos de fundación, Frías, (1956); **II.** Siglo XX, la consolidación del desarrollo urbano como ciudad, Frías, (1970), Priego de Arjona, (1973), Paré y Fraga, (1994), Peraza, (1995) y **III.** Siglo XXI, la situación actual del centro de población (ciudad) (Quezada y Frías, 2006).

Su proceso de urbanización es horizontal en la franja costera, con una amplitud en la zona sursureste, al no contar con áreas de reserva para el crecimiento urbano, la presión por el espacio fue otro factor que impulsó el deterioro de los recursos naturales como el ecosistema de mangle, donde la población con menores recursos económicos ha impulsado asentamientos irregulares, impulsado a través del relleno de áreas naturales y la creación de asentamientos contiguos (SAHOP, 1997).

El área urbanizada parte del establecimiento político administrativo de un pueblo, con el tiempo se convirtió en localidad, villa, centro urbano y ciudad; el proceso continuo mediante la construcción de la traza urbana que se extendió de oriente a poniente como se puede observar en la Figura 2. En 1898 el plano del pueblo de Progreso refiere que existía un amanzanamiento reticular, el cual era uniforme en la parte central, con algunas irregularidades hacia los límites externos (manzanas alargadas) que daban a la ciénaga. En la calle principal estaban ubicadas las compañías que brindaban sus servicios al puerto y que conectaban con la ciudad de Mérida, así lo describe Frías (1957) en su libro sobre “Progreso y su evolución”. La urbanización representaba 1.34 km², el 19 por ciento de lo que existe actualmente, según la recreación de la ciudad en dimensiones espaciales, basados en el amanzanamiento del censo de población y vivienda de 2010¹.

¹Si se desea consultar el plano original de la ciudad de Progreso de Castro, dirigirse a Frías (1957) página 216. Es parte de los documentos históricos de la biblioteca privada de Don José María Castro (1899). Mérida, Yucatán.



La realización del puerto de abrigo en 1968, Frías Romeo y Rubén (1970), señala que la superficie urbana de la ciudad presentó una partición en el extremo poniente, el cual impulsó aún más la ampliación urbana hacia el área de manglar, lo que disminuyó su extensión que esta mantenía. Fue un proyecto que tardó casi 100 años en realizarse, por lo que su postergación permitió la conservación del área transformada para esta obra de infraestructura (Figura 2). Para entrelazar estas dos franjas de terreno que son parte de la superficie que ocupa la ciudad, están conectadas por un puente elevado, el cual comunica con las localidades de Chelem y Chuburná que son parte del corredor urbano costero del municipio.

Para Meyer-Arendt (1999), describe en el plano urbano de la ciudad de 1970, el aumento en el número de manzanas con una traza irregular producto de la política económica que incentivo la migración y el poblamiento de la ciudad hacia finales de los años 1960 (CONAPO, 1991). Por esta situación, Progreso de Castro es la ciudad costera del estado de Yucatán más grande demográficamente con base en los datos de los censos de población y vivienda (INEGI, 2010);

impulsada por las actividades portuarias, pesqueras y de servicios como parte de los sectores económicos que brindaron trabajo a la población local, así lo refiere los datos estadísticos agrupados en la monografía de la ciudad de Progreso en 2006.

Posterior a 1970 la superficie urbanizada aumento en 11 por ciento, esto es 0.83 km² más con respecto a lo establecido en su fundación. En la década de 1980 esta se incrementó en 23.5 por ciento, 1.65 km² más con respecto a la década anterior. Y en la década de 1990 se incrementó en 38.6 por ciento, 2.72 km² por lo este periodo el mayor crecimiento urbano en la historia de la ciudad. Durante el inicio del siglo XXI el incremento urbano fue menor del 7 por ciento, representa el 0.48 km².

El Cuadro 1, describe los datos históricos de la superficie urbanizadas que han servido para determinar el proceso de crecimiento urbano de la ciudad, esta complementa la información espacial representada en la Figura 2 sobre los usos de suelo y vegetación, donde identifica la transformación que ha sufrido el medio natural producido por la expansión urbana en los últimos 120 años.

Cuadro 1.
Superficie urbanizada de la ciudad de Progreso de Castro de 1890 a 2010.

	Superficie (km²)	Porcentaje
1898	1.3452	19.11
1970	0.8334	30.95
1980	1.6593	54.53
1990	2.7163	93.13
2010	0.4829	100
Total	7.0371	

Fuente: Elaboración propia con datos de Frías, (1957), Meyer Arendt, (1999) y INEGI (2010).

La ciudad de Progreso de Castro está divida en áreas geoestadísticas mediante 17 secciones electorales, agrupadas en cuatro zonas: Oeste de la sección 3159739 a 3159741; Norte de la sección 3159742 a 3159746; Este, integrada por las secciones 3159747, 3159748 y 3159753; y Sur integra las secciones 3159754 a 3159758 y 3159763.

Ciclones tropicales en la ciudad

La presencia de ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro es latente, el riesgo y la vulnerabilidad de la población es mayor, aunque no constante, donde el origen de los ciclones y su aproximación a la mancha urbana permite la regeneración ambiental, pero son los efectos asociados como la precipitación y el viento lo que causa daños a los sistemas más sensibles como las viviendas y la infraestructura que resultan en desastre.

