



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL
DOCTORADO EN URBANISMO



**“VULNERABILIDAD URBANA POR CICLONES TROPICALES
EN DOS CIUDADES DEL ESTADO DE YUCATÁN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN URBANISMO

PRESENTA:

MARCELINO GARCÍA BENÍTEZ

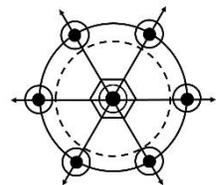
DIRECTOR DE TESIS

DR. SALVADOR ADAME MARTÍNEZ.

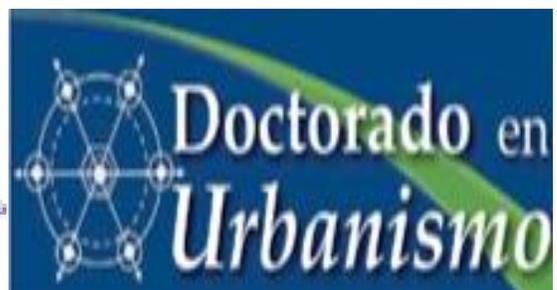
COMITÉ DE TUTORES

DR. ALEJANDRO ALVARADO GRANADOS.

DR. ROBERTO A. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ (EL COLEF).



TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, A 18 DE MAYO DE 2018



El Doctorado en Urbanismo está inscrito en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del CONACYT. El desarrollo de esta investigación fue posible gracias a la beca otorgada por el CONACYT para la realización de Estudios de Doctorado.

ÍNDICE

	Pág.
Resumen.....	12
Introducción	13
Capítulo I. Marco teórico-conceptual sobre vulnerabilidad urbana y ciclones tropicales.....	20
Introducción	20
1.1 Componentes del riesgo	21
1.2 Tipos de enfoques sobre vulnerabilidad.....	26
1.2.1 Enfoque de vulnerabilidad a riesgo	27
1.2.2 Enfoque de vulnerabilidad a cambio climático	31
1.2.3 Marco legal de la vulnerabilidad.....	34
1.3 Tipos de enfoque aplicados a la vulnerabilidad urbana.....	40
1.3.1 Vulnerabilidad urbana con enfoque de riesgo	41
1.3.2 Vulnerabilidad urbana con enfoque de cambio climático	44
1.4 Definición de peligros o amenazas.....	57
1.4.1 Tipos de amenazas	59
1.4.2 Ciclones tropicales	60
Conclusiones parciales	62
Capítulo II. Marco de Referencia.....	64
Introducción	64
2.1 Estudios sobre vulnerabilidad	66
2.1.1 Estudios a nivel internacional	67
2.1.2 Estudios a nivel nacional.....	73
2.2 Estudios sobre vulnerabilidad urbana.....	78
2.3 Estudios realizados sobre ciclones tropicales.....	89
2.4 Estudios realizados sobre las ciudades.....	93

Conclusiones parciales	98
Capítulo III. Caracterización de la zona de estudio.....	99
Introducción	99
3.1 Aspectos geográficos.....	100
3.2 Características de la población urbana	113
3.3 Características económicas de la población urbana	128
3.4 Los ciclones tropicales en las ciudades en estudio.....	132
Conclusiones parciales	140
Capítulo IV. Metodología.	143
Introducción	143
4.1 Medición de la vulnerabilidad urbana	144
4.2 Construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana mediante la exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa	148
4.2.1 Indicadores de exposición	151
4.2.2 Indicadores de sensibilidad	156
4.2.3 Indicadores de capacidad adaptativa	165
4.2.4 Fuentes de Información.....	168
4.3 Cálculo del índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales por subíndices de cambio climático mediante estandarización de variables	170
4.4 Entrevistas	175
4.5 Tipos de escenarios de cambio climático en las ciudades.....	177
Conclusiones parciales	179
Capítulo V. Resultados y discusión.....	181
Introducción	181
5.1 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales y su interpretación por subíndice de cambio climático.....	183

5.1.1 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de exposición	188
5.1.2 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de sensibilidad.....	194
5.1.3 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de capacidad de adaptación.....	199
5.1.3.1 Entrevistas sobre la capacidad adaptativa en las ciudades	206
5.1.3.2 Estudio de los daños generados por los ciclónicos tropicales en las ciudades.	213
5.2 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales y su interpretación con los escenarios de cambio climático de la península de Yucatán	217
5.2.1 Precipitación total anual (mm)	218
5.2.2 Índice de Lang (P/T)	220
5.2.3 Lluvia invernal	222
Conclusiones	224
Recomendaciones.....	230
Bibliografía	232
ANEXOS.....	257

Índice de Cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Zonificación de las secciones electorales por ciudades.....	117
Cuadro 2. Distribución de la población por zonas en las ciudades.....	121
Cuadro 3. Características demográficas por zonas en las ciudades.....	125
Cuadro 4. Características de las viviendas por zonas en las ciudades.....	128
Cuadro 5. Características educativas de la población por zonas en las ciudades.....	130
Cuadro 6. Características económicas de la población por zonas en las ciudades.....	134
Cuadro 7. Ciclones tropicales en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto entre 1850 y 2015.....	138
Cuadro 8. Ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro entre 1850 y 2015.....	142
Cuadro 9. Grados de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según Subíndices de cambio de climático por secciones electorales en las ciudades de estudio.....	189
Cuadro 10. Escenarios de cambio climático para la precipitación total anual por ciudades.....	224
Cuadro 11. Escenarios de cambio climático para el índice de Lang por ciudades.....	226
Cuadro 12. Escenarios de cambio climático para la lluvia invernal por ciudades.....	227

Índice de Figuras

Figura 1. Enfoques de la vulnerabilidad.....	27
Figura 2. Localización de las ciudades de Motul de Carrillo Puerto y Progreso de Castro, Yucatán.....	107
Figura 3. Uso de suelo y vegetación en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	113
Figura 4. Uso de suelo y vegetación en Progreso de Castro.....	115

Figura 5. Zonificación de las secciones electorales en la ciudad de Motul.....	117
Figura 6. Zonificación de las secciones electorales en la ciudad de Progreso.....	118
Figura 7. Proyecciones de crecimiento poblacional para la ciudad de Motul de Carrillo Puerto 2010-2030.....	132
Figura 8. Proyecciones de crecimiento poblacional para la ciudad de Progreso de Castro 2010-2030.....	132
Figura 9. Tipos de pobreza en el municipio de Motul de 1990 a 2010.....	136
Figura 10. Tipos de pobreza en el municipio de Progreso de 1990 a 2010.....	137
Figura 11. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 0 a 10 kilómetros de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	139
Figura 12. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 10 a 50 kilómetros de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	140
Figura 13. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 50 a 100 kilómetros de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	140
Figura 14. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 100 a 200 kilómetros de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	141
Figura 15. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 1 a 10 kilómetros de la ciudad de Progreso de Castro.....	143
Figura 16. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 10 a 50 kilómetros de la ciudad de Progreso de Castro.....	144
Figura 17. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 50 a 100 kilómetros de la ciudad de Progreso de Castro.....	144
Figura 18. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 100 a 200 kilómetros de la ciudad de Progreso de Castro.....	145
Figura 19. Índice de Vulnerabilidad urbana por subíndices de cambio climático en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	190
Figura 20. Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	191

Figura 21. Índice de Vulnerabilidad urbana por subíndices de cambio climático en la ciudad de Progreso de Castro.....	192
Figura 22. Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático en la ciudad de Progreso de Castro.....	193
Figura 23. Distribución del grado de exposición en la Ciudad de Motul de Carrillo.....	195
Figura 24. Distribución del grado de exposición en la Ciudad de Progreso de Castro.....	197
Figura 25. Distribución del grado de sensibilidad en la Ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	201
Figura 26. Distribución del grado de sensibilidad en la Ciudad de Progreso de Castro.....	202
Figura 27. Distribución del grado de capacidad adaptativa en la Ciudad de Motul de Carrillo Puerto.....	207
Figura 28. Distribución del grado de capacidad adaptativa en la Ciudad de Progreso de Castro.....	210

ANEXOS

Índice de Tablas

Tabla 1. Ley General de Protección Civil	263
Tabla 2. Reglamento de la Ley General de Protección Civil.....	264
Tabla 3. Ley General de Cambio Climático.....	265
Tabla 4. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático.....	266
Tabla 5. Esquema operativo de las instituciones federales relacionadas con el riesgo, vulnerabilidad y cambio climático.....	267
Tabla 6. Categorización de los ciclones tropicales y sus efectos según la escala Saffir-Simpson.....	269
Tabla 7. Base de datos de los indicadores por subíndices de cambio climático	272
Tabla 8. Aplicación del método de estandarización para la unificación de las unidades.....	273
Tabla 9. Jerarquización o ponderación de los indicadores estandarizados.....	274
Tabla 10. Construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT).....	275

Resumen

Las ciudades costeras expuestas ante la presencia de ciclones tropicales es uno de los problemas ambientales que enfrentan las sociedades urbanas y más si aumenta la propensión de daños a la economía e infraestructura local por los efectos del cambio climático. Son eventos cada vez más intensos pero menos constantes, genera una mayor propensión en la región de la península de Yucatán a ser considerada como una zona de tránsito ciclónico por el acercamiento de estos fenómenos a las poblaciones que conoce del riesgo que representan en sus actividades cotidianas, aun son los procesos urbanos un factor en las condiciones de habitabilidad las que determinan el grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación en las secciones electorales en la zona de estudio.

Esta investigación estudia la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales de dos ciudades ubicadas dentro de la zona de tránsito ciclónico a nivel de secciones electorales. Para evaluar la vulnerabilidad urbana se elaboró una serie de indicadores a través de subíndices de cambio climático, los cuales se identifica la exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación, con lo cual se permiten calcular el índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) a nivel de cada una de las secciones electorales en las cuales está distribuida la ciudad.

Los resultados definen las secciones electorales al interior de las ciudades más vulnerable a sufrir algún tipo de daño a los efectos de los ciclones tropicales, los cuales se interrelacionan con los escenarios de cambio climático para conocer cómo serán las condiciones de temperatura, humedad y lluvia invernal en los próximos 15 años. Estas condiciones establecen los escenarios probables del medio ambiente y su probabilidad de acercamiento de los ciclones tropicales a las ciudades en estudio.

Palabras claves: vulnerabilidad urbana, ciclones tropicales, secciones electorales, Progreso de Castro y Motul de Carrillo Puerto.

Introducción

En el mundo se han presentado diversos eventos hidrometeorológicos que generaron millonarias pérdidas económicas entre los países que presentaron riesgos a sufrir daños de desastre. En México, el costo de los daños generados por los fenómenos hidrometeorológicos entre 1980 a 1989 ascendieron a 22,000 millones de pesos, de los cuales 18,000 millones fueron generados por el paso del Huracán Gilberto en 1988; de 1990 a 1999 el costo aumento a 24,500 millones y entre 2000 a 2010 el costo total ascendió a un máximo de 167,200 millones de pesos generados por huracanes, inundaciones y lluvias (CICC, 2012: 128).

Los procesos de urbanización en las ciudades mexicanas se asemejan a las Latinoamericanas, por tener un crecimiento acelerado en las manchas urbanas de las ciudades más grandes del país. Durante décadas los nuevos espacios incorporados en las periferias de los centros urbanos eran ocupados por sus habitantes con los servicios de infraestructura mínima y en algunos otros lugares con carencia total (Álvarez de la Torre, 2011: 118). Este desfase de cobertura de servicios e infraestructura genera que el proceso de urbanización presente algún tipo de riesgo y vulnerabilidad ante la presencia de distintos tipos de peligros o amenazas.

Los problemas del poblamiento y su consolidación, es la falta que existe por administrar las presiones que se genera para incrementar el espacio urbanizable en la configuración del territorio. Durante el proceso de urbanización, no se considera la vocación ni aptitud natural del tipo de suelo propiciando un desequilibrio ecológico local (Álvarez de la Torre, 2011).

La exposición de los centros urbanos ubicados en la península de Yucatán a los ciclones tropicales es muy alta. Anualmente durante la temporada de ciclones la probabilidad de que se desarrolle un fenómeno ciclónico en el Océano Atlántico con posibilidad de

incremento en su intensidad a grado de convertirse en huracán esta puede estar determinada por las condiciones meteorológicas que se presentan en el lugar específico, ubicado en el mar y que puede extenderse a hacia la parte continental (Frausto, 2014).

Con los efectos del cambio climático, ha provocado el aumento en el nivel del mar sobre la línea de costa y centros urbanos que se ubican cercanos, existe la posibilidad de afectaciones entre 40 ó 50 km, pero se puede extender hasta tierra adentro en las planicies costeras hasta regiones carentes de sistemas montañosos que puedan coadyuvar al debilitamiento de los sistemas ciclónicos (Gay, 2000).

El riesgo y la vulnerabilidad por eventos climáticos, continúa siendo un serio problema para el sistema socioambiental, el cual debe resolverse para mejorar el desarrollo de la población a una escala local, regional y nacional (EIRD, 2008 y 2010; CEPAL, 2012). En la actualidad, no existe ningún trabajo de investigación en México en el que se realizado un estudio de vulnerabilidad urbana a una escala geoestadística de secciones electorales en ciudades ubicadas en el corredor ciclónico identificado en la península de Yucatán.

No existe un marco teórico sobre la vulnerabilidad urbana, por lo que se intentar explicar a través del estudio del riesgo generado por las condiciones del poblamiento, el cual expone las contribuciones que ha aportado las teorías malthusianas que considera la miseria como producto de una sociedad mal estructurada e injusta, sostenía que era el resultado de un inevitable desequilibrio entre población y la distribución equitativa de los recursos naturales.

Las investigaciones realizadas por los distintos enfoques sobre vulnerabilidad global no han integrado la variable urbana, por lo que este trabajo aporta elementos teórico-conceptuales y metodológico que permiten definir las consecuencias que propicia el tránsito de los ciclones tropicales en los centros urbanos, sin importar su categoría o

intensidad al análisis del riesgo y vulnerabilidad a escala interurbana como son las secciones electorales.

El evaluar la vulnerabilidad hacia el interior de los centros urbanos generado por los ciclones tropicales contribuye al desarrollo del conocimiento sobre los efectos generados en las distintas etapas ciclónicas como son el antes, durante y posterior al paso en las distintas áreas que integran las secciones electorales, identifica los factores vulnerables de la población urbana a través de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, así como la forma de salvaguardar los bienes materiales y de recursos económicos aplicados por los gobiernos locales para reanudar la vida social de las ciudades postdesastre.

Se espera que el trabajo de investigación contribuya a fortalecer las acciones de prevención de los centros urbanos ante en las áreas que presentan mayor grado de vulnerabilidad generada por el paso de los ciclones tropicales, así como las medidas que deben aplicarse previo, durante y posterior al cruce de una trayectoria. La gestión del riesgo implica acciones que permitan fortalecer las capacidades de la infraestructura urbana que es útil para desarrollo de la sociedad y que está expuesta cuando se presenta un fenómeno ciclónico que se convierte en emergencia de desastre.

El cambio en el clima global es percibido como un fenómeno a largo plazo requiere un análisis a los efectos en el futuro, representa la oportunidad de entender las opciones que pueden ser aplicadas para reducir los daños que ocasiona el tránsito anual de los ciclones tropicales en las ciudades costeras, los cuales se intensifican en el tiempo. Contar con instrumentos con información suficiente que prevengan a la sociedad, permitirá propiciar un cambio en la forma de visualizar la problemática en la actualidad, a pesar de la que cuentan por la experiencia que han atravesado durante su vida (Ávalos, 2004).

Los ciclones tropicales son parte del sistema natural generados en los océanos con temperaturas en el agua del mar mayor a 26°, esta condición induce a su intensificación, fortalecimiento y potencializándose, lo que se desplazan en las corrientes oceánicas cálidas propiciándose que se vuelvan más intensos y poderosos en su estructura física, son los factores geográficos quienes determinan el acercamiento hacia los centros urbanos que se ubican sobre la costa y hacia el interior del territorio (Frausto, 2014).

En el atlas de ciclones tropicales (Rosengaus y otros, 2002), demuestran que las ciudades de la península de Yucatán están ubicadas en una zona de tránsito ciclónico, los cuales presentan una dirección de sur a norte en la inmensa mayoría de las trayectorias. Sin embargo, estas han variado en tiempo y espacio, esto se debe a las condiciones del medio ambiente como la temperatura del agua oceánica, presión atmosférica, temperatura en superficie y las condiciones de humedad en el medio ambiente.

La ciudad de Motul de Carrillo Puerto, ubicada en la región centro-costa del estado de Yucatán a una distancia aproximada de 35 km del canal de Yucatán, su localización geográfica de la ciudad, ha sido afectada por algunos ciclones tropicales desde 1850 de acuerdo con los datos históricos sobre las trayectorias de ciclón generadas por la Agencia Nacional de Océanos y Atmosfera de los Estados Unidos (NOAA) por sus siglas en inglés, la presencia de daños de desastre por estos fenómenos ha sido constante ante la presencia de éstos por la región. Es una ciudad construida desde la época prehispánica, su condición territorial ha permitido que la población que habita en este lugar tenga conocimiento sobre la presencia de este fenómeno a través de generaciones (Quezada, 2001).

Ciudad de Progreso de Castro, ubicada sobre la línea de costa, sobre el canal de Yucatán, ha sufrido daños por desastre de algunos ciclones tropicales como ha sido el caso de los huracanes Gilberto en septiembre de 1988 y Isidoro en 2002 por citar algunos casos. La presencia de fenómenos hidrometeorológicos presenta trayectorias que han afectado la

vida de los habitantes, es una ciudad portuaria, utilizada por embarcaciones turísticas y carga de gran calaje, sirve para el tránsito comercial e industrial y de productos que se producen en las regiones del estado.

Los registros históricos de las trayectorias de los ciclones tropicales, las ciudades de Progreso de Castro y Motul de Carrillo Puerto se ubican dentro de una zona propensa al tránsito en la temporada que sea establecido anualmente, presentan antecedentes de haber sufrido daños en su infraestructura urbana por fenómenos ciclónico, los cuales han cruzado a una distancia menor a 10 kilómetros del centro de las ciudades.

El interés de los gobiernos locales expuestos por retomar la cultura de la prevención de daños entre la sociedad mexicana debe proponer esquemas de adaptación a los efectos del cambio del clima global en las áreas urbanas costeras. El crecimiento de las ciudades debe estar referido en los estudios científicos que contribuyan a disminuir los daños de desastre en la población costera.

Las sociedades preparadas para enfrentar, resistir el riesgo y la vulnerabilidad que han sido previstos, poseen una cultura que implica, voluntad, cooperación y solidaridad; donde existe organización y capacidad técnica para poder afrontar estos fenómenos extremos, también existe la posibilidad de minimizar los daños por desastre. Lo anterior, sirve para fomentar el desarrollo de investigaciones que fortalezcan las capacidades técnicas y científicas de las ciudades que se encuentran expuestas a ciclones tropicales en su territorio (Cilento, 2005)

Para alcanzar el propósito central de esta investigación, el cual se enfoca en el análisis de la vulnerabilidad urbana inducida por los ciclones tropicales en dos ciudades ubicadas dentro del corredor ciclónico de la península de Yucatán a escala de secciones electorales se debe elaborar un marco teórico-conceptual de vulnerabilidad urbana aplicado al estudio de los ciclones tropicales desde un enfoque de cambio climático. Además de

estudiar el proceso de referencia en la literatura elaborada sobre la vulnerabilidad de las ciudades, así como explicar los procesos sociodemográficos en cada una de las secciones electorales que integran las ciudades en estudio.

Para evaluar la vulnerabilidad urbana mediante la construcción y aplicación de indicadores que coadyuven en la medición de la sensibilidad, susceptibilidad y capacidad de adaptación de la población vulnerable y con los resultados alcanzados categorizar e interpretar los niveles de vulnerabilidad urbana a nivel de secciones electorales, así como su relación con las trayectorias de los ciclones tropicales.

El interés de este trabajo de investigación surge de la siguiente hipótesis de trabajo e ideas que se presentaron en la exploración del tema: *si a mayor deterioro de los factores socioambientales locales entonces, es mayor el incremento en los grados de vulnerabilidad por las amenazas externas sobre la infraestructura urbana de las ciudades.*

¿Son los cambios ambientales factor de alteración para definir las trayectorias de los ciclones tropicales hacia las ciudades?

¿Qué factores demográficos determinan la generación de afectación en las estructuras sociales y económicas de las ciudades ante la amenaza de los ciclones tropicales?

¿Es la situación geográfica, la que define los niveles de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de las ciudades ubicadas en corredores de tránsito ciclónico?

Para el estudio de la vulnerabilidad urbana de las dos ciudades expuestas ubicadas en el corredor de tránsito ciclónico de la península de Yucatán, se ha estructurado en cinco capítulos, los cuales contribuyen en el análisis de los factores científicos que intervienen

en la propensión de la vulnerabilidad de los habitantes amenazados anualmente en las ciudades del estado de Yucatán .

El primer capítulo, inicia con la descripción de los componentes que integran el riesgo, amenaza, peligro y vulnerabilidad, se describen los aportes teórico-conceptuales de la vulnerabilidad urbana desde los estudios realizados por la vulnerabilidad global. Se hace referencia a los tipos de enfoques construidos para definir los tipos de vulnerabilidad aplicados a la amenaza de los ciclones tropicales y se define una propuesta conceptual sobre el tema a escala de secciones electorales.

En el segundo capítulo se realizó una revisión de los estudios construidos desde la vulnerabilidad global a escala internacional y nacional, así como el recuento de las investigaciones construidas para definir la vulnerabilidad urbana, ciclones tropicales y las ciudades estudiadas desde las distintas disciplinas.

El tercer capítulo se lleva a cabo la descripción de la zona de estudio desde el ámbito geográfico, características demográficas de la población, su economía y el estudio de las trayectorias de los ciclones tropicales por rangos de distancia a la que han cruzado de las ciudades como parte de su proceso de afectación a lo largo de la historia.

Para el cuarto capítulo se evaluó la vulnerabilidad de las ciudades a nivel de las secciones electorales ante la amenaza de los ciclones tropicales mediante la construcción de indicadores por subíndices de cambio climático (exposición, sensibilidad y capacidad). Posterior a este proceso, se aplica la estandarización de los indicadores mediante el método Saaty y como resultado final se obtiene el índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales (IVUCT).

Por último, el quinto capítulo se generó la interpretación del índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales mediante la caracterización de subíndices de cambio

climático, se lleva a cabo un recuento de los daños generados por los ciclones tropicales en las ciudades, Además se interpreta el IVUCT con los escenarios de cambio climático mediante la revisión de las variables ambientales de precipitación total anual, índice de Lang y lluvia invernal para el año 2030.

Capítulo I. Marco teórico-conceptual sobre vulnerabilidad urbana y ciclones tropicales

Introducción

Este capítulo está integrado por cuatro apartados, en ellos se describe el marco teórico conceptual de la vulnerabilidad por ciclones tropicales aplicado a las ciudades urbanas en estudio. En el primer apartado se inicia con la descripción de los componentes que integran el riesgo, amenaza, peligro y vulnerabilidad.

En el segundo apartado se describen los distintos enfoques de la vulnerabilidad y su aplicación al ámbito urbano, el cual no ha sido integrado en el desarrollo teórico-conceptual de la vulnerabilidad, los instrumentos de su medición operacional, así como su marco normativo, el cual establece los cambios aplicados desde el ámbito de las instituciones nacionales y desagregarlo según el nivel de jerarquía hasta el ámbito local.

En el tercer apartado son retomados los enfoques elaborados para el estudio de la vulnerabilidad global, los cuales, para esta investigación han sido retomados y aplicados a los estudios urbanos y de la ciudad. Aunque no existe ningún estudio específico orientado hacia la condición local que se allí realizado para determinar el origen teórico integral desde la parte física y social.

Por último, se lleva a cabo la descripción conceptual del objeto de estudio a través de la interpretación de las definiciones conceptuales sobre el enfoque de vulnerabilidad a

cambio climático a la propensión de las amenazas de los ciclones tropicales en las secciones electorales de las ciudades.

Los procesos conceptuales de vulnerabilidad urbana abordados se derivaron de la presencia de amenazas por ejemplo (ciclones tropicales) y de estudios sobre riesgo y vulnerabilidad, se realizó una descripción de los tipos de enfoque construidos para analizar la vulnerabilidad desde diversas disciplinas.

Para definir la vulnerabilidad urbana, se partió de la vulnerabilidad global, al no existir estudios propios del urbanismo, se hizo una revisión de la literatura para describir el proceso por el cual los autores, han construido el proceso conceptual sobre este tema. Además, se llevó a cabo una revisión de las variables utilizadas para medir la vulnerabilidad generada en los centros urbanos desde los distintos enfoques disciplinares.

Una vez realizada la revisión de la literatura se construyó una definición, con base a los elementos revisados, analizados y se describen las variables que se deben considerar para crear una nueva aportación conceptual al estudio de la vulnerabilidad.

1.1 Componentes del riesgo

El estudio del riesgo representa el primer acercamiento científico que se ha realizado para la comprensión de procesos entre la naturaleza y la sociedad. Hoy en día los avances técnicos y científicos han acelerado el proceso económico, y con ello han surgido a formas irracionales de uso y aprovechamiento de los recursos naturales, que han generado un deterioro al medio ambiente (UNEP, 2013).

Para comprender la noción del riesgo, sus características y sus variables, es importante establecer la relación con la vulnerabilidad, primero es considerar la acción de un evento

probable de ocurrencia sobre un sistema sensible o la interfase entre el fenómeno que amenaza con generar daños y los elementos que se encuentran expuestos. El riesgo contiene cuatro componentes: la amenaza, la probabilidad (con respecto al lugar y momento de ocurrencia e impacto del fenómeno y los factores coyunturales), la complejidad (ligada al sistema) y las pérdidas (Chardón, 1998:3).

Lavell (2010), define el riesgo como la probabilidad de daños y pérdidas, es un concepto fundamental que supone la existencia de dos factores: amenaza y vulnerabilidad, que crea la interrelación o intersección entre estos dos tipos de factores, cuyas características y especificidades son sumamente heterogéneas. Para fines analíticos, los estudios separan estos dos factores, donde se establece una aparente autonomía de ambos, pero en la realidad es imposible hablar de amenaza sin la presencia de vulnerabilidad y viceversa.

El riesgo considera a la probabilidad como parte de las consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (personas, daños a la propiedad, medios de subsistencia, interrupción en las actividades económicas y deterioro al medio ambiente) resultado de la interacción entre amenazas naturales y las condiciones de vulnerabilidad en un lugar específico (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, 2010).

El riesgo en áreas urbanas interviene en dos componentes principales: el fenómeno natural potencialmente dañino (la amenaza) y la sociedad amenazada susceptible de sufrir los daños (la sociedad vulnerable) (Chardón, 1998), a raíz de esta construcción conceptual se describe la siguiente fórmula que permite describir el riesgo:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Donde:

Amenaza = Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno según el tipo de origen que genera algún daño.

Vulnerabilidad = Proceso de pérdida potencial que sufre un conjunto de elementos expuestos durante la presencia de un fenómeno perturbador.

El riesgo describe las formas en como la presencia de las amenazas afectan la estabilidad de las condiciones socioambientales de una región, bajo esta concepción se desarrolla el análisis de la vulnerabilidad, se retoma la fórmula que describe la manera de abordar el riesgo, en la cual es utilizada en la literatura. Esto permite el desglose de las variables y crear las variaciones que puedan darse entre la concepción del riesgo y vulnerabilidad asociada a una amenaza específica (Olmos, 2001).

Existen distintas clasificaciones para agrupar a los fenómenos que generan riesgos, una de ellas fue creada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2001), el cual efectuó su propia tipología que afectan a la sociedad mexicana, mismo que se describe a continuación:

1. Amenazas de origen geológico. Son aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta, son denominados fenómenos geológicos, los cuales, a su vez se clasifican en: sismicidad, vulcanismo, tsunamis, movimientos de laderas y suelos
2. Amenazas de origen hidrometeorológico. Estos eventos presentan un origen meteorológico y climático, se presentan en temporadas específicas a lo largo del año, provocan la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia. Están asociadas a las lluvias (precipitación pluvial), tormentas de granizo y nieve, heladas, ciclones tropicales, inundaciones, sequías, erosión, viento y marea de tormenta.
3. Amenazas de origen químicos. Son las sustancias derivadas de la actividad industrial las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- a. Convencionales. Son aquellos ligados a las actividades laborales (por ejemplo: riesgo de caídas desde escaleras, accidentes por descargas eléctricas, riesgos derivados de maquinaria, etc.).
 - b. Específicos. Relacionados con la utilización de sustancias particulares y productos químicos que, por su naturaleza pueden producir daños de corto y largo alcance a las personas, a las cosas y al ambiente.
 - c. Grandes riesgos potenciales. Ligados a accidentes anómalos, que pueden implicar explosiones o escapes de sustancias peligrosas (venenosas, inflamables, etc.) que llegan a afectar vastas áreas en el interior y exterior de la planta.
 - d. Intrínseco del proceso industrial. Dependen de la naturaleza de los materiales que se manejen, de las modalidades energéticas utilizadas y la vulnerabilidad de los diversos equipos que integran el proceso, así como la distribución y transporte de los materiales peligrosos.
 - e. De instalación. Depende de las características del sitio o configuración de las áreas destinadas en las que se encuentra ubicada, pueden existir factores que magnifiquen los riesgos que puedan derivar de accidentes (condiciones meteorológicas, vulnerabilidad de la población aledaña, ecosistemas frágiles, infraestructura para responder a accidentes, entre otros).
4. Amenazas de origen sanitario. Son eventos relacionados con la contaminación de aire, agua y suelos; los que sean propios del área de salud, esencialmente las epidemias; también se incluyen algunos ligados a la actividad agrícola, como la desertificación y las plagas.

5. Amenazas de origen socio-organizativos. Esta categoría entrelaza ciertos accidentes y actos que son resultado de actividades humanas. Se tienen por una parte los accidentes relacionados con el transporte aéreo, terrestre, marítimo o fluvial; la interrupción del suministro de servicios vitales; los accidentes industriales o tecnológicos.

Existen más clasificaciones sobre las amenazas de riesgo en la literatura, un ejemplo es la realizada por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red). Esta agrupa a los fenómenos por su origen: natural, socio-natural o tecnológico, en función de la forma en cómo estos actúan el detonante de los efectos adversos sobre las vidas humanas, la salud y/o la infraestructura económica y social de una comunidad¹.

Se pueden referir otras clasificaciones sobre los fenómenos que propician riesgo, algunos de ellos se presentan a nivel local y son considerados en el Atlas Nacional de Riesgos, elaborado por la Secretaría de Gobernación (SEGOB) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) publicado y actualizado a 2015, en el cual clasifica a los tipos de fenómenos que se presentan de forma frecuentes, según las características geográficas del territorio mexicano, los cuales se describen a continuación:

1. Fenómenos geológicos (sismos, erupciones y emisiones volcánicas, tsunamis, inestabilidad de laderas, hundimientos regionales y locales, agrietamientos).
2. Fenómenos hidrometeorológicos (ciclones tropicales, inundaciones, tormentas de granizo, heladas y nevadas, frentes fríos y bajas temperaturas, tornados, vientos y sequías).

¹ Consultado en www.desinventar.org/es/metodología, mediante la guía metodológica en el apartado sobre los tipos de evento, el cual está disponible en línea y sirve de referencia para la interpretación de los campos y variables que componen la base de datos sobre desastres.

3. Fenómenos químico-tecnológicos (fugas y derrames, almacenamiento de sustancias peligrosas, incendios y explosiones, transporte de sustancias tóxicas).
4. Fenómenos sanitario-ecológicos (epidemias y plagas, erosión, contaminación de agua, aire, suelo y alimentos, marea roja y residuos peligrosos).
5. Fenómenos socio organizativos (accidentes de transporte, interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica, demostraciones de inconformidad social, accidentes derivados del comportamiento y acciones premeditadas).
6. Fenómenos del espacio exterior (radiación ultravioleta).

Es importante señalar que el riesgo no es constante, por lo que analizar los factores que inciden en la vulnerabilidad, es una forma de explicar los procesos de degradación ambiental, socioeconómica y cultural. Aunque con el tiempo, la sociedad no siempre tiene la capacidad de absorber los efectos de un fenómeno perturbador, por lo que existe una demanda por construir y profundizar en el conocimiento sobre los fenómenos que propician daños de desastre que se presentan con mayor intensidad en el territorio.

Para considerar el riesgo, se deben seguir tres pasos: evaluar el peligro o amenaza y análisis de la vulnerabilidad, como resultado de relacionar los dos elementos anteriores. Los cambios en uno o más de estos parámetros modifica el riesgo en sí mismo (Cardona, 1993:55).

1.2 Tipos de enfoques sobre vulnerabilidad

La percepción de la vulnerabilidad está vinculada al concepto de riesgo en la literatura como punto de inicio, en ella se determina la existencia de varias maneras de ser interpretada conceptualmente. La forma de aplicarla y su entendimiento está en función de la forma en cómo se entienda según el fenómeno estudiado.

Para describir el tipo de enfoque sobre el tema de vulnerabilidad, se retoma a (Olmos, 2001), (Brooks, 2003), (Füssel y Adger, 2006) quienes han llevado a cabo una revisión de la literatura y en la que señalan los aportes conceptuales y metodológicos realizados.

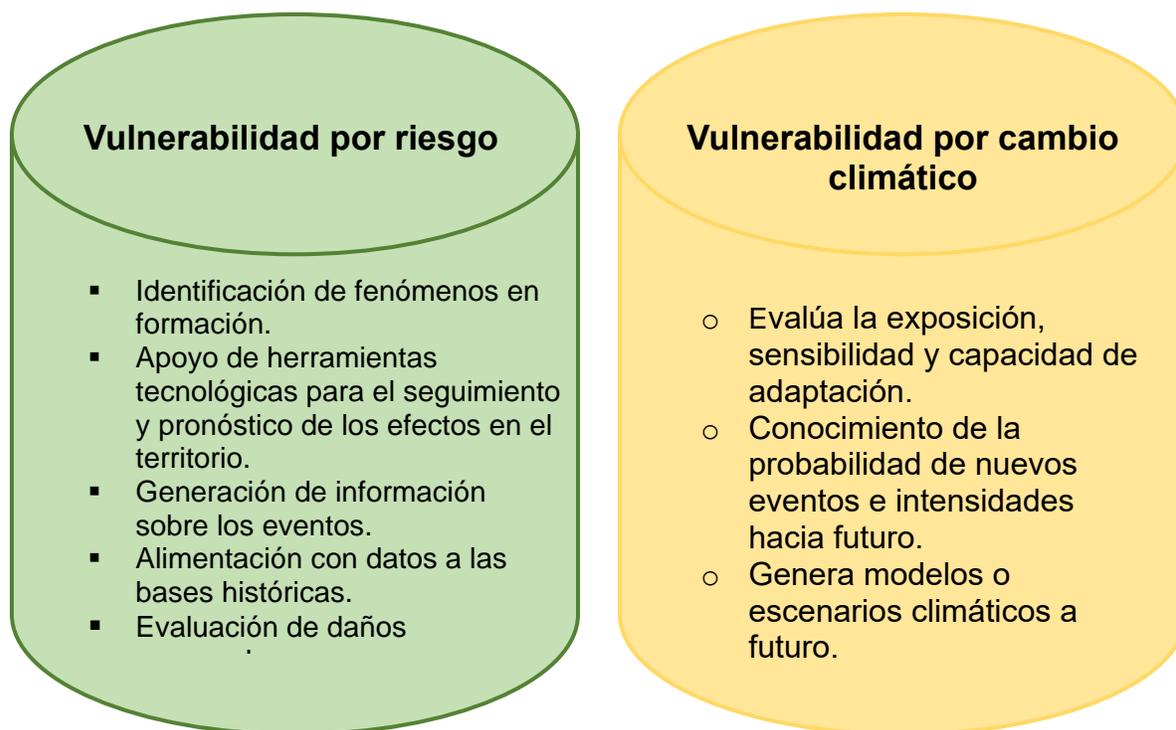
La manera de estudiar la vulnerabilidad a cambiado en los últimos cincuenta años, esta situación permito distinguir distintos tipos de enfoques, conceptos y metodologías construidos a través de factores como los ambientales, sociales y económicos, los cuales han permitido el estudio del deterioro al medio ambiente y que incidieron en la generación de daños de desastre en la sociedad urbana (Füssel y Klein, 2006).

En el Figura 1 se muestra las características generales de dos tipos de enfoques que se han construido para el estudio de la vulnerabilidad, la investigación describe los elementos conceptuales, técnicos y metodológicos que emplean cada uno de estos dos enfoques en particular. Los cuales servirán para estudiar las definiciones que han realizados los autores sobre el tema y que serán discutidas más adelante dentro del documento.

1.2.1 Enfoque de vulnerabilidad a riesgo

Este enfoque se encuentra indisolublemente ligado a las conceptualizaciones que se han hecho en el tiempo sobre la presencia de los desastres como eventos de gran magnitud y su análisis, los cuales fueron estudiados inicialmente por los especialistas de las ciencias naturales en el estudio de fenómenos como los terremotos; las erupciones volcánicas; los deslizamientos en zonas de ladera o de montaña debidos a caída de tierra, lodo o formaciones de hielo y/o nieve; los huracanes, y, en general, todo lo que recaer bajo el domino de lo geodinámico, hidrometeorológico y tecnológico (Cardona, 2003).

Figura 1. Enfoques de la vulnerabilidad.



Fuente: Starlling, (1997) y Romo, (2006).

Se construye a raíz de la presencia de amenazas en tiempo real, conlleva a la generación de información socioambiental ante la presencia física del fenómeno. Se inicia con la vigilancia y seguimiento de amenazas o peligros identificados y se apoya en herramientas tecnológicas para alertar a las poblaciones expuestas.

La comprensión del enfoque de vulnerabilidad por riesgo se basa en la probabilidad de ocurrencia en los eventos. Diversos autores que definen conceptualmente a la vulnerabilidad desde la visión física (ambiental), con la cual se han construido los estudios que anteceden esta investigación. Son las condiciones geográficas del territorio, una determinante en el aumento o disminución del riesgo o amenaza, pero también los factores sociales y económicos, influyen para generar condiciones adversas que inciden directamente en la infraestructura física construida para los habitantes urbanos.

Para Hewitt y Burton (1971) la vulnerabilidad está articulada desde una serie de escalas que llevaron al ámbito académico a consolidar una noción que permitiera entender y explicar el riesgo a partir de la relación sociedad-naturaleza (citado por Wisner, 1976).

Para Timmermann (1981) el grado en que un sistema reacciona adversamente a la ocurrencia de un evento peligroso, está condicionada por la resistencia del sistema (medida de su capacidad para absorber y recuperarse de evento o fenómeno perturbador).

En el estudio de la vulnerabilidad por riesgo Maskrey (1989) considera tanto lo físico como lo social, deduce el grado de exposición y la diferencia de la fragilidad de la población ante la amenaza, es una condición que permanece en forma continua en el tiempo, se encuentra íntimamente ligada a los aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades, por lo que se requiere de un trabajo interdisciplinario que involucre tanto a las ciencias naturales como a las sociales.

Por su parte, Liverman (1990) distingue dentro de los estudios de vulnerabilidad las condiciones biofísicas, políticas, sociales y económicas de la sociedad. Considera a la vulnerabilidad por su espacio geográfico (como el lugar donde se encuentran las personas vulnerables) y su espacio social (características del lugar vulnerable).

Según Cutter (1996) señala que existe la probabilidad en que los individuos o grupos estarán expuestos y adversamente afectados por un peligro, refiere que la interacción de los peligros de un lugar con el perfil social de una comunidad expuesta.

Dentro de los estudios de vulnerabilidad Blaikie y otros, (1996) considera las características de una persona o grupo como su capacidad de anticipar, sobrevivir, resistir o recuperarse del impacto de una amenaza natural, es una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia quedan en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad. Agrega que los factores sociales

determinan el grado en que la vida de la población está estrechamente correlacionada con la posición económica, raza, género, edad, medios de vida, propiedad (bienes materiales) y otros activos que se exponen al riesgo por un evento.

Pero Dow y Downing (1995) adentran a los estudios de la vulnerabilidad la susceptibilidad diferencial de las circunstancias que contribuyen a la vulnerabilidad. Los factores biofísicos, demográficos, económicos, sociales, tecnológicos, dependencia económica, el racismo y la edad de la infraestructura, son algunos de los factores que se han examinado en asociación con los riesgos naturales.

La vulnerabilidad integra las circunstancias que colocan a las personas en riesgo al tiempo que reduce sus posibilidades de respuesta negándoles la protección disponible. Además, consideran a las características de una zona respecto al peligro, exposición, preparación, prevención y capacidad de respuesta para hacer frente a los riesgos naturales específicos. Es una medida de la capacidad de este conjunto de elementos para soportar los eventos de carácter físico (Weichselgartner y Bertens, 2000).

De acuerdo con Aguirre (2004) describe en el estado de la vulnerabilidad a las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente bajo amenaza o riesgo. Considera la dimensión histórica de los medios de vida de las personas, uso de suelo, dimensiones de poder y aspectos políticos que son importantes, para contextualizar la vulnerabilidad individual y grupal.

Más recientemente, la Ley General de Protección Civil (LGPC), define a la vulnerabilidad es la susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales y el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) (2015), considera a la vulnerabilidad como una facilidad con la que un sistema puede cambiar su estado normal a uno de desastre, por los impactos de una

calamidad. Es una medida del porcentaje del valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado (Cámara de diputados, 2017).

1.2.2 Enfoque de vulnerabilidad a cambio climático

La vulnerabilidad al cambio climático está relacionada con los sistemas físicos y se considera un problema de desarrollo (Lampis, 2013). Este enfoque describe una forma más analítica del concepto vulnerabilidad, incorpora más elementos como el territorio y el clima. Este punto de vista es el más actual en el estudio de la vulnerabilidad ante las perturbaciones climáticas y sus efectos, por lo cual los autores que refieren esta visión describen elementos del riesgo, proponen un análisis más específico sobre los efectos a mayor temporalidad.

El impacto de las amenazas en tiempo real permite generar acciones de alertamiento sobre los efectos en el territorio y la posibilidad de daños a futuro. Los efectos producto de las actividades humanas propician estrés en el ambiente, por lo que las amenazas o peligros son más constantes y de mayor intensidad en la actualidad (Sánchez y Bonilla, 2007).

La vulnerabilidad es considerada una medida del bienestar humano que integra la exposición ambiental, social, económica y política a una gama de posibles perturbaciones nocivas. Es un espacio social de varias capas multidimensionales definidas por las capacidades determinadas de la gente en lugares y momentos específicos (Bohle y otros, 1994).

Para Watson y otros, (1996) la vulnerabilidad es el grado en que puede dañar o generar daños a uno o más sistemas. No sólo depende de la sensibilidad de un factor expuesto, sino también de su capacidad para adaptarse a las condiciones climáticas.

Por su parte, Adger incluye en los estudios de vulnerabilidad a la exposición de los grupos o individuos al estrés como resultado de los impactos del cambio climático y los extremos climáticos. Engloba la interrupción de los grupos o individuos, medios de vida y la adaptación forzada a los cambios en el entorno físico. Explica las combinaciones de factores sociales y riesgo ambiental, donde estos son aquellos aspectos físicos del clima relacionados con los riesgos exógenos al sistema social, sus implicaciones conceptuales y la serie de transformaciones en los parámetros sociales que influyen a lo largo del tiempo (Adger, 1999: 252).

La vulnerabilidad es un concepto que debe ser estudiado de forma multidimensional, la cual incluye la *exposición*, considerada como el grado al cual un grupo humano o ecosistema entra en contacto con un riesgo particular; la *sensibilidad* es el grado al cual una unidad de exposición es afectada por la exposición y *resiliencia* no es más que la capacidad para resistir o recuperarse del daño asociado con la convergencia de presiones múltiples (Clark y otros, 1998).

Durante la Sexta Conferencia de las Partes celebrado en el Congreso Mundial de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-6), Robert T. Watson, define a la vulnerabilidad como el grado en que un sistema natural o social es susceptible a sufrir daños propiciados por los efectos del cambio climático en función de la magnitud, la sensibilidad y la posibilidad de adaptar el sistema a los cambios en el clima. Por lo tanto, un sistema altamente vulnerable es uno muy sensible a pequeños cambios en el clima y para el cual la capacidad de adaptación está muy limitada (Olmos, 2001).

El IPCC (2001) define a la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible, incapaz de hacer frente a los efectos adversos, como la variabilidad climática y eventos extremos. Existen tres componentes para el análisis: la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación del sistema a los cambios externos, agrega que dependerá del carácter, magnitud y rapidez a que está expuesto un sistema (IPCC, 2007:89).

Por otro lado, Brooks considera la vulnerabilidad en dos tipos: (a) biofísica que está en función de la amenaza, la exposición y sensibilidad; y está asociado al concepto de riesgo en la literatura de peligros naturales, y (b) social que describe los factores que determinan el resultado de un evento de amenaza y la gravedad dada en el espacio y tiempo (Brooks, 2003: 4).

Füssel se enfoca al marco de riesgo-amenaza, supone que el sistema está descrito por los factores de riesgo (peligro y vulnerabilidad). Sin embargo, el cambio climático a mayor escala temporal requiere un enfoque de riesgo como parte del marco de evaluación dinámica que dé cuenta de los cambios en todos los grupos de factores de vulnerabilidad determinada en la exposición a riesgos climáticos y por su futuro en la sensible a estos peligros (Füssel, 2006: 21).

Autores como Ciurean y otros (2013), agregan al análisis de la vulnerabilidad la incapacidad para resistir los efectos de un entorno hostil. En un lenguaje cotidiano, la vulnerabilidad es considerada una medida de posible daño futuro (Wolf y otros, 2013).

Los estudios consultados para detallar este enfoque de vulnerabilidad ante el cambio climático hacen referencia al grado en que se han llevado a cabo las investigaciones del tema por organismos internacionales como Panel Intergubernamental de Cambio Climático, describe en sus reportes sobre el estado de la vulnerabilidad, la importancia de profundizar en el impacto espacial y su intervención local. Existe una serie de etapas que han permitido disminuir la susceptibilidad de la población en la atención de desastres por eventos climáticos extremos estas son: prevención, adaptación y mitigación (IPCC, 2001 y 2007).

Los investigadores sociales consideran a la vulnerabilidad como la incapacidad de las personas para hacer frente a los peligros, aunado a factores socioeconómicos. En contraste, los investigadores del clima consideran al tiempo, las perturbaciones

climáticas, la probabilidad de la ocurrencia y relacionados con el clima como los eventos extremos para describir la vulnerabilidad (Nicholls y otros, 1999).

1.2.3 Marco legal de la vulnerabilidad

Las Naciones Unidas promueven la realización de estudios sobre la influencia que tiene el CO₂ en la atmósfera; fue a principios de los años setenta que cobró importancia ante la comunidad internacional, al hacerse evidente que las concentraciones de CO₂ y la temperatura en superficie aumentaban. La información científica generada hasta 1979, propició se llevara a cabo la primera Conferencia del Clima Mundial, con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática debido a causas naturales y antropogénicas, y para evaluar las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas (Martínez y Fernández, 2004).

La generación de acciones promovidas mediante acuerdos destaca el protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cual fue adoptado durante la tercera reunión de la Conferencia de las Partes (CoP3) en 1997. El Protocolo establece la obligación legal vinculante sobre los países desarrollados y con economías en transición aquellos que sean de mercado, para reducir sus emisiones de seis Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Guzmán y otros, 2004).