El origen de formación de los ciclones tropicales que han cruzado por la ciudad se ubica principalmente en el Océano Atlántico y Mar Caribe, la segunda región más activa de estos fenómenos hidrometeorológicos en el mundo, después del Océano Pacífico (Departamento de Comercio de los Estados Unidos y otros, 2013). El número de trayectorias que han presentado una trayectoria contigua a la ciudad, a lo largo de la historia son 64 eventos ciclónicos que han representado una amenaza, de los cuales 8 ciclones han presentado a una distancia menor de 10 kilómetros del centro urbano como se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2.
Los ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro entre 1850 y 2015.

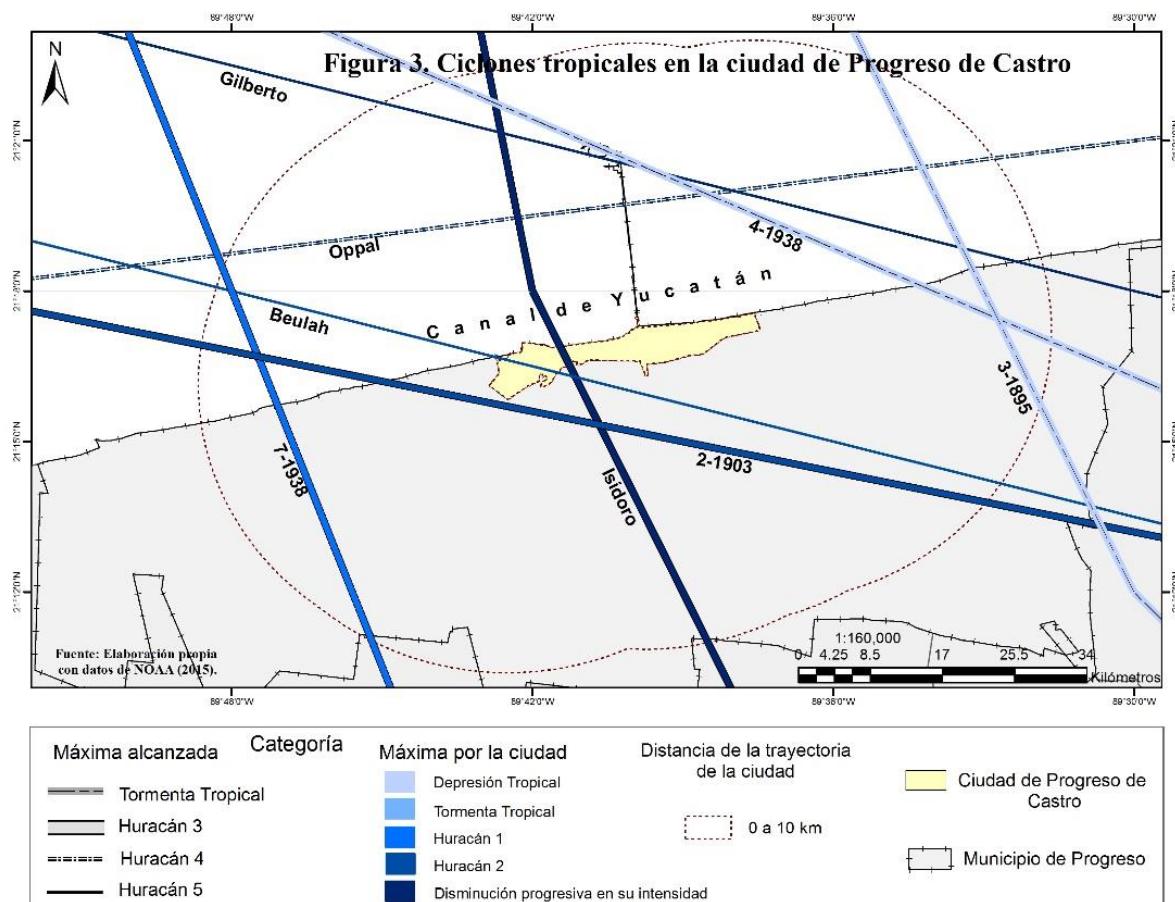
		Origen de los ciclones tropicales						
Distancia de la ciudad	No de Eventos	Océano Atlántico	Mar Caribe	Costa de Venezuela	Costa de Bahamas	Centroamérica	Golfo de México	
1 - 10 km	8	4	3	1	-	-	-	
		50.00%	37.50%	12.50%	-	-	-	
10 -50 km	11	4	5	-	1	1	-	
		36.36%	45.45%	-	9.09%	9.09%	-	
50 - 100 km	22	7	12	-	-	3	-	
		32%	55%	-	-	13.50%	-	
100 - 200 km	23	10	7	-	-	5	1	
		43.50%	30.50%	-	-	21.50%	4.50%	

Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA, 1850-2015.

Las trayectorias de los ciclones tropicales que han cruzado por la ciudad a una distancia menor de 10 kilómetros, se destacan los últimos cuatro huracanes, estos han alcanzado mayor categoría antes de estar en los límites de la ciudad como se puede observar en la Figura 3, al estar dentro de esta distancia ha disminuido su intensidad por algunas horas, esto se debe a las diferencias de temperaturas y humedad que varían entre el mar y tierra. Han sido cuatro los huracanes que han

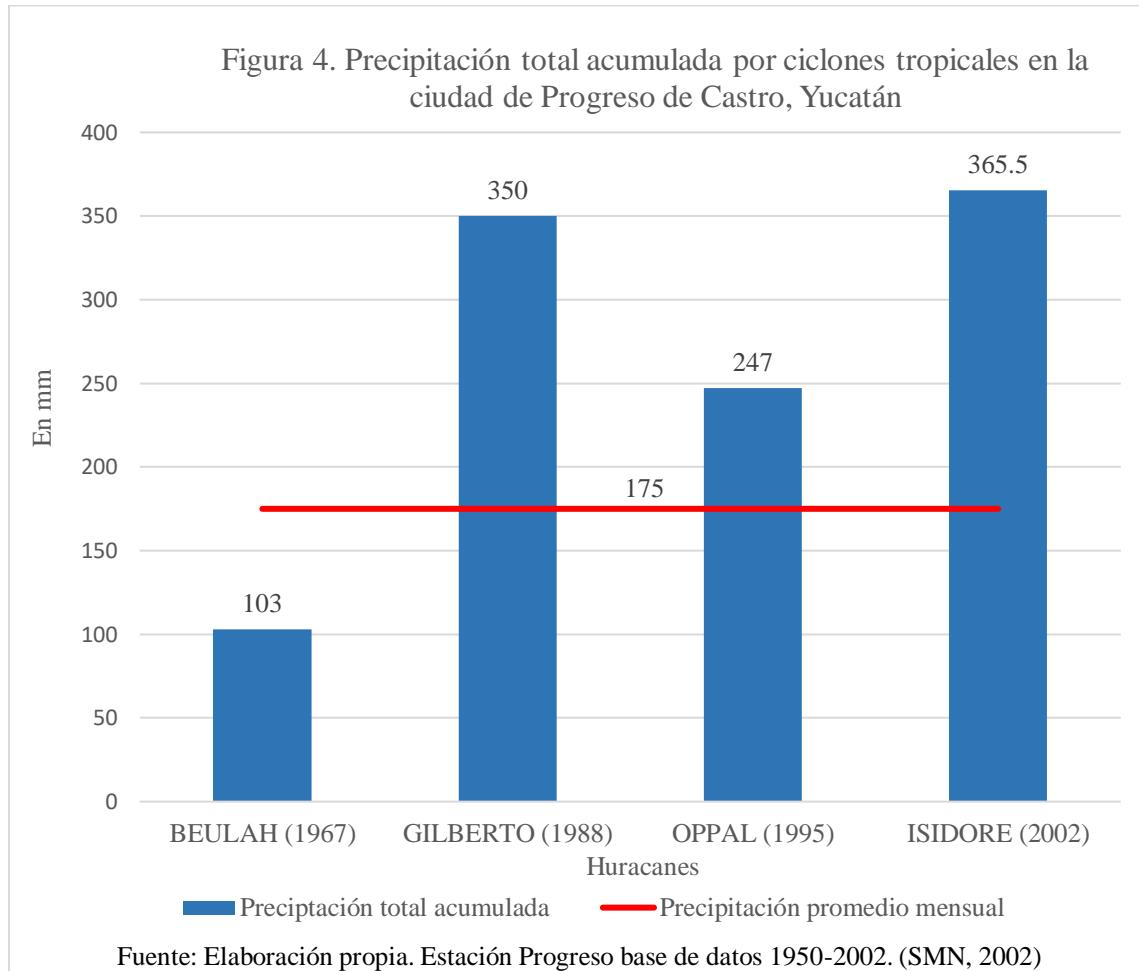
dejado enseñanzas muy difíciles de olvidar a la población en los últimos 50 años. Huracán Beulah (1967), Gilberto (1988), Oppal (1995) e Isidoro (2002).

Los huracanes Gilberto e Isidoro han sido los más catastróficos para la ciudad, el colapso de la infraestructura urbana se presentó por algunas horas y días en algunos puntos, entre los efectos más perceptibles fue la inundación de calles por la unión del mar con la ciénaga, se suma la cantidad de agua producto de la precipitación, ausencia de energía eléctrica y desabasto de algunos productos y servicios indispensables como el hielo, las tortillas y gasolina, etc. (García, 2002).



En la región de la península de Yucatán donde se ubica la ciudad, las trayectorias que predominan son en una dirección de Sur a Norte; así se presentaron Beulah y Gilberto. Sin embargo, no siempre es así: con Oppal e Isidoro sus trayectorias fueron verticales dentro del canal de Yucatán. El primero siguió su trayectoria paralela a la costa, pero el segundo se internó a la parte continental, debido a la llegada de un frente frío en el momento que esté se presentaba en la región, así lo reportó el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2002).

Estos fenómenos se presentaron en el mes de septiembre. La precipitación promedio en este mes es de 175 mm² como se muestra en la Figura 4. En el caso del huracán Beulah la precipitación fue menor de la media, la cual se presentó en un periodo de 72 horas. Con el huracán Gilberto, la precipitación fue 100 por ciento superior a la media, la cual se registró en un lapso de 48 horas, la precipitación del huracán Oppal fue de 41 por ciento mayor en un lapso de 168 horas, y el huracán Isidoro precipito 108 por ciento más de la media, en un periodo de 120 horas.



La cantidad de lluvia precipitada por cada ciclón tropical presenta variaciones, debido a la presión atmosférica, temperatura ambiental y de los cuerpos de agua en los lugares donde cruza su trayectoria. Además de la velocidad de sus vientos, esto permite que los huracanes presenten

²Datos registrados en la estación Chicxulub Puerto del Servicio Meteorológico Nacional (SMN)-Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Periodo de los datos de 1967 a 2007.

dimensiones que pueden abarcar cientos de kilómetros en su espiral, sus efectos pueden prolongarse por horas en una ciudad.

Metodología

La realización de este trabajo se llevó a cabo mediante tres pasos, los cuales permiten determinar las condiciones de exposición que guarda la ciudad ante el crecimiento de la ciudad, el transito ciclónico y la evaluación de la exposición a escala interurbana.