Esta situación marcó un precedente como parte de las negociaciones internacionales, para disminuir los factores de incidencia en el riesgo y la vulnerabilidad, así como los impactos en la sociedad. Esta situación propicio la aplicación de políticas públicas, creación de leyes, programas e instrumentos de gestión que permitan la disminución de los daños generados por los eventos que se presentaron hacia finales de los años ochenta en el país (CICC, 2007).

Para cumplir con los compromisos asumidos y atender las problemáticas derivadas de los cambios del clima global, el gobierno de México creó la Ley General de Cambio Climático (LGCC) en 2012 y la actualización a la Ley General de Protección Civil (LGPC) en 2014. Estas leyes son de importancia por su trascendencia que implica la disminución de los daños que generan los diferentes fenómenos naturales asociados al riesgo en la economía de una nación.

A raíz de los desastres que se presentaron en la década de los años ochenta, la falta de mecanismos jurídicos que promovieran la protección civil así como la disminución de los efectos del cambio climático, se derivaron programas sectoriales para atender y prevenir daños futuros que enfrenta la sociedad como fue el surgimiento de los programas de atención de emergencias urbanas, atlas de peligros o riesgos urbanos, etc.

El análisis de las leyes permite distinguir los objetivos, alcances y características de su contenido en función de la vulnerabilidad y el cambio climático. Aunque existen reglamentos complementarios que están relacionados con los instrumentos para preservar el estado de derecho entre las instituciones públicas con los sectores de la población y económicos del país.

La Ley General de Protección Civil (LGPC), hace referencia a los protocolos y acciones a seguir ante la presencia de cualquier amenaza que derive en una situación perturbadora para la población de un territorio. Esta ley contempla las obligaciones que deberán de asumir las unidades estatales y municipales para la anticipación y seguimiento de los fenómenos, así como las acciones a emprender para la disminución de daños y la prevención de las sociedades afectadas.

Esta ley está constituida por 18 capítulos descritos en 94 artículos, los cuales enmarcan las acciones gubernamentales, la participación ciudadana, las atribuciones institucionales, generación de políticas públicas, organización y gestión integral del

riesgo en medidas que permita el fortalecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) (Cámara de diputados, 2017).

La Tabla 1 (ver anexo), describe el contenido, entre los temas que integra (LGPC) inicia con las disposiciones generales, el fortalecimiento del sistema nacional, creación del consejo y comité nacional, impulsar la cultura de protección civil, profesionalización de sus miembros, la conformación de la escuela nacional, la integración de grupos voluntarios, integración de la red de brigadista comunitarios, aplicación de instrumentos financieros de gestión de riesgos, fondos de protección civil, donaciones para auxiliar a la población, medidas de seguridad, integración de particulares, detección de zonas de riesgo y la integración de la población rural afectada por eventos climatológicos.

La ley contempla los distintos ámbitos de gobierno, nacional, estatal y municipal. Relega las actividades que debe llevar a cabo cada una de las instituciones en función de sus capacidades operativas, además de intervenir en el fortalecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil. Promueve la cultura de la prevención ante cualquier emergencia, ya sea de origen natural o antropogénica, en las cuales se cuenta con los argumentos legales que se deben utilizar para minimizar los riesgos y vulnerabilidad a los que está expuesta cada región del país.

Complementa una serie de referencias, intervenciones y acciones en la manera de actuar de las instituciones públicas federales, así como la manera de aplicar los mecanismos de respuesta para enfrentar una emergencia desde un enfoque preventivo. Los eventos que han causado una profunda huella en la sociedad civil es uno motivo por el cual se ha fortalecido los mecanismos de seguimiento a fenómenos que pueden ser prevenidos con anticipación como las lluvias, ciclones tropicales e inundaciones, etc.

Aunque no se establecen las actividades a realizar por cada una de las Secretarías de Estado, éstas cuentan con algún tipo de programa que se asocian a minimizar el riesgo,

vulnerabilidad a cambio climático entre sus actividades. El Programa Nacional de Desarrollo es el eje rector de las actividades gubernamentales y sirve de referencia a los programas institucionales de los gobiernos estatales y municipales, los cuales se ajustan a las problemáticas que enfrentan las sociedades locales. Los mecanismos de coordinación están determinados por el Consejo Nacional de Protección Civil, se instala en función del tipo de fenómeno que incida en la seguridad de la sociedad expuesta.

El reglamento de la Ley General de Protección Civil contempla 18 capítulos donde se especifica el contenido del reglamento, acompañado de 114 artículos que dispone para la ejecución cabal de la ley en materia de protección civil a nivel nacional. Aunque existen leyes estatales y municipales, está basada en las disposiciones de la ley general en la materia.

En la Tabla 2 (ver anexo), reporta el reglamento de la Ley General de Protección Civil, en donde se describe las obligaciones, procedimientos, metodologías, organización y ejecución de las medidas que adoptara el SINAPROC durante su operación institucional. Está integrada por las disposiciones generales, creación de la coordinación nacional, implementación de la gestión integral del riesgo, lo referente a los grupos voluntarios, creación de la escuela nacional, atención de situaciones de emergencia y desastre, donaciones realizadas por la sociedad civil para el auxilio de la población, comité nacional de emergencias y el centro nacional de comunicación y operaciones, comités científicos de asesores, sistemas de monitoreo, características de los sistemas de alerta temprana, responsabilidad y participación de los integrantes del sistema nacional de los sistemas de alerta temprana, registro de particulares y dependencias públicas, programas para la formación de la protección civil, instrumentos de financiamiento, declaratorias de emergencias y desastre, prevención de desastre de origen natural, análisis y creación de atlas de riesgo.

Ley General de Cambio Climático (LGCC) es una herramienta jurídica que integra respuestas a los compromisos aceptados y firmados por los gobiernos nacionales para la disminución de actividades que inciden en la generación de los efectos del calentamiento de efecto invernadero, lo que inicia el fortalecimiento de los derechos civiles para gozar de un ambiente más saludable, así como contemplar acciones para la protección, explotación y aprovechamiento de los recursos ambientales con sistemas tecnológicos más limpios, más sustentables con los ecosistemas con los que cuenta el país.

La LGCC está constituida por 9 títulos como ejes rectores de esta ley, 116 artículos y 10 transitorios en los cuales se describen las actividades que realizan los actores gubernamentales, además se crea el Instituto Nacional de Cambio Climático (INECC), como la dependencia encargada de la creación de normas, medidas, inspección, vigilancia y la intervención con los actores sociales y durante el desarrollo de las actividades económicas promoviendo la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas a la atmósfera.

En la Tabla 3 (ver anexo) se hace una descripción del contenido de esta ley, así como los artículos relacionados con los grandes temas incluidos para su aplicación en soluciones a los problemas de riesgo y vulnerabilidad. Entre los contenidos que integra la ley están sus disposiciones y alcances, la coordinación de la evaluación, la política nacional referente al tema, la creación del Sistema Nacional, Comisión intersecretarial, Consejo de expertos, instrumentos de planeación para los objetivos de la estrategia nacional, participación social de la sociedad civil, inspección y vigilancia, medidas de seguridad y sanciones a aplicar en caso de no cumplir con esta ley.

La disminución del riesgo y la vulnerabilidad es parte de las estrategias emprendidas por los gobiernos federal, estatal y municipales mediante la coordinación de estrategias o programas desde las distintas secretarías, donde cada uno establece las acciones de intervención para enfrentar las diversas amenazas, las cuales deben permitir un mejor

bienestar social para las sociedades expuestas y que ayuden a evitar el empobrecimiento social (CICC, 2007).

De esta manera se han creado mecanismos jurídicos entre las acciones y las consecuencias sobre el deterioro ambiental que se ejercen de las actividades humanas, por ello se derivan este tipo de leyes enfocadas a la prevención y atención de los problemas que surgen de las actividades socioeconómicas, así como de los procesos que permitan una mejor armonía entre las actividades y el entorno.

Así mismo, la creación del Reglamento de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), establece las normas de operación, supervisión y acciones que deberán ser acatadas por los ciudadanos en el territorio nacional, es un instrumento de ordenamiento y observación general que regula los alcances de la LGCC en lo que se refiere al Registro Nacional de Emisiones; su aplicación corresponde al gobierno federal por conducto de la Secretaría sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias.

En la Tabla 4 (ver anexo), se describe el contenido del reglamento a la Ley General Cambio Climático, está constituido por 6 capítulos con 29 artículos y 10 artículos transitorios aparte. Los temas más importantes son los alcances del reglamento como tal, el registro nacional de emisiones de gases compuestos de efecto invernadero, sistemas de monitoreo, reporte y verificación, organismo certificados para la verificación, inclusión de proyectos de mitigación, reducción y absorción de emisiones.

Existen otras legislaciones nacionales que se enfocan atender el tema del riesgo y vulnerabilidad, estas son: Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU), a esta última ley se le ha integrado el ordenamiento del territorio e incluye los procesos de urbanización que ha permitido el desarrollo de la sociedad en diferentes regiones del territorio.

De estas leyes y reglamentos se desarrollan una serie de programas sectoriales, que mediante su operación permiten la aplicación de las acciones que mandata en los sectores para los cuales fueron creados. Mediante una revisión de las instituciones gubernamentales, se puede describir los programas enfocados a la atención del riesgo, vulnerabilidad y cambio climático, por citar algunos ejemplos se describen a continuación en la Tabla 5 (ver anexo).

Aunque la vulnerabilidad implica el análisis transversal desde el enfoque jurídico, es la competencia territorial la que se vuelve más vulnerable, cuando no existe legislaciones actuales que atiendan los problemas que inciden en el riesgo y vulnerabilidad de la población ante fenómenos de distintos orígenes, se debe crear planes y programas especiales que se enfoquen atender las necesidades de la población desde local con una visión preventiva, adaptativa y resiliente, por lo que en la medida que se logre el fortalecimiento del marco jurídico y regulatorio entre los organismos locales, las instituciones lograrán reducir la falta de mecanismos operativos, disminuirá el grado de sensibilidad de los habitantes a ser afectados en su bienes (Sánchez, 2013).

1.3 Tipos de enfoque aplicados a la vulnerabilidad urbana

La influencia de las sociedades urbanas con el tiempo ha desarrollado un aumento en el riesgo de cada habitante y sus hábitos han marcado la diferencia en la organización espacial de las ciudades. La falta de normas públicas que destaquen un crecimiento ordenado hace que las problemáticas urbanas se dimensionen, por lo cual la vulnerabilidad aumenta los niveles de exposición, si se agrega la dimensión medio ambiental, el daño es cada vez mayor (Aguilar, 2004).

La producción científica sobre la vulnerabilidad de las ciudades se ha presentado en la última década, esta tipología permite la generación de conocimiento a una escala local. Existen distintos tipos de vulnerabilidad agrupados en una global dentro de un sistema,

incorpora distintas variables que determinan su caracterización específica o particular según los sectores del sistema al que se desea analizar y que se encuentran estrechamente interconectadas entre sí. Wilches Chau (1996) plantea a través de este método los tipos de vulnerabilidad que se pueden definir de manera particular al análisis de cualquier fenómeno.

La vulnerabilidad global no integra a la variable urbana en el contexto analítico, por lo que la presente investigación intenta incorporar elementos conceptuales al marco teórico de la vulnerabilidad que permita su incorporación permanente en el enfoque de cambio climático retomadas de los factores estudiados en las diferentes tipologías construidas, por lo que representa una aportación al tema del riesgo y la vulnerabilidad desde la visión urbana.

Siguiendo con la descripción de la figura 1, sobre los enfoques aplicados a la vulnerabilidad, ahora será aplicado al ámbito urbano por diversos autores que han aportado ideas a este nuevo ámbito de estudio sobre la vulnerabilidad, por lo que se realiza un análisis de los estudios realizados en cada uno de los enfoques.

1.3.1 Vulnerabilidad urbana con enfoque de riesgo

La descripción de vulnerabilidad urbana por enfoque de riesgo implica las consecuencias derivadas de los distintos tipos de amenazas, los niveles de afectación y la manera en que se han registrado los desastres hacia el interior de los centros urbanos. Las particularidades internas de una ciudad propician que las condiciones de exposición a desastre sean diferentes entre los diversos grupos que habitan el área urbana, por lo que los niveles de afectación pueden ser distintos (Salas, 2007).

Los autores que han estudiado y describen los tipos de vulnerabilidad desde distintos enfoques, coinciden en la particularidad de los alcances territoriales en el estudio de los

peligros y amenazas, que son de interés para definir las fronteras conceptuales con los desastres urbanos; es una manera de darle sentido a las interpretaciones sobre los daños generados por la presencia de una amenaza que se conoce y que afecta de manera continua una sociedad en tiempo y espacio.

Para comprender el enfoque de la vulnerabilidad a riesgo, los autores describen la temporalidad de ocurrencia de los eventos, la magnitud con la que se presentan las amenazas, el potencial y la velocidad con la que se pueden presentar los daños durante la presencia de un fenómeno en un área urbana determinada.

Blaikie y otros, (1994) consideran la dificultad que tienen las ciudades para anticipar y enfrentar fenómenos físicos o antrópicos capaces de causar daños, pero también para enfrentarlos y superarlos después de su ocurrencia a una escala local.

Mansilla (2000) distingue ciertas características comunes del riesgo en la ciudad actual, los cuales pueden tener expresiones diversas en contextos urbanos particulares. Por ello la velocidad en el cambio de los factores de riesgo (vulnerabilidad y amenaza) pueden tener grados distintos a pesar de que se ubican en un mismo espacio geográfico, pero en diferentes ámbitos sistémicos a saber:

- a. El deterioro ambiental se debe a la transformación radical en los ecosistemas locales que se encuentran expuestos a las amenazas externas.
- b. El incremento en la extensión de las áreas susceptibles a sufrir daños causados por amenazas de distinta magnitud se concentra en elementos expuestos (viviendas, infraestructura, servicios, etc.), condiciones de crecimiento y evolución del sector social por el aumento de las áreas marginales, el desempleo, subempleo, deficientes construcciones de las viviendas, pérdida de valores culturales y desmantelamiento de la vida comunitaria, entre otros.

Mientras Lungo (2002) considera que el entorno urbano significa una propensión a sufrir daño y mide las dificultades que enfrenta una sociedad para recuperarse del daño sufrido a través de la estructura forma y función de las ciudades. Así como con las características de los diversos grupos humanos que ocupan el espacio y sus propios estilos o modalidades de vida.

Simioni (2003) agrega que no solo influyen las condiciones internas de una ciudad o grupo de personas, sino también a las condiciones ambientales, sociales y económicas que deben enfrentar ante la presencia de una amenaza o riesgo y que influye en las condiciones de infraestructura que permiten se desarrollen actividades comunes.

Por su parte, Lampis (2010), incorpora la función inversa de la capacidad de los individuos, grupos, hogares y comunidades de prever, resistir, enfrentar y recuperarse ante el impacto o efecto de eventos que implican una pérdida de activos materiales e inmateriales. Mientras que Milanés y Pacheco (2011) explican que son los factores internos del riesgo, que tiene una ciudad para ser afectada por fenómenos naturales o antrópicos (amenazas), además de su capacidad para enfrentar y superar los mismos.

Hizbaron y otros, (2012) consideran que la vulnerabilidad urbana debe analizarse desde dos enfoques: social y física. Social lo que representa una condición preexistente de las personas que potencialmente sufren pérdidas durante futuros escenarios de riesgo y física que representa una condición preexistente de una unidad de asentamiento urbano que potencialmente podrían ser dañado durante futuros riesgos.

Por último, Jabareen (2012) afirma que la vulnerabilidad existente en una comunidad o grupo urbano, no todos carecen de la capacidad para adaptarse algún tipo de evento. Existen distintas variables que se deben analizar, como: demográficas, salud, ingreso, educación, competencias lingüísticas, género, edad, capacidad física y mental, poder

político y el capital social, afectan la capacidad para hacer frente a los riesgos medio ambientales y las incertidumbres del futuro.

Aunque estos autores han definido la vulnerabilidad por riesgo, cada uno de ellos han aportado elementos que propician el desarrollo del estudio de la vulnerabilidad en distintos ámbitos territoriales, por lo tanto, existen compendios conceptuales que inducen a debatir los alcances disciplinares que intervienen en el desarrollo del tema. En el siguiente apartado, se integran aspectos conceptuales de otros enfoques que incide en el desarrollo de la vulnerabilidad visto desde una perspectiva más actual, con elementos que inducen a la descripción de la problemática prevaleciente en áreas propensas a desastre por fenómenos extremos.

1.3.2 Vulnerabilidad urbana con enfoque de cambio climático

La vulnerabilidad a cambio climático presenta características enfocadas a determinar los procesos generados por los cambios en el medio ambiente en los cuales, la población está imposibilitada a resistir los efectos naturales de los eventos climáticos extremos. Se considera la susceptibilidad, magnitud y capacidad de adaptación a los cambios extremos presentados en el ambiente (Magaña, 2013).

La vulnerabilidad urbana se considera al 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, 2011:18).

Para Olazabal (2010) la vulnerabilidad urbana es el grado en que un elemento urbano es susceptible o incapaz 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 Dodman (2011) puntualiza 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).

Aunque la vulnerabilidad urbana está surgiendo como un tema de relevancia en la actualidad ante la presencia de eventos cada vez más extremos, en el futuro se espera que estos se intensifiquen en zonas urbanas que presenta una variabilidad climática regional. En la historia, el hombre sea conjuntado en grupos sociales que han permitido su desarrollo como sociedad, para que esto sucediera fue necesario dos factores; 1) un conocimiento general sobre las condiciones ambientales, disponibilidad de recursos naturales y espacios territoriales con suelos aptos para su sobrevivencia; 2) conocimiento técnico y de recursos materiales para la fabricación de estructuras edificadas ajustadas a las condiciones bioclimáticas (Jabareen, 2012).

Con el descubrimiento de nuevos materiales disponibles en la naturaleza, el desarrollo de la humanidad es ajustado a los cambios en el paradigma de la construcción y reorganización del espacio para habitarlo. La incorporación en la innovación de técnicas de construcción ha contribuido a mejorar las condiciones de urbanización del territorio, mejorar la higiene, salubridad y funcionalidad al interior de las organizaciones sociales de las poblaciones hasta la llegada de la tecnificación en los procesos de producción de alimentos y actividades relacionadas para la sobrevivencia en las distintas culturas.

Para comprender el desarrollo técnico de la configuración de los centros urbanos actuales, es importante referir la historia que han permitido la conformación de las poblaciones que con el crecimiento han originado las ciudades. A pesar de estos procesos de urbanización, cada territorio apropiado para la construcción de áreas urbanas presenta la propensión al riesgo inducido por los distintos factores como el ambiental, social,

económico y el desarrollo de infraestructura en las localidades donde se ha establecido la población.

Además, una reforma distributiva como la que propone Godwin, conduciría a debilitar más aún la ley natural que ajusta población y recursos, lo que, tarde o temprano, se traduciría en un grave problema de sobrepoblación que amenazaría la existencia de la humanidad y su fuerte presión que ejercieron sobre los recursos naturales (Welti, 1998).

Años posteriores, el planteamiento teórico de Malthus se continuó discutido sobre la relación entre los medios de subsistencia y población. Así en algunos contextos se consideró al trabajo de Ester Boserup como una alternativa o incluso una refutación a las consideraciones integradas en la teoría de Malthus. La autora señala que una mayor presión de la población tiende siempre a inducir un cambio tecnológico que permite incrementar la producción de alimentos.

Examina la relación entre la población y los recursos naturales de forma inversa: el crecimiento de la población incrementa la densidad de población resultante aparecen como factores promotores de una nueva y exitosa presión sobre los recursos naturales. Aunque más complejo en la medida en que enfatiza la mediación tecnológica, se establece una relación inmediata entre la presión de la población y la productiva sobre los recursos naturales procesados de manera intensiva para el consumo en las sociedades modernas (Tudela, 2004).

Durante el siglo XIX, la naturaleza fue considerada un factor aislado de la cultura y de la población, fue estimado como un dato, algo dado y eterno; en la actualidad es imposible seguir pensando de esa manera. En los años recientes algunas perspectivas teóricas han pasado a entender a la naturaleza de una forma mucho más compleja, ahora se le ha denominado medio ambiente y a su vez se ha complejizado su relación con la población. Por tanto, la relación entre el desarrollo de los centros urbanos y el

crecimiento de la población no puede ignorarse las transformaciones realizadas al medio ambiente (Sánchez, 2013).

A raíz de la incorporación de los cambios técnicos, la innovación y sobre explotación de los recursos naturales a grandes escalas de consumo; Ulrich (1998) señala que la sociedad es la generadora de su propio riesgo, transmitido a través de las escalas de apropiación del espacio y el consumo de los bienes transformados, así como los servicios que permiten a la población alcanzar niveles de satisfacción sin ninguna consideración a las repercusiones causadas al medio natural, el inicio de una etapa denominada modernidad.

Si le asociamos los procesos de degradación territorial a la explicación del riesgo urbano inducido por las distintas crisis en la economía por el crecimiento poblacional desmedido y la carencia de alimentos para su desarrollo, es uno de factores que han propiciado el interés por contribuir al análisis teórico de la vulnerabilidad desde la visión de lo urbano, cuyo proceso define la transcendencia de las fragilidades de las sociedades expuestas a las amenazas.

Stallings, (1997) expone distintas ideas sobre la necesidad de consolidar una teoría de los desastres desde los aportes de la sociología, disciplina que evoluciono el conocimiento sobre las ideas construidas sobre las formas del desarrollo de los centros urbanos, pero basado en las experiencias de eventos que causaron daños en la población por amenazas de distintos orígenes en la década de los años 80.

Si bien en cierto los primeros estudios de vulnerabilidad explican el riesgo como una respuesta a los métodos de aplicación de los avances científicos y tecnológicos, al incrementarse la concentración de población en espacios territorial bajo amenaza de fenómenos regionales, es la sociedad quien establece y asume su propio riesgo, el cual se incrementó ante la presencia de fenómenos perturbadores que causan los daños a los

bienes materiales personales de los habitantes de las sociedades expuestas generados en parte por las alteraciones en el sistema natural de escalas extrapoladas.

El proceso evolutivo en el estudio del riesgo y la vulnerabilidad hacia finales del siglo XIX fue causado por la situación de estrés que presentó el medio ambiente en el mundo, generada por la alteración de los sistemas ambientales locales. Al no existir un marco teórico-conceptual operacional² desarrollado para describir el análisis de la vulnerabilidad.

Las primeras nociones emergen de una corriente académica crítica a finales de 1960, donde existe una apertura en los estudios de riesgo a las dimensiones sociales (Burton y Kates, 1964). Esta situación ha permitido explicar el deterioro del medio ambiente propiciado por las actividades humanas y económicas, siendo la referencia en los estudios sobre el tema y la base en la evolución conceptual.

En el contexto previo a la globalización surge otro principio, el de la sustentabilidad como parte de la visión límite en el proceso de expansión capitalista. La crisis ambiental que se hace evidente en los años sesenta vino a cuestionar la racionalidad y los paradigmas teóricos que han impulsado y legitimado el crecimiento económico negando a la naturaleza.

La crisis por la degradación ambiental se manifiesta como síntoma de una crisis de civilización marcada por el modelo de la modernidad regido por la razón tecnológica por encima de la naturaleza. (Leff, 2004). A partir de este momento se considera el surgimiento de distintos enfoques como una forma de analizar la causalidad del riesgo,

²Se define a los elementos que se consideran para la construcción del marco analítico sobre la vulnerabilidad, entre estos se encuentran los planes y programas institucionales que atienden los tipos de vulnerabilidad, alcances y aplicación en la población objetivo.

aunque no sea lograda la integración en una definición, la reacción de los impactos físicos de las amenazas.

En un principio, el riesgo es un término que surgió como una forma de reacción entre las comunidades sociales al deterioro causado al medio ambiente, sin embargo, su proceso evolutivo incluido la relación multifactorial que implica el análisis de las amenazas o peligros, ha transformado la aplicación operativa en la atención de los daños de desastre que han sido uno de los procesos físico-técnicos que más afecta a las sociedades urbanas en el mundo (Eakin y Bojórquez, 2008).

La vulnerabilidad es un término surgido de una visión generada por el estrés que causa una amenaza al territorio consecuencia de la propensión del riesgo que implica el entorno global, es consecuencia de los excesivos procesos de explotación de recursos naturales disponibles en el medio ambiente. Al hacer 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 atmosfera alterando su composición interna y su ciclo natural en el entorno geográfico.

Se construyeron variables métricas para la construcción de un marco analítico sobre la vulnerabilidad, estas investigaciones consideran la aplicación de cierto número de variables ambientales en un principio, pero con el tiempo se integran variables sociales para estudiar el riesgo generado por los fenómenos de origen físico como los hidrometeorológicos.

Para agregar el contexto urbano al enfoque de vulnerabilidad biofísico, se parte de los estudios científicos de Hewitt y Burton (1971), en los cuales se relaciona la visión sobre la sociedad-naturaleza como parte de la crisis ambiental, la cual detono en movimientos sociales que han permitido el estudio del riesgo.

A raíz de esta premisa autores como Timmermann (1981), Blaikie y otros, (1994), Mansilla (2000), Weichselgartner y Bertens (2000), consideran que el riesgo está presente en el espacio geográfico, pero depende directamente de las condiciones físicas que implica que la probabilidad de afectación, la cual está determinada según las condiciones del entorno natural de un territorio.

Por otro lado, Gabor y Griffith (1980), Pijawka y Radwan (1985), Cutter (1993), Lungo (2002), Simioni (2003), Lampis (2010), Milanés y Pacheco (2011) coinciden en redefinir el grado de afectación en función de las condiciones sociales y económicas de la población de manera individual o grupal, además de la iniciativa a prepararse para enfrentar el riesgo dependiendo de su condición cultural generada por las condiciones en la variabilidad del clima, por lo que realizar acciones de prevención depende de la capacidad de conocimiento sobre las mismas amenazas o peligros que se presentan en su entorno y en la forma de recuperarse del evento.

Autores como Bohle y otros, (1994), Adger (1999), BID (1999), Brooks (2003), Füssel (2006), IPCC (2007), Olazabal (2010), describen a la vulnerabilidad generada por los cambios en el sistema ambiental asociado con las actividades humanas en las últimas dos décadas. Considera la situación que guarda los grupos sociales a los efectos de los eventos extremos que se presentan de una manera más intensa y frecuente. Establecen las condiciones en las cuales el cambio climático repercute en la sociedad, definen a la susceptibilidad, sensibilidad y la falta de capacidad de adaptación de los seres que habitan un territorio, para afrontar los efectos adversos que se presentan de manera física (ambiental).

Por lo que, Romero y Dodman (2011), UNHabitat (2011), Lampis (2013), detallan que la vulnerabilidad devengada del cambio climático es propiciada de manera negativa por el uso intensivo de los recursos disponibles en la naturaleza, por lo que las condiciones

sociales que presenta los grupos de individuos menos favorecidos merman su capacidad de reaccionar ante los procesos climáticos de las ciudades.

La separación de la vulnerabilidad en social y biofísica ha permitido conocer las aportaciones de cada uno de los enfoques construidos para explicar el riesgo y la vulnerabilidad, sin embargo, la conceptualización desde lo biofísico aborda las mismas cuestiones que el concepto de riesgo (Sarewitz y otros, 2003). Por otro lado, lo social se puede considerar en la vulnerabilidad como factor de sensibilidad cuando se emplea en el sistema humano.

La principal diferencia entre el enfoque basado en el riesgo de peligros naturales y el enfoque de vulnerabilidad biofísica del IPCC, es que el riesgo generalmente se describe en términos de probabilidad, mientras que el IPCC y la comunidad del cambio climático tienden a describir la vulnerabilidad (biofísica) simplemente como una función de variables climáticas. Sin embargo, los factores que determinan la vulnerabilidad y el riesgo biofísico son esencialmente los mismos: riesgo y vulnerabilidad social (Brooks, 2003:7).

Aunque en la década reciente, la conceptualización de la vulnerabilidad a cambio climático se ha enfocado hacia la explicación mediante otras dimensiones. Fussel (2006), describe otras variables que determinan las condiciones de exposición y sensibilidad de los aspectos vulnerables a los fenómenos internos y externos de un sistema. Aplicar estas dimensiones a los estudios específicos de una ciudad, explica la capacidad que presenta la población para disminuir el riesgo, sobre todo en aquellos espacios que presentan condiciones naturales perturbadas por las propias actividades humanas y expuestas a la presencia de amenazas de forma directa.

La vulnerabilidad urbana reconoce a los aspectos internos y externos expuestos ante el peligro o amenazas de una población y que se hace referencia en la literatura, implican

el carácter analítico de las variables expuestas en el territorio, concibe los espacios urbanos como una frontera entre la relación entre el medio natural y el medio transformado a pesar de la capacidad de resistencia de una ciudad. Por lo tanto, la relación directa para el análisis de la vulnerabilidad está basada en la importancia de reconocer la relación entre los aspectos sociales, económicos con los biofísicos del territorio, pero dependerá de la ubicación en la que las amenazas se presenten en la sociedad para proponer una eficiente gestión del riesgo (Füssel, 2006:15).

Las poblaciones urbanas y los sectores económicos no sólo son afectados negativamente por los distintos riesgos, también tienen la capacidad de recuperarse e incluso tomar ventaja de algunas tensiones. Al explicar la naturaleza diferenciada de los efectos del clima, es decir, la dinámica de las ciudades como sistemas socio-ecológicos (con una dimensión física o material dado por sus entornos construidos y sus huellas ecológicas); son las poblaciones urbanas y autoridades las pueden flexibilizar la capacidad de aprendizaje y la innovación en algunos de los mecanismos que los procesos de largo plazo y los factores desencadenantes de el corto plazo interactúan para dar forma a las opciones y limitaciones a la adaptación urbana (Leichenko 2011; Romero y Qin, 2011).

En la medida que las sociedades urbanas adoptan procesos tecnológicos que permitan el cambio energético ha recursos más sustentables, el riesgo y la vulnerabilidad disminuirá al mismo tiempo que las comunidades aumenten sus capacidades para adaptarse a estos cambios, será posible se incluyan medidas eficientes en el proceso de la mitigación de daños, según los pronósticos y modelos climáticos serán más intensos y destructivos en las siguientes dos décadas.

Discusión

Entre la comunidad científica existe un esfuerzo por explicar el constante aumento en daños provocados por eventos de desastres, los cuales han ocasionado incuantificables

pérdidas económicas en la población que presenta algún grado de vulnerabilidad, sobre todo en aquellos sectores que presentan algún tipo de condición de precariedad individual o familiar, susceptible a sufrir algún tipo de riesgo.

En la actualidad, los efectos de los fenómenos extremos asociados al cambio climático han aumentado de forma constantes, esto implica una alteración no solo en los ecosistemas, sino también en los centros urbanos, por ser estos espacios los que más atraen a la población para habitar, pero esta condición incide directamente en la sensibilidad y capacidad de resistencia de los propios habitantes.

El énfasis en la discusión científica se centra sobre la vulnerabilidad ante el riesgo actual, se ha llevado una búsqueda constante en la delimitación de las fronteras conceptuales incluidas las variables, los cuales se han aplicado en dos enfoques, la vulnerabilidad por riesgo y por cambio climático. Aunque no se ha logrado definir los alcances que permitan que la vulnerabilidad se vuelva analítica y operativa, forma parte de la transcendencia en la que se no incluye los estudios de los fenómenos ciclónicos abordado desde los estudios urbanos en el proceso de análisis de la vulnerabilidad global.

La adhesión de las variables sociales en los estudios de riesgo físico en un inicio ha contribuido al cambio de paradigma sobre la importancia de la investigación multidimensional, donde cada una de las disciplinas aporta herramientas y técnicas para el estudio de la vulnerabilidad, cubriéndose así las carencias metodológicas y de información, consolidando hipótesis formuladas desde la visión del riesgo, donde solo se incluía el estudio físico de las amenazas.

En la mayoría de los enfoques, Brooks (2003) considera que no está claro el concepto de vulnerabilidad, además de ser indistinto a su utilización en diferentes contextos y manifiesta como una manera de ejemplificar que los investigadores de peligros darán hincapié en el concepto de riesgo, mientras que los científicos de las ciencias sociales y

climáticos prefieren aplicar la vulnerabilidad por etapas (Downing y otros, 2001). Por lo tanto, Weichselgartner y Bertens (2000) han propuesto agregar al concepto de vulnerabilidad una combinación de los elementos de la situación de peligro y el comportamiento de la respuesta humana y por lo tanto el espacio geográfico y social son incautados. En este sentido, la vulnerabilidad se considera como un efecto combinado de peligro biofísico y de respuesta humana con una localización específica.

Autores como Mansilla (2000), Aguirre (2002), Lavell (2010), Hisbaron (2012), Lampis (2013) coinciden en que la forma de explicar los fenómenos perturbadores deben ser analizados desde diferentes disciplinas para generar conclusiones multidimensionales que contribuyan en el fortalecimiento de las capacidades técnicas de las mismas poblaciones expuestas, pero dando prioridad a los más rezagados e impulsar la capacitación entre los gobiernos para la atención de los fenómenos más recurrentes mediante mecanismos técnicos eficientes y el apoyo de nuevas tecnologías para el pronóstico, seguimiento y prevención de futuros daños.

Por esta razón el concepto de vulnerabilidad está profundamente arraigado en el campo de los riesgos naturales y la pobreza, 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 daño, la impotencia y la 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 (Adger, 2006).

Para que la disminución de la vulnerabilidad en las ciudades sea una alternativa de solución a los daños de desastres que impactan cada vez más a las sociedades, hay que promover medidas que permitan fortalecer la capacidad de adaptación de la población a escala local y disminuir la exposición a los cambios ambientales que implica el aumento en la temperatura global a nivel local y regional.

Naciones Unidas (2012) a través del IPCC han promovido mecanismos de cooperación técnica entre las naciones con mayor rezago a la adaptación del riesgo y vulnerabilidad mediante asistencia, la cual incluye acciones para reducir el potencial de daños en los centros de población, sin embargo, la falta de información dificulta que las respuestas a los problemas de vulnerabilidad sean infructuosas ocasionando que la resiliencia avance de manera lenta y con mínimo de éxito en comunidades con niveles altos de afectación por los efectos del cambio climático.

Los futuros estudios de vulnerabilidad deben incluir aspectos de los efectos del cambio climático en la sociedad, además de las distintas dimensiones descritas por los autores anteriormente. Se inicia con la física, social, económica destacando la inclusión de las variables de infraestructura para el caso de la vulnerabilidad del ámbito urbano, ya que es en ella donde la población se concentrará para las siguientes décadas.

Pero no se trata de contraponer el concepto de vulnerabilidad como una herramienta metodológica incluyente, si no como conductora de las variables que integran las dimensiones para integrar indicadores que determinen la probabilidad de afectación de una amenaza en un territorio, asociado con las alteraciones medio ambientales que se presentan producto del incremento de emisiones de GEI derivadas de las actividades humanas.

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

1.3.3 Conceptualización de la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales

Sobre la definición de vulnerabilidad urbana en los procesos conceptuales, se hace referencia a las investigaciones realizadas en torno al proceso analítico de riesgo-vulnerabilidad y desastre, el cual es citado en la literatura. Se describen las formas de evolución e interpretación teórico-conceptual desde distintas disciplinas, las cuales han contribuido a la explicación de las causas que han generaron los diferentes fenómenos perturbadores a la sociedad de las ciudades afectadas.

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

La aplicación de la vulnerabilidad urbana con enfoque de cambio climático permite que los estudios definan la propensión de la población a ser afectada por los cambios del clima a escala local. En esta investigación será aplicado a las condiciones que propicia los ciclones tropicales en dos ciudades ubicadas en la costa, su presencia es latente después de haber iniciado su desarrollo en el Océano Atlántico, 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.

Para esta investigación una forma de conciliar los distintos aportes realizados para el estudio del riesgo y la vulnerabilidad es mediante la integración de un marco conceptual y metodológico que contribuya a la integración de las dimensiones, las cuales puedan ser evaluadas, obteniendo como resultado un indicador que permita describir los grados de vulnerabilidad de cada zona urbana por ciclones tropicales.

La vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales en las ciudades expuestas es definida para esta investigación como “el grado de probabilidad en que las personas, grupos o comunidades que integran una sección electoral se enfrentan a los efectos que conforman la estructura física de un ciclón tropical sin importar su categorización. Es la capacidad de resistir, prever los daños en bienes materiales e infraestructura construida ante los impactos de los eventos ciclónicos a distintos rangos de distancia en la trayectoria en la que se desplazan, hasta regresar a un estado de normalidad posterior al cruce del meteoro por el área urbana”.

1.4 Definición de peligros o amenazas

Para que exista una amenaza o peligro tiene que haber vulnerabilidad, si no existe una probabilidad de sufrir daño al encontrarse frente a un evento físico determinado, no hay amenaza, sino solamente un evento físico natural, social o tecnológico sin repercusiones en la sociedad. Esta relación conceptual está vinculada en la realidad, por lo que su campo de estudio depende de la interpretación que se lleve a cabo en el análisis por separado, aunque siempre vinculado según la aplicación (Lavell, 2010.2).

Para definir el peligro o amenaza, Cardona (2001) considera a la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo (corto o largo) en un sitio determinado.

El peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y/o el medio ambiente. Técnicamente se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un período de tiempo determinado (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, 2012).

La LGPC refiere al peligro como *“la probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado”* (Cámara de diputados, 2017). En términos de referencia de la propia LGPC define al peligro como *“factor inminente de ocurrencia de un desastre. Signo de peligro, desgracia o molestia”*. Mientras a los peligros o peligrosidad son definidos como *“evaluación de la intensidad máxima esperada de un evento destructivo en una zona determinada y en el curso de un período dado, con base en el análisis de probabilidades”* (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Aunque se presenta confusión al denominar la amenaza como sinónimo de peligro, amenaza es definida como un factor de riesgo externo de una persona o sistema, que representa un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, tecnológico o antrópico en un lugar determinado, lo que puede generar daños a los bienes materiales personales o comunitarios (CENAPRED, 2001).

Las amenazas se definen como *“la probabilidad más o menos concreta de que uno o varios fenómenos de origen natural o humano, se produzcan en un determinado tiempo y región, a la cual no está preparada para afrontar sin traumatismos a ese fenómeno”* (Wilches-Chaux, 1998:33).

Existen diversos tipos de amenaza en el sistema natural y social, pero todos ellos con un origen muy claro, la necesidad de conocer cada uno de ellos hacen que se interese por estudios tan específicos dentro de un campo de investigación, donde resulta insuficiente determinar las acciones que se deben referir dentro de los tipos de amenaza que presenta los espacios geográficos.

Los autores como Maskrey (1993), Lungo (2002) y Martelli (2003), definen los factores considerados en el riesgo, describen la oportunidad de consolidar las ideas generales que

se tiene sobre los fenómenos respecto a la presencia de un evento en la vida de una ciudad por citar algún ejemplo. Determinar los alcances del conocimiento para establecer acciones que permitan prever condiciones de desastre en todos los ámbitos posibles, es parte del estudio de este trabajo, así como el origen, es parte del sustento científico que se pretende integrar al trabajo de investigación que se desarrolla sobre el tema de la vulnerabilidad y sus diferentes tipos de exposición.

1.4.1 Tipos de amenazas

El análisis de los peligros o amenazas se ubican con respecto a los determinantes humanos que les dan su verdadera significación, y a menudo se agravan, por la eventualidad con la que se presentan. Sin embargo, están latentes en todo momento por ser parte del sistema natural o creado por la intervención del hombre, el cual propicia que no se puedan controlar según sea el caso (Chaline y Dubois-Maury, 1994), (citado por Chardón, 1998:4).

Para esta investigación se utilizará la clasificación realizada por elaborado la Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) publicado y actualizado a 2015, donde clasifica a los tipos de fenómenos que se presentan de forma frecuentes, según las características geográficas del territorio mexicano, los cuales se describen a continuación:

- Fenómenos geológicos (sismos, erupciones y emisiones volcánicas, tsunamis, inestabilidad de laderas, hundimientos regionales y locales, agrietamientos).
- Fenómenos hidrometeorológicos (ciclones tropicales, inundaciones, tormentas de granizo, heladas y nevadas, frentes fríos y bajas temperaturas, tornados, vientos y sequías).
- Fenómenos químico-tecnológicos (fugas y derrames, almacenamiento de sustancias peligrosas, incendios y explosiones, transporte de sustancias tóxicas).

- Fenómenos sanitario-ecológicos (epidemias y plagas, erosión, contaminación de agua, aire, suelo y alimentos, marea roja y residuos peligrosos).
- Fenómenos socioorganizativo (accidentes de transporte, interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica, demostraciones de inconformidad social, accidentes derivados del comportamiento y acciones premeditadas).
- Fenómenos del espacio exterior (radiación ultravioleta).

1.4.2 Ciclones tropicales

A lo largo de la historia de la península de Yucatán se han presentado huracanes, son fenómenos que siempre se forman durante la temporada de lluvia que inicia hacia finales de la primavera y que termina a finales del otoño. Los ciclones son eventos irregulares que dependen para su formación de las condiciones ambientales regionales, y no tienen una misma intensidad (Basado en los archivos históricos de ciclones tropicales de la NOAA).

Para definir al fenómeno hidrometeorológico de ciclón tropical, se parte de la noción conceptual para denominarlo; ¿Ciclón tropical o Huracán?. La ubicación geográfica donde será utilizado el término es muy importante para referirse al mismo evento en diversas regiones del mundo. En 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).

Existen diferentes fuentes para definir a los ciclones tropicales, en esta investigación se considera la definición de Rosengaus y otros, (2002) que señalan que para definir a los

huracanes se debe partir del significado de ciclón tropical, a la cual se clasifica de acuerdo con la presión atmosférica que existe en su centro o la velocidad de sus vientos.

La definición de 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 (OMM, 2005:12).

Para definir la categoría de un ciclón tropical, se utiliza como base la escala Saffir-Simpson, que mide la intensidad de los vientos en superficie, nivel de destrucción y su capacidad de daños generados a la infraestructura básica, según la ruta durante su trayectoria en la superficie terrestre ver Tabla 6 (anexo).

Cada ciclón tropical que se desarrolla en cualquier región en el mundo presenta condiciones de atmosféricas distintas, es lento o rápido desarrollo que incide en la velocidad de los vientos, lentitud o rapidez con la que se desplaza, acumulación de humedad en los sistemas de espiral que forma por la inestabilidad de las corrientes en forma convectiva, su amplitud en el atmósfera o tamaño que abarca en superficie.

Toda esta información permite a los investigadores en ciencias de la tierra desarrollar modelos geofísicos y matemáticos para el cálculo de posibles direcciones en las trayectorias, alimentados por datos meteorológicos de superficie. Además de establecer zonas de impacto en áreas urbanas y estimar los daños que generaría su trayectoria en la sociedad civil y ambiental en un lugar determinado.

La importancia de establecer protocolos de prevención determina la capacidad de reacción, que la población adopta para disminuir los daños en sus bienes personales o sociales expuestos a un ciclón tropical en la temporada anual. Los efectos de cada evento

pueden ser iguales, aunque siempre serán distintos debido a las condiciones ambientales del lugar.

Aunque existen otros factores relacionados con estos fenómenos, el nombrar a cada uno de los eventos durante la temporada de ciclones en los Mares y Océanos donde se desarrollan tiene la importancia para poder identificarlos. La NOAA en conjunto con la OMM región 4, han determinado una serie de criterios para el uso de nombres del alfabeto para distinguir a los distintos eventos que se desarrollan en el Océano Pacífico como el Atlántico anualmente desde 1950 y hasta la fecha. Estos se dan a conocer al comienzo de cada temporada y se descartan cuando los daños generados a las distintas regiones del mundo se han considerado de gravedad o mayores en pérdidas económicas, materiales y de personas.

Para fines de esta investigación, se retoma el concepto planteado por Rosengaus y otros, (2001) y OMM, (2005), que define conceptualmente a los ciclones tropicales y que se complementa con la categorización propuesta por Saffir-Simpson detallada por la NOAA. Este planteamiento conceptual, precisa la evolución espacial de los distintos tipos de ciclones y su impacto socioambiental sobre zonas costeras como las principales fuentes de daños de desastre ante la presencia física de un evento de este tipo durante la temporada que inicia el 1 de junio y termina el 30 de noviembre en el Océano Atlántico. Existe la posibilidad que se presenten eventos fuera de esta temporada como ha sucedido recientemente con algunas tormentas tropicales.

Conclusiones parciales

La vulnerabilidad urbana es un proceso en el cual la población que se encuentra expuesta presenta mayores probabilidades de sufrir algún tipo de daño por los efectos de los ciclones tropicales, al grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación dependerá de las condiciones naturales, económicas y sociales de la región donde se

operacionalice la conceptualización consultada en la literatura a un ámbito al interior de las ciudades expuestas.

Los autores consultados y referidos coinciden en que la mejor manera de disminuir los niveles de vulnerabilidad de un territorio es mediante la mejora en las condiciones socioeconómicas de la población. Si una ciudad presente niveles de bienestar bajos, esto representa que la población que se encuentra más expuesta a sufrir cualquier daño en su patrimonio. Adger (2003) señala que la vulnerabilidad inicia con el estudio de estos factores, sobre todo en lugares que presentan una amenaza real al cambio climático, los cuales no serán capaces de generar condiciones individuales que les ayude a no presentar algún tipo de daño.

Para atender el problema de la vulnerabilidad urbana, es importante conocer las condiciones de vulnerabilidad hacia el interior de las ciudades, una ventaja que presenta este análisis, es la forma de interrelacionar la información disponible con que se cuenta en las instituciones, creadas para tomar acciones en la prevención de daños a las personas, sus bienes personales y las actividades económicas. Autores como Romero y Hua (2011), hacen referencia a la importancia de establecer una descripción de la infraestructura urbana como son: los caminos, escuelas, instituciones públicas y privadas y sistemas de alcantarillado, y así evaluar su capacidad de soportar la presencia de un evento sin importar la intensidad.

La aplicación de la vulnerabilidad al ámbito urbano es una forma reciente de estudiar las consecuencias derivadas de las amenazas, las cuales no son citadas en la literatura, pero describen la importancia de un análisis integral desde cualquier enfoque al que se desea desarrollar la investigación. Existe coincidencia entre los autores sobre los aspectos técnicos con los que se puede llevar a cabo el análisis, siempre y cuando se tenga una descripción particular del área de estudio, para que el estudio permita ser prospectivo, lo que dependerá de los datos obtenidos o contruidos durante el trabajo de campo.

Capítulo II. Marco de Referencia

Introducción

En el presente capítulo describe los trabajos y artículos de investigación elaborados o relacionados con la temática de vulnerabilidad urbana a cambio climático y ciclones tropicales. La literatura cita y describe los distintos enfoques en los cuales se han definido los escritos, la transdisciplinaria de trabajos realizados en la última década sobre los efectos del cambio climático en zonas urbanas, así como los aportes teóricos, conceptuales, metodológicos y análisis de la vulnerabilidad en diferentes partes mundo.

El cambio climático es un proceso por el cual existe una discusión entre los diversos autores, a pesar de que existen evidencias claras que asocian las actividades humanas con el deterioro ambiental, el resultado son fenómenos perturbadores en asentamientos de población cada vez más grandes, por lo que posibilidad de ser afectados es mayor (Burton, 1997). Esta situación se refleja mediante la literatura citada en este capítulo, donde las diversas concepciones ideológicas y conceptuales son agrupadas en un solo enfoque, el cual es entendido como parte del futuro ambiental, si no se establecen planes y esquemas aplicados a la población para prevenir los daños que se puedan presentar en zonas urbanas.