Primero: Se realizó una búsqueda hemerográfica, bibliográfica y cartográfica del surgimiento, fundación y desarrollo urbano del pueblo, villa y ciudad de Progreso de Castro, Yucatán. Al ser un asentamiento humano de gran importancia en la península de Yucatán, fue posible contar con planos sobre los procesos de urbanización que han precedido la ocupación actual de la ciudad.

Para identificar las zonas de presión por el crecimiento urbano, se utiliza la carta de uso de suelo y vegetación serie IV, esta describe las áreas naturales, lo que permite identificar áreas alteradas por la presión que ha ejercido la reconfiguración espacial por el incremento de la mancha de urbanización a lo largo de la historia de la traza urbana.

Segundo: Se realiza el estudio de las trayectorias de los ciclones tropicales, se considera el área central de la ciudad para realizar el cálculo del área de influencia en cuatro rangos de distancia, a) 1 a 10, b) 10 a 50, c) 50 a 100 y d) 100 a 200 kilómetros, en el periodo de información de 1850 a 2015. Durante la visita de trabajo de campo se realizó un sondeo a la población de la ciudad, para conocer cuáles han sido los ciclones tropicales que más recuerdan y que han aprendido para sobrevivir al riesgo que representan los eventos ciclónicos en la ciudad (García, 2002).

Tercero: Para la construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) por exposición, se construyeron cinco indicadores a nivel de sección electoral:

- I. ***Ciclones tropicales (E1).*** Número de eventos ciclónicos que presentaron una trayectoria 1 a 10 km de distancia entre la cantidad de eventos ciclónicos registrados con una trayectoria entre 1-200 km.
- II. ***Precipitación extrema diaria (E2).*** Precipitación extrema diaria promedio entre la precipitación promedio mensual.

- III. **Precipitación total acumulada (E3).** Precipitación total acumulada promedio entre precipitación total mensual.
- IV. **Viento (E4).** Velocidad del viento promedio mensual entre velocidad del viento promedio anual.
- V. **Urbanización (E5).** Superficie urbanizada entre superficie total.

Se aplica el método de estandarización de variables, este proceso es utilizado para ajustar, adaptar y homologar distintas formas, estilos o mediciones que se encuentran en diferentes unidades. Es una técnica multidisciplinaria en la cual se unifican criterios de fuentes distintas, que permiten delinear el impacto de los factores, aunque las variables no se encuentren en las mismas unidades métricas (Saaty, 1988).

Para aplicar este proceso se aplica la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{\pi - \mu}{\sigma}$$

Donde:

Z = Dato estandarizado o normalizado

π = Valor nominal del dato a estandarizar

μ = Media aritmética

σ = Desviación estándar

Posteriormente se aplica la siguiente ecuación por subíndices de indicadores a nivel de sección electoral, los resultados permiten el cálculo de los subíndices exposición, (IPCC, 2007). Esta fórmula es propuesta por Ahumada y otros, (2016), en la cual se señala que la exposición por indicadores se mide de la siguiente manera:

$$\text{IVUCT Exp} = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

Al concluir, se integra los subíndices mediante la aplicación de cálculos aritméticos como suma y resta, se obtiene el índice de vulnerabilidad, este método ha sido utilizado por Eakin y Bojórquez, (2008) para el análisis multicriterio, entorno a la composición de la vulnerabilidad por

exposición en hogares y es retomado en esta investigación para la medición de la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales a nivel de sección electoral y se cartografía el indicador.

Resultados

El crecimiento de la urbanización como parte del proceso de desarrollo arquitectónico y demográfico ha sido limitado en las últimas dos décadas, en parte por las condiciones naturales del entorno entre la zona de manglar y la línea de costa, por lo tanto, la expansión de la traza urbana se conformó de manera horizontal permitiéndose la articulación de las localidades rurales contiguas del municipio en un solo bloque de manzanas con una forma cuadriculada a lo largo de la mancha urbana y con una orientación norte-sur y oriente-poniente.

En la historia urbana de la ciudad ha quedado demostrado que el nivel de riesgo y vulnerabilidad ha estado latente en todo momento desde su fundación; sin embargo, han sido los procesos de relleno de la zona de manglar con materiales sólidos residuales de la población, lo que ha permitido el aumento más significativo de espacio urbanizable en la década de 1980 a 1990 en 38.16 por ciento y un acumulado el 93.1 por ciento del total de la superficie de la ciudad.

La exposición de los habitantes en áreas donde el suelo es endeble por la mínima compactación no apta para desarrollo de actividades urbanas, ha aumentado el riesgo a hundimiento e inundaciones y daño estructural de sus viviendas ante las amenazas que se presentan principalmente de tipo hidrometeorológico. Esta situación ha empeorado las condiciones de habitabilidad de las viviendas que han sido construidas sin un apego a normas de construcción adecuadas, aun así, la población no ha logrado evitar disminuir la susceptibilidad y resulta afectada en caso de presentarse una amenaza.

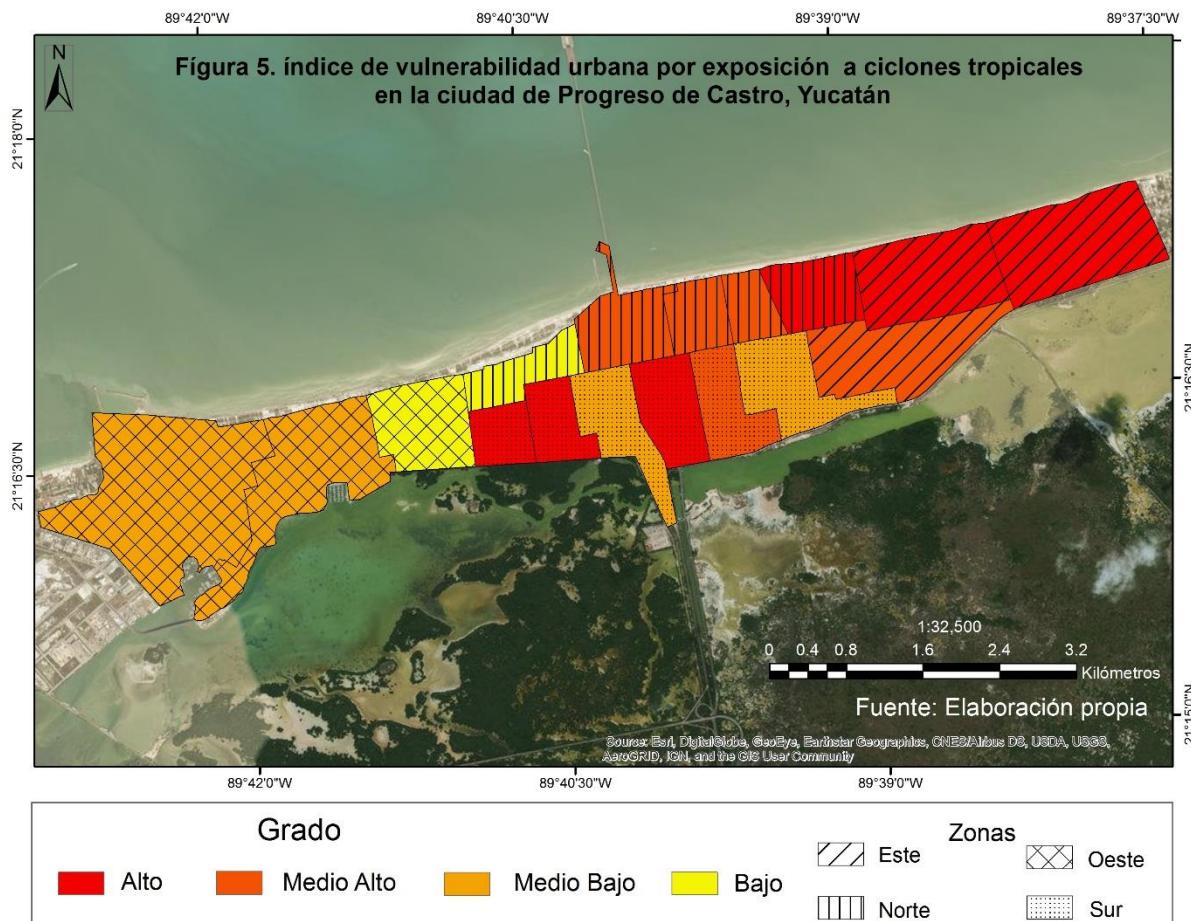
Los ciclones tropicales representan una de las principales amenazas o peligros latentes en la ciudad, pero son los efectos asociados a la estructura del ciclón como el viento y la lluvia, lo que aumenta la probabilidad de afectación en las viviendas, la población y las actividades económicas, aunque no siempre presente una trayectoria cercana. Los modelos probabilísticos para el pronóstico anual de las tormentas han permitido que los sistemas de alerta funcionen para propiciar la atención y prevención en áreas identificadas con mayor exposición hacia el interior de los centros urbanos.

Han sido los huracanes Gilberto (1988) e Isidoro (2002) los que han propiciado mayor cantidad de lluvia durante su trayectoria por la ciudad, el promedio mensual es de 175 mm mensuales; estos dos huracanes generaron el doble de volumen de lluvia en un solo día de tránsito

por la ciudad, por lo que la precipitación acumulada posterior al cruce de su trayectoria alcanzo niveles tres veces mayores a la media mensual. Por otro caso, la tormenta tropical Oppal (1995) genero un 10 por ciento menos de lluvia al promedio mensual, pero supero en 15 por ciento la precipitación acumulada durante su trayectoria por la ciudad.

Las trayectorias que han presentado una distancia de 0 a 1 kilómetros del centro de la ciudad han generado mayor cantidad de daños en las actividades socioeconómicas de la población urbana. Por lo tanto, el grado de vulnerabilidad por exposición en las viviendas ha disminuido en los años recientes mediante la implementación de materiales de construcción resistentes a los efectos ciclónicos. Además, se han intensificado medidas que eviten la propagación de vectores de moscos, así como la atención de enfermedades de la piel, consecuencias más comunes entre la población vulnerable, la cual se encuentra en los asentamientos urbanos más recientes en zonas de la ciudad donde se ha ganado espacio al manglar.

El Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) por exposición es alto en dos secciones electorales de la zona este, una más contigua a la zona norte sobre la costa y en tres secciones electorales de la zona sur que limitan con la zona de manglar; estas se caracterizan por tener una concentración de población de entre 3 a 5.5 por ciento del total de habitantes que residen en el municipio. Las secciones electorales ubicadas en la zona norte y hacia el este donde existe áreas con playa ha sido destruida por el incremento del oleaje de mar, en la actualidad las olas llegan a romperse con la base estructural de las viviendas que se encuentran sobre la costa, ver Figura 5.