Los documentos elaborados para informar sobre el impacto del cambio climático en México han incidido para la generación de investigaciones que permitan elaborar acuerdos y políticas creadas para incidir en la prevención por daños por desastre en zonas urbanas costeras expuestas ante la diversidad geográfica que presenta el país.

Existen estudios publicados sobre los ciclones tropicales, algunos de ellos están basados en el seguimiento y aviso en tiempo real ante la formación de fenómenos ciclónicos en distintas regiones de tránsito. Estos avances han permitido la disminución de daños materiales generados por el paso constante de eventos, así como la prevención de decesos

de persona vulnerables expuestas, las cuales han tenido que adoptar estrategias para asimilación de los efectos de los ciclónicos tropicales.

En este capítulo está escrito en cuatro apartados, el primero se hizo una revisión de los estudios construidos sobre vulnerabilidad tanto a nivel internacional como nacional, en ellos se buscó información que permitiera la construcción del marco-teórico, metodología y las variables que han sido estudiadas en distintas etapas de tiempo y enfoques construidos.

El segundo apartado, se hizo una revisión de estudios sobre la vulnerabilidad urbana con los cuales se construyó se identifican las variables utilizadas y resultados obtenidos en distintos ámbitos donde han sido aplicadas las investigaciones realizadas.

En el tercer apartado, se hizo identificaron los estudios sobre los ciclones tropicales, principalmente realizados sobre em impacto en ciudades a nivel nacional y local para retomar los resultados obtenidos y como estos pueden incorporar nuevos elementos para esta investigación.

Por último, se llevó una revisión de los documentos publicados sobre las ciudades estudiadas desde las distintas disciplinas, estos fueron de gran importancia por el contenido de datos, información histórica y sus alcances territoriales que permitieron el desarrollo de la investigación.

La construcción del marco de referencia coadyuva en la identificación de trabajos realizados sobre el tema en la literatura, además de la elaboración de una línea de tiempo sobre el desarrollo del tema, su evolución conceptual y metodológico, identificación de variables estudiadas en la investigación y enfoques de vulnerabilidad urbana, manejo operativo de los fenómenos ciclónicos y la aplicación espacial a la que se quiere llevar a cabo el análisis.

2.1 Estudios sobre vulnerabilidad

Después del Congreso Mundial sobre Clima y Desarrollo llevado a cabo en 1988, el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA en español, o UNEP en inglés) se reunió en Kenia con la Organización Meteorológica Mundial (OMM en español o WMO en inglés), para establecer de manera conjunta un organismo intergubernamental que realizará estudios sobre calentamiento global y es así como surge el actual Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC en español, o IPCC en inglés) (Avalos, 2004: 125).

En la Asamblea General de las Naciones Unidas realizada en el año de 1989, se declaró la década de los noventa como el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN) (Simioni, 2003: 281). A partir de esta declaratoria, los países que firmaron el convenio se comprometieron a cumplir con los acuerdos, donde se incluían medidas en las agendas públicas locales para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de los asentamientos humanos, principales centros de atracción y concentración de población.

Con el tiempo la presencia de fenómenos cada vez más extremos, ha propiciado la realización de estudios científicos que expliquen los cambios que se están observando en el medio ambiente. Aunque la exposición de la sociedad ante fenómenos perturbadores es latente en cada lugar, el riesgo y la vulnerabilidad de sufrir daños está en función de diversos factores que los propician, como la alteración del medio ambiente, condiciones socioeconómicas y culturales.

Existen una diversidad de estudios que abordan el tema de la vulnerabilidad, aunque existe un interés por describir las características de los procesos que propician los cambios globales del clima, entre otros aspectos como se reporta a continuación.

2.1.1 Estudios a nivel internacional

Actualmente, la mitad de la población del mundo habita en ciudades (Naciones Unidas, 2012), por lo que lograr que sean más seguras debe ser el reto a largo plazo para los países que cuentan con sistemas y capacidades de gobernanza dinámicos. A lo largo de la historia, los desastres han perturbado la vida de las poblaciones en las ciudades, como han sido el clima extremo y cambiante, los terremotos y las emergencias generadas por las amenazas desde distintos orígenes.

La importancia de llevar a cabo una revisión de la literatura sobre el tema de vulnerabilidad urbana permite el aprendizaje de las acciones que se han aplicado en casos específicos y así ejercer presión a los tomadores de decisiones para que se apliquen esquemas de disminución de posibles daños de desastre a sus bienes y su economía como ciudades. Dicho lo anterior, se hace una descripción de los trabajos elaborados recientemente sobre la vulnerabilidad en las ciudades a nivel internacional.

- *Desastres, planificación y desarrollo: Manejo de amenazas naturales para reducir los daños.* El documento realizado por Organización de los Estados Americanos (OEA) en 1991. Fue realizado en cooperación entre varios organismos que se asociaron para incorporar el manejo de amenazas naturales dentro del proceso de planificación del desarrollo. Después de la presencia de fenómenos del Niño entre 1982 y 1983 en la región Latinoamericana, se generó el proyecto de riesgos naturales, el cual permitió ofrecer el servicio de cooperación técnica, capacitación de personal y transferencia de tecnología dirigida a evaluar y mitigar las amenazas que afectaban el medio ambiente y los recursos naturales.
- El IPCC durante 1997, publica el primer informe especial sobre los *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad*, en el cual se reportan los efectos del cambio del clima en los ecosistemas, hidrología, producción de alimentos,

sistemas costeros y salud humana en el mundo. Además, el estudio describe los impactos de la vulnerabilidad por regiones. El interés de incluir este trabajo es por la referencia que hace sobre los efectos del cambio climático en zonas costeras de América Latina, territorio donde se ubica el estado de Yucatán (IPCC, 1997:11). Sugiere formas de evaluar la vulnerabilidad, los alcances y una propuesta metodológica para cada uno de los efectos del cambio climático.

- La investigación *Vulnerabilidad social a cambio climático y extremos en la costa de Vietnam*. Inicia con una descripción del marco teórico-conceptual de la vulnerabilidad a cambio climático, estudia los aspectos biofísicos, sociodemográficos y económicos que se evaluaron para medir la vulnerabilidad social del territorio ante fenómenos extremos. A raíz de estos resultados surge el interés de integrar los aportes del proceso teórico-metodológico a la investigación, solo que aplicado al caso urbano. Es uno de los primeros esfuerzos realizados en medir los efectos del cambio climático en una región susceptible a sufrir daños de desastre por fenómenos hidrometeorológicos (Adger, 1999).
- *Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en América Latina y el Caribe*. Es un documento indicativo y preliminar que se centra en los impactos de los desastres de origen natural y propiciado por la influencia del clima. La presencia de diversos fenómenos a finales de la década de los noventa incidió en la búsqueda de nuevos paradigmas que permitieron mejorar las metodologías de trabajo que se habían presentado previamente como parte de las propuestas de disminuir los daños de desastre que se presentan en la región (CEPAL y BID, 2000). Además, contempla mejoras en la gestión de riesgo, mediante la intervención técnica en aquellas sociedades que carecen de mecanismo de prevención y mitigación de daños de desastre ante potenciales fenómenos originados por la alteración global del cambio climático.
- El documento *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: conceptos, temas, métodos de evaluación*. Ofrece una visión general del estado de los problemas de

adaptación en el contexto de la literatura de la vulnerabilidad a cambio climático y el clima de negociaciones internacionales sobre los tipos de acciones que asumen cada uno de los países para disminuir el problema (Olmos, 2001).

Identifica las diversas cuestiones de adaptación y evaluaciones de vulnerabilidad en diversos países en desarrollo. Además, examina algunos de los recursos existentes que pueden ser utilizados para guiar la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación desde la conformación de un marco conceptual, hasta la aplicación de casos específicos a través de la medición de las fuentes directas que propicia los efectos del cambio climático en los países en desarrollo.

- *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión.* Es un artículo donde presenta una revisión de los enfoques desde diferentes áreas del conocimiento, realiza una crítica a los conceptos descritos hasta ese momento, sobre el tema de riesgo y vulnerabilidad. El autor señala una necesidad de replantear y argumentar una teoría conceptual desde lo holístico y que contribuya alcanzar los resultados que se espera en la gestión del riesgo asociado con los procesos de vulnerabilidad (Cardona, 2001). Es un trabajo donde el autor describe la construcción del marco conceptual.
- En el *Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres*, se prevén acciones inmediatas que se deben realizar después de superar la fase de emergencia, las evaluaciones sobre los efectos directos e indirectos del evento, es vital para reestablecer el bienestar social y el desempeño económico del país o la región afectada. También debe considerarse los impactos tangibles en los diferentes sectores económicos y sociales, la infraestructura física y los acervos ambientales. Mediante tales estimaciones será posible determinar el monto necesario para la reconstrucción, tarea urgente ya que los afectados no pueden esperar mucho tiempo en las condiciones que suelen privar después del desastre (CEPAL, 2003).

- *Successful adaptation to climate change across scales.* El trabajo reporta los impactos y respuestas al cambio climático observados en los sistemas físicos y ecológicos. Se hace una revisión a la naturaleza de la adaptación y las implicaciones que se tienen en diferentes escalas espaciales, se plantea un conjunto de criterios de evaluación normativos para juzgar el éxito de las adaptaciones. Argumentan que los elementos de la eficacia, la eficiencia, la equidad y la legitimidad son importantes para el éxito a juzgar en términos de la sostenibilidad hacia un futuro incierto. El proceso por el que las adaptaciones son para ser juzgados en diferentes escalas implicará, procesos institucionales nuevos y desafiantes. (Adger y otros, 2005)

- *Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking.* Es un artículo realizado por Füssel y Klein (2006), los autores describen la evolución conceptual de la vulnerabilidad a cambio climático desde una visión del pensamiento crítico en la evaluación y políticas de adaptación. La revisión es hecha a partir de los reportes generados por el IPCC, hasta las definiciones propuestas en el debate por otros autores. Es un trabajo, en el cual se puede consultar para la generación de un marco conceptual sobre las formas en las cuales evoluciona la percepción de los componentes sobre vulnerabilidad global y puede ser aplicada a cualquier tipo en la que se interese estudiar.

- *Vulnerability.* Este artículo revisa las diversas formas de estudiar la vulnerabilidad a los cambios ambientales y los desafíos que presentan la investigación de las vulnerabilidades presentes en la integración de la capacidad de recuperación y adaptación. Existen algunos antecedentes, como la inclusión de teorías de vulnerabilidad como la insuficiencia del derecho y las teorías de peligro, en áreas que han contribuido a presentar formulaciones de la vulnerabilidad al cambio ambiental como una característica de los sistemas socio-ecológicos ligados a la capacidad de recuperación (Adger, 2006).

Además, presenta los desafíos de la investigación sobre vulnerabilidades para desarrollar medidas sólidas, claras y reales, que incorporen diversos métodos como la percepción del riesgo, vulnerabilidad y mecanismos de medición de los diversos tipos de vulnerabilidades, así como promoción de acciones de adaptación y resistencia. Estos retos son comunes en los dominios de vulnerabilidad, adaptación y capacidad de recuperación y forman una base común para la integración de estos nuevos paradigmas que se han desarrollado para disminuir los daños que sufre la población.

- *Climate vulnerability and capacity analysis*. Este documento describe los programas de desarrollo de reducir la vulnerabilidad de las personas al cambio climático, sí se entiende qué es vulnerable a los efectos de un fenómeno extremo y por qué; entonces, se debe considerar la información para la ejecución, seguimiento y evaluación de las actividades que permitan disminuir los efectos negativos para las sociedades locales expuestas (Dazé y otros, 2009).

Los autores proponen una metodología de Análisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática (ACVC). Para entender las implicaciones del clima, cambiar las vidas y el sustento de la gente. Sin embargo, el combinar el conocimiento local con datos científicos, es posible en la medida en que se construye la comprensión de la gente sobre los riesgos climáticos y las estrategias de adaptación. Proporciona un marco para el diálogo dentro de las comunidades y otras partes interesadas. Los resultados proporcionan una base sólida para la identificación de estrategias prácticas para facilitar la adaptación comunitaria al cambio climático.

- La determinación de los impactos registrados en las últimas décadas por fenómenos hidrometeorológicos en la región Centroamérica y países del Caribe, han desencadenado la necesidad de construir una *Metodología: Indicadores de vulnerabilidad ante fenómenos naturales para Centroamérica y República Dominicana*. Para facilitar el proceso de disseminación y aplicación de los indicadores, los gobiernos

de los países que integran esta región propusieron elaborar un software denominado SEIV (Sistema de Evaluación de Indicadores de Vulnerabilidad), para que los tomadores de decisiones cuenten con información que permita disminuir los daños de desastre a los cuales están expuestos por su ubicación. La información generada podrá ser compartida en tiempo real, para que sirva de registro y así actualizar y desarrollar metodologías que contribuyan a los análisis confiables y comprensibles para la atención de grupos vulnerables (Mendoza, 2011).

- *Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science-policy interface.* Este artículo hace una crítica a las formas en cómo se mide la vulnerabilidad al cambio climático y la capacidad de adaptación a través de indicadores, el cual ha dividido a la política y los grupos académicos. Si bien las instituciones políticas realizan este tipo de indicadores a través de la literatura que critican, este desacuerdo entreteje una doble confusión: Primero, confunden las formas de construir los indicadores de vulnerabilidad y de los argumentos disponibles en la literatura para su construcción. Segundo, existe confusión sobre los tipos de problemas que la política debe resolver a través de indicadores (Hinkel, 2011).

- Este escrito, aborda ambas fuentes de confusión mediante el desarrollo de un marco conceptual riguroso para los indicadores de vulnerabilidad y revisa los argumentos científicos disponibles para la construcción de indicadores de vulnerabilidad al cambio climático. Considera que los indicadores de vulnerabilidad sólo son adecuados para abordar la identificación de las personas vulnerables, comunidades, regiones, etc, a escala local. Deduce que la política y las comunidades académicas deben colaborar en utilizar una terminología más específica para hablar de los problemas abordados específicos y las metodologías aplicadas. Cuando se escribe sobre cómo medir la vulnerabilidad es particularmente engañoso, ya que esto es imposible y plantea falsas expectativas.

2.1.2 Estudios a nivel nacional

La revisión de la producción literaria ha permitido retomar resultados obtenidos a través las investigaciones terminadas en distintas partes del mundo, este proceso ha sido de interés para la aplicación de los resultados en problemas de otras naciones, además son referencia para justificar futuras investigaciones en las cuales se afrontan las dificultades que deben ser mejoradas para la búsqueda de soluciones a los problemas que afrontan las sociedades en la actualidad.

A raíz de la revisión de la literatura se ha permitido la generación de documentos técnicos encaminados a la solución de problemas en el ámbito nacional, la elaboración está sustentada en la aplicación de metodologías en casos de estudios específicos que han permitido los estudios sobre vulnerabilidad a cambio climático, en función de evidencias desarrolladas con datos reales.

En México, la vulnerabilidad ante la presencia de amenazas se ha intensificado en las últimas décadas, por esta condición sea desarrollado distintas líneas de investigación en las cuales se buscan resultados que con lleven a la generación de iniciativas que coadyuven a mejorar las condiciones de vida de la sociedad. A continuación, se realiza una descripción de estos estudios.

- En *México una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, compilado por Carlos Gay (2000), describe los estudios sobre la vulnerabilidad del país al cambio climático, los cuales fueron clasificados en siete áreas: desertificación y sequía meteorológica, recursos hidrológicos, ecosistemas forestales, agricultura, energía e industria, zonas costeras y asentamientos humanos.

La elaboración del documento es derivada de una serie de talleres con grupos de trabajo focalizados y afectados en los sectores que se consideraron para el proyecto. Surge de la

creciente preocupación por la comunidad científica, por el incremento en el uso de la tecnología en los procesos productivos, lo que ha originado en un acelerado deterioro del medio ambiente por las prácticas no sustentables en el uso y aprovechamiento por los recursos naturales. Evaluar las alteraciones del ciclo biológico en los ecosistemas, es un aspecto del cual se intenta describir en este trabajo, ante la alteración de la temperatura en diferentes partes del planeta.

- Una manera de valorar el paso de los fenómenos extremos está referida en este trabajo *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99*, el cual está orientado a evaluar las repercusiones de los desastres en la sociedad según las regiones que fueron afectadas por el paso de un fenómeno perturbador. La evaluación que se realiza en esta investigación permite estimar localmente los costos que se contemplan en el proceso de reconstrucción, así como las obras necesarias para disminuir la vulnerabilidad de su infraestructura económica y social frente a futuros desastres (Bitrán, 2000).
- *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México*. El presente trabajo difunde el conocimiento acumulado sobre los peligros e identificación de los riesgos de desastres que se presentan en México derivado de los fenómenos de origen geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario y socio-organizativo. Se exponen conceptos básicos sobre prevención de desastres, definición de términos y estadísticas de daños, así como efectos socioeconómicos de los desastres a nivel mundial y en México (CENAPRED, 2001).
- *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos*. Este artículo escrito por Magaña y Gay (2002). Presenta una recapitulación sobre los problemas que enfrenta México por las alteraciones climáticas de los fenómenos del Niño y la Niña en diferentes años. Inician con una revisión de la literatura sobre los trabajos realizados en el país, siguen con los resultados presentados en la primera comunicación sobre el Marco de Naciones Unidas para el

Cambio Climático. Posteriormente hacen una relación de cómo los sectores económicos serán afectados por los efectos de la variabilidad climática por distintos eventos y la necesidad de generar estrategias para su adaptación a este proceso, el cual se presenta con mayor frecuencia en la región.

El cambio climático no solo traerá repercusiones a los asentamientos costeros, sino también aquellos que se encuentran en regiones interiores y secas de nuestro país. Estas implicaciones parten del conocimiento sobre este fenómeno por los diferentes grupos de la sociedad y sus implicaciones técnicas será parte de aquellos que son potencialmente vulnerables a sufrir daños de desastre.

- En México se han realizado diversas estrategias gubernamentales para disminuir los daños de desastre de la población ante los diferentes fenómenos perturbadores que se manejan como los sismos, los ciclones tropicales, inundaciones, entre otros. Instituciones gubernamentales han incidido en la elaboración de una *Evaluación de la vulnerabilidad física y social*, la cual ha servido de guía para dirimir los daños en las viviendas que pueden generar los vientos y los sismos (SEGOB y CENAPRED, 2006).

Los estudios sobre vulnerabilidad física han permitido la elaboración de una diversidad de índices de riesgo y vulnerabilidad, los cuales se estudian en esta publicación en base a los puntos críticos que han generado los eventos que se han presentado en los últimos años como es el sismo de 1985 en la Ciudad de México y los diferentes ciclones tropicales en ciudades costeras. Para demostrar los alcances en los indicadores construidos, se realizó un estudio aplicativo para describir los alcances de los índices en localidades que presentan problemas de vulnerabilidad social, lo que permite aclarar los factores que deben evaluarse a nivel local.

- *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales.* Este trabajo inicia con la referencia de

primeros estudios realizados sobre cambio climático en México realizados por Gay (2000), a partir de estos se plantean los primeros escenarios enfocados a los sectores con potencialidad de ser afectados como el agrícola, recursos hídricos y áreas costeras. (Conde, 2006). Además, hace una revisión de otras investigaciones, las cuales presentan resultados que son los informes del IPCC, donde se establecen nuevas formas de medir los efectos generados por las actividades humanas.

- El artículo *Desastres y cultura: Una aproximación teórica*, describe los aspectos sobre las conceptualizaciones de los desastres desde una visión cultural, como los grupos sociales comprenden el riesgo al que se encuentran expuestos en su entorno urbano. La vulnerabilidad, es un proceso el cual la población asimila de diferentes maneras la forma de administrar el espacio, los recursos con los que dispone y su utilización para su beneficio (Audefroy, 2007). Esta visión es considerada en la investigación como una condición de interacción con las sociedades locales, cada ciudad tiene estructuras sociodemográficas distintas, por lo que el abordaje cultura propicia un trato distinto.
- La *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (ENACC) publicada por la Comisión Intersecretarial de Cambio climático (CICC, 2007). Precisa los planteamientos en materia de legislación sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. La ENACC contribuye mediante la elaboración de una política nacional en esta materia y propone líneas de acción que generen estrategias más locales que propicien rediseñar el Programa Especial de Cambio Climático a nivel sectorial (Landa y otros, 2008: 67).
- *Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México*. Este trabajo muestra la exploración sobre las estrategias dirigidas a la atención de los eventos hidrometeorológicos que se presentan con más frecuencia en el país. La creciente presencia de este tipo de eventos como los ciclones tropicales, inundaciones, lluvias torrenciales y otros fenómenos asociados con el cambio climático, va en aumento por lo que su correlación con la resiliencia se

relaciona con la identificación y corrección de la vulnerabilidad de aquellos ámbitos susceptibles a las amenazas de este tipo de eventos (Constantino y Dávila, 2011).

- En 2012 se publica la *Quinta comunicación nacional ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, elaborado por la Comisión intersecretarial de cambio climático del Gobierno Mexicano. Este documento reconoce el impacto del cambio climático en las ciudades, el capítulo tres hace referencia a la importancia de como incidir en la organización de los sectores ante el impacto del cambio climático en la población que habita estas áreas, por lo que su orientación permite difundir el conocimiento entre la comunidad, para que se adopten medidas de adaptación a los fenómenos extremos que pongan en riesgo a los centros urbanos de México.
- El documento *Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate Related Events in México* elaborado por Borja y De la Fuente (2013). Elaboraron un índice de vulnerabilidad para la agricultura, basados en datos históricos y en modelos de escenarios climáticos a 2045 para los municipios de México, con un enfoque multidimensional. El trabajo sirvió de referencia al momento de la construcción del análisis de vulnerabilidad urbana por los escenarios que se consideran y que se compararan con los realizados para la península de Yucatán.
- *Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México*. El presente trabajo hace referencia a tres métodos de evaluación de la vulnerabilidad a cambio climático que han sido desarrollados para los municipios de México por Monterroso y otros (2013). Cada evaluación presenta su propia metodología, aunque son comparados para describir los niveles de vulnerabilidad que presentan los municipios. (INECC, 2013). Presenta una descripción teórico-conceptual en cómo fueron realizados cada uno de los métodos, así como los antecedentes en los estudios más recientes sobre este tema, lo que permite considerar los datos como referencia para el análisis de la vulnerabilidad urbana en las ciudades en estudio.

Cada uno de los estudios consultados sobre riesgo y vulnerabilidad han generado una aproximación teórico-conceptual y metodológica, esto ha propiciado una búsqueda de respuestas a los problemas que enfrenta las distintas regiones del país ante los eventos de desastres que han presentado a lo largo de las últimas tres décadas. Al revisar cada uno, es retomado en esta investigación para orientar los resultados obtenidos al estudio en las ciudades impactadas por ciclones tropicales.

2.2 Estudios sobre vulnerabilidad urbana

En las últimas décadas los centros urbanos ocupan un papel central en la nueva geografía de la urbanización, es aquí donde los procesos de globalización presentan una transición hacia esquemas de ocupación del territorio, existe una constante amenaza de sufrir los efectos del cambio climático.

El cambio climático es un proceso inducido a través de las propias actividades humanas, el cual sea desarrollado en los diversos procesos por lo que han pasado las sociedades a lo largo de la historia de las urbanizaciones, pero que ahora el deterioro ambiental, la sobreexplotación de los recursos y la falta de sustentabilidad en el territorio, han generado que los asentamientos humanos presenten mayores niveles de riesgo y vulnerabilidad en un ambiente interno.

La continua presencia de fenómenos naturales durante inicio del siglo XXI ha incidido en el riesgo de daños de desastres en los centros urbanos, lo que han despertado la reacción de la comunidad científica internacional, en especial de Naciones Unidas, organismo que ha tomado la iniciativa para intentar concientizar a los países miembros sobre los peligros a los que se enfrentaba las sociedades que en el tiempo tienden a ser más urbanizadas. A raíz de las acciones, previamente consultadas durante los congresos mundiales, se discutía sobre cuáles son los factores del riesgo urbano a considerar ante

el incremento e intensidad de los eventos que causaban daños hacia el interior de las ciudades.

El debate sobre cuáles son los factores más endebles que habría de analizar para fortalecer las capacidades de la población urbana ante los escenarios de cambio climático, son temas de este documento presentado por las Oficina de Asentamientos Humanos y la de Reducción del Riesgo de Desastre de Naciones Unidas. De esta reflexión se parte para considerar qué aspectos urbanos se deben someter a evaluación y así generar un análisis holístico sobre los procesos que enfrentan las distintas regiones que presentan amenazas (UNHabitat, 2004).

A continuación, se hace una referencia de los trabajos en los cuales se apoyó esta investigación, se extraen los aportes teóricos, conceptuales y metodológicos que han sido analizados y medidos para intentar dar solución a los problemas que derivan del riesgo y la vulnerabilidad en el ámbito urbano.

- La publicación especial editada sobre el fenómeno el Niño denominado *Crecimiento urbano y riesgos naturales: Evaluación final de la vulnerabilidad global en Manizales, Andes de Colombia*, Chardón (1998) describe los criterios de evaluación de los diversos tipos de vulnerabilidad que pueden presentarse en una ciudad. Las condiciones ambientales regionales, son factor para redimir la intensidad con la cual se pueden presentar los fenómenos extremos y su nivel de impacto en la sociedad urbana.
- *Gestión de riesgos ambientales urbanos*. Es un artículo que plantea los problemas que se presentan en áreas urbanas a raíz de la presencia de diversos fenómenos hidrometeorológicos que han afectado en diversas ciudades de Latinoamérica, durante la Década Internacional para la Reducción de los Desastres. El estudio describe las múltiples formas por las cuales se puede iniciar el análisis a escala urbana e insiste en la falta de interés por parte de las autoridades por fortalecer las capacidades de la población

para prever futuros eventos (Lavell, 1999). Las características del riesgo inciden no solamente en la naturaleza y distribución social del daño, sino también en la susceptibilidad de estos elementos ante el impacto de un fenómeno, que con el cambio climático tienden a incrementar su potencialidad por el calentamiento global.

- *Hacia una planificación urbana para la reducción de riesgos ambientales. Vulnerabilidad urbana del área metropolitana de Caracas.* Este trabajo muestra un marco teórico-conceptual para el estudio de la vulnerabilidad urbana, derivado de una revisión de diversos aportes y tendencias que utilizan el concepto de vulnerabilidad, por lo que intenta conformar una terminología básica homologada para las diversas áreas del conocimiento, en esencia transdisciplinaria y multidimensional desde los estudios de los riesgos ambientales (Delgado, 2002).

- *Reducing urban risk and vulnerability.* El documento se deriva de las reuniones que se organizaron para la generación de conocimiento y experiencias globales, regionales, nacionales y locales sobre la gestión del riesgo urbano. Se identifican acciones aprendidas en las buenas prácticas aplicadas en los países miembros y se establecen planes y objetivos que propicien acciones para la reducción de riesgos en el futuro. (UN Hábitat, 2004). Estos procesos son considerados como casos de estudio para llamar a la sociedad y los gobiernos a visualizar cómo lograr mejorar el bienestar de los ciudadanos que se encuentran con estas carencias o falta de servicios. La comprensión de los hechos que se suscitan entre los grupos sociales propiciados por la desigualdad siempre se requiere se atender al sector social menos favorecidos, aunque no siempre se logre mejorar su situación de vulnerabilidad.

- *Los asentamientos humanos y el cambio climático global* publicado por Aguilar (2004) en el libro *Cambio climático: una visión desde México* es un trabajo realizado para demostrar los impactos del cambio del estado del clima en las localidades del país, su vulnerabilidad ante este fenómeno que a pesar del tiempo, ha ido acelerando los

procesos socioambientales del territorio expuesto. Realiza una descripción de los factores más expuestos a sufrir cambios por las alteraciones del clima, por lo que la pertinencia del tema en esta investigación es una oportunidad de desarrollar un sistema de indicadores que permitan evaluar la vulnerabilidad urbana en un contexto local (Martínez y Fernández, 2004).

- *Indicators for identification of urban flooding vulnerability.* Este artículo, hace referencia a los métodos para evaluar la debilidad o vulnerabilidad de un área. Inicia con estudio sobre el enfoque cualitativo como uno de los más importantes en la vulnerabilidad y riesgo por inundación. Dimensionan las problemáticas que enfrentan las ciudades al estar cada vez más fragmentadas, son situaciones que reflejan núcleos vulnerables, cinturones de pobreza que requieren atención para disminuir la incapacidad de absorber algún tipo de daño por fenómenos perturbadores en el presente y hacia futuro, sin importar la existencia y calidad de los servicios públicos (Barroca y otros, 2006).
- *El riesgo de inundaciones y la vulnerabilidad en áreas urbanas. Análisis de casos en España.* Este trabajo está basado en el modelo de “*peligros de lugar*” propuesto por Cutter y Solecki (1989), en el que se analizan las consecuencias que los riesgos naturales a una escala local de ciudad, barrio u otro sector. El modelo propone, una evaluación de la vulnerabilidad social, basado en indicadores demográficos, de movilidad y transporte, sobre la percepción del riesgo.
- *Estudio de vulnerabilidad sobre el fondo habitacional,* aborda el estudio realizado para una de las localidades más dañadas en los últimos 25 años por ciclones tropicales en la región central de Cuba. Se emplea los Sistema de Información Geográfica, para definir los vientos predominantes de los huracanes y los diferentes niveles de vulnerabilidad a escala urbana, clasifica por tipos los inmuebles y establece prioridades respecto a la rehabilitación constructiva del fondo habitacional (Valdivia, 2008).

- *Vulnerabilidades urbanas en los países andinos.* Este trabajo es una contribución al conocimiento de la vulnerabilidad urbana de tres países andinos: Bolivia, el Ecuador y el Perú. Se basa en las consecuencias derivadas de una urbanización mal controlada, en un contexto geodinámica y climático desfavorable, que enfrentan los países de manera creciente ante gran número de riesgos. Estos últimos se convierten a menudo en desastres que afectan a la población, a las infraestructuras, a los bienes públicos y privados y a la economía de estos países; en suma, a las condiciones de su desarrollo (D’Ercole y otros, 2009).
- *Indicadores de riesgo de desastre y gestión de riesgos. Programa para América Latina,* desarrolla una serie de índices sobre el tema, donde se identifica los aspectos más sensibles a nivel local. Este trabajo es una referencia para el análisis de la vulnerabilidad urbana a escala interurbana donde existe una desigualdad social uniforme, por lo que la forma de intervenir en el proceso de conocimiento de los factores contribuye a la generación de planes y programas que atiende a estos sectores vulnerables entre la población de una localidad (BID, 2010).
- *Desastres Urbanos: Una Visión Global.* Este trabajo resume los principales factores a considerar para realizar estudios sobre los desastres urbanos, remite al concepto de riesgo y a las consideraciones en que se construye el riesgo y la vulnerabilidad a través de los procesos sociales llamados “urbanos”. Sin riesgo no puede haber desastre. Las características del riesgo inciden no solamente en la naturaleza y distribución social del daño, sino también en los desafíos presentes con la respuesta posterior al impacto y las modalidades de reconstrucción implementadas para recomponer las actividades de la sociedad afectada (Lavell, 2010).
- *Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: La irregularidad y el acceso al Suelo.* La relación riesgo-urbanización, es un tema que ha cobrado importancia en los últimos años, debido al crecimiento de las localidades e intensificación de los

procesos de urbanización contiguos. El crecimiento acelerado de los asentamientos urbanos contrapone los intereses de la población, debido a la falta y carencia de los servicios públicos, las condiciones socioeconómicas desiguales, falta de oportunidades propicia pobreza e inequidad en el ingreso. Las condiciones de la oferta y la demanda por la apropiación del suelo, incide en el desarrollo urbano ordenado y planeado (Mancilla, 2010).

- *A vulnerabilidade da urbanização do centro sul do Brasil frente à variabilidade climática.* El trabajo lleva a cabo una revisión de los desastres naturales pluviométricos que se han producido en Brasil, visto no sólo como un fenómeno climático, sino también los factores que los causa. El crecimiento y la expansión urbana se producen sin tener en cuenta las limitaciones naturales de las superficies terrestres y la variabilidad del clima, el aumento de la vulnerabilidad de gran parte de la población será un factor de amenaza en la medida que no se controle esta transformación del suelo (Mendonça, 2010).

- *Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos Processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana.* La metodología general del estudio consiste en la descripción del uso del suelo en zonas de expansión urbana a través de imágenes de satélite, así como la identificación y caracterización de áreas de vulnerabilidad ambiental y social. De este proceso, se construyen indicadores ambientales a nivel de sectores, en la que se integra los datos socioeconómicos, demográficos y ambientales (Alves, y otros, 2010).

- *Urban Vulnerabilities in the Kathmandu Valley, Nepal: Visualizations of Human/Hazard Interactions,* describe el excesivo crecimiento urbano no planificado que lleva a propiciar niveles de vulnerabilidades e impactos en los entornos urbanos en diversos grados. En este artículo, se analiza el alcance de los niveles de vulnerabilidad urbana durante el proceso de urbanización en cinco vías altamente congestionadas en el valle de Katmandú, Nepal (Bhattarai y Conway, 2010). Los autores buscan contribuir a

la comprensión metodológica de las interacciones humanas en las ciudades de rápida urbanización del Tercer Mundo, que comparten similares condiciones socioeconómicas y contextos ambientales.

- *El análisis de la vulnerabilidad urbana como clave para la definición de estrategias de adaptación al cambio climático*, donde se plantea el ¿Cómo hacer de la medida de la vulnerabilidad algo aplicable y operativo para la ordenación del territorio y la planificación urbana. La idea central, se desarrolla en torno a modelos conceptuales que sean más operativos y replicables en casos de estudios con características similares, lo que permitiría mayor impacto entre los grupos de la población susceptibles a sufrir alguna pérdida generada por fenómenos climáticos (Olazábal, 2010)..
- El trabajo *Asentamientos costeros en la bahía de Santiago de Cuba: estudio de su vulnerabilidad urbana*, analiza los riesgos a que están expuestas las ciudades localizadas cercanas a la línea de costa, lo que constituye uno de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI, al ser atractivas para vivir. El artículo contribuye al conocimiento mediante la evaluación de la vulnerabilidad urbana ante amenazas naturales y antrópicos en los asentamientos costeros del litoral de la bahía de Santiago de Cuba. Para la evaluación de la vulnerabilidad urbana se utilizó la metodología de Rosales, adaptándole condiciones específicas del territorio y aportando una nueva etapa de estudio.
- La evaluación permite aseverar que, de las siete zonas estudiadas, tres clasifican con vulnerabilidad alta, tres catalogan con vulnerabilidad moderada y una con niveles de vulnerabilidad baja. Se deben tener en consideración que, para disminuir las vulnerabilidades de los asentamientos costeros, se debe categorizar los impactos de los ciclones tropicales, lo que establece criterios para la medición de los niveles de vulnerabilidad hacia el interior de las ciudades, (Milanés y Pacheco, 2011).

- El artículo *Climate change adaptation strategies and disaster risk reduction in cities: connections, contentions, and synergies*, realiza el estudio sobre las implicaciones en la reducción del riesgo de desastres (RRD) y la adaptación al cambio climático (CCA), lo autores intentan comprender el cómo las ciudades están respondiendo a los riesgos y peligros del cambio climático El artículo se centra en tres sitios de interés que incluyen: a) Caso probable: los peligros, los riesgos y la incertidumbre; b) Parámetros de impacto: la exposición, la vulnerabilidad y la equidad; y c) Respuestas de la sociedad: la capacidad de adaptación y resistencia, sin embargo, los vínculos entre las estrategias de RRD y ACC han comenzado a cambiar la forma en que investigadores y profesionales conciben y analizan la gestión de riesgo climático urbano, así como los impactos asociados a las actividades de respuesta (Solecki y otros, 2011).
- *Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator based approach a case study for Santiago de Chile*. Este trabajo analiza los eventos de inundación, a pesar de que no existe antecedentes de ocurrencia en Santiago de Chile. El análisis de los daños resultantes y sus causas son requisitos fundamentales para el desarrollo de medidas de prevención de riesgos (Müller y otros, 2011).
- *Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change*. La investigación sobre la vulnerabilidad urbana ha crecido considerablemente en los últimos años, pero todavía está limitada y caracterizada por restricciones basadas por las diferencias interdisciplinarias de definición y alcance. Se describe la crítica que se ha explorado en la vulnerabilidad urbana y que tiende a ser afectada por el cambio climático. La investigación de riesgos examina las aportaciones y limitaciones de cada uno de los enfoques, así como de la existencia de diferentes linajes de la investigación sobre la vulnerabilidad urbana persisten para la comprensión de la naturaleza y los vínculos entre las dimensiones (Romero y Hua, 2011).

- El trabajo realizado por el Banco Mundial sobre el *Climate change, disaster risk, and the urban poor*, se hace una semblanza sobre las poblaciones más vulnerables de las ciudades a los diversos fenómenos que se presentan. La falta de inclusión social, ingresos económicos y carencia en los servicios públicos son algunos de los problemas que hacen que su calidad de vida se vea disminuida ante contingencia de un evento extremo (Baker, 2012). Comprender la dinámica socioeconómica de la población vulnerable dentro de los centros urbanos, es un ejercicio que se debe analizar sobre todo en el momento de la aplicación de soluciones a las diversas afectaciones que enfrentan en la actualidad este tipo de población urbana.
- La investigación realizada por Jabareen (2012) *Vulnerabilidad de las ciudades a los fenómenos meteorológicos extremos espacio: una nueva frontera de la investigación urbana multidisciplinar*. Es un tema que presenta escasos de estudios que detalla los impactos de los eventos extremos en las ciudades, describe la forma en que políticas públicas deben fomentar la capacidad de recuperación de las ciudades desde una visión de gestión de riesgo urbano.
- *Urban vulnerability and resilience within the context of climate change*. El artículo describe los peligros naturales debido al cambio climático, en particular los que propician daños en las zonas urbanas, debido a las interdependencias de sus redes internas. La capacidad de recuperación urbana tiene que hacer frente a los riesgos climáticos. Uno de los fenómenos que más impacta por sus efectos son isla de calor urbano (ICU), que se describe por la capacidad de almacenamiento de calor dependiendo de las formas de las construcciones (edificios, espacios públicos, organización espacial, el transporte o incluso las actividades industriales) (Tromeur y otros, 2012).
- El documento *Cómo desarrollar ciudades más resilientes Un manual para líderes de los gobiernos locales*. Representa para los líderes de los gobiernos locales como los alcaldes, gobernadores, concejales y otros, un marco genérico para la reducción de

riesgos e identifica buenas prácticas y herramientas que ya están siendo utilizadas en varias ciudades que presentan problemas de riesgo y vulnerabilidad en su territorio. (Naciones Unidas, 2012).

El manual establece una serie de preguntas clave como ¿Por qué esto es beneficioso?, ¿Qué clase de estrategias y acciones se requieren? y ¿Cómo hacer para llevar a cabo la tarea?, las cuales sirven de guía para enfocar los esfuerzos desde la administración, en buscar soluciones de las experiencias de otras ciudades y que pueden ser útiles a la hora de aplicar normas más eficientes en la prevención de daños entre el círculo urbano donde se ubiquen.

- La publicación *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*, aporta elementos para el análisis sobre la vulnerabilidad urbana a cambio climático, así como aspectos teórico-conceptuales y metodológicos que pueden ser considerados en la investigación. Son los centros urbanos como conglomerados de las actividades económicas, vitales para la producción y consumo, su exposición es cada vez más vulnerable a sufrir daños por fenómenos extremos (Sánchez, 2013).
- El trabajo sobre *Cambio climático y la ciudad: capacidad para la adaptación* elaborado por un equipo multidisciplinar de la Universidad de Manchester (2014), realizó un análisis de los efectos que generan los eventos extremos en la ciudad, enfocado desde distintas áreas del conocimiento y cómo estas contribuyen en la planeación urbana de la ciudad, establece líneas de trabajo que permiten estudiar los aportes disciplinares en la construcción de soluciones integrales para la atención, prevención y adaptación de los fenómenos extremos en la ciudad, esta visión fue considerada en la investigación como ejemplo de un proyecto de mayor alcance que puede considerarse hacia futuro en los centros urbanos y su repercusión de los cambios ambientales (Carter, 2014).

- *El Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático* (SEMARNAT, 2008), es un documento que aborda los primeros estudios sobre la vulnerabilidad a cambio climático en base a los esfuerzos realizados por las instituciones gubernamentales para informar a la población sobre los efectos perturbadores que se pueden llevar a cabo en México por el cambio del clima. Este trabajo es una referencia sobre la construcción del análisis de la vulnerabilidad urbana a cambio climático en el país, así como las acciones promovidas por el gobierno federal para atender la problemática asociada a este fenómeno global (Landa y otros, 2008).

- *Diagnóstico nacional de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres*. El trabajo describe la diversidad de eventos a los que ha estado sometida la población en el territorio mexicano, ante la posibilidad real de que se agudice los daños por desastre en los próximos años debido al cambio climático global y al deterioro ambiental existente, es motivo de interés y preocupación por diversos sectores como el social, gubernamental y académico. Esta problemática ha cambiado la exigencia en las políticas de ordenamiento territorial, desarrollo urbano-regional y aquellas que presenten un carácter ambiental, económico y social dentro de una región. Esta propuesta realizada por SEDESOL (2010).

La dinámica de cada ciudad es única y muy poco comparable, aunque dependerá de las condiciones ambientales y distribución sociodemográfica de cada localidad para establecer medidas de gestión de riesgo que limiten la capacidad de las autoridades para enfrentar los problemas derivados de estas condiciones. La exposición de sufrir daños ante la presencia de peligros está latente, por lo que la intensificación de los fenómenos por la presión que realiza la sociedad a los recursos naturales incide en los niveles de riesgo y vulnerabilidad urbana de la población que habita estas áreas. (Mancilla, 2010: 25).

El análisis y la evaluación de la vulnerabilidad se basa en la aplicación de una escala múltiple (individual, familiar, nivel municipal) en un conjunto de indicadores y el uso de un amplio rango de datos. El conjunto específico caso de los indicadores desarrollados en este estudio, muestran las variables relevantes y sus interrelaciones que influyen en la vulnerabilidad a las inundaciones en el área de estudio. Proporciona una herramienta de apoyo a las decisiones de los interesados y permite el seguimiento en las evaluaciones de los cambios que se presentan en el tiempo.

Hay discrepancias en el enfoque, definición de términos clave, métodos y consecuencias políticas de cada una de las áreas de conocimiento. La investigación sobre la vulnerabilidad urbana enfrenta una tensión entre la necesidad de representar las diferencias dentro de las áreas urbanas dadas por el contexto específico de las dimensiones y factores que intervienen, y por el deseo de identificar los factores determinantes como los atributos de la capacidad de adaptación y resistencia a través de las zonas urbanas. Se necesita un conjunto de conceptos y herramientas que atraviesen las distintas áreas del conocimiento, para mejorar la comprensión de la vulnerabilidad en el contexto urbano.

2.3 Estudios realizados sobre ciclones tropicales

Una de las amenazas más importantes en el estudio del riesgo y la vulnerabilidad por la importancia temporal son los de origen hidrometeorológico, principalmente los ciclones tropicales representan un factor de estrés para las poblaciones ubicadas cercanas a los Mares o Océanos.

La intensidad de los ciclones tropicales desde su formación hasta su degradación implica mayor atención por su potencial grado de destrucción que puede causar a las sociedades ubicadas en sus trayectorias, así como aquellas que se encuentran en la dimensión

espacial de extensión física, es parte de su estructura la que aumenta la probabilidad de afectaciones puede causar al medio natural y bienes materiales de un territorio.

A continuación, se hace referencia de los documentos que han sido elaborados que refieren los efectos de los ciclones tropicales en los centros urbanos, así como los mecanismos adoptados para la construcción de nuevos estudios que permitan disminuir los daños generados por estos fenómenos.

- Algunos de los estudios realizados en la península de Yucatán han sido de tipo antropológico en los años ochenta sobre casos de huracanes como Gilberto en 1988 e Isidoro en 2002 (García, 2002), en el artículo *Una visita al pasado. Huracanes y/o desastres en Yucatán*, se analizó el paso del ciclón tropical considerado el más fuerte que haya pasado por esta región, por la magnitud de los daños que generó al medio ambiente, la población, infraestructura y actividades económicas.
- *Evaluación de los impactos económicos del huracán Gilbert sobre los recursos marinos y costeros en Jamaica*. El paso del huracán del siglo XX generó un deterioro socioambiental en los países cercanos durante su trayectoria, como sucedió en Jamaica. Sin embargo, la destrucción que ocasiono a los diferentes sistemas incidió en el interés por realizar el presente informe, el cual se enfoca a la evaluación del impacto económico que generó el ciclón tropical (PNUMA, 1989).
- Los *Ciclones tropicales en México* es un documento técnico, operativo e informativo, el cual permite conocer el proceso de su formación, desarrollo y monitoreo cuando se forma un sistema ciclónico en la región desde una visión de preventiva (SEGOB y CENAPRED, 2000).

La posibilidad de que un ciclón tropical toque tierra en la península de Yucatán es latente, durante el siglo XX se registraron 58 huracanes en la región peninsular (García, 2002).

La presencia constante de dichos eventos y sus efectos sobre la población, debe ser considerada en conocimiento ante la presencia de huracanes. Sin embargo, con el paso de Isidoro en 2002, quedo de manifiesto que esto es lo más lejano en la realidad.

- El artículo *Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in México*, escrito por Jáuregui (2003), Este trabajo se hace referencia a la presencia de los ciclones tropicales y huracanes que han impacto en ambos Océanos con los cuales delimita el país. Son los estados costeros los que presentan mayor exposición a ser impactados por estos fenómenos, su frecuencia y su potencial de daños que han generado los ciclones tropicales en el periodo de 1951 a 2000. Se lleva a cabo un análisis de las trayectorias, el cual permite obtener información que puede contribuir al conocimiento de la temporalidad, es de suma importancia un estudio a escala local.

- *Hurricanes y Typhoons. Past, Present y Future*, es el documento que permite describir los procesos metodológicos con los cuales se ha instituido la base histórica de ciclones del Atlántico Norte y Golfo de México. A raíz de las necesidades por contar con información histórica sobre las trayectorias de los ciclones tropicales, intensidades y otros datos que se generan durante la ocurrencia de un evento, la cual es almacenada en la base de datos universal, se llevó a cabo un análisis de los datos proporcionados por el Centro Nacional de Huracanes (NHC) (Murnane y Bui, 2004).

- *Katrina, Stan y Wilma: tres desastres en busca de un paradigma*, es documento que revela el estado de vulnerabilidad de las personas y la incapacidad de las instituciones gubernamentales en la península de Yucatán para entretejer una red de respuesta a las emergencias que representaron cada uno de los eventos como lo describe, el no estar preparado implico que la población de mayor pobreza presentara mayores daños a sus bienes personales y su situación económica de las familias que habitan el centro-sur de la península y se volviera más precario. La documentación de los ciclones tropicales en la región es la oportunidad de estudiar los esfuerzos realizados por los

actores involucrados para mejorar los sistemas de trabajo actuales empleados por las instituciones, y así construir herramientas que permitan la prevención de futuros daños, así como la mejora en la toma de decisiones.