Las tipologías de la vivienda ubicadas en la línea costera frente al mar son para uso habitacional de carácter temporal (descanso), la exposición de ser afectadas por el mar se ha intensificado posterior al cruce del huracán Gilberto, su trayectoria propicio que las corrientes marinas se modificaran en esta zona, lo que indujo que los sedimentos que son arrastrados llegaran a la playa; se prevé que esta zona sea afectada por la intensidad de olas más frecuentes, sobre todo cuando existe inestabilidad y aumente el nivel del mar producto del cambio climático.

Por otro lado, las secciones que se ubican en la zona sur están integradas por pobladores de menores recursos económicos, vulnerables por la pobreza de patrimonio que presentan. El uso de suelo es más barato por la forma en como fue construido ambientalmente, la presencia de fenómenos hidrometeorológicos propicia el aumento del nivel de agua del manglar, por lo que la presencia de animales silvestres de este ecosistema, mantienen una alerta de posibles ataques a los habitantes. Además de la infestación de plagas que propician brotes de epidemias y pandemias principalmente por mosquitos que inducen el dengue y chikungunya.

Son tres las secciones electorales, dos en la zona norte y una más en la zona oeste de la ciudad sobre la línea de costa las que mantienen un grado de vulnerabilidad menor por exposición, en cuya área están ubicadas viviendas con uso temporal, de población de mayores ingresos económicos, menos expuesta a las olas, mayor amplitud de la playa y con una zona de regeneración de sedimentos costeros que sirve para reparar otras áreas de playa que presentan carencia de arena.

En general los resultados alcanzados en esta investigación permiten definir la importancia de los estudios a mayor escala geográfica como han sido las secciones electorales en temas como la urbanización y su aplicación en los ciclones tropicales en ciudades costeras. Se considera que la población de estos asentamientos humanos, presentan mayor exposición a los fenómenos hidrometeorológicos, el nivel de escolaridad no determina donde se localizan los sectores de la población vulnerable.

Discusión

La vulnerabilidad por exposición a cambio climático es mayor en la dimensión ambiental, pero para el estudio de la probabilidad de presentar una trayectoria de ciclón tropical requiere la integración de análisis multidimensionales donde se asocie los sistemas que confluyen en la generación del riesgo y vulnerabilidad en escalas geográficas como mayor detalle cómo es a nivel de secciones electorales, que requiere una mayor amplitud para el estudio de la vulnerabilidad global.

Como disminuir el grado de vulnerabilidad por exposición de la población más sensible que se habita la ciudad y que su nivel de ingresos económicos le permite solo el acceso a áreas urbanas más factibles a presentar daños por ciclones tropicales.

Existen estudios que han propuesto metodologías de estudio de la vulnerabilidad a cambio climático a mayores escalas geográficas distintas a las municipales, ya que cada lugar a pesar que se ubican dentro del mismo territorio, las condiciones ambientales presentan variaciones, por lo que la factibilidad de que se presenten fenómenos regionales como son los ciclones tropicales está latente; esta decisión contribuye a la necesidad de fortalecer los instrumentos de planeación de las ciudades a mayor escala geográfica para la prevención de daños a la sociedad urbana, pero carece de instrumentos que permitan el fortalecimiento de las comunidades locales que en ocasiones son más afectadas y menos apoyadas por la magnitud de los daños generados postdesastre.

Se considera que los efectos del cambio climático intensificarán las trayectorias de estos eventos en la península, los cuales se estima serán menos constantes, pero cuando se presenten serán más intensos, por lo que los habitantes de la península están más expuestos por las condiciones fisiográficas escasas que permitan disminuir la velocidad de los vientos e intensidad al ingresar a la parte continental; pero seguirán su trayectoria una vez que vuelvan al Golfo de México o el canal de Yucatán. Con estas condiciones la Ciudad de Progreso de Castro mantiene su grado de vulnerabilidad por exposición alto ante la presencia de eventos ciclónicos.

En los estudios realizados sobre la costa de Yucatán, definen la importancia de la riqueza natural, social, demográfica y urbana de los asentamientos humanos, pero definen que son estos centros de poblamiento los que mayores daños ambientales causan a la conservación ecológica de la región. Los impulsos de las actividades socioeconómicas han prevalecido por encima de las socioecológicas, para lo cual considerar necesario fortalecer acciones para mitigar los efectos que puedan derivar del cambio climático o algunos otros fenómenos regionales como son la alteración de las corrientes marinas, el aumento en la intensidad del oleaje generado por el incremento de la distancia del muelle portuario son temas que están latentes para futuros trabajos.

Conclusiones

Con la realización de esta investigación se contribuye al estudio de la vulnerabilidad urbana, la exposición a los ciclones tropicales en la costa de Yucatán y se define la importancia de que los estudios se realicen a escala geográfica con mayor detalle, como son las secciones electorales, ageb urbanos o microrregiones según el tipo de enfoque. Fortalece las acciones en áreas locales como la planificación urbana, la prevención de daños en los sectores expuestos o frágiles que se han creado por la distribución socioeconómica espacial al interior de los asentamientos humanos y a la toma de decisiones locales.

La destrucción de las áreas de manglar es un factor que aumenta la exposición de las ciudades costeras, pero su conservación permite disminuir que los efectos de los ciclones tropicales cada vez más intensos, así como los daños en el patrimonio de la población, actividades socioeconómicas y de infraestructura de los centros urbanos costeros. La traza y orientación de las calles propicia la inundación de la ciudad con agua de mar y lluvia generada por los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos la cual llega a unirse con la zona de manglar, los encharcamientos en ocasiones pueden tardar varios días en desaparecer propiciándose problemas de salud pública

como enfermedades provocadas por vectores de mosquitos, problemas en la piel y enfermedades intestinales.

Los estudios sobre la ciudad contribuyen al fortalecimiento de los instrumentos de análisis de riesgo y vulnerabilidad, los cuales son indispensables en la zonificación de áreas susceptibles a sufrir daños. La carente capacidad económica de los municipios costeros dificulta la prevención de la población a los efectos de los ciclones tropicales que presenten una trayectoria cercana, por lo que, conjugado con los escenarios de cambio climático, Progreso mantiene un alto grado de exposición de ser afectada por su condición natural y su situación geográfica ante la presencia de eventos extremos consecuencia del cambio climático.

Es claro que los centros de poblamiento construidos en la costa presentan mayor grado de exposición, pero esto puede cambiar en la medida que se refuercen los mecanismos de planificación que permitan a los habitantes adoptar medidas resilientes como planes de contingencia familiares en sus viviendas a los efectos de los ciclones sin importar su categorización, pero además se debe construir infraestructura que permite amortizar los efectos de los volúmenes de lluvia cada vez mayores pero los cuales son precipitados en menor tiempo en la zona urbana.

La ciudad de Progreso de Castro ha integrado entre sus estrategias para la disminución de los efectos por exposición por ciclones tropicales, que se deben fortalecer los planes de atención, control y prevención del riesgo futuros, mediante mecanismos de atención prioritaria que disminuyan la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de los habitantes con probabilidad de ser afectados. Aunque la población cada vez está más preparada para enfrentar situaciones de estrés, la situación geográfica determina que la ciudad presente problemas que deben ser atendidos con obras de infraestructura hidráulica que ayuden a los habitantes disminuir el grado de vulnerabilidad en secciones electorales donde se establece la población sensible y empobrecida.

Referencias

- Aguilar A. Guillermo. (2004). Los asentamientos humanos y el cambio climático global. En Martínez Julia y Adrián Fernández Bremauntz (Comp). *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 267-278) México D.F: Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Adger, W. Neil. (2006). “Vulnerability”. *Global environmental change*. No.16 (3). 268-281 pp.

- Ahumada Ramiro, *et al.* (2015). An indicator tool for assessing local vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Vol 22. Núm. 1. 137-152 pp.
- Almejo Hernández Rubén. (2011). Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos. En Consejo Nacional de Población (CONAPO). *La situación demográfica de México 2011*. México DF. Secretaría de Gobernación (SEGOB). 209-223 pp.
- Bottino Bernardi, Rosario. (2009). La ciudad y la urbanización. Estudios históricos. CDHRP-agosto. No 2. 14 pp.
- Cadena, Edel y Juan Campos. (2012). “Vulnerabilidad social y comportamiento social. Un análisis por secciones electorales”. *Revista papeles de población*. No 71. CIEAP/UAEM. 1-43 pp.
- Cerón Cardeña, M. Ángel y Francisco G. Barroso Tanoira. (2011). Prevención de desastres ante el impacto de huracanes en los municipios costeros de México. El caso del litoral de Yucatán. Ponencia. XXIII. Congreso Latinoamericano de Estrategia.
- Consejo Nacional de Población. (1991). Sistema de ciudades y distribución espacial de la población en México. Tomo 1. México D.F: CONAPO.
- Departamento de comercio de los Estados Unidos y otros. (2013). Ciclones tropicales. Guía de preparación. Cruz Roja y National Oceanic Atmospheric Agency (NOAA). Recuperado en http://www.srh.noaa.gov/jetstream/downloads/cyclones_tropicales.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (1988). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. (DOF). Publicada el 28 de enero de 1988.
- Durán Rosado, Esteban. (1978). Crónicas retrospectivas: Fundación de Progreso. La primera huelga ferrocarrilera de Yucatán. Mérida, Yucatán: Gobierno del Estado.
- Euán-Avila Jorge I., y otros (Eds). (2014). La costa de Yucatán, Un espacio de reflexión sobre la relación sociedad naturaleza, en el contexto de su ordenamiento ecológico territorial. Plaza y Valdés, México, Vol. I, 323 pp.
- Euán-Avila Jorge I., y otros, (Eds). (2014). La costa de Yucatán, Un espacio de reflexión sobre la relación sociedad naturaleza, en el contexto de su ordenamiento ecológico territorial. Plaza y Valdés, México, Vol. II, 363 pp.

- Frausto, Oscar. (Ed). (2014). Monitoreo de riesgos y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático. Métodos, Bases de datos y discursos. Universidad de Quintana Roo. Cozumel. México. 91 pp.
- Frías Bobadilla W. Romeo. (1957). Progreso y su evolución: 1840 a 1900. Mérida, Yucatán: Díaz Maza.
- Frías Bobadilla W. Romeo y Rubén. (1970). Un proyecto de cien años. El puerto de abrigo, Progreso, Yucatán: Ediciones El Faro.
- Frías Bobadilla W. Romeo y Rubén (1976). Municipio de Progreso. Historia de su cabecera, Progreso, Yucatán: Ediciones El Faro.
- Frías Bobadilla W. Romeo. (1994). Propuesta para realizar obras de beneficio social en la ciudad de Progreso, Yucatán. Programa Nacional de Solidaridad: SEDESOL.
- Frías Bobadilla W. Romeo y Rubén. (2006), Monografía histórica, geográfica, marítima y cultural del puerto de Progreso de Castro, Yucatán, 2da edición. Progreso, Yucatán: H. Ayuntamiento Constitucional de Progreso 2004-2007.
- Füssel, H. M. (2006). “Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research”. *Global Environmental Change*. No 17(2). 155-167 pp.
- Füssel, H.M. y Klein, R.J.T. (2006). Climate change vulnerability assessment: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*. No 5, 301-329 pp.
- García Acosta, Virginia (2002). Una visita al pasado. Huracanes y/o desastres en Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. (17). 223. 3-15.
- Gay, Carlos (2000), México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)–Secretaría de Medio Ambiente, Recursos y Pesca (SEMARNAP). México D.F. 119 –142 pp.
- Gutiérrez, Ramón, (2002). Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica. Cuarta edición. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Instituto Nacional de Geografía Estadística (INEGI), (2009). Carta de uso de suelo y vegetación. Serie IV. Aguascalientes.
- INEGI, (2010). Manual de cartografía geoestadística. Censo de población y vivienda. Aguascalientes. 89 pp.