- *Estadísticas de los daños por viento causados a las estructuras por el huracán Wilma en el caribe mexicano.* El presente trabajo centra su análisis en las pérdidas ocasionadas en las ciudades del caribe como Cancún, Cozumel y Playa del Carmen, tras el paso del huracán Wilma. La información utilizada se obtuvo mediante datos con empresas aseguradoras, las cuales establecen niveles de afectación registrados en la infraestructura económica y de servicios, catalogados de acuerdo con su tipo estructural y plantea tendencias de daño en elementos estructurales y no-estructurales como consecuencia de efectos meteorológicos como son de marea de tormenta, viento huracanado y lluvia intensa (Zenteno y otros, 2006).

- Las investigaciones publicadas en el *Monitoreo de riesgo y desastre asociado a fenómenos hidrometeorológicos y cambio climáticos*, presenta una aportación al conocimiento en el tema de los ciclones tropicales, riesgo, vulnerabilidad y cambio climático en la península de Yucatán. De este trabajo fue retomado la sección II, el cual contribuye a realizar los antecedentes históricos del fenómeno a estudiar mediante experiencias empíricas de los huracanes que han presentado una trayectoria cercana a las ciudades en estudio (Frausto, 2014).

- *Percepción, miedo y riesgo, ante los huracanes y otros fenómenos naturales en Yucatán*". Este Artículo de investigación analiza la conformación y la percepción construida en Yucatán en torno a fenómenos hidrometeorológicos ocurridos tanto en la región, como en otras partes del mundo. Para indagar en el ámbito local, se realizó una consulta sobre el impacto que tuvo el huracán Isidoro en septiembre de 2002 en poblaciones (comisarías y subcomisarias) cercanas a la ciudad de Mérida (Angelotti, 2014).

Los resultados obtenidos, arrojaron información respecto a las diversas estrategias empleadas por la población para enfrentar la crisis ambiental, social y económica, así como las posibles causas que, según la población, habrían originado el desastre. Esta visión cultural permite aprender las formas de entendimiento y aprendizaje sobre la percepción de los fenómenos que generan daños no solo a nivel individual, sino también a la familia. Además, depende de las creencias espirituales, lo que hace que las acciones antes y después del evento sean diversas para prevenir la vida de las poblaciones vulnerables.

2.4 Estudios realizados sobre las ciudades.

La ciudad de Motul de Carrillo Puerto es un centro de población regional de gran importancia en la vida social e historia de la conformación del estado de Yucatán. A pesar de su antigüedad urbana, no existe una documentación que permita identificar los procesos urbanos que han sido aplicados a lo largo del tiempo. A continuación, se hace una remembranza de los estudios elaborados y documentados por distintos autores:

- La obra *Notas sobre el cacicazgo de Ceh-Pech y su capital Motul* realizado por Sánchez (1978), describe la importancia que ha representado la ciudad para la región, su auge como parte de las ciudades mayas fundadas en siglos anteriores, así como la construcción social y urbana en el tiempo. Esta circunstancia permite aprender lo que hoy se puede analizar, la ciudad bajo un contexto histórico-urbano refleja los problemas que enfrenta según su condición geográfica, esta información es la referencia que se requiere para la comprensión de la estructuración y vida urbana de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.
- En los años ochenta la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), realizaron una serie de estudios en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto, para el conocimiento de los problemas de riesgo y vulnerabilidad ante la presencia de diversos

fenómenos. El resultado de este diagnóstico deriva en los *Programas de prevención y atención de emergencias urbanas para el centro de población*, el cual es utilizado para referir los aspectos más sensibles de la ciudad a evaluar, como parte de la infraestructura que le ha dado orden, estabilidad, viabilidad a la vida social y urbana que será retomado en esta investigación al momento de generar el análisis de la vulnerabilidad urbana (SAHOP, 1982).

- El Estudio está orientado a disminuir los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural y evitar asentamientos irregulares. *Atlas de peligros de Motul, Yucatán*, se crea mediante el fundamento jurídico del Plan de desarrollo, el cual precia como una estrategia “Hacer de la prevención de desastres y la gestión del riesgo, una política de desarrollo sustentable”, incorporando acciones de prevención en la planeación del desarrollo territorial, ambiental y social (SEDESOL, 2012). El atlas es una herramienta teórica-metodológica que debe ser considerada en la toma de decisiones para las autoridades locales.
- El *Atlas de escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán*, reporta una serie de escenarios sobre las condiciones climáticas (precipitación, temperatura y humedad) con base en datos obtenidos de las estaciones hidrometeorológicas que existentes en la península (Orellana y otros, 2009). Este trabajo nos permitió conocer los posibles efectos del cambio climático en la región, sirvió para realizar el análisis de la vulnerabilidad urbana con las trayectorias de los ciclones tropicales que se han acercado a las ciudades.
- El *Atlas de peligros de fenómenos naturales en el estado de Yucatán*, describe los tipos de fenómenos físicos e hidrometeorológicos a los que se encuentran expuestos los habitantes del estado como son los nortes, inundaciones, sequia, ondas de calor y erosión costera (Gobierno del estado del Yucatán, 2011: 3). El carácter del estudio es preventivo, tiene la finalidad de contribuir a establecer estrategias para la atención, prevención,

reducción de daños de desastres. A pesar de ser un instrumento que ayuda a diagnosticar los niveles de riesgo en diversas áreas geográficas, carece de un análisis del impacto de los fenómenos sobre la población, la referencia en esta investigación permitirá realizar un análisis de los efectos que presenta el cambio climático, así como el riesgo y la vulnerabilidad socioambiental que están latentes por la configuración física del territorio.

La ciudad de Progreso de Castro es un centro de población costero que ha presentado mayor relevancia en la vida socioeconómica del estado de Yucatán, el origen es primordial en su fundación la creación de un puerto de cabotaje hace más de 100 años, su ubicación la hace atractiva para actividades turísticas y recreativas.

- Existe un personaje muy importante en la vida histórica de la ciudad de, el Maestro Romeo Frías Bobadilla; cronista vitalicio. Cuenta con diversas obras científicas escritas sobre la historia urbana de esta ciudad en los últimos cien años. Entre los escritos realizados, han sido la referencia para la publicación de la monografía sobre la ciudad, otros como parte de proyectos como el caso de *Un proyecto de cien años. El puerto de abrigo, La evolución de la ciudad de Progreso de 1840 a 1900 y 1901 a 1917*. Esta información fue utilizada como antecedente para la reconstrucción cartográfica del proceso de urbanización en la ciudad, así como de referencia de los efectos han ocurrido ante el paso de los ciclones tropicales en este tiempo.
- El libro *el Origen y evolución de Progreso* a través del fomento editorial de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). De este trabajo se extraen datos cuantitativos sobre el desarrollo de la ciudad, los principales problemas y su evolución como ciudad en el tiempo (Priego de Arjona, 1973).
- El estudio *La costa de Yucatán: Desarrollo y vulnerabilidad ambiental* (Paré y Fraga, 1994). Realizaron un diagnóstico sobre la situación del medio ambiente, la población y la economía en las diferentes regiones costeras del estado hacia los años

setentas y ochentas, de este libro se retomaron las condiciones que generaron una nueva reconfiguración socioeconómica y demográfica en los municipios que se ubican en la franja costera del estado de Yucatán, incluidas las dos ciudades a estudiar.

- Para el conocimiento de los problemas de riesgo y vulnerabilidad ante la presencia de diversos fenómenos, se elaboró el diagnóstico *Programa de prevención y atención de emergencias urbanas para los centros de población de Progreso de Castro*, el cual es utilizado para referir los aspectos más sensibles de la ciudad a evaluar, como parte de la infraestructura que le ha dado orden, estabilidad, viabilidad a la vida social y urbana que será retomado en esta investigación al momento de generar el análisis de la vulnerabilidad urbana (SAHOP, 1997).

- *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán*, describe los procesos ambientales, demográficos, sociales, culturales y territoriales del estado de Yucatán destacando el capítulo III escrito por el Meyer Arendt (1999) sobre el “*Impacto Ambiental Provocado por el Cambio del Uso de Suelo en la Zona de Progreso, Yucatán*”. Este trabajo de investigación permite construir los procesos de crecimiento urbano de la ciudad de Progreso de Castro, así como de las ciudades más importantes del estado, incluida la de Motul de Carrillo Puerto, esta información hace referencia a los procesos territoriales y el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos que han afectado esta región, además da una referencia sobre los procesos de la estructura urbana y su desarrollo.

La relevancia de este trabajo es la creación y aplicación de programas con fines preventivos, correctivos, encaminados a disminuir los efectos causados por fenómenos principalmente de tipo hidrometeorológico hacia el interior de la ciudad de Progreso de Castro, disminuyendo los daños materiales y socioeconómicos de la población.

- *Atlas de peligros de Progreso, Yucatán*. Es estudio que surge por el mandato que marca la ley del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), es un documento

operativo sobre la exposición de fenómenos que pongan en riesgo a la población ante posibles daños de desastre en los municipios (SEDESOL, 2011). Aunque existe el antecedente de documentos que describen las emergencias urbanas de la ciudad de Progreso de Castro, como el elaborado por la SAHOP (1997) y Plan Operativo de Inundaciones, sirvieron para la construcción del Atlas, donde se aporta información para el análisis de los riesgos que se pueden presentar en el municipio.

- El agua es un elemento natural que siempre está disponible en el medio ambiente, es posible satisfacer las necesidades humanas, pero en exceso produce inundaciones que originan graves repercusiones materiales y algunas veces pérdidas de vidas humanas. *El Plan operativo de inundaciones de Progreso, municipio de Progreso, Yucatán*, es un documento técnico orientado al análisis de los procesos de urbanización, el potencial de daños que se pueden generarse por la presencia de los ciclones tropicales y otros fenómenos como los frentes fríos y las inundaciones por marea alta en zonas del manglar, con el cual limita el área urbanizada (SEMARNAT y CONAGUA, 2012).

- *Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación del agua subterránea en Yucatán*. El artículo describe los diferentes procesos de contaminación, los cuales permiten evaluar el riesgo del agua subterránea mediante la generación y análisis del mapa de riesgo de las regiones hidrogeológicas "Semicírculo de cenotes" y "Zona costera" del estado de Yucatán. La información cartográfica se obtuvo de los mapas de vulnerabilidad y peligrosidad que fueron realizados recientemente para el Estado. Para evaluar los niveles de vulnerabilidad se basaron en siete variables, las cuales integran el método DRASTIC, profundidad, recarga neta, litología y estructura media del acuífero, tipo de suelo, topografía, impacto a la zona vadosa y conductividad hidráulica. Los resultados muestran que existe vulnerabilidad para los municipios de Mérida, Progreso y Dzidzantún ante riesgo muy alto de contaminación (Torres y otros, 2014).

Conclusiones parciales

Existen esquemas de trabajo distintos entre las fuentes literarias que estudian la vulnerabilidad del territorio, para resolver un problema complejo, se aprecia que los autores que hacen alusión al tema propician el desarrollo multidisciplinar del conocimiento científico, por lo que las respuestas planteadas expresan la falta de inclusión de los elementos básicos en el ciclo de vida. Las alteraciones propiciadas a escala local implican el trastorno de los ecosistemas regional, por lo que las consecuencias son cada vez mayores en la medida que no se promueva un paradigma diferente al que rige las políticas económicas mundiales, exponiendo a los grupos de población a sufrir daños en sus bienes personales.

La vulnerabilidad en los centros urbanos es parte derivado de la intensidad de las actividades humanas que altera los elementos del medio ambiente regionales como es el cambio climático. Se hace referencia en cada trabajo en la acumulación del conocimiento ha buscado respuestas apropiadas a cada problema a través del recuento de los daños causados por las propias actividades urbanas a lo largo de la historia humana.

Los métodos más utilizados en las investigaciones sobre vulnerabilidad incluyen los aspectos ambientales, sociales y económicos, como parte esencial para evaluar los niveles de fragilidad de un territorio. Sin embargo, cada estudio, presenta distintas variables que, al ser agrupadas, han alcanzado a ampliar las dimensiones de los problemas planteados.

Los resultados de los trabajos hacen alusión a la probabilidad de enfrentar graves daños causados por la intensidad en los fenómenos, sino se realizan ajustes a los actuales sistemas de la infraestructura. La fragilidad de las poblaciones hacia el interior de las sociedades depende de cómo estos se adapten a los cambios ambientales globales.

Las reflexiones científicas en los trabajos teóricos-conceptuales señalan la necesidad de adoptar un lenguaje claro y preciso para evitar equivocaciones en la definición e interpretación de los fenómenos que afectan a las ciudades. Sin embargo, el trabajo es cada vez más demandante, por lo que la agrupación del conocimiento en equipos de trabajos multidisciplinares tiende a ser una opción de enfoque, a los esfuerzos que se realizan para la búsqueda de soluciones a los problemas urbanos.

Estudiar la vulnerabilidad urbana ante fenómenos como los ciclones tropicales ha mantenido un bajo interés general, lo que se ve reflejado en la producción de trabajos hasta el momento. Los realizados están enfocados desde la geografía, urbanismo y la ingeniería. El reto de este trabajo es seguir promoviendo la necesidad que existe por desarrollar conocimiento asociado a los ciclones, fenómeno que ha estado presente en el ambiente a lo largo del tiempo en las ciudades ubicadas en regiones de tránsito ciclónico.

Capítulo III. Caracterización de la zona de estudio

Introducción

La visión del urbanismo como un elemento de la planificación del territorio, ha permitido dimensionar el origen y situación geográfica de las ciudades; la importancia de comprender la historia de un lugar ha transcurrido en su construcción como se conoce en la actualidad. Los procesos ambientales, sociales y económicos son de relevancia para la descripción del espacio urbano, por lo que surge el interés por el estudio del territorio donde los detalles hacen que la realidad sea parte del análisis que se pretende llevar a cabo más adelante.

En este capítulo se describe los aspectos geográficos, demográficos, económicos de la población de Motul de Carrillo Puerto y Progreso de Castro a nivel de secciones

electorales, para el conocimiento de las condiciones internas de los centros urbanos. Además, se analiza la presencia de los ciclones tropicales en las ciudades a través de sus trayectorias, las cuales se clasifican en rangos de distancia a la que se han acercado a la mancha urbana.

El capítulo se divide en cuatro apartados; en el primero se hizo la descripción de los aspectos geográficos como la localización, fisiografía, clima, uso de suelo y vegetación, para conocer las características que presentan cada una de las ciudades con respecto a su entorno regional.

Para el segundo apartado se identificaron las variables demográficas como población total, tipos de hogares, fecundidad, migración, religión, población indígena, derechohabencia a los servicios de salud y características de las viviendas a nivel de secciones electorales agrupadas en grandes zonas, además de la descripción del incremento que mantendrá la población a nivel de localidad urbana para el periodo de 2010 a 2030. En el tercer apartado, se presentaron los datos sobre las características económicas de la población a nivel de secciones electorales, tales como población económicamente activa, índice de marginación e índice de pobreza.

En el último apartado, se determina el origen de los ciclones tropicales que se han presentado según la clasificación en cuatro rangos de distancia de 0 a 10, 10 a 50, 50 a 100 y 100 a 200 kilómetros por cada ciudad, se considera el centro de la mancha urbana como el punto de referencia, este análisis se realizó para el periodo de 1850 a 2015.

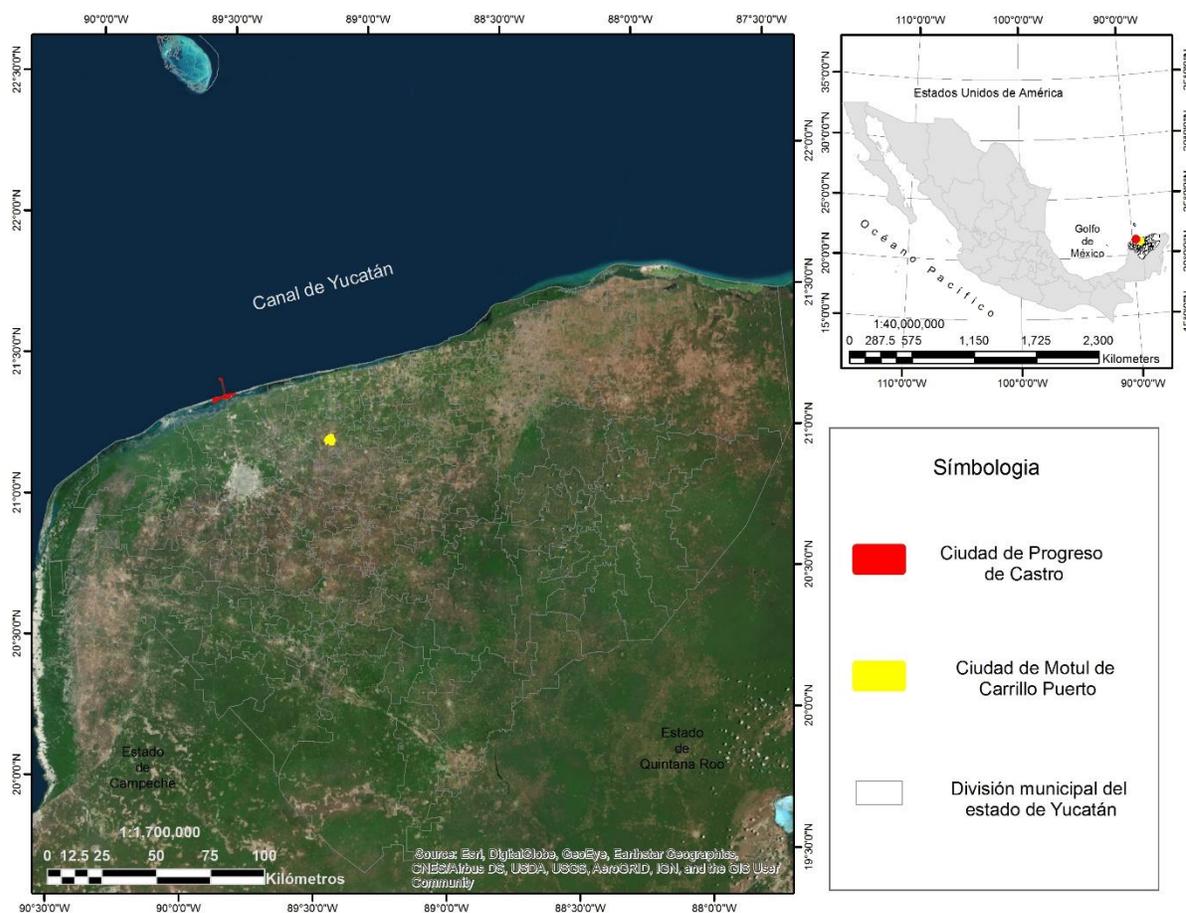
3.1 Aspectos geográficos.

El estado de Yucatán está ubicado en la parte Sureste de la República Mexicana, en la zona peninsular del mismo nombre, limita con los estados de Campeche y la integración más reciente de Quintana Roo. Está delimitada al oriente por el Mar Caribe, al norte por

una extensa franja marina conocida como canal de Yucatán, al poniente con el Golfo de México, al suroeste por el estado de Tabasco y al sur por la República de Belice, como se refiere en la figura 2.

La ciudad de Motul de Carrillo Puerto se localiza en el centro-este de Yucatán a 40 kilómetros de la costa y a 38 kilómetros de la ciudad de Mérida, es una ciudad de paso que conecta a la capital con el oriente del estado. Desde el punto de vista histórico, su origen es muy antiguo aproximadamente de 1,100 D.C, y fue fundada por un sacerdote maya Zac Motul y sirvió para la colonización del norte de la península (Quezada, 2001).

Figura 2. Localización de las ciudades de Motul de Carrillo Puerto y Progreso de Castro, Yucatán



Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, (2015).

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, el proceso de fundación fue favorecido por la necesidad que presentaba la economía de la región a finales del siglo XVIII para la construcción del puerto, esto permito la salida de mercancías producidas en la región, situación que favoreció el establecimiento de la ciudad como destino económico y social en la actualidad (Quezada y Frías, 2006).

Las ciudades en estudio se ubican en una región semiplana que presentan condiciones físicas (fisiografía, clima y uso de suelo y vegetación) características de la región tropical. Despliega una dinámica en las corrientes marinas que bañan a la península resultado de la mezcla de aguas frías del Golfo de México con aguas cálidas del Mar Caribe, favorece el desplazamiento de fenómenos ciclónicos por el territorio (Mansilla, 2005). Las condiciones físicas se describen a continuación:

a) Fisiografía

La zona de estudio presenta un origen geológico de tipo marino, sus características topográficas, consta de zonas de lomeríos en la parte sur del estado de Yucatán en la frontera con los estados de Campeche y Quintana Roo en el denominado triángulo peninsular, y sirve de límite estatal entre los estados con una altura máxima de 400 msnm. El resto del territorio es plano, llanura costera de muy limitada altitud de 1 a 50 msnm, con cuerpos de agua subterráneos denominados cenotes (Peraza, 1995) y (UADY, 1999).

La forma de un paisaje Kárstico de plataforma incide en la formación de una barrera natural que delimite el tránsito de fenómenos regionales mismos que ocurren de manera constante como son los ciclones tropicales. Sin embargo, el conjuntar el vínculo ambiental, como el atmosférico y oceánico, inciden en la biodiversidad de plantas y animales endémicos o aquellos que son capaces de adaptarse a estas condiciones de

humedad, alta temperatura y en ocasiones de alta salinidad por la escasa profundidad de la roca madre, así como la falta de suelo orgánico (Meyer, 1999).

En la costa, la formación de lagunas producto de la conjunción del mar con zonas de mangle, toman relevancia tanto para la vida marina como ecológica, establecen áreas de acumulación de materia orgánica, que al mezclarse forman suelo, propician la regulación del ecosistema marino e impide que el mar se extienda, además delimitación ambiental con la parte continental (Carabias y Landa, 2005).

b) Clima

El estado de Yucatán por su localización geográfica presenta distintos subtipos de clima tropical y en régimen de humedad asociado con la cantidad de precipitación y temperatura, así como diversos los tipos de vegetación, según lo refiere la clasificación climática realizada por Köppen, pero modificado a las condiciones regionales del país (García, 2004).

La ciudad de Motul de Carrillo Puerto presenta un tipo de clima Aw_0 , esto significa que presenta temperaturas en el mes más caliente y frío superior a los 18°C , con una vegetación que soporta temperaturas superiores a los 35°C , con un régimen de humedad de 10 veces más lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año (abril a septiembre), que en el mes más seco (octubre a marzo).

El clima que se presenta la ciudad de Progreso de Castro es de tipo de clima BS (seco o árido) por su condición de humedad y temperatura, se diferencia por la disminución de lluvia asociado al tipo de vegetación de tipo de dunas de arena costera y selva baja caducifolia en el borde interior, en dirección hacia la parte continental, la temperatura media anual es mayor de 18°C , así como del mes más frío considerándose muy cálido por su ubicación geográfica, el régimen de lluvia es en todo el año, el subtipo de humedad

intermedio. Esta condición se debe a la presencia de fenómenos regionales como son las ondas frías del norte o frentes fríos que al cruzar por el Golfo de México adquieren humedad que es precipitada al chocar con altas temperaturas que se presentan en el borde de la costa esta situación se ve reflejada en el invierno (García, 2004).

En verano, la presencia de los ciclones tropicales es normalmente en dirección de sur a norte o este a oeste, aumenta la probabilidad de presentar mayor porcentaje de humedad en la región. Además del tipo de corrientes marinas en el canal de Yucatán, influye en el incremento de humedad cercana a la costa, por lo que la conformación de lagunas costeras y áreas de manglar hacen de las ciudades costeras vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos en parte por la intensidad de las lluvias estacionales y las altas temperaturas, velocidad del viento y cuerpos de agua que propician que las condiciones ambientales presenten cambios atmosféricos que inducen a la formación de fenómenos extremos alrededor de las áreas urbanas.

c) Vegetación

Las características geográficas del estado de Yucatán desde su fisiografía y climas propician el desarrollo de cierto tipo de especies vegetales, animales y disponibilidad de recursos naturales en ecosistemas ubicados en esta región del país. La importancia de la vegetación determina la regulación en las condiciones de humedad y temperatura a nivel local, condiciones ambientales que favorecen el tránsito y acercamiento de los fenómenos ciclónicos por la zona de estudio, según el estado que guarda el medio ambiente en la temporada de ciclones tropicales (Gobierno del estado del Yucatán, 2011).

Selva baja caducifolia. Se localiza en la parte norte y en menor extensión en la zona sur de la ciudad, este tipo de vegetación presenta una presión baja por parte del crecimiento

urbano, lo que se vuelve inapreciable a los cambios realizados a la comunidad vegetal por la mancha urbana.

Selva mediana caducifolia. Sus características principales son árboles de mediana altura (3 a 10 m), se adaptan a temperaturas mayores de 35°C y abundante humedad a lo largo del año. Este tipo de vegetación favorece la materia orgánica del suelo y suelen existir especies forestales de gran valor comercial por la dureza de su madera como dzálam, cedro, caoba, ramón y jabín especies endémicas de esta región.

Manglar. Representa un área con especies vegetales subacuática localizada en la parte costera, ha sido destruida en parte por la construcción del puerto de altura y los asentamientos humanos que se establecieron como parte de las acciones de poblamiento hacia finales del siglo XIX. Una de las funciones físicas es la protección contra la fuerza de las mareas que se introduce hacia el interior de la ciudad o las marejadas provocadas por la agitación del agua en altamar generada por la fuerza que imprimen fenómenos hidrometeorológicos como ciclones tropicales y las ondas frías o Nortes que se presentan a partir del otoño y hacia finales del invierno (Paré y Fraga, 1999 y referido en estudios de Milanés y Pacheco, 2011).

El manglar es un ecosistema vegetal que ha disminuido su reserva territorial a raíz de la gestión de los asentamientos costeros; por lo que ha tenido que ser protegido por leyes y reglamentos federales, debido a la importancia de su riqueza natural y la estabilidad ambiental que proporciona a la sustentabilidad urbana costera. Permite disminuir el impacto de los efectos de los ciclones tropicales como ha sido con el paso de los huracanes Gilberto en 1988 y Isidoro en 2002 (SEGOB-CENAPRED, 2006).

Vegetación de duna costera es un tipo de vegetación espinoso y escaso, está asociado al paisaje característico de zonas costeras secas, su cercanía con la costa ha sido deteriorada por los procesos de urbanización en la ciudad de Progreso de Castro.

d) *Uso de suelo*

La cobertura vegetal convertida para un determinado propósito en su uso está expuesta a las transformaciones territoriales generadas por la presión de los centros urbanos y sus necesidades de sustento, por lo que un cambio en el uso y aprovechamiento del suelo con fines distintos a sus capacidades físicas-químicas que presenta una repercusión en el desarrollo sustentable de una ciudad. La forma de usar la superficie determina el grado de deterioro que pueda generar las actividades para las cuales ha sido cambiado, sin embargo, la demanda de suelo para fines urbanos se ha convertido en uno de los principales problemas para la sustentabilidad ambiental local.

La importancia del suelo implica una serie de factores negativos o positivos para el equilibrio ecológico, la situación en la cobertura vegetal refleja la riqueza del territorio para su explotación de los recursos disponibles como el agua, la capacidad del suelo para actividades agroalimentarias y la sobrevivencia de la humanidad.

Para garantizar la conservación de los ecosistemas naturales sin intervención humana, se debe garantizar que los efectos de los fenómenos ciclónicos permitan la regeneración de las comunidades vegetales como sucede en la selva media mediante la restauración de plantas y árboles enfermos por plaga que mueren o retoñan. Ello favorece la conservación de estas especies, así como la recarga de los mantos freáticos.

En las ciudades en estudios, existen distintos tipos de uso y aprovechamiento del suelo (INEGI, 2009), para el caso de la ciudad de Motul son dos tipos predominantes, el modificado para la agricultura de riego y el urbanizado como se describe en la figura 3.

El uso de suelo de *agricultura de temporal* ha disminuido su superficie, al estar contiguo a la mancha urbana la especulación en la construcción de viviendas ha generado que el valor del suelo permita la urbanización. Este uso presenta la frontera natural con la selva

mediana caducifolia, la cual ha sufrido alteraciones en su cobertura para establecer en ellas actividades agrícolas que impulsan el desarrollo agropecuario.

Uso de suelo de pastizales inducidos. Son áreas modificadas para el crecimiento de pasto, que sirve de forraje al ganado y el cual ha sido transformado por la actividad económica recientemente. Es una zona de amortiguamiento ecológico para enfrentar los efectos de un fenómeno ciclónico porque permite la absorción de grandes volúmenes de lluvia.

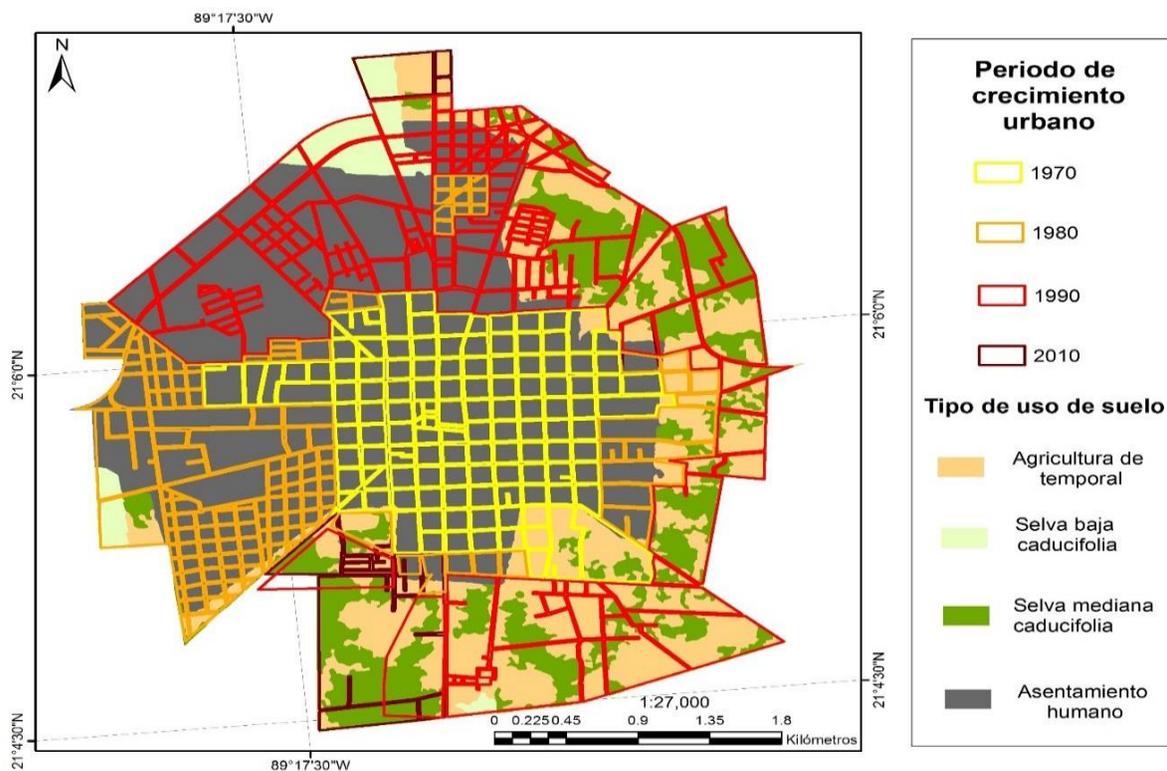
Uso de suelo de cuerpos de agua dulce y salada. Está conformado por áreas lagunares donde se llevan a cabo actividades como la pesca y de recreación turística, presenta una gran variedad de fauna y sirve para la anidación de las aves y peces. Además, sirve de puerto de abrigo para el resguardo de embarcaciones menores en caso de mal tiempo como la presencia de ciclón tropical como sucedió con los huracanes Inés, Ana, Gilberto e Isidoro. Se localiza en la parte de atrás del área urbanizada de la ciudad de Progreso, junto al manglar y zonas ganadas acuáticas.

La ciudad de Motul de Carrillo Puerto presenta una urbanización de tipo homogénea, se parte de un centro y se ha ampliado en la medida de la necesidad de la población por establecer sus actividades sociales y económicas, está delimitado por áreas de agricultura de temporal. El *suelo urbano* presenta distintos periodos de crecimiento urbano, de acuerdo con la información documentada en los procesos territoriales del estado de Yucatán, en 1970 la ciudad se ubicaba en forma circular en la parte central de la mancha urbana; en 1980 se extendió el crecimiento hacia la zona oriente y poniente, se transformaron áreas ocupadas por suelo de uso agrícola de temporal y una pequeña mancha de selva mediana en la parte norte de la ciudad (Peraza, 1995).

Para 1990 el crecimiento de la ciudad fue en la zona norte, oriente y sureste, la superficie urbanizada en este periodo duplicó el área ocupadas hasta antes de este periodo, el uso

más afectado fue el dedicado a la agricultura de temporal y selva baja caducifolia, como se muestra en la figura 3. Para 2010 se urbanizó la parte sur y suroeste, extendiéndose sobre zonas de selva media, aunque no se ha cerrado el círculo que forma la traza urbana de la ciudad, a pesar de ello existen áreas con vegetación que sirven de reserva para la urbanización hacia el futuro, esta condición propicia la amortización de los efectos urbanos sobre la condición ambiental local.

Figura 3. Uso de suelo y vegetación en la ciudad de Motul de 1970 a 2010.



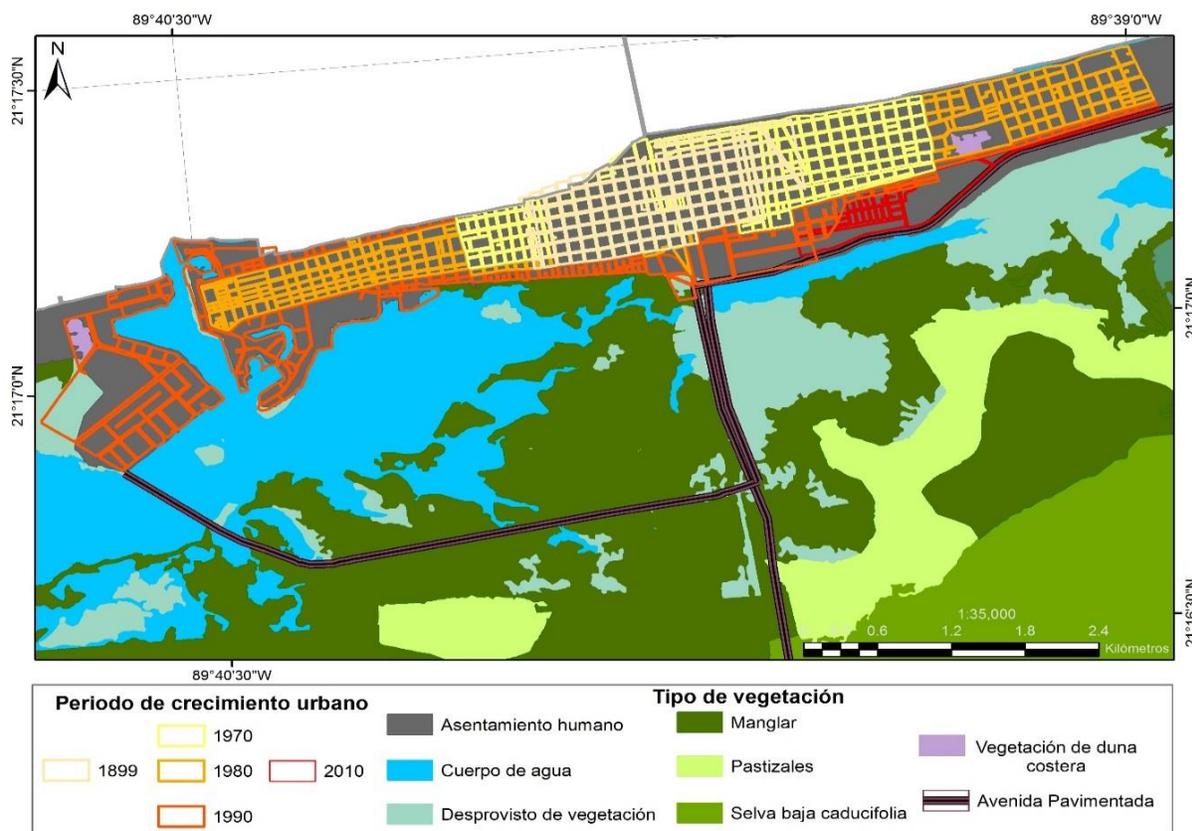
Fuente: Elaboración propia en base en INEGI, 2009.

En Progreso se ubica en la franja costera y los usos de suelo son: pastizal inducido, cuerpos de agua dulce, salada y por último el urbanizado, se ejemplifica en la figura 4. El periodo de mayor crecimiento de la ciudad fue hacia la década de 1980, se expande en dirección oriente-poniente, pero se gana superficie mediante el relleno de la ciénega. En 1990 se indujo, el último proceso de urbanización de viviendas populares, por esta razón la población con menores recursos económicos se ubica a un costado de la zona

de mangle, el cual está protegido y no puede ser rellenado. Sin embargo, para 2010, la traza se expande en la zona sureste de la ciudad, en los últimos espacios rellenados en zonas de ampliación urbana (Peraza, 1995).

El uso de *suelo urbano*, en Progreso presenta distintos periodos de crecimiento urbano, el primero se presenta hacia finales del siglo XX con la formación de una trama urbana cuadrangular y que permitió la consolidación de la localidad en un centro de población (Frías, 1956). En 1970, el crecimiento de la mancha urbana se extiende desde la línea de costa hacia la zona de manglar, de oriente a poniente de la ciudad. Para 1980, la ciudad se extiende aún más hacia la zona oriente, pero ya no en dirección a la parte continental, contenida por la zona de manglar como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Uso de suelo y vegetación en la ciudad de Progreso de 1970 a 2010



Fuente: Elaboración propia en base en INEGI, 2009.

En la carta de uso de suelo y vegetación para cada una de las ciudades serie IV, reporta que la zona urbana más reciente de la ciudad de Motul, ésta localizada en dos polígonos: el primero en el norte y un segundo en el sur de la ciudad. Durante el recorrido de trabajo de campo por la ciudad de Progreso, se identifica que la zona de menor costo de suelo urbano se localiza en la parte suroeste por la dificultad que representa el acceder a ella.

Secciones electorales

Para el análisis a escala interurbana de las ciudades en México existen diferentes métodos para el estudio de la población que habita hacia el interior de las ciudades, uno de ellos son las Áreas Geoestadísticas Básicas Urbanas (AGEB urbanos), se clasifica en áreas geográficas ocupadas por un conjunto de manzanas que generalmente va de 1 a 50, perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo sea principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, sólo se asignan al interior de las localidades urbanas (INEGI, 2010).

Aunque el proceso metodológico de los AGEB urbanos corresponde a un proceso de agrupación de manzanas en la realidad no siempre es así, existen casos donde las manzanas más grandes se fragmentan por lo que pierde su proceso de distribución geográfica. Además de no contar con una relación de las variables censales con la base cartográfica, sí se suma que no existe una relación retrospectiva con censos anteriores, por lo que es muy limitado el considerar la utilización de esta metodología para el estudio interno de las ciudades.

Otra forma metodológica para realizar estudios interurbanos es mediante áreas geoestadísticas electorales (secciones electorales), las cuales están determinadas por la agrupación de población votante que según la ley electoral vigente es de 750 a 1500 personas (INEGI y IFE, 2010). Esta metodología presenta la ventaja 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.

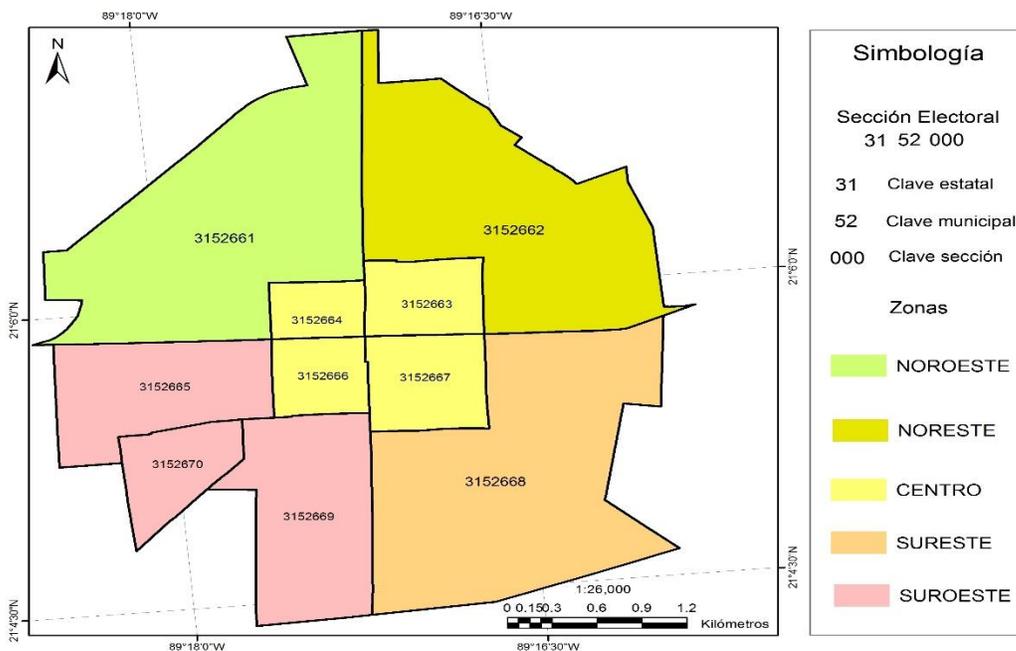
Para describir a las secciones electorales que se ubican hacia el interior de las ciudades de Motul y Progreso se hizo una zonificación (ver cuadro 1), la cual permite realizar el análisis de una forma más ordenada sobre la distribución de la información demográfica, social, económica e infraestructura, así como su distribución espacial (ver figura 5 y 6).

Cuadro 1. Zonificación de las secciones electorales por ciudades

Ciudad	Clave de las secciones	Zona
Motul de Carrillo Puerto	3152661	Noroeste
	3152662	Noreste
	3152663,3152664, 3152666,3152667	Centro
	3152668	Sureste
	3152665, 3152669, 3152670	Suroeste
Progreso de Castro	3159739 a 3159741	Oeste
	3159742 a 3159746	Norte
	3159747,3159748, 3159753	Este
	3159754 a 3159758 y 3159763	Sur

Fuente: Elaboración propia con datos de IFE-INEGI (2010).

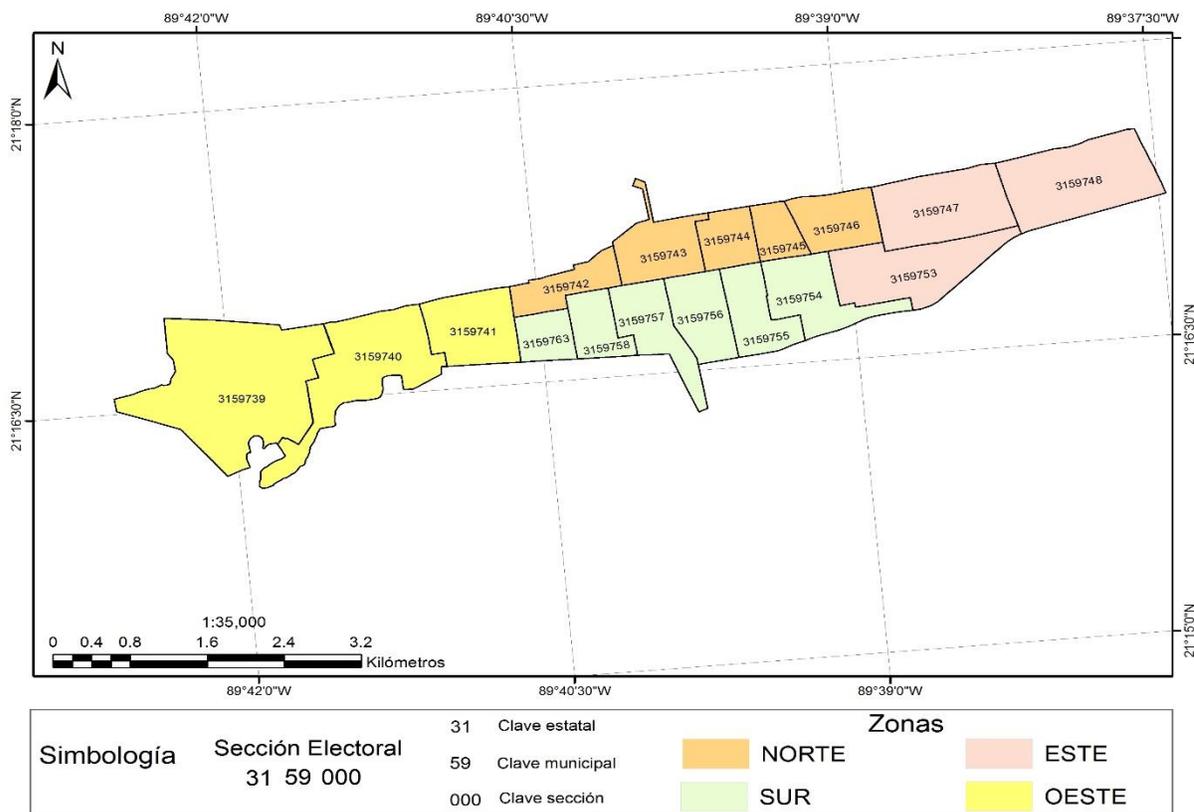
Figura 5. Zonificación de las secciones electorales en la ciudad de Motul



Fuente:

Elaboración propia con datos de IFE-INEGI (2010).

Figura 6. Zonificación de las secciones electorales en la ciudad de Progreso



Fuente: Elaboración propia con datos de IFE-INEGI (2010).

Existen estudios que han aplicado este tipo de metodología como el realizado por Cadena y Campos, (2015) 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 cualitativas y cuantitativas que se consideran en el estudio y describe las condiciones de vulnerabilidad social en México. Para esta investigación se retomará esta escala geográfica para describir las condiciones de vulnerabilidad urbana de la población en las ciudades de Yucatán.

3.2 Características de la población urbana

Para conocer las características internas de los habitantes de un centro urbano es importante realizar una caracterización de la población de las ciudades, estudios sobre vulnerabilidad social abordan los aspectos de la población que son considerados en la descripción de un territorio como es la totalidad de los habitantes, características en hombres y mujeres, grupos de edad, características de los hogares y viviendas, ubicación de poblaciones nativa, nivel de educación, acceso a servicios de salud, entre otros (Adger, 2006 y Almejo, 2011).

Por su parte Audefroy (2007) y Angelotti (2014) han llevado a cabo trabajos sobre la relevancia de la religión en el análisis de la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos a nivel local, los aportes señalan las acciones para la intervención ante la presencia de un fenómeno perturbador en función de sus usos, costumbres y creencias.

El Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (2000), señala que las poblaciones ubicadas dentro de los diversos grupos de edad presentan un nivel de vulnerabilidad mayor o menor ante la presencia de una amenaza o peligro. Por esta razón, se describe a los grupos de la población que habita en las ciudades para el conocimiento de su distribución territorial. Las capacidades físicas o intelectuales de la población

urbana, determina la toma de decisiones ante la presencia de un ciclón, es por este caso que la edad de la población es fundamental en la prevención de pérdidas humanas.

Los costos del suelo urbano y el tipo de uso que se atribuye son algunos de los factores que han determinado la concentración poblacional de la ciudad, mientras en la parte central donde se ubican comercios, centros de servicio y viviendas, es aquí donde se ubica el grupo de población de 65 años y más. Mientras que en las zonas periféricas el costo del suelo urbanizable es más barato para construir a pesar de que no se cuente con las condiciones mínimas de habitabilidad (servicios públicos básicos).

La ciudad de Motul presenta una población total de 23,618 habitantes en el año 2010, representa el 69.5 por ciento de la población total del municipio y el 1.2 por ciento del total de población que habita en el estado de Yucatán. La población se distribuye de la zona centro donde se concentra el mayor número de habitantes, hacia el noroeste y suroeste donde habitan entre 5,700 y 4,000 personas, es la zona este de la ciudad donde la población es menor de 4,000 habitantes.

La distribución de la población por sexo, indica que la zona centro presenta un mayor porcentaje de mujeres con respecto a hombres, más del 50 por ciento. Las siguientes zonas mantienen el equilibrio de la población de hombres-mujeres en 50 por ciento cada género. su estructura por grupos de edad predomina el quinquenio de 15 a 65 años con más del 60 por ciento de sus habitantes en todas las zonas de la ciudad, de 20 a 30 por ciento se agrupa de 0-14 años en todas las secciones, es la zona centro donde la concentración de población joven es menor (ver cuadro 2).

Coexiste una variación en la distribución de la población envejecida o de adultos mayores, se incrementa en más del 10 por ciento en la parte central de la ciudad en la medida que las zonas se alejan hacia la periferia. Este grupo de población representa menos del 8 por ciento de su estructura poblacional.

La población total en la ciudad de Progreso es 37,340 habitantes para el año 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 distribución poblacional es más uniforme al interior de la ciudad, 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 de la ciudad de Progreso 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 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 (ver cuadro 2).

La distribución de la población en Progreso 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, son 18 secciones que se localizan hacia el interior de la ciudad (ver figura 6).

Cuadro 2. Distribución de la población por zonas en las ciudades.

Ciudad	Zona	Población total	Porcentaje de población masculina	Porcentaje de población femenina	Porcentaje población de 0 a 14 años	Porcentaje población de 15 a 64 años	Porcentaje población de 65 años y más
Motul	Noreste	3,494	49	51	29	64	7
	Noroeste	4,290	50	50	30	64	6
	Centro	6,235	47	53	22	66	12
	Sureste	3,920	50	50	29	63	8
	Suroeste	5,679	50	50	28	64	8
Progreso	Norte	5,820	50	50	20	67	13
	Este	8,691	48	52	29	66	5
	Sur	14,485	50	50	24	67	9
	Oeste	8,344	49	51	28	68	4

Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de 2010 INEGI-IFE.

Hogares

En la ciudad de Motul la distribución de los hogares con jefatura femenina presenta una concentración de ellos en las zonas centro y suroeste de la ciudad en más del 20 por ciento del total de los hogares. Por otro lado, son las secciones ubicadas en las zonas que bordean la ciudad como noreste, noroeste y sureste donde la jefatura de los hogares es entre 15 a 18 por ciento.

En la ciudad de Progreso se presenta una distribución mayor a 28 por ciento de jefatura femenina en las zonas este a oeste. Sin embargo, la distribución de las zonas norte y sur representa una cuarta parte de los hogares conformados por mujeres en la ciudad.

Aunque existe relación con la población vulnerable, la zonificación de los hogares en esta ciudad se debe a la presencia de mujeres que trabajan, o que los hombres han

migrado hacia otras regiones en el estado, por lo que a pesar de esta situación la presencia de hogares con jefatura masculina sigue prevaleciendo en esta ciudad, pero con una tendencia a disminuir en porcentaje.

Migración

La población nacida en la ciudad de Motul representa el 95 por ciento de los habitantes, es la zona de la periferia del Suroeste que presenta un 4 por ciento de la población nacida fuera del estado, en el resto de las zonas la migración interestatal es entre 2 y 3.9 por ciento de la población que habita esta ciudad.

En la ciudad de Progreso el mayor porcentaje de población nacida en otra entidad se ubica en la zona norte y este sobre la costa con más del 13 por ciento, son las zonas sur y oeste donde la población inmigrante representa un 11 por ciento (ver cuadro 3). La tendencia de la migración en las secciones de ciudad está determinada por la falta de crecimiento económico local, proyectos productivos y creación de oportunidades laborales especializadas que se requieren en el mercado laboral, por lo que la población tiende a migrar cuando existen nulas oportunidades laborales.

Población Indígena

La población indígena mayor de 5 años y más que habitan en la ciudad de Motul, se localiza en más del 22 por ciento en las zonas noreste y sureste, en la zona noroeste es de 2 por ciento y menor a este porcentaje se ubican en el centro y noroeste.

La distribución de la población indígena en hogares se delimita por zonas del noreste, sureste y suroeste con más de 40 por ciento, mientras en la zona centro y noroeste es de 35 a 40 por ciento de los hogares, algún integrante de sus miembros es indígena.

En la ciudad de Progreso la población indígena mayor de 5 años es mayor del 5 por ciento en la zona oeste, mientras en el resto de la ciudad es menor de este porcentaje. Mientras que los hogares con población indígena se localizan en las zonas norte y sur con más del 10 por ciento, son el este y oeste las zonas con menor cantidad de hogares con habitantes indígenas menor del 7 por ciento.

Servicios de Salud

El acceso a los servicios de salud en la población de la ciudad de Motul representa más del 65 a 70 por ciento en la zona norte y centro de la ciudad, mientras en el sur la población con algún tipo de acceso a los servicios de salud representa entre 60 y 64 por ciento del total de los habitantes de la ciudad se reporta en el cuadro 3.

En la ciudad de Progreso, la variación de la población con derecho a los servicios de salud en alguna institución no presenta variaciones mayores al 2 por ciento, en mayor número se ubican en el norte y sur y menor hacia el oeste y este de la ciudad.

Religión

La cantidad de población religiosa en la ciudad de Motul está distribuida en las secciones periféricas en la zona norte y este con más de 2,233 creyentes, de los cuales el 80 por ciento son católicos, el 15 por ciento no de otras religiones y solo el 5 por ciento no profesan ninguna religión.

La sección ubicada en la zona centro-este de la ciudad, presenta una población creyente entre 1,988 y 2,232 personas, el 82 por ciento es población católica, el 17 por ciento es de otra religión y menos del 5 por ciento no predica ninguna religión.

Son las secciones del suroeste, centro y este que presentan menos de 1,987 creyentes de los cuales, una de las secciones presenta entre 65 y 88 por ciento de población católica,

entre 15 y 25 por ciento de la población es creyente de otras religiones sin ser necesariamente católicas, y menos del 15 por ciento de la población no son creyentes.

Las secciones centrales de la ciudad, cuenta con una población entre 1,226 y 984 habitantes creyentes, son católicos el 90 por ciento de los habitantes de estas secciones, menos del 6 por ciento son creyentes de otras religiones y 4 por ciento no profesa ninguna religión.

La distribución de la población creyente en cada zona de la ciudad de Progreso es mayoritariamente creyente, existen 2,936 y 4,621 habitantes se ubican hacia el Sur, esto representa el 82 por ciento de los habitantes católicos, 13 por ciento son creyentes de otras religiones y menos del 5 por ciento no pertenecen a ninguna religión.

Las secciones que presentan una población entre 1,682 y 2,935 creyentes se ubican en ambas zonas del oeste y este de la ciudad, presenta una población católica del 85 por ciento, un 10 por ciento pertenecen a otras religiones y solo el 5 por ciento no profesan alguna religión. La población entre 1,147 a 1,681 personas se ubican al centro y sobre la franja costera al norte, su población católica constituye el 90 por ciento, menos del 7 por ciento son creyentes de otras religiones y 3 por ciento no son creyentes.

Viviendas particulares habitadas

Las viviendas particulares habitadas en la ciudad de Motul están distribuidas de manera homogénea, la zona noreste y sureste cuentan con menos de 1,000 viviendas, donde el 85 por ciento son viviendas habitadas, 2 y 10 por ciento se encuentran desocupadas y menos del 5 por ciento son de uso de temporal.

Cuadro 3. Características demográficas por zonas en las ciudades

Ciudad	Zona	Porcentaje Hogares con jefatura femenina	Porcentaje Población nacida en la entidad	Porcentaje población 5 años y más hablante de lengua indígena	Porcentaje población en hogares indígenas	Porcentaje de población derecho a los servicios de salud	Porcentaje de población Creyente de una religión
Motul de Carrillo Puerto	Noreste	17	97	22.6	43.6	70	95
	Noroeste	19	98	16.5	36.3	67	95
	Centro	27	97	16.9	36.7	65	96
	Sureste	18	98	29	62.3	62	94
	Suroeste	21	96	20	45.5	62	92
Progreso de Castro	Norte	21	87	4	9.6	73	91
	Este	34	87	4	6.5	71	96
	Sur	21	89	4	13.8	73	95
	Oeste	28	88	6	7.5	71	96

Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de 2010 INEGI-IFE.

Las secciones ubicadas de la zona centro y suroeste son entre 1,050 y 1,400 viviendas, de las cuales el 90 por ciento están habitadas, 5 por ciento están desocupadas y menos del 5 por ciento son de uso temporal. Es la zona noroeste existen 1,083 viviendas, en las cuales 90 por ciento están habitadas, el 6 por ciento están desocupadas y menos del 4 por ciento son de uso temporal (ver cuadro 4).

En Progreso las viviendas se ubican de manera indistinta, en la zona oeste existe mayor número de viviendas con 3,900 viviendas, de las cuales 75 al 90 por ciento están habitadas, entre 10 y 25 por ciento son de uso temporal y menos del 5 por ciento están desocupadas. En la zona norte y sur representan más de 2,250 y 2,270 viviendas, el 80 por ciento están habitadas, 15 por ciento de uso temporal y menos del 5 por ciento están

desocupadas. El menor número de viviendas se establecen en la zona este menor de 1,690 viviendas, el 65 al 75 por ciento están habitadas, 20 a 30 por ciento son de uso temporal y solo el 5 por ciento son desocupadas.

Es importante mencionar que las viviendas que se ubican sobre la línea costera o muy cercas a ella en esta ciudad y localidades que contemplan el municipio son ocupadas de manera temporal o vacacional, por lo que solo están habitadas en ciertos periodos al año.

Viviendas particulares habitadas con piso de tierra

En la ciudad de Motul, las viviendas particulares habitadas con piso de tierra presentan una distribución uniforme, secciones ubicadas en el noreste, noroeste y sureste representan más del 10 por ciento de las viviendas con este tipo de material, es la zona Suroeste la que presenta menor cantidad de viviendas con esta condición con menos del 5 por ciento.

En la ciudad de Progreso, existe una distribución uniforme en las viviendas con piso de tierra con menos del 1 por ciento, este tipo de material se ha extinguido por cuestiones geográficas, al ubicarse entre el mar y la ciénega la ocurrencia de inundaciones es latente por lo que este material genera problemas de salud entre los habitantes.

Viviendas particulares habitadas con agua potable

La disponibilidad de agua potable a nivel seccional en la ciudad de Motul presenta una cobertura casi total en las viviendas particulares habitadas. Las viviendas ubicadas dentro de la zona centro cuenta con más del 95 por ciento de agua en las viviendas, hacia las secciones del noreste y sureste la disponibilidad es entre 94 y 95 por ciento de agua en las viviendas, mientras en las secciones de la zona noroeste y suroeste la disponibilidad va del 91 a 94 por ciento, por lo que existe un rezago de menos del 10 por ciento de las viviendas dentro de la ciudad.

En la ciudad de Progreso la disponibilidad de agua dentro de las viviendas está cubierto así en su totalidad. En las secciones localizadas en la zona centro, como se aleja de la zona céntrica hacia la zona norte y sur el porcentaje de disponibilidad disminuye entre 0.5 y 2.5 por ciento en las viviendas particulares, por lo que las secciones ubicadas en la parte este y oeste de la ciudad se presenta más del 2.5 por ciento de las viviendas que carecen de agua dentro de la vivienda.

Viviendas particulares habitadas con servicio de drenaje

El servicio sanitario de drenaje está dividido en la ciudad de Motul de forma uniforme, es la zona sureste y suroeste la que presentan una cobertura de menor del 80 por ciento de viviendas que cuentan con este servicio, hacia el noreste y noroeste es del 80 al 85 por ciento de las viviendas tienen drenaje. Por lo que es la zona centro la de mayor cobertura con más del 87 por ciento

En la ciudad de Progreso, la disponibilidad del servicio de drenaje cuenta con una cobertura de más del 99 por ciento de las viviendas de la zona norte y sur hacia el oeste la cobertura aumenta al 99 por ciento y es la zona este la que su cobertura es completa en todas sus viviendas habitadas.

Viviendas particulares habitadas con servicio de energía eléctrica

La disponibilidad de energía eléctrica en las viviendas particulares habitadas de las diferentes zonas de la ciudad de Motul representa una cobertura 98 por ciento, son la zona noreste y sureste las que presentan una cobertura menor al 2 por ciento del total de las viviendas, el resto de la ciudad presenta una cobertura casi completa del 99 por ciento.

Cuadro 4. Características de las viviendas por zonas en las ciudades.

Ciudad	Zona	Número de Viviendas particulares habitadas	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con agua potable	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con disponibilidad de drenaje	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con energía eléctrica
Motul de Carrillo Puerto	Noreste	918	11	95	80	99
	Noroeste	1,083	12	95	83	98
	Centro	1,653	4.5	96.5	87.5	99
	Sureste	974	11	92	59	98
	Suroeste	1,450	4	95	73	99
Progreso de Castro	Norte	2,250	1	98	98	100
	Este	1,688	1	100	100	100
	Sur	2,266	1	98	98	100
	Oeste	3,986	1	99	99	100

Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de 2010 INEGI-IFE.

En la ciudad de Progreso la cantidad de viviendas particulares con energía eléctrica representa el 100 por ciento en todas las zonas. Esta disponibilidad del servicio en la ciudad permite disponer de mayor cantidad de servicios y accesorios para las viviendas, lo que permite que las condiciones sociales se desarrollen con mejor expectativa en la calidad de vida de los habitantes y de las personas que visitan la ciudad a lo largo del año.

Educación

Existe en la ciudad de Motul población mayor de 15 años que presenta una condición de analfabetismo, esta localiza en secciones del sureste y suroeste con más del 10 por ciento en su población, esta se extiende a la zona noreste y una sección del sureste con menos

10 y más de 8 por ciento de la población, son las secciones en la zona centro que presentan menos del 6 por ciento de población analfabeta, esta condición se reporta en el cuadro 5.

La distribución de la población de 15 años y más con secundaria completa en la ciudad se ubica con más del 23 por ciento en secciones del noroeste y suroeste, esta disminuye en secciones de la zona suroeste entre el 20 y 22 por ciento, por lo que es la zona del centro la que menor población con este nivel de estudios presenta con menos del 17 por ciento de su población.

En la ciudad de Progreso la población de 15 años analfabetas se ubica en la sección de la zona oeste con más del 4 por ciento de su población. Sin embargo, existe un predominio de población en condición de analfabetismo entre un 2 y 4 por ciento en las zonas este y oeste de la ciudad.

La ubicación de la población de 15 años y más con secundaria completa en la ciudad de Progreso se centra en secciones tanto de la parte este como oeste de la ciudad entre 17 y 23 por ciento de la población, mientras las zonas de mayor población con este nivel académico se ubican en el norte y sur de la misma.

En la ciudad de Motul la población ha alcanzado distintos grados de educación, en la zona centro se ubican los habitantes con más de 10 grados, las secciones ubicadas en el noroeste y al sureste que presenta 9 grados máximos, las secciones ubicadas en el noreste y suroeste el nivel es de 8 grados y las secciones con población con menor nivel de educación se sitúan hacia el sureste y suroeste de la ciudad, es la zona urbana que sea expandido en la última década.

En la ciudad de Progreso la distribución de la población y su nivel de grados promedio de estudio está ubicada en la zona este, oeste y Sur con más de 10 grados, mientras el Norte presenta entre su población un máximo de 9 grados de estudio cursados.

Cuadro 5. Características educativas de la población por zonas en las ciudades.

Ciudad	Zona	Porcentaje de Población de 15 años y más analfabeta	Porcentaje de Población de 15 años y más con educación básica completa	Grados de escolaridad	Porcentaje de Población de 18 años y más con educación postbásico
Motul de Carrillo Puerto	Noreste	10	20	8	32
	Noroeste	7	25	8	33
	Centro	6	17.8	8.5	40
	Sureste	13	21	7	20
	Suroeste	10.5	22	7	25
Progreso de Castro	Norte	4	23	8	33
	Este	2	17	10	53
	Sur	4	24	9	36
	Oeste	3	22	9	37

Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de 2010 INEGI-IFE.

La población de 18 años y más con educación postbásico es aquella que presenta mayor escolaridad en la sociedad local, la representación a nivel de secciones electorales permite describir donde se ubica los habitantes hacia el interior de las ciudades en Motul, el porcentaje de mayor población se ubica en la zona centro y norte con más del 40 por ciento, le sigue las zonas del sur con menos del 25 por ciento de su población total.

La distribución de la población de 18 años y más con educación postbásico en la ciudad de Progreso, como se describe el cuadro 6, presenta mayor población en zonas ubicadas

en el este y oeste mayor de 37 a 60 por ciento, es la población del norte y sur de la ciudad con menos de 36 por ciento que han recibido educación mayor a nivel de secundaria.

Proyecciones de población

El crecimiento poblacional de la ciudad de Motul será paulatino y muy poco acelerado como sucede con otras ciudades del estado y del país, el Consejo Nacional de Población (CONAPO), dependiente de la Secretaría de Gobernación (SEGOB), prevé mediante una serie de cálculos demográficos obtenidos con la información recabada en la última década, cuáles son los escenarios sobre el aumento de la población local para los próximos 20 años (ver figura 7).

En el año 2010 la ciudad de Motul contaba con una población de 23,539 habitantes, este dato sirve de referencia para prever un crecimiento poblacional del 6.8 por ciento para el 2015, lo cual se incrementará la población en 1,593 habitantes más en este quinquenio.

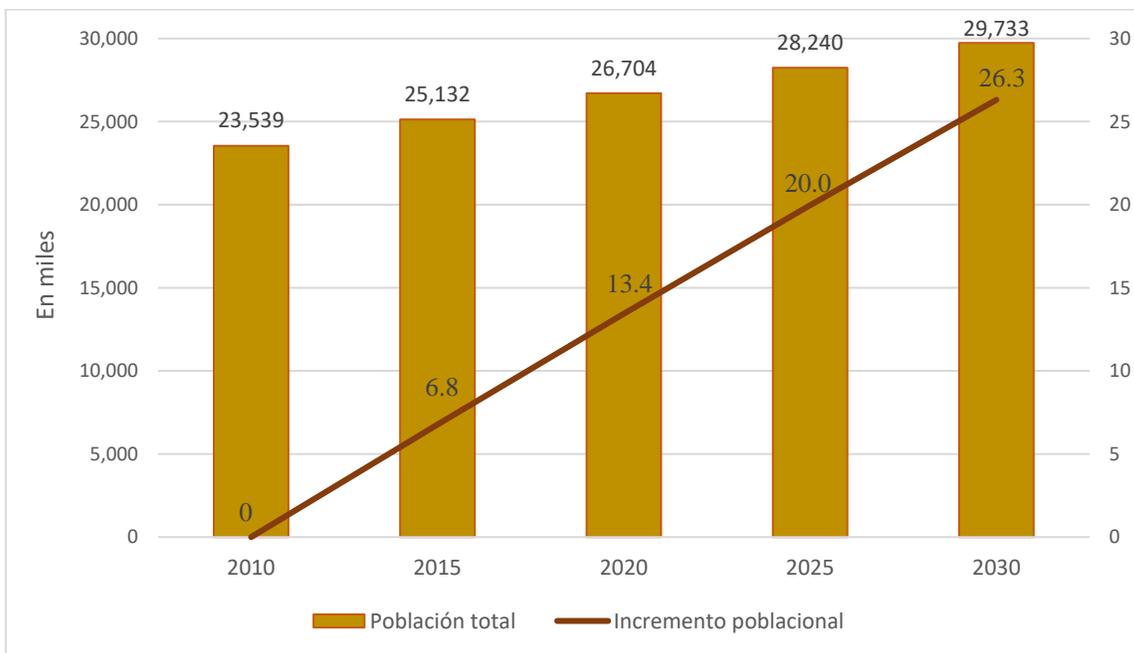
Para el 2020 la población presentará un incremento porcentual del 13.4 para la presente década, aumentará en 3,165 habitantes más que se establecerán. En el 2025 el crecimiento acumulado alcanzará el 20 por ciento, 4,701 habitantes más para este periodo y para 2030 la población será un 26.3 por ciento más con respecto al año 2010, por lo que se tendrá una población de 29,733 en las siguientes dos décadas.

La ciudad de Progreso prevé un crecimiento población natural para los siguientes 15 años como lo prevé las proyecciones poblacionales estimadas para la ciudad desde 2010 y se presenta en la figura 8. La población cuantificada en esta década fue de 37,837 habitantes. Para 2015 se incrementó en 3.2 por ciento más alcanzando 39,045 habitantes.

Para el año 2020 el crecimiento prevé un aumento en 4.8 por ciento con una población de 519 habitantes más con respecto al quinquenio anterior inmediato. En 2025 el crecimiento acumulado es 5.2 por ciento esto representa 156 habitantes más con respecto

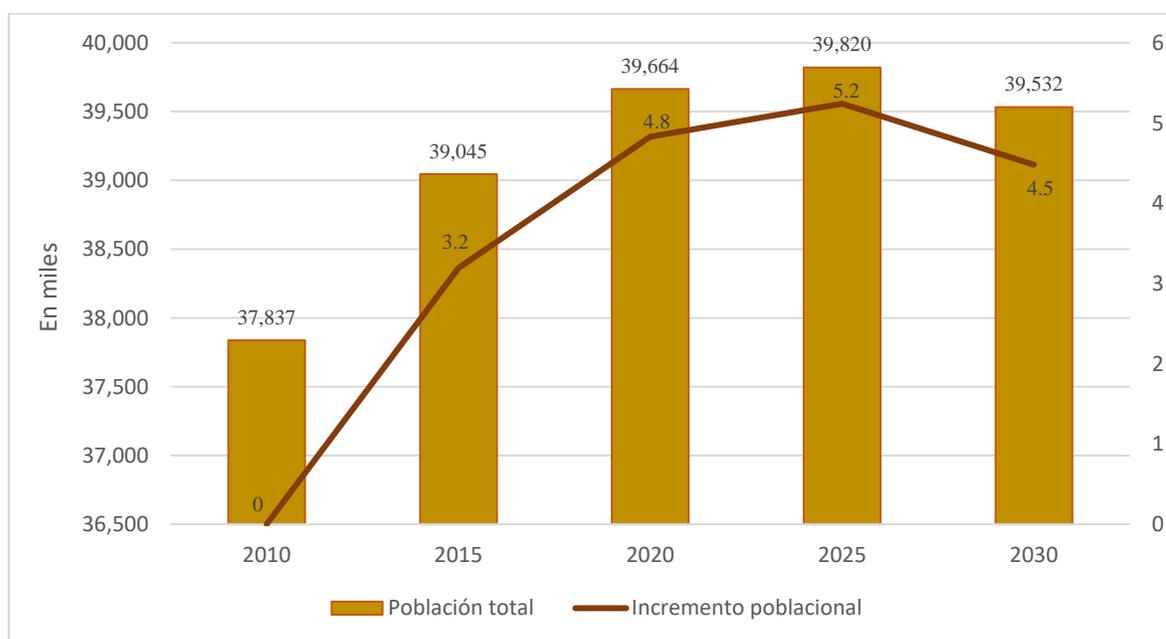
al quinquenio anterior y para 2030 se prevé un decrecimiento en la población del 4.2 por ciento, esto representa 268 habitantes menos con respecto a 2025.

Figura 7. Proyecciones de crecimiento poblacional para la ciudad de Motul 2010-2030



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, (2010).

Figura 8. Proyecciones de crecimiento poblacional para la ciudad de Progreso 2010-2030



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, (2010).

La ciudad alcanza su máximo de población en 2025, a partir del siguiente quinquenio se presenta un decrecimiento poblacional entre las posibles causas será un aumento en los niveles de migración hacia otras ciudades cercanas como Mérida o hacia otras ciudades del estado o de la misma región como ha sucedido en periodos anteriores, donde la ciudad ha mostrado estos mismos datos demográficos como sucedió en el quinquenio 2000-2005 que se presentó algo muy similar en las estadísticas poblacionales de la ciudad.

3.3 Características económicas de la población urbana

En la ciudad de Motul las condiciones económicas de la población mayores de 12 años presentan una ocupación laboral diversa entre las secciones electorales que conforman la mancha urbana.

En las zonas centro, sureste y suroeste existe mayor diversidad de ocupación entre la población, entre el 92.1 a 98 por ciento en las secciones electorales, mientras en las zonas noroeste y noreste la ocupación laboral representa el 96 por ciento de la población.

El porcentaje de la población económicamente activa representa rangos de ocupación distintos, son las zonas suroeste y noroeste las que presentan la PEA más alta con respecto al resto de las zonas de la ciudad con más del 54.7 por ciento. Mientras en las zonas centro, noreste y suroeste el porcentaje de PEA es 48 a 53.4 por ciento, por lo tanto, son estas zonas las que presentan mayor porcentaje de población económicamente inactiva en toda la ciudad como se puede apreciar en el cuadro 6.

En la ciudad de Progreso, la ocupación laboral de la población de 12 años y más ha alcanzado el 100 por ciento en algunas zonas como es al norte y sur, mientras en las zonas este y oeste el porcentaje es de 96.9 a 99 por ciento del total de la población ocupada.

Por otro lado, la población económicamente activa representa entre 47.3 a 57.4 en las zonas norte, este y sur donde existe mayor variabilidad en los porcentajes hacia el interior de la ciudad, es la zona oeste donde la PEA es mayor del 54 por ciento del total de la población ocupada y por lo tanto el porcentaje de población económicamente inactiva es menor en todas las zonas de la ciudad (ver cuadro 6).

Índice de Marginación

El municipio de Motul presentaba en el 2000 un nivel de marginación medio (M), ocupa el lugar 1,430 de 2,442 municipios con los que cuenta el país, con un valor -0.25709 según las estimaciones realizadas por Consejo Nacional de Población (CONAPO) en base a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) derivados del censo de población y vivienda. Para el año 2010, el municipio de Motul mantiene el nivel de marginación medio (M), ocupa el lugar 1,446 de 2,456 a nivel nacional (CONAPO, 2010).

Cuadro 6. Características económicas de la población por zonas en las ciudades.

Ciudad	Zona	Porcentaje de Población ocupada	Porcentaje de Población económicamente activa	Porcentaje de población económicamente inactiva
Motul de Carrillo Puerto	Noreste	96	48.3 a 53.4	45.5 a 47.1
	Noroeste	96	53.5 a 54.6	45.5 a 47.1
	Centro	92.1 a 98	48 a 54.6	45.4 a 52
	Sureste	92.1 a 95.9	48.3 a 53.4	45.5 a 47.1
	Suroeste	92.1 a 96.8	54.7 a 58.7	41.3 a 45.3
Progreso de Castro	Norte	96.1 a 100	47.2 a 53.9	44.8 a 52.8
	Este	98.0 a 99.0	47.3 a 57.4	42.6 a 49.4
	Sur	96.9 a 100	47.3 a 57.4	42.6 a 49.4
	Oeste	96.9 a 99.0	54.0 a 57.4	42.6 a 44.7

Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de 2010 INEGI-IFE.

En el municipio de Progreso el nivel de marginación es muy bajo (MB), ocupa el lugar 2,203 de un total de 2,442 entre los municipios del país, el valor obtenido es -1.29121 de acuerdo con los cálculos realizados por CONAPO e INEGI. Para el periodo de 2010 el nivel de marginación paso a bajo (B) -0.1695, ocupando el lugar 2,149 de 2,456 a nivel nacional de acuerdo con la información del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (CONAPO, 2010).

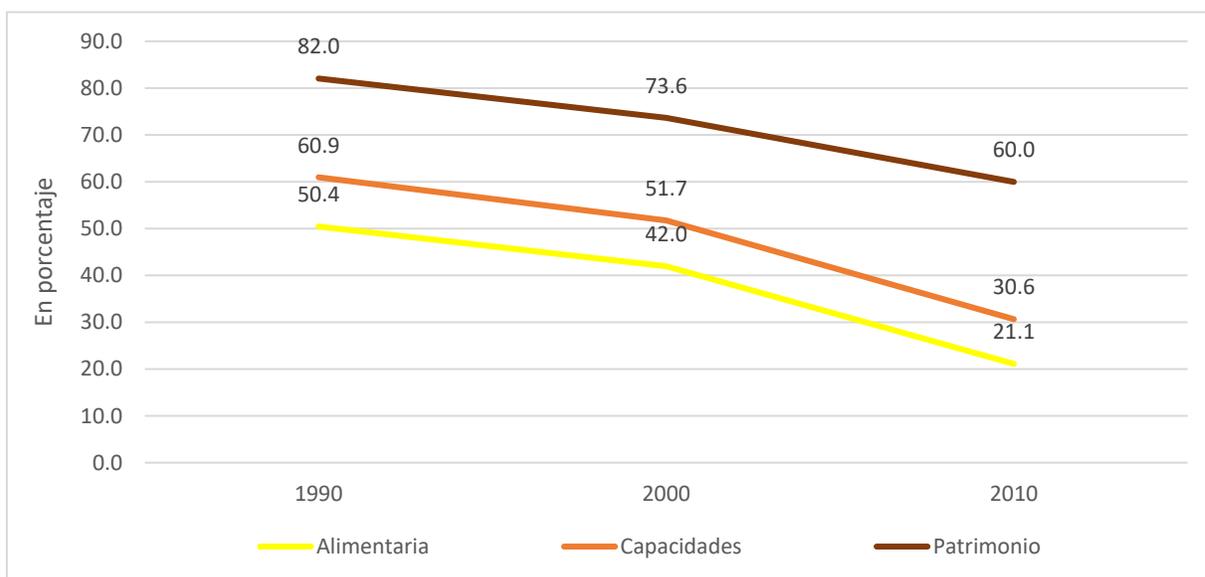
Índice de pobreza

De acuerdo con los datos de CONEVAL (2010), el municipio de Motul presenta una disminución en los distintos tipos de pobreza (ver figura 9). La pobreza de tipo patrimonial la cual determina la seguridad en la vivienda, en 1990 su promedio era mayor del 80 por ciento, en el 2000 disminuyó a 8.4 por ciento y para el año 2010 está aumento a 17.6 por ciento.

La pobreza por capacidades es la forma de adquirir medios materiales que mejoren la seguridad de las personas, en 1990 representaba el 60.9 por ciento, para la siguiente década en 2000 disminuye 9.5 por ciento y para el año 2010 alcanzo un 30.3 por ciento.

La pobreza alimentaria es la manera de acceder a una mejor dieta personal con productos más nutritivos, en 1990 este tipo era de 50.4 por ciento, una década después disminuye un 8.4 por ciento y en 2010 esta disminuye más del 60 por ciento, lo que alcanzó el 21.1 por ciento de pobreza en la población del municipio.

Figura 9. Tipos de pobreza en el municipio de Motul 1990 a 2010

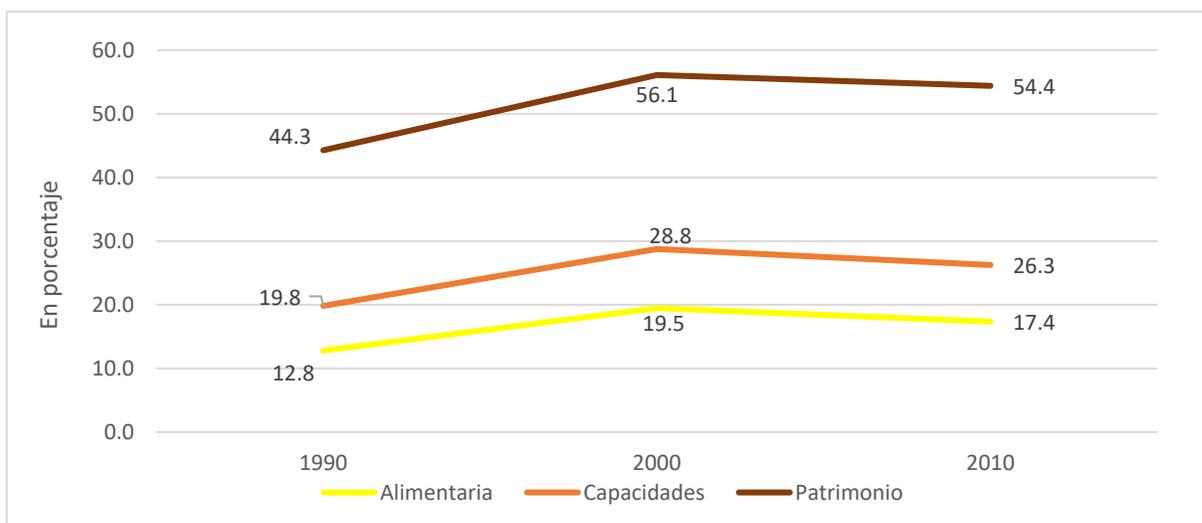


Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, (2010).

Los tipos de pobreza en el municipio de Progreso presentan una tendencia a disminuir sobre todo en la última década (ver figura 10). La pobreza de patrimonio en 1990 era del 44.3 por ciento. Sin embargo, una década posterior ésta aumenta en 11.8 por ciento y en 2010 la recuperación del nivel de este tipo de pobreza solo puede disminuir en 1.7 por ciento.

A pesar de que la pobreza tanto de capacidades como alimentaria en 1990 era menor, con el paso del tiempo esta aumenta en la década del 2000, marcada por la presencia de algunos fenómenos físicos en el municipio, esto incidió en el aumento en más de un 7 por ciento en promedio. En 2010, la pobreza en la población disminuye en menos del 2 por ciento, por lo que la recuperación parece ser lenta o tardara más tiempo para alcanzar los niveles de 20 años atrás.

Figura 10. Tipos de pobreza en el municipio de Progreso de 1990 a 2010



Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, (2010).

3.4 Los ciclones tropicales en las ciudades en estudio

Existen registros de ciclones tropicales y huracanes desde 1850 y hasta el inicio de la más reciente de la temporada 2015, los cuales se encuentran en archivos digitales para su estudio, disponibles para todo el público en general, que tenga interés por analizar la información³.

En la ciudad de Motul de Carrillo Puerto la presencia de los ciclones tropicales ha sido registrada desde 1850 por NOAA⁴, por lo que se hace un recuento de los eventos que se han presentado a diferentes distancias del centro de la mancha urbana como se puede ver en el cuadro 7.

³La información histórica de los ciclones tropicales puede ser consultada en la página <http://weather.unisys.com/hurricane/index.php>

⁴National Oceanic Atmospheric Agency (NOAA)

Cuadro 7. Ciclones tropicales en la ciudad de Motul 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
0 - 10 km	9	4	3	1	1	-	-
		44.40%	33.40%	11.10%	11.10%	-	-
10 - 50 km	11	5	5	-	-	1	-
		45.50%	45.50%	-	-	9.00%	-
50 - 100 km	19	6	11	-	-	2	-
		32%	58%	-	-	10%	-
100 - 200 km	28	11	9	-	-	7	1
		39.20%	32.10%	-	-	25%	3.60%

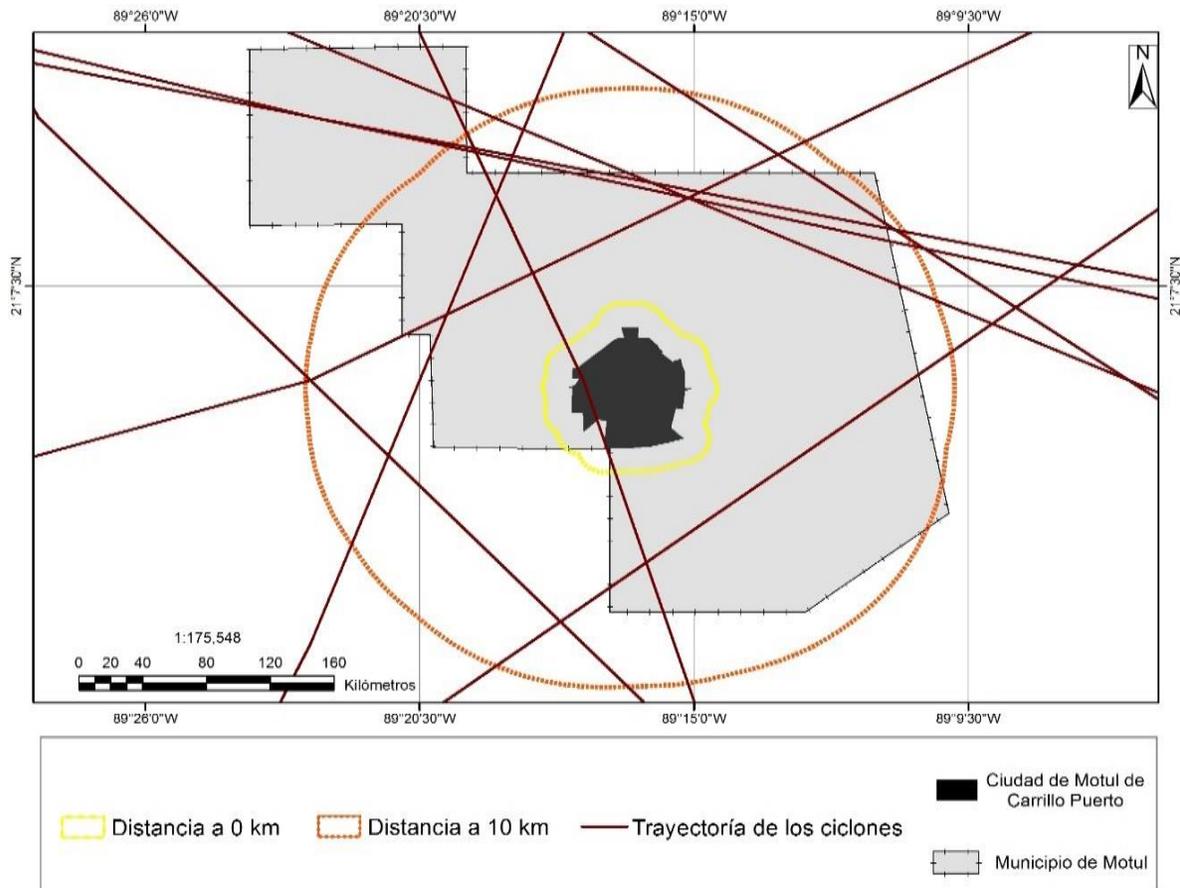
Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Han sido nueve los ciclones o huracanes que han presentado una trayectoria entre 0 y 10 kilómetros de la mancha urbana de la ciudad de Motul en 165 años, cuatro se han formado en el Océano Atlántico, tres en el Mar Caribe, uno en las costas cercanas a Venezuela y en las costas de las Bahamas, (ver figura 11), se ejemplifica espacialmente la trayectoria por donde han cruzado por la ciudad.

De 10 a 50 kilómetros se han presentado 11 fenómenos, cinco se han formado en el Océano Atlántico, cinco en el Mar Caribe y solo uno en las costas de Centroamérica. En la figura 12, se puede visualizar las trayectorias por donde se han acercado los ciclones a la ciudad.

En la distancia entre 50 a 100 km se han registrado 19 huracanes, seis se han formado en las aguas del Océano Atlántico, 11 en el Mar Caribe y dos en las costas de Centroamérica como se puede visualizar en la figura 13, además se muestra el trayecto de los ciclones tropicales con la mancha urbana en rangos representados por círculos, que ilustran el espacio entre el territorio y el cruce de los fenómenos.

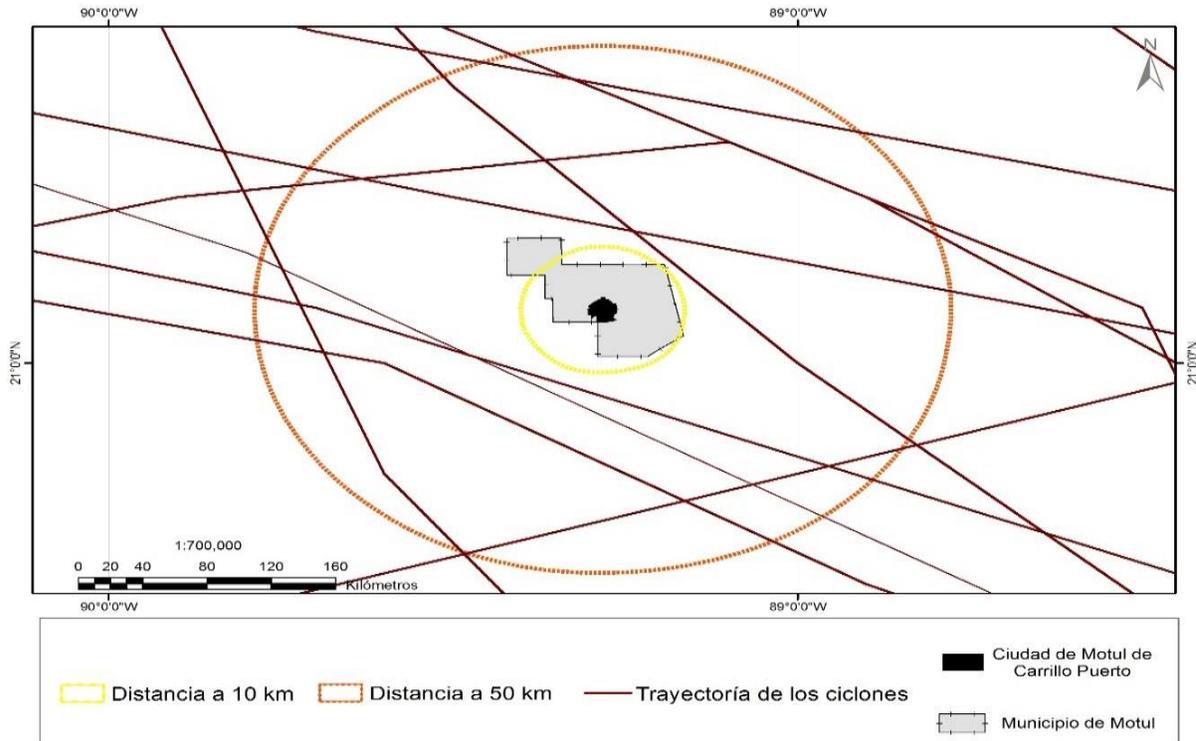
Figura 11. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 0 a 10 kilómetros de la ciudad de Motul



Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

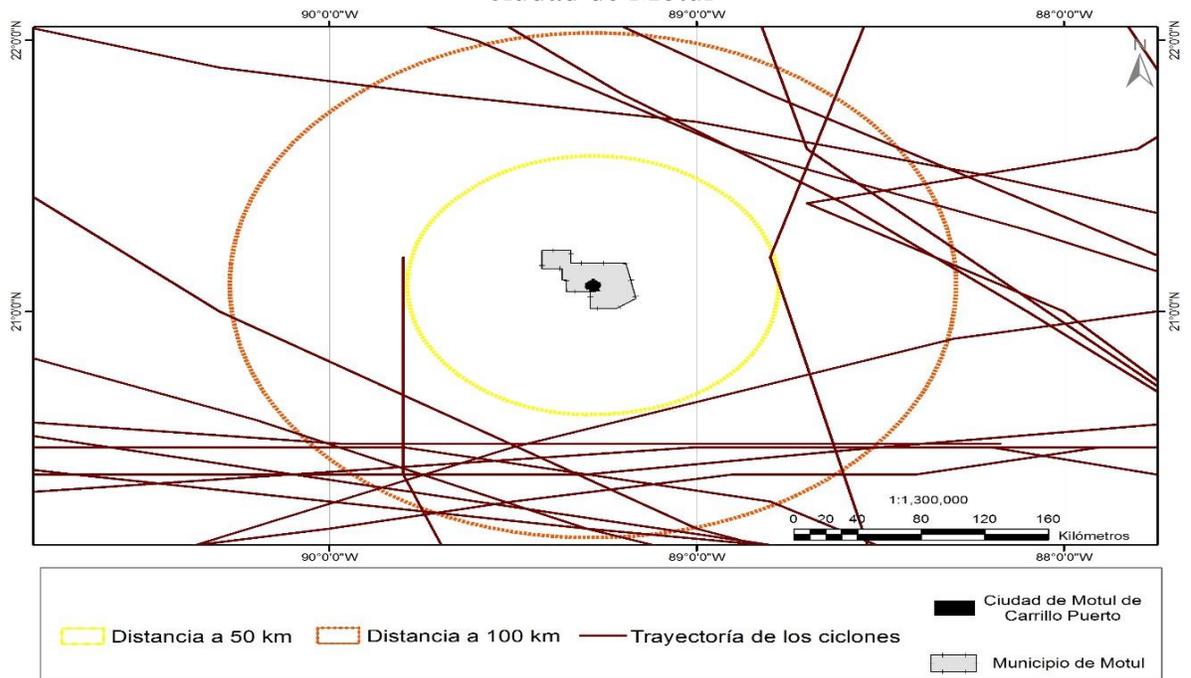
Distancia entre 100 y 200 kilómetros, el cruce de las trayectorias con respecto a la mancha urbana de la ciudad de Motul ha registrado 28 ciclones, 11 se han originado en el Océano Atlántico, nueve en el Mar caribe, siete en las costas de Centroamérica y uno en el Golfo de México. La figura 14, describe la presencia de los ciclones con respecto a la mancha urbana, la cual se representa con dos círculos que asimilan el rango en el que se analiza la trayectoria que han seguido cada uno.

Figura 12. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 10 a 50 kilómetros de la ciudad de Motul



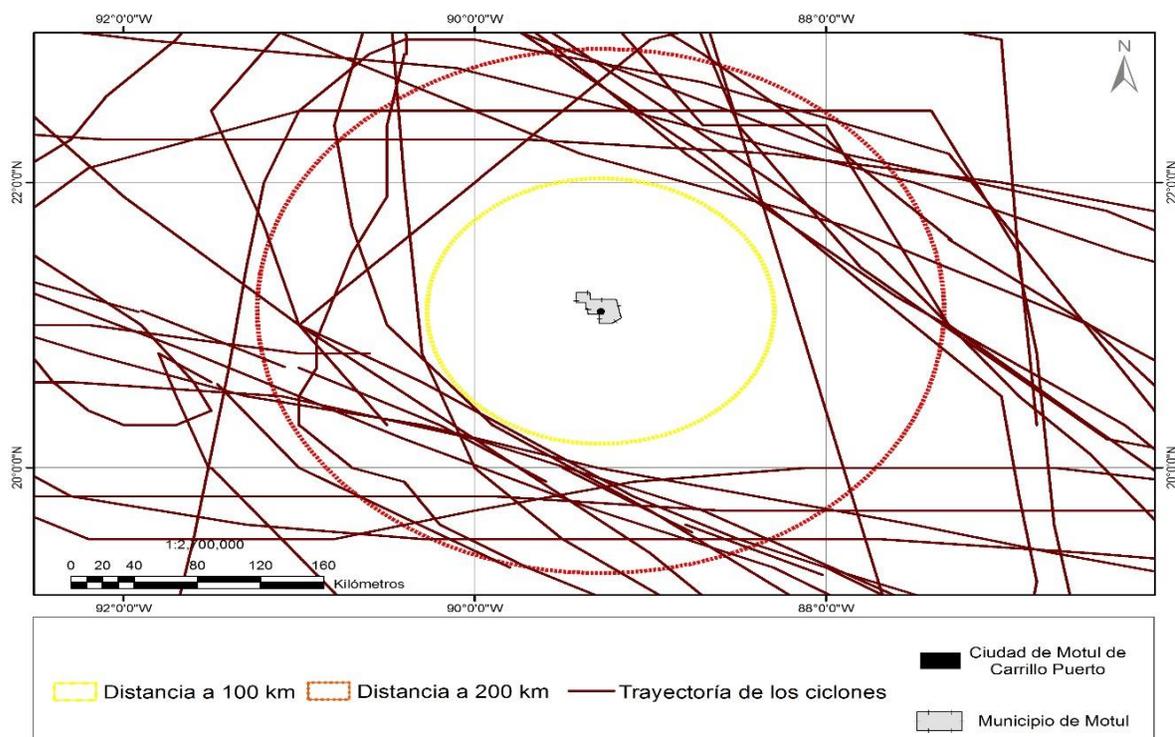
Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Figura 13. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 50 a 100 kilómetros de la ciudad de Motul



Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Figura 14. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 100 a 200 kilómetros de la ciudad de Motul



Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

La ciudad de Progreso de Castro, al ser esta una ciudad costera con una alta exposición a sufrir daños de desastre por ciclón tropical, en el pasado la presencia de huracanes en la ciudad ha estado presente en la vida de los habitantes. La experiencia obtenida a lo largo del tiempo se han elaborado planes de atención de emergencias en la década de los ochentas por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Publicas en 1991 para atender los efectos causados por estos fenómenos en la región costera del centro urbano.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) realizaron el Plan Operativo de Inundaciones de la ciudad de Progreso en 2012, el cual está enfocado a la operación de los procedimientos para prevenir inundaciones por diversos fenómenos hidrometeorológicos incluidos los ciclones tropicales, en respuesta a la presencia continua de estos eventos en la región.