- Instituto Nacional de Geografía Estadística (INEGI) e Instituto Federal Electoral (IFE). (2010). Estadísticas censales a escalas geoelectorales 2010. Disponible en internet <http://gaia.inegi.org.mx/geolectoral/viewer.html#>
- IPCC, (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En Solomon, S., y otros, (Eds.). *Panel Inter gubernamental de Cambio Climático*, Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Lampis, Andrea (2013), Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. (22) 2. julio-diciembre. 17-33.
- Lungo, Mario, (Comp.) (2002). Riesgos urbanos. San Salvador. Istmo Editores.
- Magaña Rueda Víctor, (Cons) (2013). Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad a cambio climático. México D.F. Instituto Nacional de Ecología (INE) y Pro grama de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 17-27 pp.
- Meyer-Arendt, K.J., (1999), Impacto Ambiental Provocado por el Cambio del Uso de Suelo en la Zona de Progreso, Yucatán. En Universidad Autónoma de Yucatán. *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán*. (pp. 259-261), México City.
- Milanés Celene y Alicia Pacheco (2011), Asentamientos costeros en la bahía de Santiago de Cuba: estudio de su vulnerabilidad urbana. *Arquitectura y Urbanismo*. (XXXII), 3.18-27.
- Monterroso A., (2012). Contribuciones al estudio de la vulnerabilidad a cambio climático en México. Tesis doctoral en Geografía. UNAM.
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, Carlos., y otros, (2014). “Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector”. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. No. 19(4), 445-461 pp.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), (2005). Programa de ciclones tropicales. Informe PCT-30. Asociación Regional IV (América del Norte, América Central y el Caribe). Plan Operativo sobre Huracanes: Ginebra. Autor.
- Orellana, Roger, y otros, (2009). Atlas de escenarios de cambio climático en la península de Yucatán. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). 111 pp.

- Ornés, Sandra (2009). El urbanismo, la planificación urbana y el ordenamiento territorial desde la perspectiva del derecho urbanístico venezolano. *Revista Politeia. Instituto de Estudios Políticos. UCV.* (32) 42. 197-225.
- Paré Luisa y Julia Fraga, (1994). La costa de Yucatán: Desarrollo y vulnerabilidad ambiental. *Cuadernos de investigación.* México D.F. UNAM. (23). 1-120.
- Peraza G., M. T., (Coord) (1995). Procesos territoriales de Yucatán. Mérida, Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Priego de Arjona Mireya (1973). Origen y evolución de Progreso. (pp. 1-25). Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma del Estado de Yucatán.
- Quezada, Sergio, (2001). Breve historia de Yucatán. Fideicomiso Historia de las Américas *Series Breves de Historias de los Estados de la República Mexicana, EFE.* México D.F: Colegio de México.
- Quezada Domínguez Delfino y Romeo W. Frías Bobadilla, (2006). Puerto Progreso Yucatán. Pasado y presente. Ayuntamiento de Progreso. *Colegio Yucatanense de Antropólogos A.C.* 1-194.
- Romero Lankao, Patricia, Qin, Hua, (2011). “Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change”. *Current Opinion in Environmental Sustainability.* No. 3. 142–149 pp.
- Rosengaus Moshinsky. M., y otros, (2002). Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. México D.F. Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).
- Saaty, Thomas, (1988). The analitical hierarchy process. Mc Graw Hill.
- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), (1997). Programa de prevención y atención de emergencias urbanas del municipio de Progreso, Yucatán. Dirección general de prevención y atención de emergencias urbanas. México D.F. 1-47 pp.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA), (2013). Programa de ordenamiento ecológico y territorial costero de Yucatán. Recuperado en <http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/documentos/index.php?IdOrdenamiento=6>. Consultado el 15 de noviembre de 2016.
- Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), (2000). Ciclones tropicales. *Serie Fascículos.* (5). 52.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), (2012). Plan operativo de inundaciones del municipio de Progreso, Yucatán. Mérida, Yucatán: Organismo de cuenca península de Yucatán. 1-50 pp.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), (2002). Reseña del huracán Isidoro en el atlántico. 14-26 septiembre. Recuperado en <http://smn.cna.gob.mx/cyclones/tempo2002/atlantico/isidore/isidore.html>

Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM) y Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (2016). Municipio de Progreso, Yucatán, México. Recuperado de <http://www.snim.rami.gob.mx/> el 15 de mayo de 2015

Unidad municipal de protección civil (2013). Plan y programa de tormentas tropicales y huracanes. Progreso, Yucatán. Autor.

United Nations, (2004). Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva: Autor.

Vázquez Aguirre Jorge Luis, (Comp.), (2010). Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 88 pp.

Wilchez Chaux, Gustavo, (1993). “Vulnerabilidad global”. En Andrew Maskrey (Compilador), Los desastres no son naturales. La Red (Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina). Bogotá. 11-44 pp.