La importancia de estudiar los ciclones tropicales desde el ámbito urbano permite describir el potencial de daños que pueden ser ocasionados por la presencia de estos fenómenos en un lugar y tiempo específico propensos a sufrir daños a la población susceptible, sus bienes personales y de infraestructura, son parte de las actividades comunes a nivel social.

Los ciclones tropicales que han afectado la ciudad de Progreso a diferentes rangos de distancia, además del origen de las trayectorias que han presentado cada uno de los eventos, se pueden ver en los mapas que complementan este proceso de análisis (ver cuadro 8).

Distancia de 0 a 10 kilómetros se han presenciado ocho ciclones, cuatro se han formado en el Océano Atlántico, tres en el Mar Caribe y uno en la Costa de Venezuela. La figura 15, ilustra que han sido dos ciclones tropicales los que cruzaron por encima de la mancha urbana, uno más cruzo en el litoral del canal de Yucatán, y los cinco restantes presentaron una trayectoria de sur a norte todos estos cruzaron sobre la parte continental del municipio.

Cuadro 8. Los ciclones tropicales en la ciudad de Progreso entre 1850 y 2015

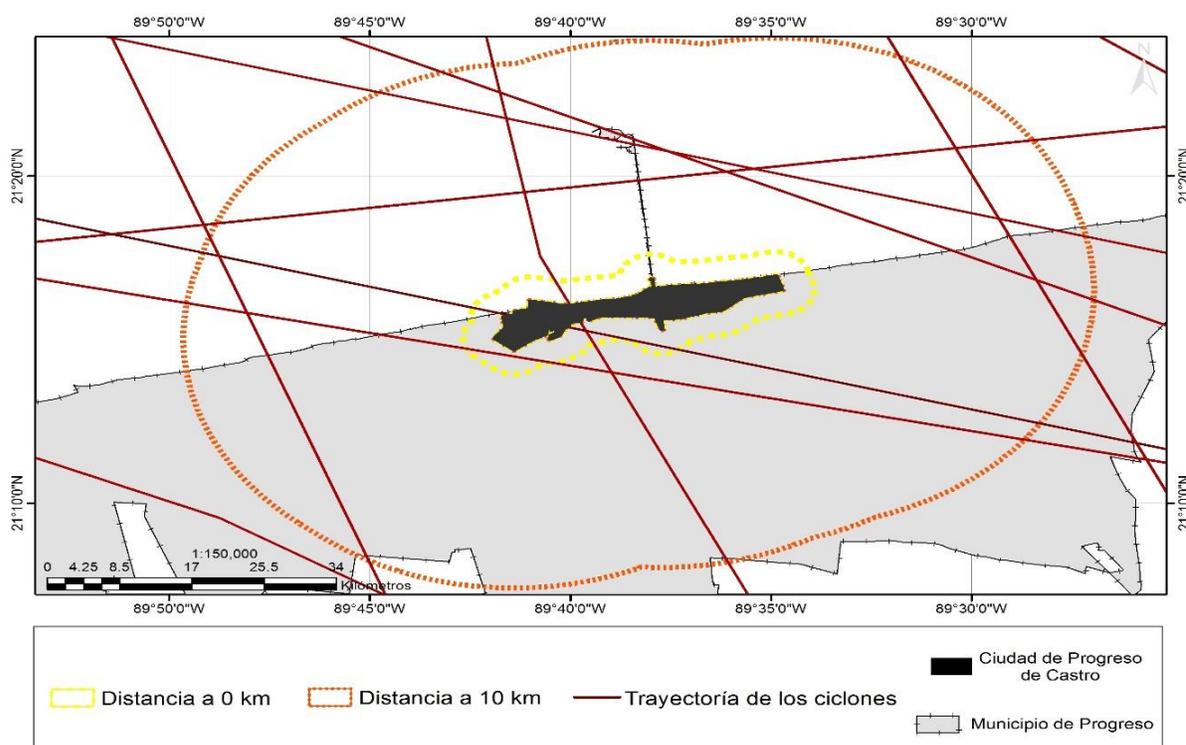
		Origen de los ciclones tropicales					
Distancia de la ciudad	No de eventos	Océano Atlántico	Mar Caribe	Costa de Venezuela	Costa de Bahamas	Centroamérica	Golfo de México
0 - 10 km	8	4	3	1	-	-	-
		50.00%	37.50%	12.50%	-	-	-
10 - 50 km	11	4	5	-	1	1	-
		36.36%	45.45%	-	9.09%	9.09%	-
50 - 100 km	22	7	12	-	-	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

Entre 10 a 50 kilómetros se presentaron 11 eventos, cuatro se formaron en el Océano Atlántico, cinco en el mar Caribe, uno en las costas de Bahamas y uno más en las Costas de Centroamérica. La figura 16, describe las trayectorias de los ciclones que han surcado la mancha urbana de Progreso, dos han estado en el territorio municipal, el resto presenta una sur-norte y sobre el territorio de la península de Yucatán.

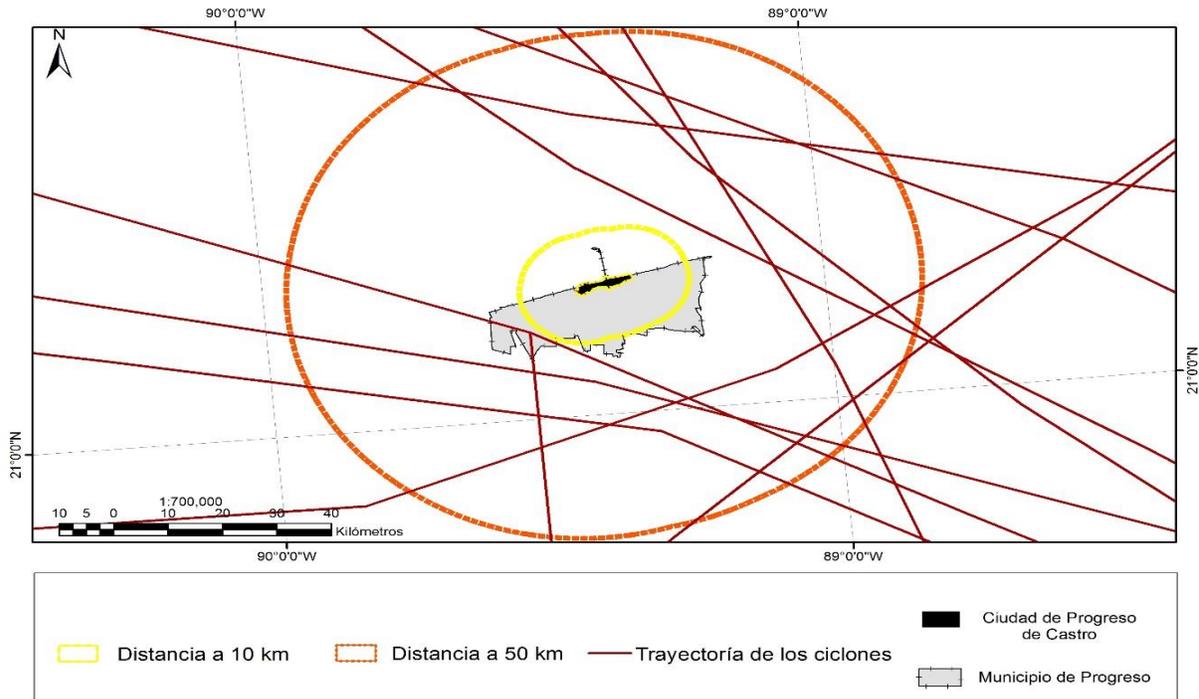
El rango 50 a 100 kilómetros presentó 22 fenómenos, siete se formaron en el Océano Atlántico, 12 en el Mar Caribe, cinco en costa de Centroamérica. La figura 17, describe las direcciones de las trayectorias de este grupo de ciclones, la inmensa mayoría cruzaron el área continental de la península de Yucatán, además se presentaron ciclones que se acercaron de forma paralela de las costas de Yucatán en dirección este a oeste y otros más se acercaron a la distancia analizada y se alejaron en dirección contraria a la que se desarrollaron.

Figura 15. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 1 a 10 kilómetros de la ciudad de Progreso



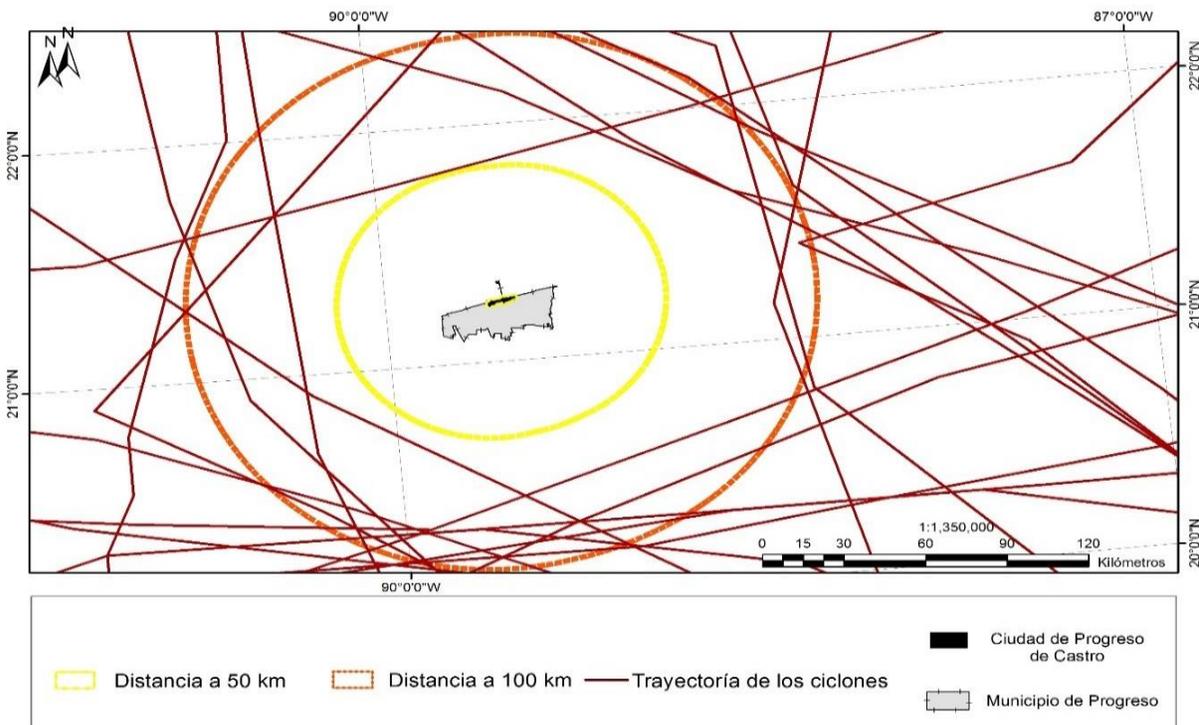
Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Figura 16. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 10 a 50 kilómetros de la ciudad de Progreso



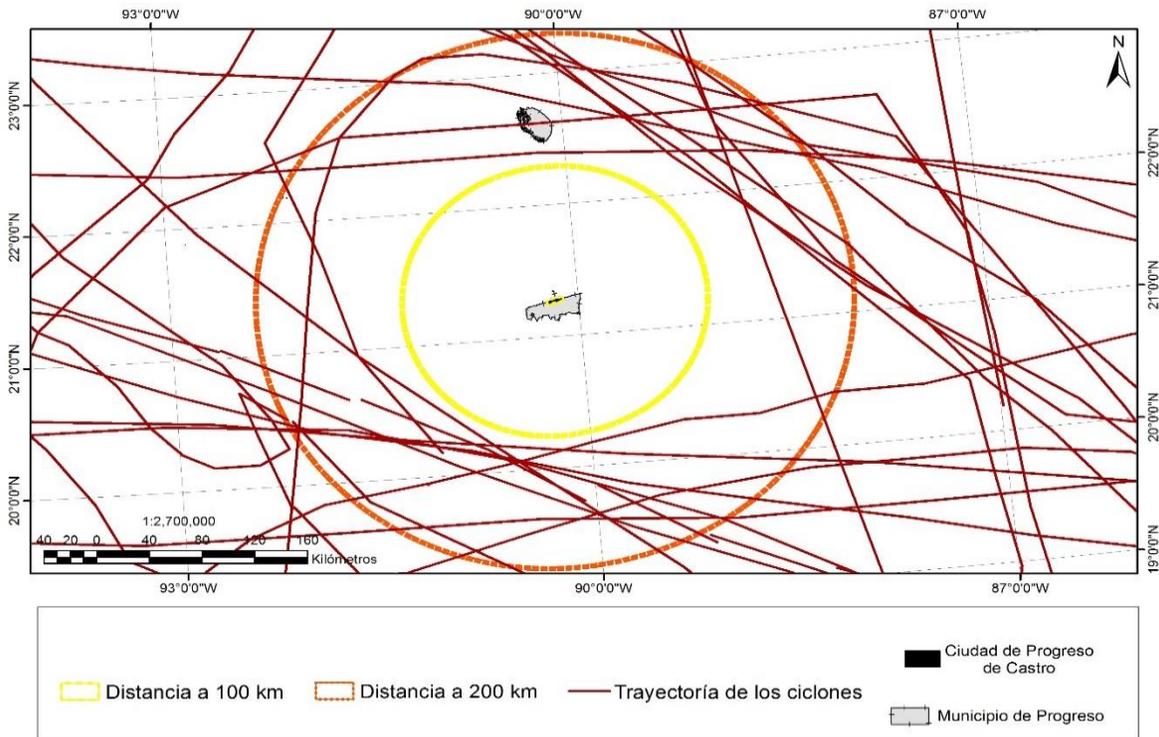
Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Figura 17. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 50 a 100 kilómetros de la ciudad de Progreso



Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

Figura 18. Trayectoria de ciclones tropicales a distancia entre 100 a 200 kilómetros de la ciudad de Progreso



Fuente: Elaboración propia con datos de la NOAA

En el rango de 100 a 200 kilómetros, se presentaron un total de 23 ciclones tropicales, de los cuales 10 se formaron en el Océano Atlántico, siete en el mar Caribe, cinco en las costas de Centroamérica y uno más en el Golfo de México. La figura 18, se ilustran las trayectorias de los ciclones que surcaron el territorio contiguo a la mancha urbana de Progreso, presentaron trayectorias unidireccionales en las que predominaron las del Sur-norte y este-oeste.

Conclusiones parciales

Son los aspectos geográficos, esenciales para el desarrollo de una sociedad ante la presencia de fenómenos catastróficos y condiciones socioeconómicas, que propician adversidad en poblaciones sensibles a los procesos ambientales que se presentan en la actualidad. Las ciudades de Motul y Progreso son centros urbanos localizados en un área

geográfica aparentemente similar, sensibles a la presencia de los ciclones tropicales a lo largo de la historia.

La situación ambiental contribuye al grado de vulnerabilidad de los centros urbanos, son las condiciones de ocupación del territorio por la sociedad las que influyen en el grado de exposición, sensibilidad de las ciudades lo que ocasiona que la presencia de fenómenos perturbadores propicie daños a la infraestructura y esta colapse ante eventos cada vez más intensos. Al estudiar los datos estadísticos, estos describen las zonas más vulnerables, a pesar de que no todo el territorio es uniforme, pero si la afectación de los ciclones puede cambiar la perspectiva de la población que habita en áreas costeras como continentales.

La ciudad de Motul presenta un crecimiento poblacional moderado, esto significa que el incremento de la población con el tiempo está determinado por los niveles de fecundidad y no por otros factores como los migratorios, nivel de escolaridad y religiosos. Es una población joven en la que existe mayoría en el grupo de edad entre los 15 y 65 años, es la zona centro de la ciudad donde se ubica la población adulta.

La situación sociodemográfica de la población presenta un nivel de estudios medio, alcanza en promedio 8 grados escolares, predomina los creyentes católicos, su situación conyugal son mayoritariamente casados, predomina los hogares con jefatura masculina, además el número de hablantes de lengua indígena predomina en viviendas principalmente de secciones del sureste.

En áreas periféricas del norte y sur, se han incrementado la expansión urbana local, a pesar de este aumento en el uso de suelo urbano, la cobertura de servicios como agua potable, drenaje, energía eléctrica alcanza un 98 por ciento de la totalidad de las viviendas habitadas.

La presencia de ciclones en la ciudad ha presentado daños importantes sobre todo de dos huracanes en particular, Gilberto en 1988 e Isidoro en 2002, los cuales han dejado una huella profunda en la población joven y adulta que tuvieron que afrontar los daños generados por estos fenómenos a su paso por la ciudad.

La ubicación geográfica de la ciudad de Progreso determina otro tipo de afectaciones por fenómenos locales como los frentes fríos, marejadas y los ciclones tropicales, es una población joven en la que predomina grupos de edad entre los 15 y 64 años, con niveles de crecimiento natural bajos para las siguientes dos décadas.

El nivel académico es medio con más de 9 grados académicos aproximados, predominan los creyentes católicos, los hogares con jefatura masculina, la situación conyugal es que la inmensa mayoría son casados, existe presencia de población indígena principalmente en secciones de la zona este de la ciudad.

La migración es menor del 2 por ciento, está determinada por la movilidad entre el sistema de asentamientos urbanos del estado de Yucatán sobre todo en secciones ubicadas en zonas costeras donde el uso de las viviendas particulares es temporal, cuenta con una cobertura del 99 a 100 por ciento en servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica.

La presencia de los ciclones tropicales es importante en la ciudad con la presencia de Inés, Beulan, Gilberto e Isidoro por referir algunos, los cuales han dejado un profundo conocimiento en el manejo de emergencias por este tipo de fenómenos en la población adulta. A pesar de las experiencias vividas por esta población se ha informado a las nuevas generaciones para que se preparen si llegarán a presentar futuros ciclones en la ciudad.

En cada ciudad la zonificación hacia el interior es muy distinta, la configuración urbana y su proceso de crecimiento urbano está determinado por la situación geográfica, pero siempre estará latente la posibilidad de ser afectada por los ciclones tropicales que puedan presentarse en la región en los próximos años.

Capítulo IV. Metodología.

Introducción

La valoración del riesgo y la vulnerabilidad en la literatura ha despertado el interés de distintas disciplinas por explicar lo que sucede en la actualidad con las amenazas que se presentan, se atiende la falta de respuestas a los daños generados por los fenómenos de origen natural a escala local. Para explicar estos hechos existen distintas formas de evaluar la vulnerabilidad, la más común es por medio de la construcción de indicadores, los cuales incluyen variables relacionadas con la causa-efecto de los fenómenos, las cuales se adaptan a los distintos tipos de enfoque que se han investigado.

La propuesta metodológica realizada por el IPCC (2007), fue retomada para medir la vulnerabilidad urbana a cambio climático a través de la identificación de la probabilidad en que la población urbana puede ser afectada por los ciclones tropicales a escala de secciones electorales. La aplicación de esta metodología identifica las áreas susceptibles a presentar mayor exposición, sensibilidad y las posibles limitaciones de las capacidades adaptativas de los habitantes para enfrentar la presencia de un ciclón tropical y sufrir daños en su patrimonio personal o familiar.

En este capítulo se desarrolló una revisión de las variables para la integración de un sistema de indicadores mediante los subíndices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa para la evaluación de la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales en secciones electorales en ciudad ubicadas en zonas de tránsito ciclónico.

El capítulo está integrado por dos apartados, primero se realizó la identificación de las variables generales que influyen en la vulnerabilidad y amenaza para adaptarlo al conjunto de datos cuantitativos y cualitativos que permitieron la construcción de los indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad urbana a fenómenos ciclónicos a nivel de secciones electorales a través de los componentes exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa.

El segundo apartado abordó la base de datos con las variables integradas, las cuales fueron procesadas en la elaboración de los indicadores a través de las fórmulas propuestas por el IPCC (2007) para la medición de la vulnerabilidad global a cambio climático. Una vez obtenidos los resultados por indicador, se les aplica el método de estandarización de variables para la unificación de las distintas unidades en las que se encuentra cada indicador, con lo cual se obtiene el Índice de Vulnerabilidad Urbana a Ciclones Tropicales (IVUCT) a cambio climático por subíndices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Los resultados esperados están sustentados en los cálculos obtenidos a través del índice que integra las condiciones que determinan la vulnerabilidad de una ciudad a un evento ciclónico, incluyendo los factores que inducen a la capacidad del medio ambiente, la población, aspectos económicos y la infraestructura para resistir los efectos de los ciclones. Se establece una zonificación de la vulnerabilidad urbana a escala interurbana, la cual se prepara para realizar el análisis multidimensional de los efectos ante el impacto en la población y la disminución de los daños a nivel personal o familiar.

4.1 Medición de la vulnerabilidad urbana

La mayoría de los estudios de vulnerabilidad urbana consultados basan la evaluación en los distintos tipos de vulnerabilidad (física, social, económico, cultural y política); pero no en lo urbano. Los indicios sobre la manera de evaluar este tipo de vulnerabilidad,

establece sus bases en la vulnerabilidad global, en la cual se agregan otros factores más específicos como los ambientales-ecológicos, infraestructura y movilidad, que permiten el desarrollo de las ciudades, pero con sus características internas propias que hacen definir sus elementos como es la situación por su tamaño y crecimiento de la población.

En la década de los años ochenta se escribieron los programas nacionales de prevención y atención de emergencias urbanas para los centros de población por la SAHOP, (1982) derivados del plan nacional de desarrollo urbano, en los cuales se establecieron los primeros diagnósticos sobre el riesgo y vulnerabilidad de las ciudades a los diferentes fenómenos.

Este programa recomendaba medidas preventivas en función de los riesgos y la vulnerabilidad de cada una de las entidades federativas y sus zonas prioritarias del territorio nacional. El riesgo urbano se determinaba mediante el análisis de la frecuencia e intensidad con que incide cada uno de los fenómenos destructivos, consideraba el monto y la gravedad de los daños no sólo dependía de la magnitud del fenómeno, sino también de la capacidad de resistencia de los asentamientos humanos, por lo que se basaba en todos los elementos urbanos como vivienda, equipamiento e infraestructura, para definir los grados de vulnerabilidad en las ciudades (Mansilla, 1996).

Para 1997 se crea el programa de prevención y atención de emergencias urbanas para el centro de población de Progreso, Yucatán (SAHOP), el cual determinaba los tres ámbitos a considerar para la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad en la ciudad:

1. **Ámbito natural.** Considera los aspectos naturales, ubicación geográfica, topografía, clima, constitución física del suelo, vegetación.
2. **Ámbito modificado.** Integra el uso del suelo e infraestructura de las viviendas.
3. **Ámbito socioeconómico.** Agrupa los aspectos de la estructura poblacional, actividades predominantes y densidad demográfica.

Aguilar (2004), considera seis componentes de los asentamientos humanos que pueden ser particularmente vulnerables al cambio climático:

1. Espacio construido e infraestructura. El espacio construido puede ser particularmente vulnerable si no cuenta con un diseño arquitectónico adecuado o presenta carencias de infraestructura o una distribución desigual de servicios básicos como drenaje y abasto de agua.
2. Alta concentración poblacional. La vulnerabilidad es baja cuando las densidades o concentraciones de población por unidad de superficie es baja. En alta concentración poblacional incrementa la vulnerabilidad al aumentar el número de víctimas por unidad territorial; además de estar asociada a un mayor tamaño de asentamientos humanos, en los cuales se localiza un gran número de unidades industriales, viviendas y vehículos automotores (Scott y otros, 1996 citado por Aguilar). El incremento de la población implica una demanda potencial de satisfactores básicos, los cuales dependen indirectamente de las variaciones climáticas como sucede con el abastecimiento de agua, de energía y de alimentos.
3. Estructura productiva. Existen efectos negativos en actividades productivas que se desarrollan en ciertos asentamientos, algunos de ellos relacionados con el paisaje o los elementos del medio natural. Un ejemplo sucede con las comunidades pesqueras y centros turísticos costeros, que puede verse afectados por el cambio en el régimen de precipitación o un incremento en el nivel del mar.
4. Condiciones de salud. Al existir un calentamiento generalizado de la atmósfera, los mayores impactos se manifestarán de tres maneras: a) Aumento en los niveles de desconfort debido a ondas cálidas; b) Alta probabilidad de episodios críticos en los niveles de contaminación atmosférica y de ozono en centros urbanos, sobre

todo en aquellos con mayor movilidad motora y c) Incremento en la distribución de varias enfermedades transmitidas por vector e infecciosas relacionados con el clima, los cuales se combinan con las condiciones de mayor precipitación, humedad, temperaturas más cálidas, así como condiciones sanitarias deficientes.

5. Abastecimiento de agua. La disponibilidad del recurso agua se relaciona con las condiciones climáticas, en cuestión del volumen de precipitación. Una población más numerosa y creciente, el consumo de agua por habitante se incrementa exponencialmente hacia futuro, lo que propicia escenarios particularmente críticos en regiones donde el clima se vuelve más seco, temperaturas más cálidas y presenta bajos niveles de precipitación.
6. Medio ambiente. Las condiciones de riesgo y vulnerabilidad son más evidentes cuando se llevan a cabo modificaciones al paisaje, presentándose deslizamientos de tierra, cambio en el uso potencial del suelo, que permiten la reconfiguración en los cauces naturales que en combinación con lo anterior favorecen las inundaciones de zonas bajas.

La forma de establecer los grados o niveles de vulnerabilidad de un centro urbano se integran en la medición de los aspectos como la infraestructura, el equipamiento y las características de las viviendas, como una manera de determinar la exposición, sensibilidad y la capacidad de adaptación de las personas o grupos ante un evento extremo que perturbe la vida de quienes habitan en un territorio (Simioni, 2003).

A partir de finales de la década de los 90 se han incrementado los trabajos sobre la aplicación de metodologías en el análisis de la vulnerabilidad por eventos extremos en los centros urbanos, principalmente en aquellos que presentan altos niveles de exposición y sensibilidad por su ubicación geográfica y territorial. Naciones Unidas para el Hábitat,

expone en sus recientes informes anuales, que la población aumenta su concentración en núcleos urbanos, previendo que será alrededor del 75 por ciento en el mundo para 2030.

A raíz de este dato, las ciudades costeras presentan mayores probabilidades de enfrentar los efectos de eventos climáticos como lo define IPCC (2012), por lo que llevar a cabo métodos de análisis sobre la vulnerabilidad interna de los centros urbanos debe ser prioritario, sobre todo en regiones con mayor exposición por el aumento del nivel del mar (Gay, 2000).

4.2 Construcción de indicadores de vulnerabilidad urbana mediante la exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa

La vulnerabilidad de los centros urbanos está en función de las condiciones físicas, depende de las variaciones en el clima a nivel regional, es dimensional, así como de la sensibilidad y su capacidad adaptativa (Avalos, 2004).

La fundación de los centros urbanos es derivada de un proceso colonizador y socioeconómicos, este ha permitido el desarrollo del hábitat desde las sociedades indígenas (Bottino, 2009). El conocimiento ancestral sobre los ciclones tropicales es considerado parte del entorno natural, a pesar de su intermitente temporalidad.

Las comunidades han adaptado un estilo confortable en las viviendas construidas con materiales naturales disponibles en su entorno, los cuales son empleados en sus techos mediante hojas de palma, muros de madera dura de árboles nativos de tamaño ligero recubiertas en sus paredes con adobe y pisos de tierra lo que ha permitido sobrevivir a los eventos ciclónicos (SEGOB y CENAPRED, 2006).

Con el paso de los años, la expansión territorial y los procesos arquitectónicos en las viviendas presentan un proceso de construcción menos riesgoso, se han integrado

materiales como el concreto, recubrimientos de metal en puertas y ventanas, pisos de porcelana o azulejos rústicos que son más resistentes y se deterioran menos, esto ha permitido la transformación física hacia el interior de las viviendas en los centros urbanos con amenaza de fenómenos hidrometeorológicos (Keipi, Mora y Bastidas, 2005)

El deterioro ambiental en la zona costera propiciado por el crecimiento urbano ha permitido acceder a mejorar las condiciones de habitabilidad de las ciudades, a pesar de que este se trunca cuando se presenta un evento ciclónico los efectos se transforman en daños al patrimonio personal o familiar de los habitantes. Pero permite la regeneración de la vegetación, recarga de mantos acuíferos, limpieza de áreas contaminadas en lagunas costeras o manglares, a pesar de ello el equilibrio se logra mediante la reproducción biológica de organismos que encuentran en estas las condiciones propicias para mantener el equilibrio ambiental (Herrera y otros, 2004).

Bajo el enfoque del cambio climático, el riesgo y la vulnerabilidad ha presentado distintos procesos científicos en el estudio y análisis de la causalidad de los efectos de ciclones en las ciudades, visto desde las afectaciones en el medio ambiente, sus características sociodemográficas, actividades económicas e infraestructura. Los planteamientos científicos evalúan los diferentes ámbitos que intervenían en la cadena socioambiental; ¿Qué? y ¿Cómo? se originan los eventos ciclónicos que afectan las ciudades, ¿Quiénes? y ¿Por qué? son afectados (Ihl y Frausto, 2014).

Estos cuestionamientos permitieron la formulación de puntos de vista de distintas disciplinas sobre sus creencias, estudios e investigaciones que originaron una serie de postulaciones que dieron origen a los primeros estudios vistos en la valoración física del riesgo y vulnerabilidad (Hewitt y Burton, 1971).

Las trayectorias de los ciclones tropicales en las ciudades expuestas, está determinada por su localización geográfica, esta condición establece el grado de exposición, sensibilidad de los sistemas, también de su habilidad para adaptarse a las condiciones del estado del clima. La magnitud con la que se presenten los fenómenos, son importantes en la determinación de la exposición, sensibilidad y adaptabilidad a la vulnerabilidad (Aguilar, 2004:272).

En la construcción de indicadores es importante definir cuáles serán las causas que describen los factores del fenómeno a estudiar, la forma en que se van a construir y como estos serán analizados para explicar los daños generados por los ciclones en la población urbana de las ciudades de Motul de Carrillo Puerto y Progreso de Castro.

Para la selección de indicadores de vulnerabilidad a cambio climático Magaña (2004) propone una batería relacionada con aspectos físicos, sociales y económicos, aunque estos pueden ser modificables o que permitan la incorporación de más dimensiones como la infraestructura. Además, estos deben ser adaptables y sensibles en reflejar los cambios en el sistema a evaluar.

En la generación de indicadores de vulnerabilidad al cambio climático es importante seleccionar una cantidad relativamente menor, esta debe reflejar la historia, el desarrollo y las proyecciones del fenómeno a analizar. Entre mayor número de indicadores se escoja, mayor la incertidumbre, por lo que se puede priorizar al momento de ponderar las variables; el índice de vulnerabilidad contempla los factores físicos, social y económico. Para determinar la vulnerabilidad urbana se agrega el factor infraestructura, el cual, al transformar datos de diferentes fuentes y tipos de información, el resultado es promediado y ponderado, lo que enlaza un ajuste entre las dimensiones consideradas en la evaluación (Magaña, 2013: 27).

4.2.1 Indicadores de exposición

El componente externo de la vulnerabilidad se refiere a la exposición y riesgo a un determinado fenómeno o estresor (Monterroso, 2012). Para incrementar el conocimiento de la causalidad de los ciclones en las ciudades existen distintas maneras para evaluar la dimensión externa de la vulnerabilidad, una posible es hacerlo mediante indicadores biofísicos, aunque la aplicación está limitada por la subjetividad en la selección de sus variables, la asignación de ponderación y peso, así como la disponibilidad de información dificulta probar o validar los resultados, así lo señala Luers y otros, (2003).

Las evaluaciones mediante indicadores biofísicos están enfocadas en los impactos físicos inducidos por los eventos extremos y los cambios futuros sobre variables climáticas como lo señala Füssel y Klein, (2006). De esta manera determina en parte el potencial con que se presentan los eventos, aunque estos no están determinados por sí mismo, son por las condiciones ambientales susceptibles a su trayectoria.

La literatura prevé dos vertientes para la aplicación de métodos por indicadores: primero se asume que todos los indicadores tienen la misma importancia durante el cálculo; el segundo, asigna diferentes pesos para evitar la incertidumbre que significa la misma valoración y por lo complejo que resulta el manejo de diferentes escalas o medida dada la diversidad de los indicadores aplicados. Sobre este último, se conocen diferentes formas como el juicio de expertos desarrollado por (Kaly y otros, 1999), (Kaly y Pratt, 2000), análisis de componentes principales (Easter, 1999), correlación con eventos pasados (Brooks y otros, 2005) y lógica difusa (Eakin y Tapia, 2008) (citado por Monterroso, 2012: 23,24).

Para definir la vulnerabilidad por exposición de las ciudades se considera cinco indicadores, estos están relacionados con las variables determinadas por la causalidad de los fenómenos ciclónicos.

a) Dimensión ambiental

La evaluación de la vulnerabilidad física en la literatura presenta distintas formas de estudio, se enfoca en los factores generados y causados por las amenazas en el territorio. Los aspectos medio ambientales son parte principal en el análisis causal, estos se dimensionan en función de los efectos de los fenómenos naturales en las sociedades.

O'Keefe y otros, (1976); Hewitt (1983) y Mustafa (1998), analizaron las causas estructurales y subyacentes de las amenazas, así como las consecuencias del impacto en los grupos afectados. Las condiciones internas de un fenómeno difieren en sus condiciones físicas, pero están relacionados con las condiciones ambientales en la región donde se generan, se desarrollan y se vuelven parte del entorno natural.

La dimensión ambiental está determinada por las condiciones climáticas actuales, pero son consecuencia de los procesos climáticos pasados, aunque estos han presentado una cierta evolución debido a las actividades humanas a nivel regional. El cambio climático conlleva a presentar amenazas o peligros con mayor intensidad derivado de los cambios en la estabilidad ecológica local, cualquier perturbación influye en el resto de las comunidades induciendo a etapas de estrés, las cuales se pueden presentar a corto o mediano plazo (Gay, 2000).

La vulnerabilidad de los sistemas ambientales está determinada por el tipo de impacto de fenómenos climáticos como son los ciclones tropicales, aunque no todos son iguales, presentan características similares. Esta condición determina el nivel de riesgo y vulnerabilidad en las ciudades ubicadas en sus trayectorias, existen casos donde se presentan con mayor intensidad en sus vientos, otros con mayor cantidad de humedad, presentan una temporalidad de corto tiempo en tierra, o se desvían de un momento a otro en función de las condiciones de temperatura en las corrientes de agua oceánica.

La influencia de otros fenómenos regionales como es el caso de los frentes fríos ha alterado la trayectoria de huracanes como fue el caso de Isidoro (2002), el cual presentaría una trayectoria paralela a la costa, pero la llegada de la onda fría a la región propició que el ciclón se desviara hacia el interior de la parte continental, esta situación alteró las actividades humanas locales, las cuales derivaron en mayores daños a su paso.

Bajo estas condiciones, la evaluación de la dimensión ambiental ante los efectos de los ciclones tropicales se enfoca en el conocimiento de las condiciones físicas con una visión de prevención y adaptación a eventos que pueden ser alterados por las condiciones ambientales locales, cambiando el nivel de intensidad de futuros eventos.

I. *Ciclones tropicales (EI)*. Se considera el 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.

Este indicador describe la probabilidad de que un ciclón tropical presente una trayectoria a una distancia menor de 10 kilómetros del centro de la ciudad, para ello Ihl y Frausto (2014), han estudio el impacto de los huracanes en la península de Yucatán desde 1850 a 2013, donde hacen un análisis de los eventos que se han impactado, así como los meses con mayor frecuencia.

Es importante conocer la distancia de los fenómenos por su estructura física, la cual se presenta en tres momentos específicos: a) el *Antes*, es la llegada de las primeras bandas de nubosidad y viento previo al impacto del fenómeno en un lugar específico, b) *Durante*, es el lapso de calma en la cual atraviesa el ojo del ciclón por la zona de impacto y c) *Posterior*, cuando las bandas de nubosidad cruzan en su totalidad y se alejan de la zona impactada.

La información para el cálculo de este indicador se ha basó en un análisis de trayectorias de los ciclones que se han presentado a menos de 10 kilómetros de la ciudad, apoyado con sistemas de información geográfica (SIG) para su identificación, esto ha permitió obtener el porcentaje de probabilidad de futuras trayectorias.

Los ciclones analizados fueron: Para la ciudad de Motul de Carrillo Puerto, depresión tropical Flossy (1956), huracán Beulah (1967), depresión Greta (1970), Mitch (1998) y el huracán Isidoro (2002). Para la ciudad de Progreso de Castro fueron el huracán Beulah (1967), Gilberto (1988), tormenta tropical Oppal (1995) y el huracán Isidoro (2002).

II. *Precipitación extrema diaria (E2)*. Precipitación extrema diaria promedio entre la precipitación promedio mensual. Uno de los efectos que propician los ciclones, es la cantidad de lluvia que precipitan en un lapso corto de tiempo en un lugar, esto provoca la saturación del suelo, aunque depende de su capacidad física, para evitar su saturación y por consiguiente inundaciones.

Cada fenómeno ciclónico es diferente ya que presenta volúmenes de humedad específicos, del mismo modo la velocidad de los vientos varía por la presión y la temperatura en superficie, esto ha permitido determinar los momentos de mayor cantidad de precipitación para cada ciudad (Meyer-Arendt, 1991).

III. *Precipitación total acumulada (E3)*. Precipitación total acumulada promedio entre precipitación total mensual. La cantidad de lluvia que generan los ciclones está en función de varios factores como: el lugar donde se forman, su desarrollo por el cual cruzaron, la temporalidad de su trayectoria, las condiciones físicas en su impacto y las dimensiones del fenómeno. Si es un fenómeno que ha tardado mayor tiempo en su formación y desarrollo en el mar, la probabilidad de aumentar su nivel de humedad es mayor, esta condición prevé que la precipitación sea elevada en menor

tiempo, comparado con el total de lluvia registrada anualmente en las ciudades durante su régimen normal.

Este indicador muestra su capacidad de afectación que es originado por la cantidad excesiva de lluvia, la cual se puede extender por lapsos cortos de días o incluso de una semana. La fuente de los datos depende de las estaciones climatológicas o automáticas que registran la cantidad de lluvia en el lugar, y por lo general dependen del Servicio Meteorológico Nacional y de la Comisión Nacional del Agua.

- IV. *Viento (E4)*. Velocidad del viento promedio mensual entre velocidad del viento promedio anual. Este factor es determinante en la estructura de los ciclones tropicales, los cambios bruscos de temperatura combinados con humedad inciden en mayores turbulencias, las cuales se vuelven peligrosas en la medida que interactúan y que forman áreas de inestabilidad que a la postre propician una depresión tropical.
- V. *Urbanización (E5)*. Superficie urbanizada entre superficie total. Este indicador define la superficie con potencial de afectación en un entorno urbano, la distribución espacial que realiza la población, difiere en las distintas regiones, donde la utilización del espacio urbano es definida desde el enfoque natural, social o cultural.

La superficie urbanizada presenta distintos usos habitacionales para uso cotidiano o para descanso, la importancia de este indicador es la forma de contribuir al análisis sobre la utilización de la superficie urbana, el potencial de daño y su posible nivel de recuperación, después del paso de un fenómeno ciclónico. Se sabe que la región tropical es la menos poblada del país, por lo que la superficie construida es menor en función de las comunidades que habitan en ellos, por lo que su recuperación es variable.

La exposición es parte del método propuesto por el IPCC (2007) para medir la vulnerabilidad propiciada por efectos del cambio climático global, no existen en la literatura ni a nivel local. El riesgo y la vulnerabilidad es más probable en las zonas de mayor concentración de la población (centros urbanos), en América Latina la expectativa de crecimiento sigue siendo mayor.

Son las áreas urbanas las de mayor exposición, sensibilidad por sus similitudes entre ellas, sus estudios han contribuido a definir las características urbanas al interior, esto ha incidido en el fortalecimiento de las capacidades técnicas y de toma de decisiones en los distintos escenarios que se presentan y que han servido de soporte hacia el futuro (Sánchez y Bonilla, 2007) y (Sánchez, 2013).

4.2.2 Indicadores de sensibilidad

La sensibilidad es la habilidad con la que cuenta el sistema ambiental para enfrentar un estrés o perturbación, se hace referencia al nivel en que un sistema es afectado, o su capacidad de respuesta a un estímulo generado por un evento climático (Smit y otros, 2009).

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos está muy ligada a los procesos sociales y constructivos que allí se desarrollan, se relaciona con la fragilidad del marco construido y la falta de resiliencia de los elementos expuestos ante las amenazas (Audefroy, 2007:129).

El análisis de este componente en el estudio de la vulnerabilidad urbana intenta vincular directamente los escenarios futuros de cambio climático con sus posibles efectos o impactos sobre las dimensiones socioeconómicas y de infraestructura (Downing y Patwardham, 2006). Busca comprender el proceso mediante el cual los escenarios futuros se traducen en riesgos o impactos sobre un determinado grupo o sistema. Un

aspecto relevante es que se pueden identificar puntos de intervención y de opciones de respuesta (Monterroso, 2012).

Generar una evaluación mediante indicadores que determinen la sensibilidad a escala local propicia incertidumbre en la información, pero atreverse a recubrir los requerimientos científicos, es una necesidad en la medida de los alcances técnicos, estadísticos y documentales.

Para medir la vulnerabilidad urbana para cambio climático por sensibilidad se propone la aplicación de 16 indicadores, estructurados en 3 subdimensiones: nueve para medir lo social, tres lo económico y cuatro para la infraestructura. Lograr describir esta parte de la vulnerabilidad urbana a cambio climático implica que pueden ser requeridas otras más variables que reflejen el impacto físico de los ciclones en estas ciudades, sin embargo, una de las razones principales en la conformación de variables es la falta de información fiable y disponible sobre la sociedad en las distintas escalas geográficas.

b) Dimensión social

La parte vulnerable de los más afectados está determinada por las condiciones de vida, estructura demográfica y por las condiciones de ubicación geográfica. La población que presenta riesgo de ser afectado por un fenómeno ciclónico presenta una causalidad específica, son aquellos que carecen de medios técnicos, capacidades individuales y adoptan estilos de vida en función de sus creencias culturales para enfrentar estos fenómenos hidrometeorológicos.

Los indicadores en esta dimensión, intenta reflejar la condición de vulnerabilidad de la población, su aplicación ante la presencia de un ciclón tropical en la actualidad debe ser distinta por la experiencia acumulada de fenómenos previos que han afrontado los habitantes, la manera de actuar de estos ante una nueva situación, refleja el nivel de

avance alcanzado por los diferentes grupos sociodemográficos en las ciudades en estudio.

VI. *Densidad urbana (S1)*. Población total entre superficie total en kilómetros cuadrados. Es un indicador medidor de la conglomeración de la población en un área determinada, en este caso sección electoral. La importancia de este indicador contribuye al conocimiento sobre las áreas de mayor número de habitantes y su distribución geoespacial hacia el interior de la ciudad, además de tener actualizado el padrón de habitantes vulnerables en caso de emergencia o que se requiera su evacuación hacia refugios temporales.

VII. *Población vulnerable infantil (S2)*. Población de 0 a 14 años entre población total por 100. Esta variable contribuye a identificar la población infantil, su distribución hacia el interior de la ciudad. Este grupo demográfico es considerado de alta vulnerabilidad, por su falta de capacidad en la toma de decisiones, las cuales son tomados por otras personas responsables de ellos en función de las necesidades familiares.

VIII. *Población vulnerable adultos mayores (S3)*. Población de 65 años y más entre población total por 100. Esta variable determina la proporción de población vulnerable por sus condiciones físicas por edad, pero no necesariamente por capacidades mentales. La localización de este grupo poblacional requiere de cuidados especiales y protocolos específicos en caso de ser evacuado. Su vulnerabilidad es considerada como alta en los estudios sociales enfocados en la disminución de daños de desastre.

IX. *Población vulnerable femenina (S4)*. Población femenina entre población total por 100. Este indicador relaciona al porcentaje de población femenina de todas las estructuras demográficas de una ciudad, su importancia está definida por su

capacidad, las cuales excluye de actividades físicas que requieran mayores esfuerzos ante las tareas postdesastre. Su función está determinada por sus capacidades de salvaguardar la integridad de las personas en su entorno, el cuidado de la población más sensible a sufrir algún tipo de daño como los niños o ancianos.

- X. *Hogares con jefatura femenina (S5)*. Número de hogares con jefatura femenina entre total de hogares por 100. Los hogares con estas características de género demandan una mayor cantidad de recursos ante la presencia de un fenómeno perturbador. El porcentaje de hogares con jefatura femenina son considerados vulnerables porque presentan menores ingresos, su capacidad de reacción es menor y su situación sociocultural en muchas regiones, las margina de las decisiones locales. La importancia de identificar esta condición en los hogares permite su geolocalización en caso de presentar una amenaza, son los que más se protegen dependiendo la cantidad de miembros y su edad para salvaguardarse en un lugar seguro en caso de un fenómeno ciclónico.
- XI. *Población analfabeta (S6)*. Población de 15 años y más analfabeta entre población total por 100. Este indicador describe la cantidad de población que carece de la capacidad básica de leer y escribir. Se hace referencia a la incapacidad de la población para atender las indicaciones proporcionadas por las autoridades locales tanto de forma escrita como oral que son parte del entendimiento entre las personas para la comprensión del universo.
- XII. *Población indígena (S7)*. Población indígena entre población total por 100. El conocimiento individual entre los diferentes grupos étnicos determina la visión de los fenómenos a escala local, las personas aumentan su capacidad de resistencia ante la presencia de un ciclón en la medida de sus creencias o experiencias de familiares o propias. Aunque cabe destacar que las referencias culturales o ancestrales han sido transmitidas por la familia por generaciones, esto ha permitido

la sobrevivencia a pesar de no hablar una lengua distinta a la materna predominante. En ocasiones se considera que hablar o entender una lengua indígena no pueden enfrentar el riesgo con responsabilidad por la dificultad que representa la falta de información técnica en otra lengua que no sea español.

XIII. *Viviendas particulares habitadas con materiales en pisos (S8)*. Viviendas particulares con materiales en pisos de tierra entre total de viviendas particulares habitadas por 100. La población que habita en un centro urbano se considera que dispone de los medios suficientes para disminuir el riesgo en su entorno personal.

La situación actual indica que los materiales con los que se construyen las viviendas disminuyen los daños generados a la salud de las habitantes, la carencia de pisos de materiales firmes conlleva al desarrollo de enfermedades que deterioran la salud de la población con estas carencias, por lo que los efectos de los ciclones tropicales generan inundaciones por la cantidad de agua precipitada o inundaciones por marejadas en centros urbanos costeros.

XIV. *Viviendas particulares habitadas con radio (S9)*. Viviendas con disponibilidad de radio de comunicación entre total de viviendas habitadas por 100. Los medios de comunicación masiva han sido parte determinante en la disminución del riesgo y vulnerabilidad. La información disponible en medida del desarrollo tecnológico ha incidido en que la población utilice este medio para recibir información de las autoridades ante la amenaza de un ciclón tropical y que esta sea transmita entre las localidades lo que permite sobrevivir a estas amenazas. El conocer las viviendas que cuentan con este medio, en la actualidad existen otras fuentes de comunicación, sigue siendo la forma más factible para prevenir el potencial de daños generados por estos fenómenos entre la población urbana y rural.

c) Dimensión económica

Uno de los sectores más afectados en todo momento ante la presencia de un ciclón tropical es el económico, se puede describir que se detiene por el riesgo y vulnerabilidad que presenta el mantener las distintas actividades con los efectos de un evento.

Medir este efecto local requiere de otro tipo de información que complemente la actual para dimensionar las capacidades de los grupos que habitan una ciudad, por lo que la disponibilidad de datos a escala de secciones electorales es casi nula o complicada conseguir para estudios que contemplan establecer proyecciones a futuros eventos.

XV. *Población Económicamente Activa (S10)*. Población Económicamente Activa (PEA) entre población de 15 a 64 años por 100. Este indicador demuestra el dinamismo sociodemográfico de la población en edad laborable, lo cual determina la capacidad económica que presenta una ciudad a nivel regional. Ante la presencia de un evento ciclónico uno de los sectores más afectados siempre es el económico, es el que revive las condiciones de restablecimiento de las actividades en un lugar afectado por fenómeno. La importancia de incluir este dato estadístico se hace referencia en los informes técnicos que se presentan después de la ocurrencia de un ciclón, y más cuando existe un nivel de daños económicos que determina que la recuperación sea en mayor tiempo.

XVI. *PEA según ingresos (S11)*. Población ocupada que gana hasta 2 Salarios mínimos entre total de población ocupada por 100. La población económica que participa en los diferentes sectores obtiene un ingreso o remuneración por el trabajo realizado para satisfacer sus necesidades. A pesar de las desigualdades económicas locales, los grupos sociales asimilan la vulnerabilidad de distintas maneras en función de los ingresos familiares. La razón principal de este indicador es conocer la localización de los distintos grupos socioeconómicos hacia el interior de los centros

urbanos y contrastarla con el resto de la información estadística para el análisis de la vulnerabilidad por ciclones tropicales.

XVII. *Población en pobreza de patrimonio (S12)*. Población con pobreza de patrimonio entre población total por 100. Este indicador demuestra el nivel de pobreza de la población con menores posibilidades económicas en la formación de un patrimonio personal o familiar. El tiempo de recuperación por parte de la población ante la presencia de evento ciclónico, es mayor en la medida que los daños causados a sus bienes se ven gravemente afectados. A nivel local se comenta entre la población con menores ingresos, que un ciclón empobrece a los más vulnerables, por lo que se puede tardan hasta una generación en recuperar la estabilidad económica de una familia, a pesar de recibir algún tipo de ayuda gubernamental.

d) Dimensión infraestructura

Para evaluar los niveles de riesgo y vulnerabilidad ante fenómenos ciclónicos, es importante considerar las viviendas, vías de comunicación, líneas vitales (electricidad, agua potable, drenaje, telecomunicaciones y otros) (SEGOB y CENAPRED, 2006, 11).

La infraestructura de una ciudad es vital para el desarrollo de las actividades de la población, el nivel de afectación al que pueden estar expuestos ante un ciclón tropical es determinado por el tipo de materiales con los cuales han sido construidos (SAHOP, 1982).

Los indicadores sobre la infraestructura de las ciudades son una manera de estudiar el nivel de afectación que podría sufrir ante la amenaza de un evento ciclónico, para ello se han seleccionado algunos de los elementos construidos que pueden ser afectados y que cuentan con información que ayuden a comprobar su vulnerabilidad. Aunque en varios casos la disponibilidad de información está restringida por cuestiones de seguridad, su

consideración para adoptar medidas que contribuyan a disminuir las afectaciones garantiza un rápido restablecimiento de su uso para bien de los afectados, como ha sucedido en eventos anteriores (SAHOP, 1997).

XVIII. *Calles con pavimentación (S13)*. Superficie pavimentada entre superficie total de la sección electoral por 100. El nivel de urbanización hacia el interior de los centros urbanos difiere en ocasiones de las condiciones regionales de las ciudades. La manera de ocupar el territorio por parte de la población determina el grado de materialización en la superficie vial, esta varía de un lugar a otro. Otros factores como el dinamismo socioeconómico, el incremento de espacios a la urbanización y la demanda por suelo para viviendas influyen en la pavimentación de las calles.

XIX. *Calles con fosas de absorción (Alcantarillado pluvial) (S14)*. Número de fosas de absorción entre superficie total por kilómetro cuadrado de la sección electoral. Uno de los problemas más serios en las ciudades ubicadas en zonas de baja altitud es la falta de drenaje pluvial, la península de Yucatán presenta una deficiencia en la capacidad de absorción de la precipitación extrema. Las ciudades costeras presentan inundaciones por marejadas que arrastran grandes cantidades de arena y sedimentos marinos, saturan los pozos de absorción por lo que el mantenimiento merma la capacidad de filtración hacia el subsuelo. La importancia de construir fosas de absorción determina el nivel de inundación de las ciudades, pero dependerá del nivel al que se encuentre el agua por debajo de la superficie urbanizada.

XX. *Viviendas particulares habitadas con agua potable (S15)*. Viviendas con agua potable entre total de viviendas habitadas particulares por 100. Uno de los servicios de infraestructura más afectados durante la presencia de un evento ciclónico es la disponibilidad de agua potable en las viviendas, al ser un bien público esencial para el desarrollo de las actividades humanas, así como para el consumo de la población.

Este no siempre está disponible en los sectores más vulnerables de las ciudades. UNHabitat (2004) integró a los derechos humanos de la población, la disponibilidad de agua en las viviendas, por lo que los esfuerzos por acceder a este recurso, dependerá de las condiciones de disponibilidad natural, su conservación y los factores climáticos que hacen posible el aumento o disminución de las reservas para el abasto de la población urbana.

XXI. *Viviendas particulares habitadas con servicios de drenaje (S16)*. Viviendas con servicio de drenaje entre total de viviendas habitadas particulares por 100. La disponibilidad de servicios de drenaje en las viviendas es parte de la infraestructura local, la importancia de mantener una buena salud entre los habitantes depende de la disponibilidad de servicio entre las viviendas para evitar enfermedades bacterianas o pandemias. La saturación producto de la filtración de agua de lluvia en el sistema, altera el equilibrio natural del ecosistema, en ocasiones atrae organismos biológicos nocivos al entorno urbano, por lo que la disponibilidad es esencial para los habitantes de las viviendas en el ámbito urbano.

XXII. *Viviendas particulares habitadas con servicio de energía eléctrica (S17)*. Viviendas con energía eléctrica entre total de viviendas habitadas particulares por 100. La disponibilidad de energía eléctrica como fuente principal, hace una década la cobertura representaba que solo las viviendas que se ubican en localidades consolidadas contaban con el servicio. La importancia de este indicador definir las áreas que no cuentan con el servicio, esto representa en parte una carencia e implica que, al presentarse en evento ciclónico, la situación de la población será vulnerable por no contar con recursos para subsistir hasta que pueda ser restablecida y que la vida regrese a la normalidad como sucede en las periferias de los centros urbanos.

4.2.3 Indicadores de capacidad adaptativa

La capacidad de un sistema es propensa a modificar sus circunstancias propias de los individuos para moverse a una condición menos vulnerable. Pueden considerarse en función de la salud, tecnología, educación, infraestructura, acceso a recursos económicos, estabilidad política y capacidad de manejo dentro de un sistema ambiental (O'Brien y otros, 2004); (Brooks y otros, 2005) citado por (Monterroso, 2012: 75).

La adaptación debe enfocarse a los grupos sociales de menor ingreso ya que son estos los que más padecen en el momento de que se enfrentan a un fenómeno adverso (Adger, 1999). En la vulnerabilidad urbana la infraestructura es la parte con menos probabilidad de adaptación, las obras realizadas para disminuir la vulnerabilidad de las personas quedan rebasadas en la medida que estas no aumentan las acciones para volverse más resilientes a eventos ciclónicos.

El propósito de estudiar la capacidad adaptativa de un país, región o ciudad es buscar dirigir la adaptación hacia aquellas áreas o sectores de mayor exposición o menor capacidad para adaptarse a los fenómenos ciclónicos (Smith, 2006).

Para evaluar este componente, el cual resulta más subjetivo porque las variables dependen de las características menos técnicas de las ciudades, se propone cuatro indicadores.

XXIII. *Refugios temporales (CAI)*. Número de refugios temporales entre la población total por sección electoral. Este indicador define la capacidad y organización de la población para salvaguardarse en caso de una amenaza, existen familias que por su localización de sus viviendas presentan mayor riesgo por lo que deben ser evacuadas.

La capacidad de los centros de refugio debe garantizar que la población que requiera ser evacuada permanezca en las mejores condiciones al tiempo que pasa la emergencia. Aunque en las ciudades costeras este tipo de espacios son innecesarios por qué el número de personas que les permiten permanecer en la ciudad es menor. El plan de emergencia contempla la evacuación a cuando menos 50 kilómetros de la costa o ciudades que no impliquen el mismo riesgo, por lo que las leyes actuales asignan a los grupos de salvaguarda como el ejército y la marina llevar a cabo estas tareas en colaboración con otras instituciones gubernamentales estatales y federales.

XXIV. *Organizaciones sociales (CA2)*. Número de asociaciones civiles. En cada ciudad la presencia de asociaciones o grupos de voluntarios que se conforman para la atención de emergencias como los ciclones tropicales, se coordinan con las autoridades para brindar asistencia a las personas que así lo requieran. Las iglesias, cámaras de comercio, organizaciones civiles, los grupos académicos o las asociaciones de los diferentes sectores económicos locales ayudan en la tarea de organización para recobrar a la normalidad posterior a un evento. Al ser afectados todos los habitantes postdesastre, la ayuda humanitaria es enviada de otras ciudades para ser repartida entre los más vulnerables, esta labor es llevada por estas organizaciones que prestan su apoyo a escala local.

XXV. *Planes, programas de riesgo y vulnerabilidad (CA3)*. Número de planes y programas de riesgo y vulnerabilidad. Los mecanismos o herramientas que se realizan para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de una ciudad implican la implementación de estos mecanismos, los cuales deben ser estudiados para ser implementados en la planeación urbana local. Es aquí donde la vulnerabilidad de las ciudades dependerá del número de instrumentos, políticas locales y gestión del riesgo para disminuir la vulnerabilidad de la población en condiciones de pobreza principalmente. La importancia de estos radica en que se tengan disponibles y se ejecuten por especialistas para disminuir los daños de la población local en general.

XXVI. *Número de declaratorias de desastre (CA4)*. Número de declaratorias entre número de eventos ciclónicos. Con el paso de estos fenómenos, las autoridades locales y estatales solicitan el apoyo de fondos económicos y de materiales para reparar los daños provocados en la población afectada. Para realizar esta gestión se levanta un informe de daños, el cual es revisado por un comité técnico y acepta o no la declaración de zona de desastre a los municipios afectados por los ciclones o sus efectos asociados a estos.

XXVII. *Evidencia de daños (D1)*. Incorporar datos estadísticos oficiales de informes técnicos realizados posterior a un fenómeno ciclónico es parte de las propuestas para solventar la falta de datos en el análisis del riesgo y la vulnerabilidad (Hinkel, 2011). En una ciudad donde se cuenta con mayores servicios que permiten fluir la información de daños pareciera que es lo más prudente; sin embargo, existen diversos intereses de actores sociales que determinan lo que se establece como daños y lo que no, por lo que los informes postdesastre presentan esta incertidumbre de veracidad. Conocer los daños que genera un evento sin importar la intensidad, permite el análisis de los factores que pueden contribuir a que no vuelva a suceder los mismos daños a una sociedad, pero cuando no existe interés por invertir en acciones que coadyuven a disminuir la vulnerabilidad, cualquier método, proceso o acciones de prevención será inútil para disminuir los daños de una amenaza.

La capacidad adaptativa está en función de la preparación de la sociedad para disminuir los daños que genera un ciclón, pero dependerá de la capacidad individual de los habitantes resultar menos afectados de un fenómeno a otro, sin importar la temporalidad a la que se presenten estos en la región. Cualquier acción positiva por mínima que se asuma, el resultado será la probabilidad de no ser afectado por un ciclón sin importar la localización hacia el interior de la ciudad.

4.2.4 Fuentes de Información

La información requerida para evaluar la vulnerabilidad urbana a una escala interurbana no siempre está disponible, las autoridades municipales son determinantes para la construcción de indicadores que reflejen las condiciones de vida de la población y como éstas enfrentan una amenaza como los ciclones tropicales.

En algunos casos como sucede con la exposición de los ciclones tropicales, los datos estadísticos ambientales son importantes para su evaluación, las trayectorias de los ciclones tropicales son obtenidas de fuentes internacionales como Centro Nacional de Huracanes (NHC) dependiente de la Agencia Nacional de Atmósfera y Océanos (NOAA) de los Estados Unidos de América.

Los datos de precipitación y viento son procesados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través del registro de la información recolectada por las estaciones meteorológicas instaladas en las ciudades de Motul y Progreso, aunque la primera ha dejado de funcionar desde hace una década, se han recopilados los datos generados tiempo atrás. Además de datos obtenidos de observatorios meteorológicos cercanos como el de Mérida y Chicxulub puerto que generan este tipo de información necesaria y que son dependen de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Para el indicador de viento se consultó la información disponible en el mapa digital de México elaborado por el Instituto Nacional de Geografía (INEGI, 2016), el cual dispone de datos en tres distintas altitudes 50, 80 y 120 metros, los cálculos fueron realizados para las ciudades en estudio, aunque está disponible para todo el territorio nacional.

Para medir la sensibilidad, las fuentes de los datos sociodemográficos fueron obtenidos mediante las estadísticas censales registradas a nivel de sección electoral, elaborados por el INEGI para las instituciones electorales federal y estatal. La ventaja de construir

indicadores a esta escala permite mayor profundidad en el conocimiento espacial, ya que la metodología con la que se construye las secciones está determinada en la distribución de la población que se encuadra en cada una, es uniforme y delineada en manzanas sin sobresaltos.

Además, se integran los datos de viviendas y de infraestructura básica de las ciudades construidos mediante los censos de población y vivienda, anuarios, encuestas y programas sectoriales como el inventario nacional de vivienda, todos ellos elaborados por INEGI entre el 2010 y 2015.

Con respecto a los indicadores de capacidad adaptativa estos se refieren a los medios y formas en cómo la población adopta mecanismos de sobrevivencia a los ciclones, las fuentes de información son escasas, por lo que no siempre se pueden cuantificar. Para este estudio se emplearon datos de registro de refugios temporales dispuestos por las autoridades estatales para el resguardo de la población en caso de la presencia de un ciclón tropical o algún otro evento que amerite el levantamiento de una alerta de emergencia.

El número de asociaciones civiles, agrupaciones que son afectadas o que presentan un nivel de intervención postdesastre, están relacionadas con un grupo de la población local, coadyuva de manera organizada con las autoridades locales para el restablecimiento de las actividades normales, aunque presentan el problema que no existe un registro de estas. Se pueden cuantificar en la medida que se pueden localizar, aunque el número varía por diversas razones, por lo que se vuelve impredecible contar con un directorio local. Para realizar esta tarea se ha tenido que consultar diversas fuentes cartográficas, entrevistas directas actores claves y trabajo de campo.

Otro indicador es la cuantificación de los planes y programas relacionados con el riesgo y vulnerabilidad que se han elaborado en el municipio o ciudad para la atención de

amenazas, estos son construidos para el análisis de susceptibilidad ante las amenazas más frecuentes en la que ubica el territorio. Son instrumentos elaborados por las unidades de protección civil para la para la toma de decisiones de las autoridades locales o estatales ante la presencia de eventos como los ciclones tropicales.

Las declaratorias de emergencia y desastre, son instrumentos elaborados ante el paso de eventos ciclónicos ocurridos, donde estos prevén dejar daños de desastre. Se inician cuando los comités locales, estatales en conjunto con las autoridades federales, determinan el potencial de afectaciones del fenómeno y se inician las gestiones para enfrentar los daños provocados por el evento. Este indicador está basado en la información disponible por las autoridades del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), dependiente de la Secretaría de Gobernación.

4.3 Cálculo del índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales por subíndices de cambio climático mediante estandarización de variables

Existen distintos métodos para evaluar la vulnerabilidad, por ahora no existe alguno que se especializa en vulnerabilidad urbana. Los estudios describen a las referencias enfocadas en la dimensión social, ya que este sector es uno de los más sensibles a los efectos asociados a los fenómenos hidrometeorológicos.

La construcción de metodologías para el estudio del riesgo y vulnerabilidad se han diversificado a medida que los enfoques se han actualizado en las problemáticas cada vez más complejas como es el cambio climático, representa un problema multidimensional y regional que se deriva de las consecuencias realizadas por las actividades humanas a la falta de sustentabilidad ambiental (Bhattarai y Conway, 2010).

Las evaluaciones de vulnerabilidad a cambio climático se basan en el estudio previo de las condiciones ambientales como la temperatura, inundaciones, cambio de uso de suelo

y deterioro de la vegetación (Meyer, 1999; Landa y otros, 2008; Islebe y otros, 2009; y Jabareen, 2012).

Además de las condiciones ambientales se incluyen los factores sociales, demográficos, económicos como lo refleja Adger, (1999), estos pueden ser descritos a nivel personal o familiar.

Una de las escalas de mayor importancia en la investigación, son aquellas donde el impacto es tangible por los actores, representa la oportunidad de mejorar su condición y los revitaliza en su manera de repensar sus decisiones al momento de enfrentar una amenaza

Para la construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) a cambio climático, el procesamiento de los indicadores que fueron construidos a través de los datos es explicado de la siguiente manera:

- Base de datos de los indicadores por subíndices (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación), se ejemplifican los resultados obtenidos en las distintas unidades (ver tabla 7).

En la tabla 7, se describe los resultados obtenidos de los indicadores construidos para obtener el Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) a cambio climático por subíndice de exposición. Aunque hay que aclarar que el ejemplo que se presenta hace referencia a los factores ambientales que determinan la exposición al interior de una ciudad o están explícitos en las condiciones ambientales regionales, lo que hace más complicado el poder evaluar los distintos indicadores que se manejan a una escala geográfica menor como son las secciones electorales (ver anexo).

- Aplicación del método de estandarización para la unificación de las unidades entre las variables de los indicadores por subíndices. Este proceso es utilizado para ajustar, adaptar y homologar distintas formas, estilos o mediciones que se encuentran en diferentes unidades.

La aplicación del método de ponderación por método Saaty, cuyo objetivo es el de llegar a expresar, en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos; si bien es frecuente al asignar pesos a criterios, la especificación de los mismos es una cuestión en la que no existe un método generalmente aceptado para su determinación; se considera este proceso como un método que crea controversia por la asignación sin un criterio definido en dichos pesos.

La escala de Saaty es una herramienta propuesta para establecer la importancia o preferencia de criterios o alternativas en la matriz de comparaciones a pares. Es una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen; de esta forma, se entrega homogeneidad y cierto grado de certeza a las comparaciones (Saaty, 1988).

Es una técnica multidisciplinar 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. 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

En la tabla 8, se expresan la aplicación de la fórmula que estandariza los indicadores por subíndice de cambio climático. Se tomó el caso de la exposición como ejemplo, para la revisión del procedimiento técnico aplicado (ver anexo).

- Jerarquización o ponderación, descompone las estructuras complejas en componentes unilaterales, ordenando estos componentes o variables en una estructura jerárquica y obtiene valores numéricos para generar juicios de preferencia y además sintetiza o determina las variables que tienen más alta prioridad (Cadena y Campos, 2012; Ávila, 2016). Para llevar a cabo este proceso se aplica la siguiente ecuación:

$$1/N + E1/N$$

Donde:

1 = Valor ponderador

N = Número de jerarquización según indicador

E1 = Indicador a ponderar

En la tabla 9, se describe los resultados de la aplicación de la jerarquización y ponderación a los indicadores estandarizados. Este proceso permite quitar la incertidumbre de los datos extremos, haciéndolos menos distantes los valores extremos (ver anexo).

- Por último, se aplicó la ecuación para la obtención del IVUCT por subíndices de indicadores a nivel de sección electoral, los resultados permiten el cálculo de los subíndices exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa como lo describe el IPCC (2007).

La tabla 10, ejemplifica los resultados alcanzados en la aplicación de la ecuación de estandarización y ponderación de los indicadores por subíndices, los cuales permiten calcular el IVUCT. Este mismo ejercicio se aplica a los siguientes subíndices (sensibilidad y capacidad de adaptación) (ver anexo).

$$E = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$S = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10 + S11 + S12 + S13 + S14 + S15 + S16 + S17}{\frac{9}{3}}$$

$$CA = \frac{CA1 + CA2 + CA3 + CA4}{4}$$

Donde:

E= Exposición

S= Sensibilidad

CA= Capacidad de adaptación

Al integrar 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, y es retomado en esta investigación para la medición de la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales a escala de secciones electorales.

Ahumada y otros (2015), aplican esta misma operación para el cálculo de la vulnerabilidad a cambio climático en el sector agrícola mexicano, construido a través de indicadores basados en áreas censales básicas en el municipio de Guasave, Sinaloa.

En la tabla 10, se describe los resultados obtenidos para realizar el cálculo IVUCT a través de los subíndices de cambio climático contruidos para medir la vulnerabilidad urbana en las secciones electorales de las ciudades (ver anexo).

La aplicación de esta fórmula determina un índice integrador de los factores causales que determinan el grado de vulnerabilidad de un lugar respecto a los elementos con los que cuentan la sociedad urbana para enfrentar una amenaza por ciclones tropicales

Para categorizar el grado de vulnerabilidad al interior de las ciudades, se aplicó el método de semaforización para la representación cartográfica de los resultados a escala de sección electoral. CEPAL (2009), propone esta forma como una alternativa para explicar los resultados del cálculo de este índice, además de integrar las zonas en las que se divide la ciudad, por lo que de esta manera simplifica posibles controversias generadas en la interpretación de los mismos.

Aunque hay que destacar que la aplicación de este método de semaforización se modifica para la ciudad de Progreso de Castro, la cual divide la parte media en alta y baja, esta condición se debe a la mayor cantidad de secciones electorales con las que cuenta esta ciudad con respecto a la ciudad de Motul de Carrillo Puerto.

4.4 Entrevistas

La aplicación de entrevistas a la población y autoridades municipales fue parte del trabajo de campo realizado sobre el conocimiento de los ciclones tropicales y sus efectos a escala interurbana. Recorrer las secciones electorales que integran la ciudad permitió recolectar información sobre el conocimiento con el que cuentan los residentes locales ante el alertamiento de los ciclones tropicales que han enfrentado en el tiempo que han radicado en las ciudades en estudio.

Cada ciudad por cercana que pareciera presenta un proceso de urbanización distinto por lo que la forma de asimilar el conocimiento sobre la manera de prepararse para atender una emergencia debería ser homologada, sin embargo, no se aplica como lo refiere la Ley General de Protección Civil a escala local.

Para evaluar el conocimiento local sobre la capacidad de adaptación de los habitantes de forma individual o familiar a los efectos de los ciclones, afectados por el cambio climático. Se aplicaron una serie de entrevistas con el objetivo de identificar factores operativos sobre la situación en la que enfrentan los habitantes un evento ciclónico, así como información que coadyuve en la interpretación del índice de vulnerabilidad urbana a ciclones tropicales en cada ciudad.

Se entrevistaron a hombres y mujeres, residentes, mayores de 18 años, al azar y sin ningún esquema metodológico sobre la cantidad, esto se debe al interés centrado al conocimiento local. Se tomaron en cuenta datos como: el nivel escolar, dirección y ocupación, entre otros importante por la visión específica que tienen en la vida urbana de la ciudad.

El contacto con los habitantes fue directo, se levantaron 13 entrevistas en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto y 21 en la ciudad de Progreso, se consideró al menos una entrevista por cada sección electoral. Se elaboró un guion que sirvió de base para direccionar la conversación con los entrevistados y evitar desviarse del tema, se describe el contenido que se desplegó:

- ✓ ¿Le ha tocado vivir algún ciclón tropical en esta ciudad?
- ✓ ¿Qué edad tenía durante el evento?
- ✓ ¿Dónde se resguardo usted y su familia?
- ✓ ¿Recuerda, si existió difusión antes, durante y posterior a la presencia del fenómeno ciclónico?

- ✓ ¿Qué acciones se tomaron en su vivienda, para protegerla durante el paso del ciclón tropical?
- ✓ ¿Alguna autoridad local paso por la calle difundiendo que acciones deberían tomar antes, durante y posterior al fenómeno?
- ✓ ¿Su vivienda sufrió algún tipo de daño por el fenómeno?
- ✓ ¿Usted o algún miembro de su familia estuvo en un albergue?
- ✓ ¿Cuál ha sido el servicio público que más tiempo tardo en regresar a su normalidad en su vivienda?
- ✓ ¿Recibió usted o algún miembro de su familia, algún tipo de apoyo por alguna institución pública?
- ✓ ¿Cuál es su opinión sobre el manejo de la emergencia por las autoridades locales, estatales y/o federales?

Los resultados permitieron abundar en la retroalimentación de la información empírica con la cualitativa recolectada en campo, lo que contribuyó en el nivel de profundidad del estudio, sobre la capacidad de la población para adaptarse a los fenómenos ciclónicos.

4.5 Tipos de escenarios de cambio climático en las ciudades

La formulación de escenarios de cambio climático ha avanzado en el mundo, existen distintas fuentes generadoras de modelos revisados por expertos del IPCC (2007), esta condición ha permitido retomar la propuesta elaborada por Orellana y otros, (2009) para la península de Yucatán a 2020.

Para el estudio de la vulnerabilidad a ciclones tropicales en las ciudades se propone la aplicación de tres tipos de escenarios que están contruidos por un cierto número de variables, los cuales proponen graduación en los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2007). Para analizar los escenarios que probablemente se pueden presentar en las zonas urbanas se eligieron tres variables ambientales: a)

precipitación total anual; b) Índice de Lang (relación precipitación media anual / temperatura media anual) y c) lluvia invernal, las cuales determinan la probabilidad de intensificación en la que se podrían presentar los eventos ciclónicos en el futuro.

Para identificar de todos los tipos de escenarios de cambio climático que se han elaborado para la península de Yucatán, se han elegido tres: a) Escenario A1F1, b) Escenario B1 y c) Escenario B2, los cuales han sido desarrollado para simular circunstancias distintas y objetivos específicos en función de las condiciones de vida que se mantienen en los niveles de vida de cada una de las sociedades que radican en la región peninsular.

- Escenario A1F1. Este modelo describe las condiciones mundiales intensivas de emisión de combustibles fósiles, rápido crecimiento económico, crecimiento demográfico máximo en el siglo XXI, tecnologías eficientes y novedosas para la reducción de emisiones y creación de capacidades e interacciones culturales, sociales, así como una notable reducción además de las diferencias regionales en cuanto el ingreso por habitante.
- Escenario B1. Este otro modelo considera emisiones de CO₂ bajas, por lo que las emisiones de metano y óxido nitroso proveniente del uso de la tierra están limitadas por el crecimiento de la población y por una mayor productividad agraria. Está configurado para alcanzar un máximo-descendente de las emisiones producto de la transformación en la tierra, con rápidos cambios en las estructuras económicas orientas a la economía de servicios y de información. Introducción lenta de materiales y productos de energías sustentables, ausencia de iniciativas relativas al clima.
- Escenario B2. Este modelo implica bajos niveles de emisiones de GEI, aumento constante de CO₂. Permite la construcción de soluciones locales a la

sostenibilidad económica, social y ambiental, establece niveles de desarrollo económico intermedios, cambios tecnológicos más lentos, protección orientada a la conservación ambiental y disminución de la desigualdad social centrada en escalas locales y regionales con una participación mínima globalizada.

Para considerar las condiciones que prevalecerán en el futuro en las ciudades en estudio, se considera como modelo de referencia, el construido por el laboratorio Harley Centre, en Inglaterra, el cual presenta una resolución de $2.5^{\circ} \times 3.75^{\circ}$ de latitud-longitud en la cobertura espacial. Este modelo considera 19 capas atmosféricas y 19 capas oceánicas (Orellana y otros, 2009:2-5). Está basado en las características probabilísticas de los escenarios ambientales en tres niveles de emisiones distintos alto-medio-bajo para las ciudades.

Conclusiones parciales

Definidos los indicadores construidos para evaluar la vulnerabilidad ante los ciclones tropicales mediante la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se calculó el IVUCT, esta evaluación permitió determinar la probabilidad de impacto de un ciclón tropical en la población en ciudades expuestas ubicadas dentro de una zona de tránsito ciclónico.

La construcción de indicadores no siempre es posible, esta forma de evaluar está sujeta a generar controversia por la manera en que se aplican el cálculo en los datos o por el tipo de variables empleadas en su diseño. Sin embargo, son las fuentes de datos y disponibilidad de información, lo que determina el conocimiento de las variables analizadas y los resultados obtenidos que permitan la solución del problema ocasionado por los ciclones a una escala tan amplia como es el interior de las ciudades amenazadas.

La vulnerabilidad fue posible determinada a través de un indicador probabilístico al implementar esta propuesta metodológica se cumple con los resultados esperados, un índice que permite conocer la distribución en mayor o menor grado de vulnerabilidad en el interior de las ciudades ante la presencia de un ciclón tropical con trayectoria menor a 10 kilómetros de la ciudad.

Además, la construcción de cada indicador está justificado en variables como en las experiencias de investigaciones relacionadas con la vulnerabilidad, pero adaptado a la visión urbana, esto contribuye al conocimiento del impacto de los fenómenos a una escala de secciones electorales. Ello es importante porque es en este sitio donde la población establece sus actividades y las proyecciones de organismos internacionales consideran que habitarán 8 de cada 10 personas en ciudades.

Aunque las variables seleccionadas no sean tan precisas, la aplicación de la información estadística, cualitativa y cuantitativa permitió hacer de esta investigación, una herramienta que sirva para aprender los factores sensibles y expuestos de las ciudades ante fenómenos cada vez más intensos. Además de mejorarse con la construcción de bases de datos que permita conocer el impacto regional de los fenómenos ciclónicos en las estructuras poblacionales y la infraestructura de las ciudades expuestas.

Capítulo V. Resultados y discusión

Introducción

La medición del grado de vulnerabilidad urbana a ciclones tropicales en las ciudades estudiadas ha permitido conocer las consecuencias de los efectos que causa el impacto de los fenómenos al interior de las ciudades, cuando existe algún tipo de daño se estudia la fragilidad de los bienes personales de la población en cada una de las secciones electorales ubicadas dentro del área urbanizada, la cual está determinada por las condiciones sociales, económicas y de infraestructura de cada una de las secciones, así como la forma de aprovechamiento de los recursos naturales como el suelo, vegetación, uso y disponibilidad de agua por los habitantes.

Aunque las ciudades que se ubican dentro de zonas de tránsito ciclónico presentan un nivel más alto de exposición, son las condiciones de diseño de la infraestructura física construida, la que determina el grado de sensibilidad y su capacidad para adaptarse o disminuir los daños probables que puedan generar los ciclones tropicales al patrimonio individual o familiar de la población residente.

La aplicación de metodologías multidimensionales produce escenarios futuros, lo que establece la probabilidad de prever la susceptibilidad de los daños que puedan ser generados por los efectos de los ciclones sin importar su categorización. Además, la experiencia obtenida de los habitantes contribuye a disminuir el estrés a los factores que provoca el alertamiento de un ciclón a los centros urbanos ubicados dentro de áreas por donde se desarrollará su probable trayectoria.

En este capítulo se hizo un análisis de los resultados y su interpretación con los distintos elementos que interfieren en la generación de la vulnerabilidad a través de los datos

estadísticos aplicados por dimensiones, información de campo y escenario que permiten conocer cuáles serán las condiciones ambientales y climáticas para el futuro.

En el primer apartado se describen los resultados obtenidos a través de la construcción del índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales por subíndices de cambio climático a nivel de secciones electorales de la ciudad, se interrelaciona con las características internas de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación o adaptativa mediante las dimensiones ambiental, social, económica y de infraestructura de cada una de las ciudades, para obtener la causalidad en cada uno de los grados de vulnerabilidad.

Posteriormente se realiza la discusión de los resultados obtenidos con los de trabajos de investigación elaborados para la evaluación de los subíndices de cambio climático aplicados en la vulnerabilidad por distintos tipos de amenaza que afectan a la población de un territorio. Aunque es la capacidad de adaptación el subíndice de mayor nivel de dificultad para su medición por la disponibilidad de información a la escala de trabajo, se utilizan otras herramientas como la aplicación de entrevistas que permitió profundizar en los aspectos que dan pauta a la previsión de daños por huracanes, esta se relaciona con la experiencia de los eventos que más recuerda la población en cada una de las ciudades.

En el segundo apartado se realiza una interpretación de los escenarios de cambio climático calculados en tres tipos de intensidad para las ciudades estudiadas, se analiza las variables ambientales como la humedad del ambiente, la relación precipitación-temperatura y el contenido de humedad de la temporada de secas previa a la temporada de ciclones, esto se asocia a que se puede desarrollar trayectorias para esta región.

5.1 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales y su interpretación por subíndice de cambio climático

La vulnerabilidad en las ciudades fue calculada a nivel de sección electoral, los cuales fueron agrupadas en zonas que comparten similitudes geográficas, condiciones socioeconómicas y demográficas. De acuerdo con los resultados obtenidos a través de la aplicación de la metodología para obtener el Índice de Vulnerabilidad Urbana a Ciclones Tropicales (IVUCT), los valores permitieron el análisis de las ciudades en las distintas zonas, a pesar de que éstas se ubican dentro de la misma área urbana presentan condiciones distintas.

Para el análisis de la vulnerabilidad urbana por subíndices de cambio climático a nivel de secciones electorales está desglosado en tres componentes como se muestra en el cuadro 9, (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación). Las ciudades no siempre presentan el mismo grado de cada subíndice, lo importante es la relación que existe entre los subíndices por factores de cambio climático con las variables ambientales, sociales, económicas y de infraestructura que se evaluaron para determinar la vulnerabilidad en las distintas secciones electorales de las ciudades en estudio.

El índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales (IVUCT) se calculó en tres grados⁵ (alto, medio y bajo), aunque el grado medio se desglosa a su vez en dos, medio alto y medio bajo el cual es ajustado para la ciudad de Progreso⁶ a nivel de secciones electorales y agrupadas en zonas geográficas hacia el interior de las ciudades.

En Motul de Carrillo Puerto se establecieron cinco zonas noreste, noroeste, centro, sureste y suroeste (ver figura 5), las cuales integran 10 secciones electorales; sin

⁵Estos grados están determinados por la metodología del semáforo utilizado para la categorización del IVUCT (CEPAL,2009:92).

⁶Este grado es aplicado para la ciudad de Progreso de Castro, determinado por la cantidad de secciones electorales y por la aplicación de la metodología Natural Breaks (Jenks)

embargo, en la ciudad de Progreso de Castro existen 18 secciones electorales, asociada en cuatro zonas: este, sur, oeste y norte (ver figura 6).

Cuadro 9. Grados de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según subíndices de cambio de climático por secciones electorales en las ciudades de estudio.

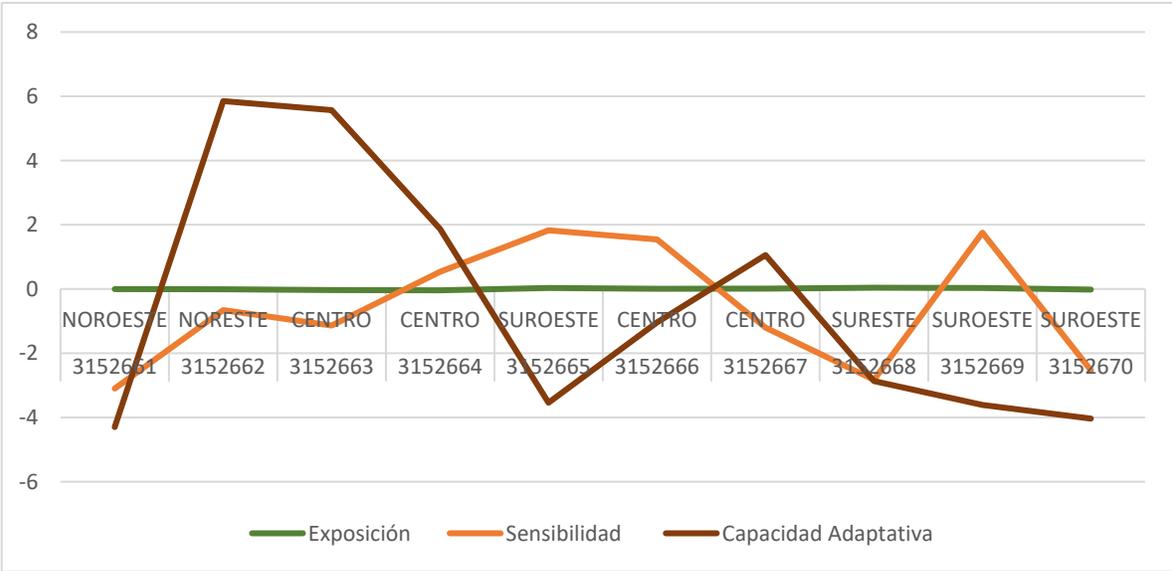
Ciudad	Secciones electorales	Zonas	Grado de exposición	Grado de sensibilidad	Grado de capacidad de adaptación	Grado de IVUCT
Motul de Carrillo Puerto	3152661	Noroeste	Alto	Alto	Medio	MEDIO
	3152662	Noreste	Alto	Medio	Bajo	ALTO
	3152663	Centro	Alto	Medio	Bajo	ALTO
	3152664	Centro	Alto	Medio	Medio	MEDIO
	3152665	Suroeste	Medio	Bajo	Alto	BAJO
	3152666	Centro	Medio	Bajo	Alto	BAJO
	3152667	Centro	Medio	Alto	Bajo	MEDIO
	3152668	Sureste	Bajo	Alto	Medio	MEDIO
	3152669	Suroeste	Bajo	Bajo	Alto	BAJO
	3152670	Suroeste	Medio	Alto	Medio	MEDIO
Progreso de Castro	3159739	Oeste	Alto	Alto	Bajo	ALTO
	3159740	Oeste	Alto	Alto	Bajo	ALTO
	3159741	Oeste	Alto	Medio	Bajo	MEDIO ALTO
	3159742	Norte	Alto	Bajo	Bajo	MEDIO BAJO
	3159743	Norte	Medio	Medio	Bajo	MEDIO BAJO
	3159744	Norte	Bajo	Medio Alto	Bajo	MEDIO BAJO
	3159745	Norte	Medio	Bajo	Bajo	BAJO
	3159746	Norte	Bajo	Bajo	Bajo	BAJO
	3159747	Este	Bajo	Medio Alto	Bajo	MEDIO ALTO
	3159748	Este	Bajo	Medio Alto	Bajo	MEDIO BAJO
	3159753	Este	Medio	Alto	Bajo	ALTO
	3159754	Sur	Medio Alto	Medio Alto	Bajo	MEDIO ALTO
	3159755	Sur	Medio	Bajo	Bajo	MEDIO BAJO
	3159756	Sur	Bajo	Medio Alto	Bajo	MEDIO ALTO
	3159757	Sur	Medio	Medio Alto	Bajo	MEDIO ALTO
	3159758	Sur	Medio	Medio Alto	Bajo	MEDIO ALTO
	3159763	Sur	Medio	Bajo	Bajo	BAJO

Fuente: Elaboración propia.

Las ciudades amenazadas por ciclones tropicales como las estudiadas en esta investigación, describen las tendencias de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa que presentan las zonas y secciones electorales dentro de la evaluación de la vulnerabilidad urbana las cuales se pueden consultar en la figura 19 y 20.

En Motul de Carrillo Puerto el IVUCT por exposición se mantiene en grado medio a bajo en las distintas zonas de la ciudad, pero el IVUCT por sensibilidad es grado es alto en secciones ubicadas en el noroeste, noreste, centro y sureste, es medio a bajo en la zona centro y suroeste, sin embargo para la capacidad adaptativa es alta en las zonas del noreste, noroeste y algunas secciones electorales de la zona centro, suroeste y sureste, esta disminuye hacia el noreste y centro lo que permite que secciones electorales de esta zonas presenten niveles bajos.

Figura 19. Índice de Vulnerabilidad urbana por subíndices de cambio climático en la ciudad de Motul de Carrillo Puerto, Yucatán



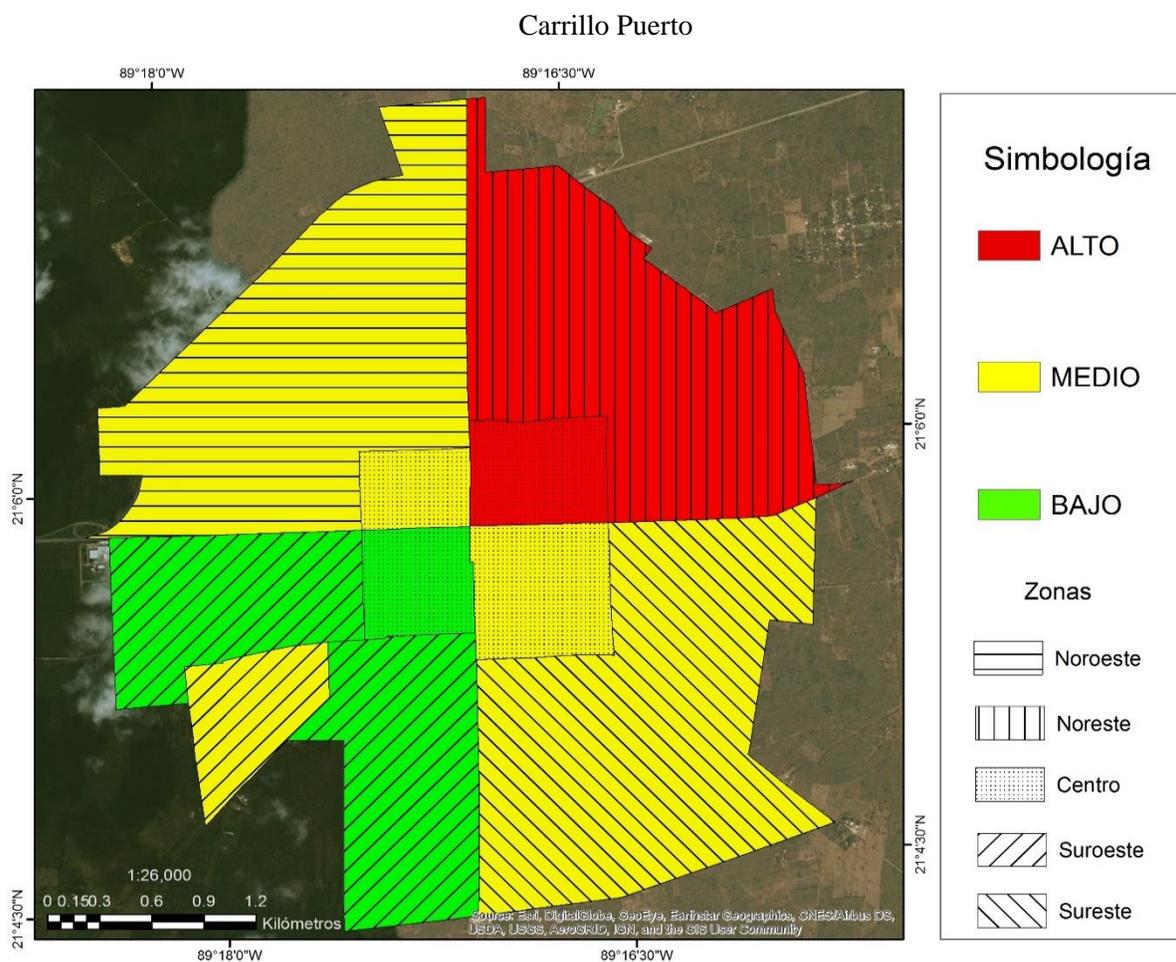
Fuente: Elaboración propia.

La distribución del IVUCT presenta diferencias entre las zonas como se describe en la figura 20, es alto en la zona noreste y una de las cuatro secciones que integran la zona

centro, es medio en las zonas sureste y noroeste y una de las cuatro secciones electorales que integra la zona suroeste y es bajo en tres de las cuatro secciones de la zona suroeste.

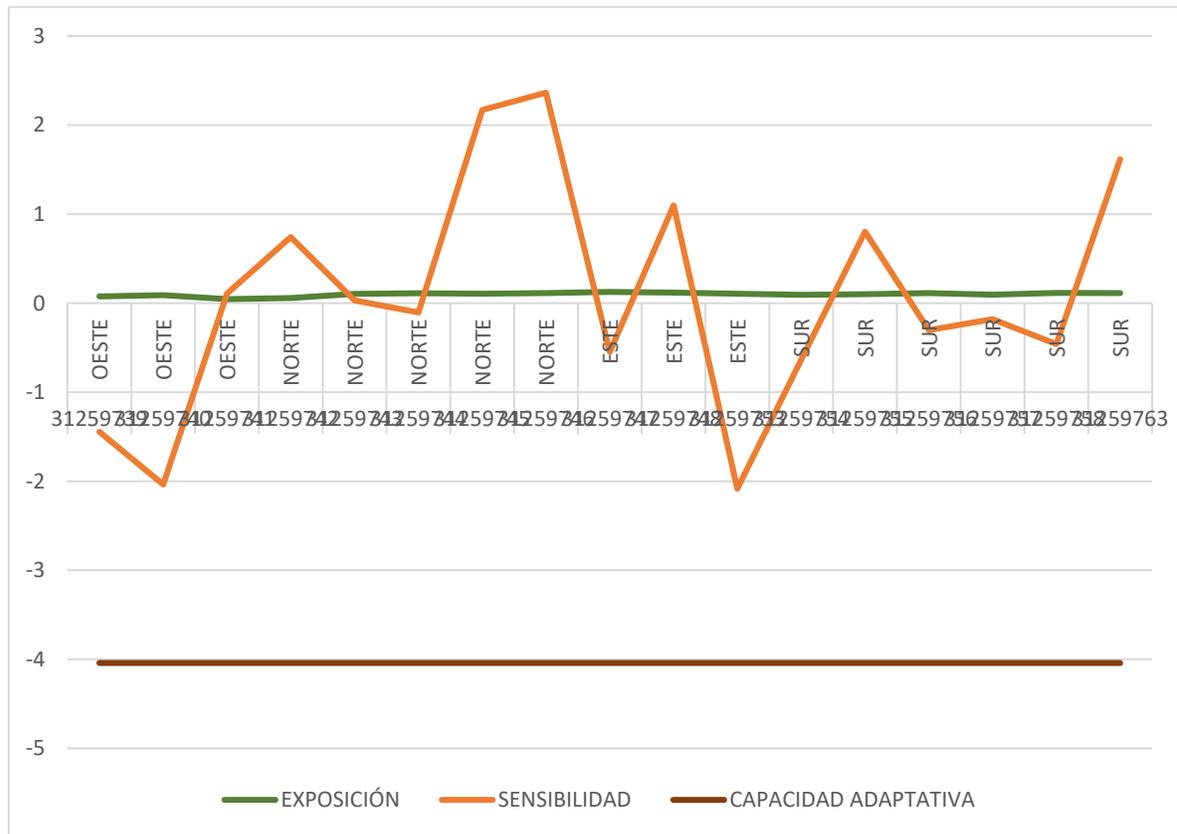
En la ciudad de Progreso de Castro la tendencia en los subíndices de cambio climático difiere de la otra ciudad, la exposición es alta en la zona oeste, medio en la zona norte, este y hacia el sur disminuye hasta llegar a ser bajo; la sensibilidad es alta en la zona oeste y este, en dos de las cinco secciones electorales de la zona norte, es medio en tres de las seis secciones de la zona sur y baja en dos de las cinco secciones electorales de la zona norte. Sin embargo, la capacidad de adaptación es alta en todas las zonas de la ciudad (ver figura 21).

Figura 20. Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático en la ciudad de Motul de



Fuente: Elaboración propia

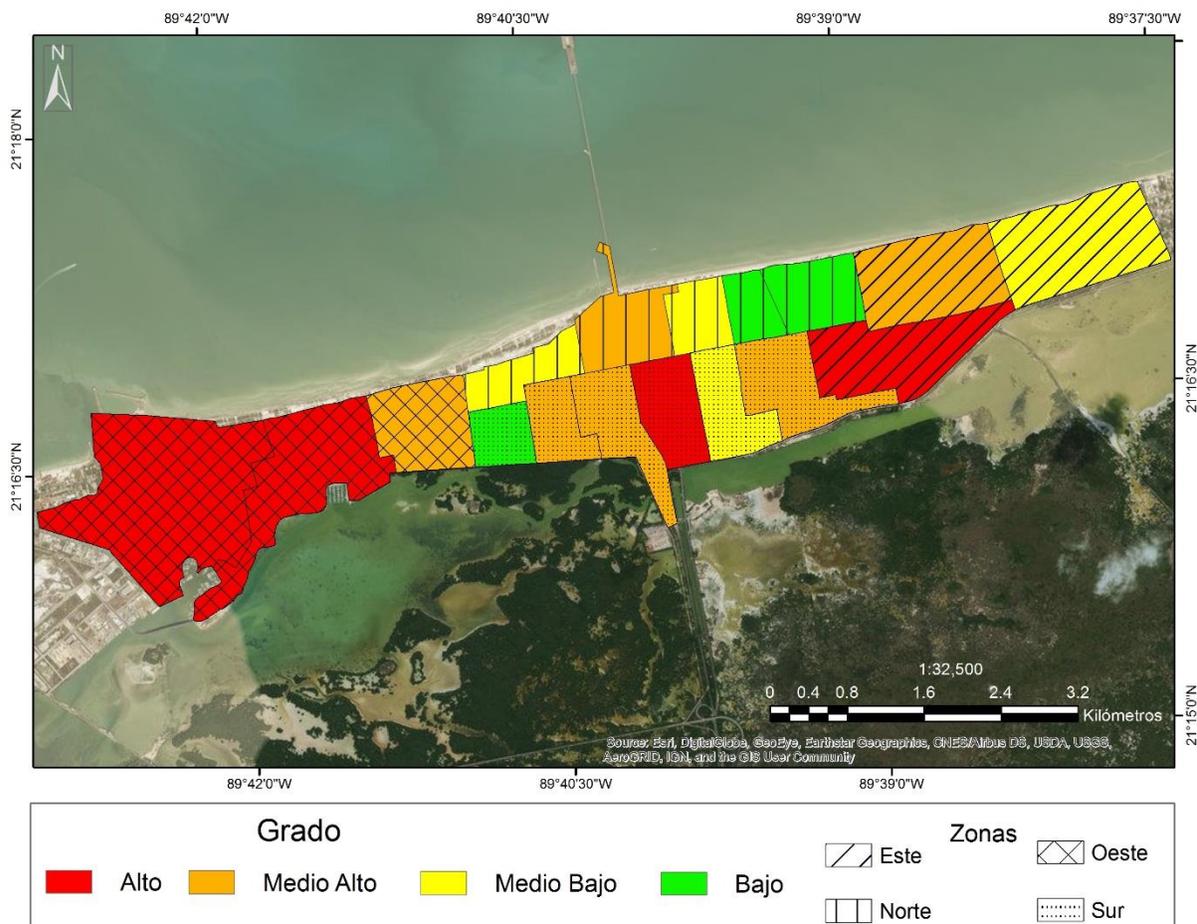
Figura 21. Índice de Vulnerabilidad urbana por subíndice de cambio climático en la ciudad de Progreso de Castro



Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los grado del IVUCT en la ciudad es alto en dos de los tres secciones electorales de la zona oeste, en una de las seis de la zona sur y una de las tres de la zona este; medio alto en una de tres en la zona oeste, una de las cinco de la zona norte, una de las tres en la zona este y en tres de las seis de la zona sur; medio en tres de cinco de la zona norte, una de las de la zona este y una de seis en la zona sur; bajo en dos de las cinco en la zona norte y una en seis de las zona sur como se ilustra en la figura 22.

Figura 22. Índice de vulnerabilidad urbana a cambio climático en la ciudad de Progreso de Castro



Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de exposición

De acuerdo con la categorización del IVUCT, esta se clasifica en tres grados para el caso de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto y cuatro en la ciudad de Progreso de Castro. A continuación, se describe las características de estos niveles en función de los factores que presentan cada una de las zonas en las cuales se integraron las secciones electorales.

La exposición está determinada en parte por las condiciones ambientales del entorno en el cual se presenta los ciclones tropicales, así como los factores que inciden en la

formación, desarrollo e impacto de los fenómenos ciclónicos en el territorio. Las figuras 23 y 24, describe los niveles de exposición de las ciudades a escala de secciones electorales y su zonificación, la cual permite analizar las características tipológicas que integran cada uno de los rangos, así como de los factores que integran la exposición de la población.

- Ciudad de Motul de Carrillo Puerto

Grado Alto. Está integrado por las secciones 315263, 3152664, (centro 2-4), 3152670 (suroeste 1-3) en dos zonas (ver figura 23), centro con la urbanización más antigua de la ciudad y suroeste la cual se encuentra en un proceso de expansión urbana de bajo costo, con una superficie urbanizada entre 70 y 80 por ciento del total. Los ciclones tropicales han influido en la generación de grandes cantidades de precipitación durante su trayectoria a menor de 10 kilómetros, esta ha generado inundaciones debido a la saturación de sus pozos de absorción y su baja profundidad de los mismos.

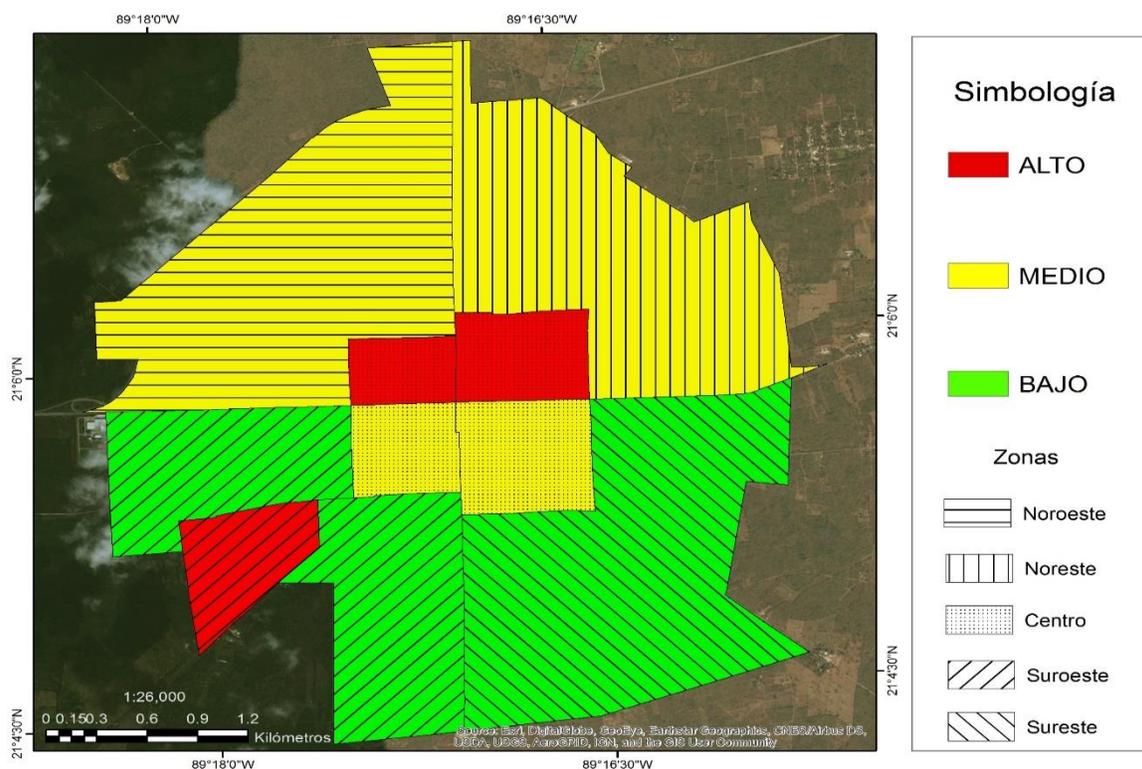
Grado Medio. Se ubican las secciones 3152661 (noroeste), 3152662 (noreste), 3152666, 3152667 (centro 2-4) (ver figura 23). Se presenta en zonas del norte donde la superficie construida presenta entre un 80 y 85 por ciento, las secciones de la zona centro son parte de la expansión urbana de la parte antigua de la ciudad. Carecen de pozos de absorción, aunque los existentes son de baja profundidad y de poco mantenimiento para solventar las precipitaciones extremas que propician los ciclones tropicales, se ubican en la zona más cercana a la costa.

Grado Bajo. Lo integran las secciones 3152665, 3152669 (suroeste 2-3), 3152668 (sureste) (ver figura 23). Es la zona de la ciudad más reciente, con mejores sistemas de pozos de absorción para mitigar la precipitación de los ciclones tropicales, con una superficie urbanizada de más del 85 por ciento. Está delimitada por zonas de vegetación natural que permiten que las condiciones bioclimáticas no presenten mayor proyección

a las trayectorias de los ciclones tropicales. Son zonas de mayor infiltración de la precipitación, por su escasa pavimentación de la traza urbana.

Por otro lado, las ciudades en estudio presentan indicadores de exposición que son medidos en escalas geográficas regionales como la probabilidad de que un ciclón tropical presente una trayectoria hacia el centro de las ciudades es del 15 por ciento, el promedio de lluvia precipitada promedio en un día es del 24 por ciento en Motul esto representa el 42 por ciento de lluvia total acumulada en el año.

Figura 23. Distribución del grado de exposición en la Ciudad de Motul de Carrillo Puerto.



Fuente: Elaboración propia.

- Ciudad de Progreso de Castro

Grado alto. El nivel está integrado por las secciones 3159741 (oeste 1-3). 3159742 (norte 1-5) (ver figura 24). Se ubica en zonas contiguas a la zona costera, donde las

rachas de viento adquieren un incremento de la velocidad del viento y altas precipitaciones. Presentan entre un 70 y 75 por ciento de su superficie urbanizada.

Grado medio alto. Las secciones 3159739, 3159740 (oeste 2-3), 3159754, 3159757 (sur 2-6) (ver figura 24). Están ubicadas en zonas contiguas a la ciénega, con el incremento de la precipitación y el viento aumentan la exposición de daños a la población que habita sobre terrenos ganados a través de relleno con materiales de residuos urbanos como es la basura.

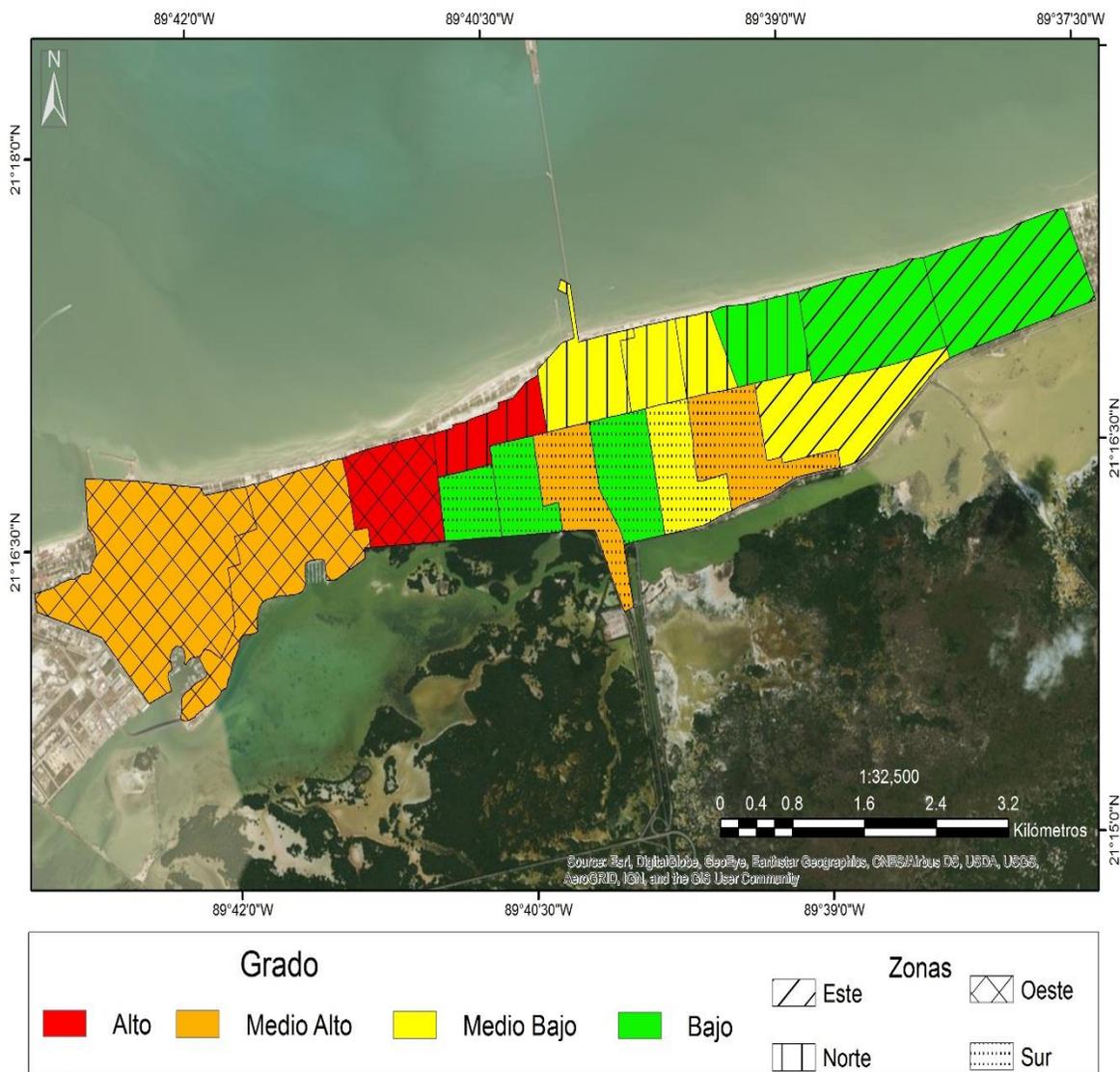
Grado medio bajo. Para estas secciones 3159743, 3159744, 3159745 (norte 3-5), 3159753 (este 1-3), 3159755 (sur 1-6) (ver figura 24). El grado de exposición está determinado por las inundaciones derivadas de los altos volúmenes de agua que inundan las viviendas por las marejadas, la precipitación y la fuerza de los vientos que se presentan en esta zona. Aunque posterior al cruce de los ciclones tropicales, el agua que se presenta en la zona regresa de manera natural al mar.

Grado bajo. Son las secciones 3159746 (norte 1-5), 3159747, 3159748 (este 2-3), 3159756, 3159758, 3159763 (sur 3-6) (ver figura 24). Estas secciones electorales están ubicadas en áreas con una superficie urbanizada menor del 80 por ciento, localizadas en zonas de mayor infraestructura a favor de la disminución de los efectos como la precipitación generada por los ciclones tropicales. Es la zona urbanizada de reciente construcción en la ciudad.

La zona este de la ciudad, presenta mayor exposición a las trayectorias de los ciclones tropicales por su cercanía con la ciénega, la costa y su escaso poblamiento más allá de su área urbanizada. Permite que los vientos alcance mayores rachas de velocidad, las cuales pueden alcanzar el 96 por ciento de la velocidad promedio que pueden alcanzar en esta zona de la ciudad.

La lluvia extrema diaria generada por un fenómeno ciclónico representa el 32 % del total en el periodo de mayor intensidad en la precipitación y el 60 % de lluvia acumulada registrada a lo largo del año.

Figura 24. Distribución del grado de exposición en la ciudad de Progreso de Castro.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El resultado obtenido en la medición del subíndice exposición para el cálculo del IVUCT está definido por los indicadores que influyen en las condiciones ambientales regionales,

pero estos fueron agrupados a escala de secciones electorales para integrar el índice por ciudad.

Si bien existen estudios similares en México que evalúan la vulnerabilidad a cambio climático a distintas escalas geográficas. Monterroso (2012), realizó la evaluación de los subíndices de cambio climático escala municipal, los resultados están integrados por tres ejes: 1) fenómenos extremos, 2) problemas ambientales y 3) escenarios de cambio climático.

Los resultados que se integran en el grado de vulnerabilidad definen variables que estudian en el mismo subíndice de cambio climático en ambos estudios, pero los indicadores se ajustan a cada caso empírico, existe una diferenciación de la escala geográfica.

En el trabajo de las secciones electorales con respecto a la municipal, la distribución de la vulnerabilidad es más específica, detallada y propicia zonas propensas a ser afectadas con características en común, por lo que a nivel municipal esta es muy compleja o generalizada y limita la gestión de riesgo, toma de decisiones, aplicación de planes o programas específicos para la reducción de la vulnerabilidad.

Por otro lado, Ahumada y otros (2015), definen la exposición en tres categorías: a) eventos extremos, b) problemas ambientales y c) clima. Aunque el estudio está definido al sector agrícola a escala de área censal básica, los resultados describen las condiciones ambientales de las áreas censales básicas que integran el municipio generando una zonificación de la exposición donde fue aplicado el estudio. Los grados de vulnerabilidad estiman los efectos del cambio climático a través de la exposición, es un caso empírico que sirvió de base para esta investigación, ya que fue retomado la metodología para calcular este subíndice y la construcción del índice general de vulnerabilidad con este

enfoque, los resultados definen características similares en la evaluación del fenómeno analizado.

Existen variables que fueron estudiadas en cada trabajo que coinciden con los aspectos teóricos-conceptuales de la vulnerabilidad, la relevancia que representa la escala geográfica está explícita por el objetivo que se plantea y la ubicación del fenómeno estudiado. Estas coincidencias permiten que los estudios de investigación permitan el avance científico desde distintos enfoques multidimensionales.

5.1.2 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de sensibilidad.

El grado de sensibilidad está integrado por distintas dimensiones enfocadas principalmente en la situación demográfica, social, económica y de infraestructura las cuales son afectadas por los ciclones tropicales, es la parte más propensa a ser afectada durante el acercamiento de un ciclón tropical a las ciudades. En la figura 25 y 26, se describe la zonificación de la sensibilidad de los centros de población según la categorización y tipología resultante de la aplicación metodológica, describe los resultados obtenidos de la evaluación de este subíndice del cambio climático a los ciclones tropicales.

- Ciudad de Motul de Carrillo Puerto

Grado alto. Las secciones electorales 3152661 (noroeste), 3152668 (sureste), 3152670 (suroeste 1- 3) (ver figura 25). Presenta una población infantil de 29 y 32 %, la población de adultos mayores es menor de 7 por ciento, su población femenil es entre 49 y 50 por ciento, su población hablante de lengua indígena es de 97 por ciento del total que habita en cada sección. La superficie pavimentada es de 11 a 22 por ciento del total de su superficie, entre 55 y 58 de sus viviendas particulares cuenta con servicio de drenaje, menos del 3 por ciento de sus viviendas no cuenta con energía eléctrica.

Grado medio. Son las secciones 3152662 (noreste), 3152663, 3152667 (centro 2-4) integran esta categoría (ver figura 25), despliega una población infantil entre 23 y 28 por ciento, población de adultos mayores es de 6 a 11 por ciento, su población femenina es de 50 a 52 por ciento, la población es hablante de lengua indígena es de 17 a 19 por ciento, la población analfabeta representa entre un 5 a 7.5 por ciento, los hogares con jefatura femenina presentan el rango entre 19 y 24 por ciento. Las viviendas habitadas con servicio de drenaje representan entre el 79 a 86 por ciento.

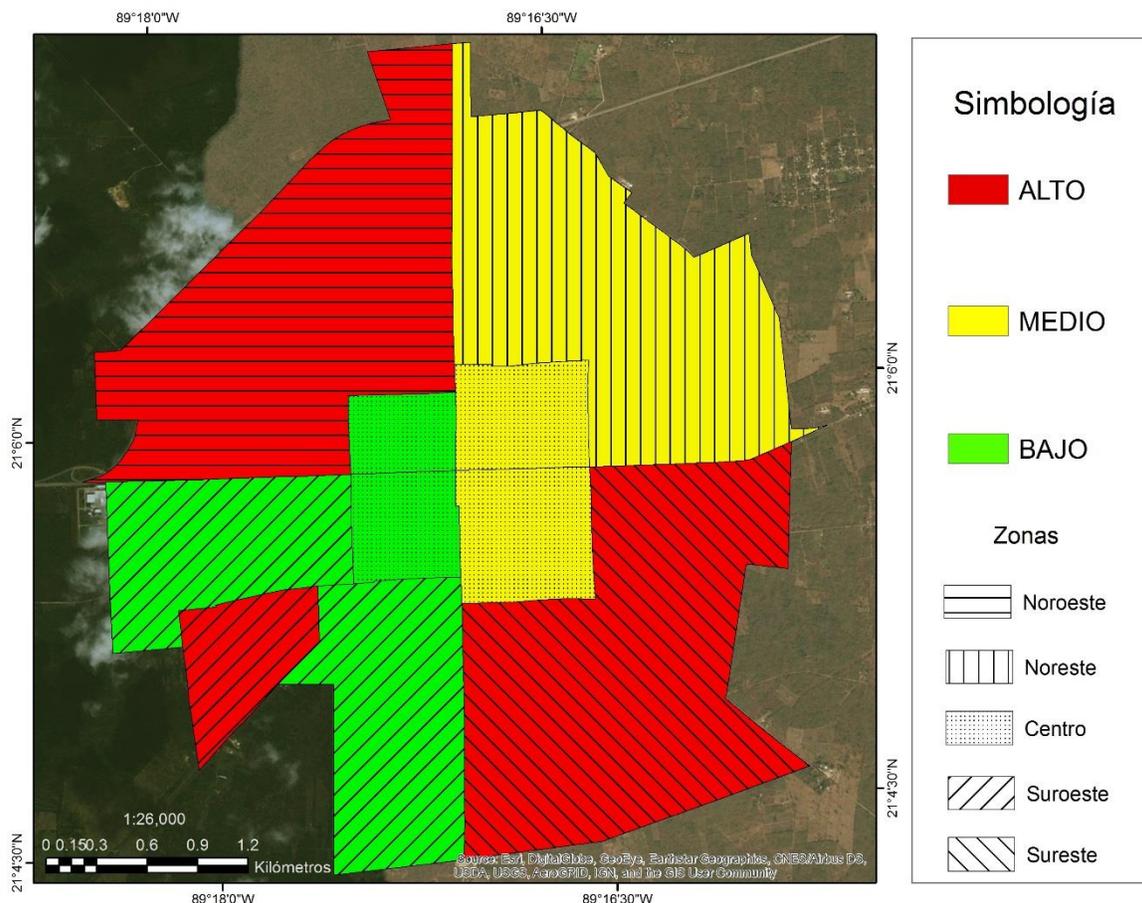
Grado bajo. Estas secciones 3154664, 3152666 (centro 2-4), 3152665, 3152668 (suroeste 2-3) (ver figura 25). La densidad urbana despliega una población entre 1,500 a 3,000 habitantes/km², la población infantil representa entre el 20 y 23 por ciento, la población femenina es de 52 a 53.5 por ciento. La superficie pavimentada implica entre el 86 a 91 por ciento, las viviendas habitadas particulares presentan un piso distinto a tierra del 99 a 100 por ciento, cuentan con servicio de energía eléctrica entre 98 y 99.5 por ciento.

Otros aspectos sensibles de la población urbana de Motul, el porcentaje de población ocupada que gana hasta de 2 salarios mínimos representan el 60 por ciento, además presentan una pobreza de patrimonio. El 99 por ciento de las viviendas habitadas cuentan con agua potable dentro del terreno. Una forma de comunicar los acercamientos de los ciclones tropicales es la radio por lo que la población con este medio representa el 65 a 80 por ciento en toda la ciudad.

- Ciudad de Progreso de Castro

Grado alto. La sección 3159756 (sur 1-6) (ver figura 26). Presenta una densidad urbana de 3,300 habitantes por kilómetro cuadrado, su población vulnerable femenina es de 55 por ciento la más alta, existen pozos de absorción cada 80 metros cuadrados la más baja de la ciudad.

Figura 25. Distribución del grado de sensibilidad en la Ciudad de Motul de Carrillo Puerto.



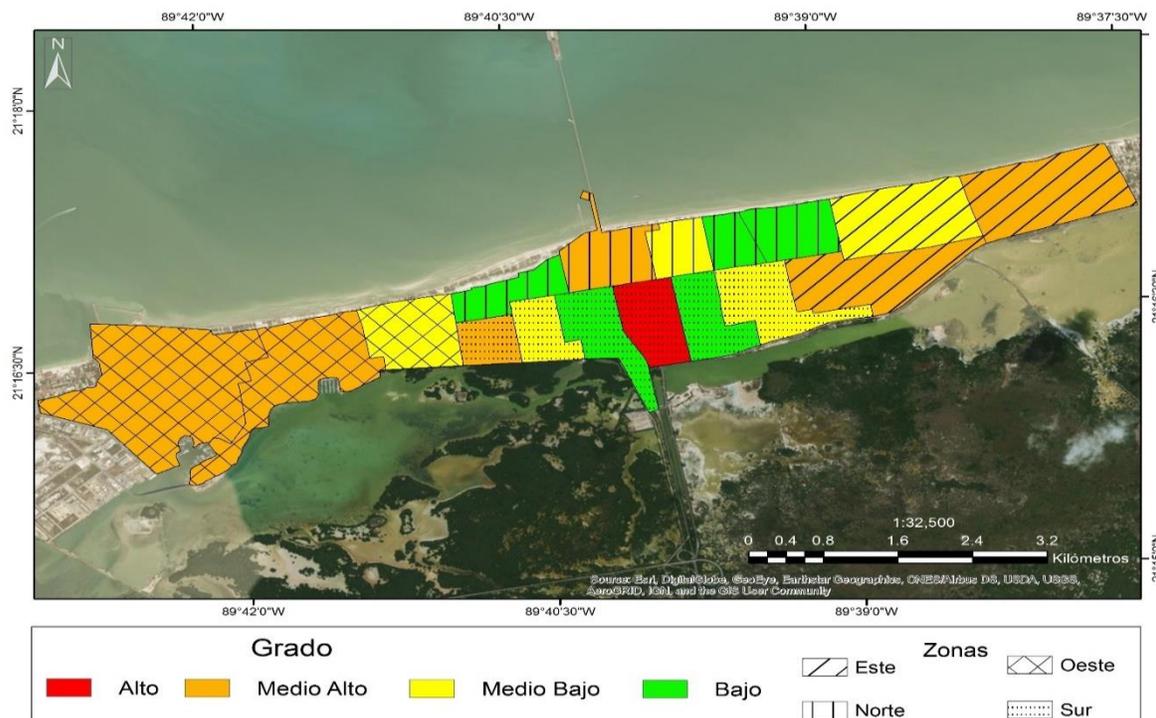
Fuente: Elaboración propia.

Grado medio alto. Por otro lado, las secciones 3159739, 3159740 (oeste 2-3), 3159743 (norte 1-5), 3159748, 3159753 (este 2-3) y 3159763 (sur 1-6) (ver figura 26). Presenta una población vulnerable infantil entre 26 a 29 por ciento, su población vulnerable de adultos mayores es 3 a 5 por ciento, hogares con jefatura femenina es de 18 a 21 por ciento, su población con analfabetismo es entre 3 a 4.5 por ciento. El porcentaje de viviendas habitadas particulares con radio de comunicación es de 72 a 75 por ciento, la superficie urbanizada es 46 a 69 por ciento del total de la ciudad.

Grado medio bajo. Para este grado son las secciones 3159741 (oeste 1-3), 3159744 (norte 1-5), 3159747 (este 1-3) y 3159754, 3159758 (sur 2-6) (ver figura 24). Presentan una población vulnerable infantil de 24 a 26.5 por ciento, la población vulnerable femenina es de 49 a 50.5 por ciento, la población hablante de lengua indígena comprende de 2 a 3 por ciento del total. Las viviendas habitadas particulares con piso de tierra representan el 1.5 por ciento, la falta de disponibilidad de las viviendas es menor 0.5 por ciento.

Grado bajo. En estas secciones 3159742, 3159745, 3159746 (norte 3-5), 3159755, 3159757 (sur 2-6) (ver figura 26). La población analfabeta es menor del 2 por ciento, la población vulnerable de adultos mayores es de 11 a 15 por ciento, la superficie urbanizada es de 86 a 100 por ciento. Las viviendas particulares habitadas con disponibilidad de agua potable representan el 99.5 por ciento, con servicio de energía eléctrica es casi del 100 por ciento y con disponibilidad de drenaje.

Figura 26. Distribución del grado de sensibilidad en la Ciudad de Progreso de Castro



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el tipo de pobreza de la población urbana en esta ciudad es de tipo patrimonial con más del 63.5 por ciento, la población ocupada representa entre el 62 y 67 por ciento del total, pero solo el 46.6 por ciento de esta población percibe como máximo 2 salarios mínimos.

Discusión

La construcción del índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales por subíndices de cambio climático permite definir las variables y los temas que son abordados en los distintos estudios realizados para determinar los elementos vulnerables a los efectos del cambio climático.

Monterroso (2012), describe variables como población, salud y relacionadas con la actividad agrícola como parte de los indicadores; Ahumada y otros (2015), agrega variables económicas y de servicios de salud. Los indicadores que evalúan el grado de vulnerabilidad están determinados con el factor sensible al tipo de amenaza que se presenta en un territorio.

La literatura define a los aspectos sensibles aquellos que están en una situación de ser afectados o alterados, al ser una condición multidimensional el tipo de variables está condicionada por el tipo de amenaza y la disponibilidad de información a la escala geográfica.

Son los escenarios de cambio climático lo que influye en los trabajos de investigación que determinan el grado de vulnerabilidad en el futuro, este aspecto es considerado por los autores que han escrito sobre el tema, pero no incluye los factores demográficos o se confunden con los aspectos de población, por esta razón no se explica al momento de analizar los factores frágiles que requieren intervención inmediata.

En los subíndices de cambio climáticos se considera la dimensión más relevante durante la evaluación por ser el objetivo de estudio en la inmensa de los trabajos realizados y que definen los alcances metodológicos construidos para la medición de la vulnerabilidad global.

5.1.3 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales según la caracterización del grado de capacidad de adaptación

Uno de los problemas más complejos en la investigación de la vulnerabilidad a cambio climático es la medición de las capacidades con las que cuenta una sociedad para enfrentar una amenaza como la que representa los ciclones tropicales, al ser un fenómeno temporal, regional y con trayectorias indefinidas. La manera en que los habitantes de una ciudad enfrentan los efectos ciclónicos depende de sus capacidades físicas de sus bienes patrimoniales, su situación demográfica, económica y de infraestructura para resguardar sus pertenencias ante la posibilidad de ser afectadas.

La forma de evaluar este subíndice requiere de otras herramientas metodológicas como las entrevistas o encuestas para la recolección de información que permita profundizar en las estrategias que adoptan los habitantes ante el acercamiento de los ciclones tropicales. Cada una de las zonas hacia el interior de la ciudad es uniforme, por lo tanto, con el paso del tiempo los avances tecnológicos han logrado construir sistemas de alerta de los ciclones tropicales para que las sociedades amenazadas logren resguardarse y no ser afectados en su persona.

Además, ha permitido que los investigadores elaboren modelos que contribuyen al pronóstico de sus probables rutas o trayectorias hacia donde el meteoro se direccionará y así aumentar la capacidad de prevención, sin descartar que estos fenómenos presentan un diámetro de cientos de kilómetros alrededor del ojo.

Los resultados aquí presentados en las figuras 27 y 28 permiten la aplicación del conocimiento ajustado al estudio de la capacidad de adaptación ante los ciclones tropicales al interior de las ciudades, por lo que esto se podrá mejorar en la medida que las propuestas técnicas o metodológicas para medir este subíndice, aclare las dudas discutidas por los estudiosos, sobre los límites o fronteras conceptuales que permitan entender la capacidad de los habitantes de un lugar a resistir los efectos de los ciclones, considerando las etapas en la que se presentan en el territorio.

- Ciudad de Motul de Carrillo Puerto

Grado alto. Son estas secciones 3152665, 3152669 (suroeste 2-3), 3152666 (centro 1-4) (ver figura 27). Son las que presentan mayor falta de capacidad de adaptación ante los ciclones tropicales, se ubica en zonas de reciente crecimiento urbano, cuentan con calles carentes de pavimento, lo que dificulta la evacuación de grupos de pobladores que requieran de resguardo o albergue en caso de presentarse una alerta de ciclón. Los materiales frágiles con la que están contruidos techos y paredes en las viviendas, así como antenas, tinacos y objetos que no están fijos en la estructura, adquieren mayor peligrosidad en la medida que el viento se intensifica por los efectos de los ciclones tropicales, ya que son lanzados en todas direcciones, por lo que algunas de estas viviendas han tenido que ser reconstruidas con materiales más resistentes como sucedió con el paso del Huracán Isidoro en 2002.

Grado medio. Las secciones electorales 3152661 (noroeste), 3152664, 3152667 (centro 2-4), 3152668 (sureste), 3152670 (suroeste 1-3) (ver figura 27). Se ubican en zonas con viviendas antiguas construidas en sus muros con materiales semiduros como el bajareque, arcilla y lodos. Las viviendas presentan techos contruidos con materiales naturales como palos y hojas de palma, su densidad urbana es menor que el resto de la ciudad limita con áreas de vegetación natural que sirve de barrera para que el viento pierda intensidad.

La vegetación nativa presenta condiciones de adaptación a los vientos ciclónicos de cierta intensidad, a las inundaciones ocasionadas por la alta precipitación de lluvia que puedan trasladar, pero dependerá de la capacidad de infiltración del suelo o su tipo de recubierta que sea inducida por los habitantes.

Grado bajo. En este grado se agrupan las secciones 3152662 (noreste), 3152663 (centro 1-4) (ver figura 27). Son áreas que parten del crecimiento urbano más antiguo, el cual dio origen a esta ciudad, las viviendas están agrupadas de tal manera que los ciclones tropicales han permitido que no se presentan grandes transformaciones en sus estructuras físicas de las viviendas. Están ubicadas en el centro y son zonas con la mayor densidad vegetal, el poblamiento es más aislado.

La situación geográfica de la ciudad ha permitido establecerse como una zona de refugio de la región costera central, la cual ha servido para atender las emergencias⁷ generadas por el acercamiento de los ciclones en las localidades costeras del norte de la península.

Por esta condición se ha desarrollado un conjunto de estrategias sobre el conocimiento de los fenómenos ciclónicos y su difusión entre la sociedad, lo que ha permitido disminuir la vulnerabilidad de la población, al emitirse una alerta de ciclón en la región, las autoridades locales y estatales aplican protocolos de ayuda a los sectores sensibles para coadyuvar en la disminución del riesgo de la población a ser afectada en su persona o familia.

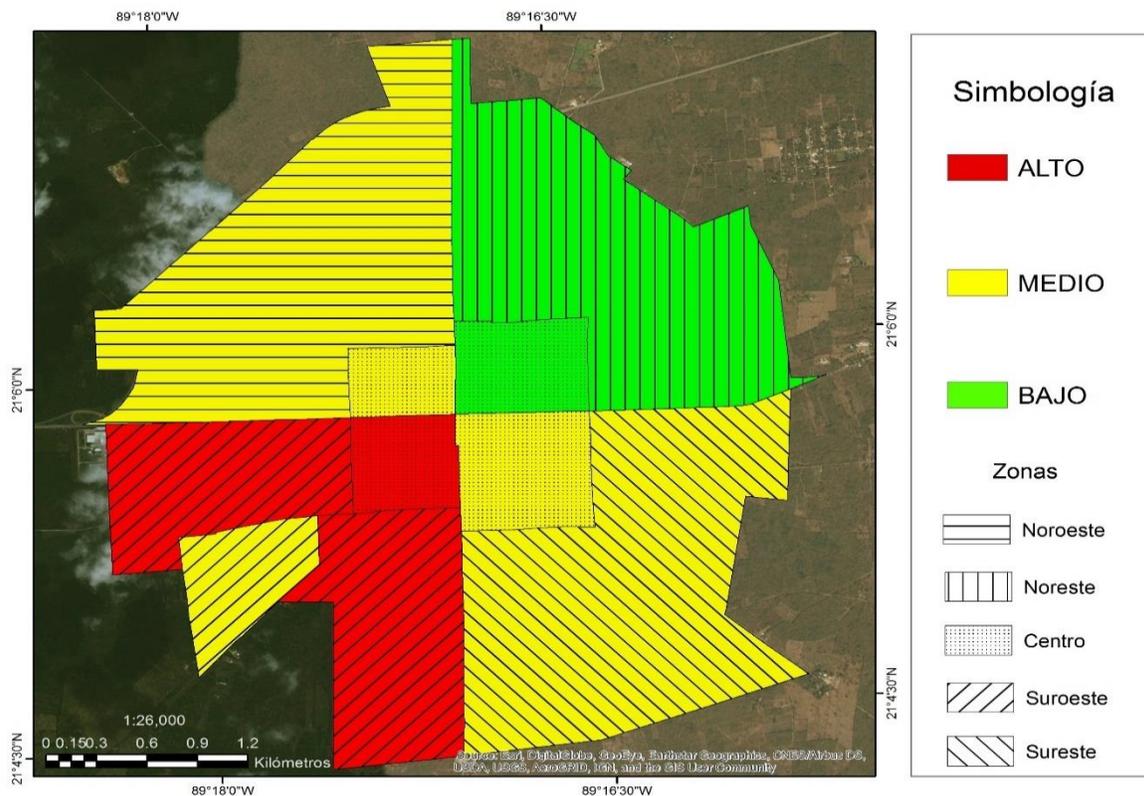
En la medida que sea difundido la información entre la sociedad, sobre las medidas asumir para reforzar la adaptación de los habitantes de la ciudad, la capacidad de la población para afrontar un evento ciclónico está determinada por factores como:

- Edad de población vulnerable.

⁷Plan de contingencia de emergencia costera elaborado por la Unidad Estatal de Protección Civil. Gobierno de Yucatán.

- La capacidad económica de las familias.
- Características físicas de las viviendas.
- Condición habitual de las personas para aceptar ser evacuados en caso de ser necesario.
- Legislación del riesgo y vulnerabilidad urbana del estado o municipio.
- Capacidad operativa de las autoridades estatales y locales.

Figura 27. Distribución del grado de capacidad adaptativa en la Ciudad de Motul de Carrillo Puerto.



Fuente: Elaboración propia.

Los rezagos más importantes ocurridos en los habitantes de esta ciudad ante la presencia de ciclones ocurridos y que ha dejado huella en la memoria individual y colectiva por las situaciones de emergencia que han tenido que enfrentar en alguna etapa de su vida han sido:

- La falta de servicios públicos (agua potable y energía eléctrica).
 - Desabasto de productos alimenticios durante la contingencia.
 - Inseguridad en el resguardo del patrimonio individual o colectivo de los habitantes en zonas alejadas del centro.
 - Crisis de salud, sobre todo en zonas afectadas por inundaciones o por la proliferación de enfermedades provocadas por agentes patógenos como el dengue o de tipo bacteria.
 - Escases de apoyos por autoridades para la restitución de los bienes afectados a las personas más sensibles con niveles de afectación en viviendas altamente vulnerables.
- Ciudad de Progreso de Castro

Grado alto. Son las secciones 3159739, 3159740, 3159741 (oeste 3-3), 3159742, 3159744, 3159745 (norte 3-5), 3159747, 3159753 (este 2-3) y 3159754, 3159755, 3159757, 3159758 (sur 4-6) (ver figura 28). Están localizadas en las cuatro zonas de la ciudad, donde no existe homogeneidad sobre los factores que determinan la vulnerabilidad a los fenómenos ciclónicos, existen distintas formas de minimizar los efectos. Este grado se caracteriza por contar con espacios firmes en la construcción de las viviendas para resistir los efectos del viento en paredes, techos y muros, así como espacios para atender a la población vulnerable que carece de un lugar seguro en caso de contingencia.

Grado medio alto. La sección 3159743 (norte 1-5) (ver figura 28), es una de las áreas ubicadas en la ciudad donde existe menor población local, está determinada por el tipo de características de su infraestructura turística y portuaria, sobre la costa donde su capacidad de albergar a este tipo de migrantes está determinada por la presencia de un evento ciclónico

Grado medio bajo. Para este grado, son las secciones 3159746 (norte 1-5), 3159748 (este 1-3) y 3159756 (sur 1-6) (ver figura 28). En estas secciones existen mayor cantidad de viviendas vulnerables, requieren algún tipo de resguardo por las características de los efectos en su entorno, a pesar de contar con información sobre las condiciones de habitabilidad en las que se ubican.

Grado bajo. Es la sección 3159763 (sur 1-6) (ver figura 28). La condición física permite que los habitantes cuenten con menor capacidad de soportar los efectos de la precipitación principalmente por el aumento en los niveles de agua en la zona de la ciénaga y manglar. Genera mayores esfuerzos para prevenir condiciones negativas como la insalubridad para los habitantes y hostigamiento de especies animales que podrían representar un peligro para la población vulnerable (niños, adultos y hogares con jefatura femenina).

Por qué medir la vulnerabilidad por subíndices?

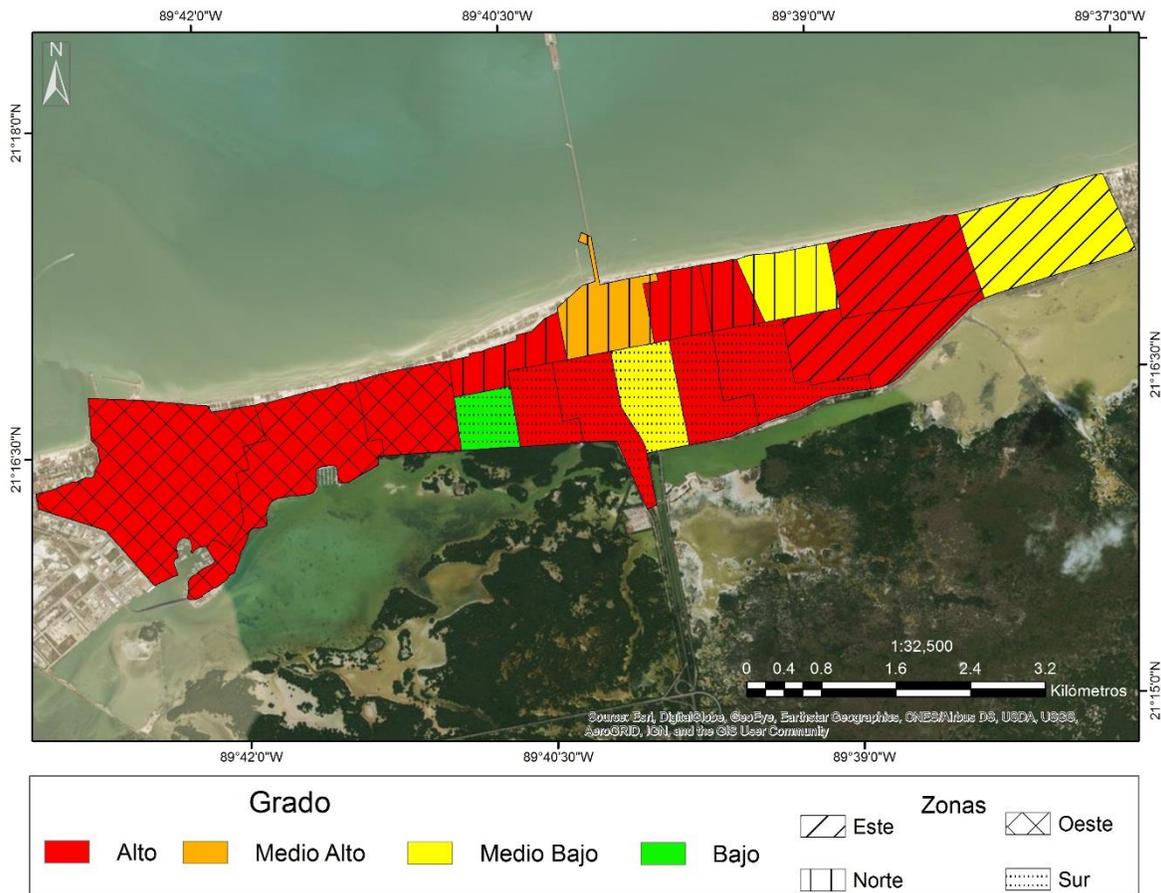
Con lo que respecta a la medición del subíndice capacidad adaptativa existe una variedad de puntos de vista en la literatura actual, la cual considera distintas variables vistas de una manera multidimensional pero carentes de información (Adger, 2005), lo que dificulta la evaluación a escalas geográficas mayores a la municipal.

Al admitir distintos tipos de variables, Monterroso (2012) las clasificó en cuatro tipos: a) humano, b) financiero, c) natural y d) social, pero el estudio de vulnerabilidad a cambio climático que realizó presenta un enfoque agrícola a escala municipal lo que determina la disponibilidad de información.

Por otro lado, Ahumada y otros, (2015) agregan variables como infraestructura y agricultura al estudio de la vulnerabilidad agrícola al cambio climático. La construcción de indicadores en este subíndice está determinada en gran medida por la disponibilidad

de información, la cual es carente a ciertas escalas geográficas tan detalladas como es la censal básica.

Figura 28. Distribución del grado de capacidad adaptativa en la Ciudad de Progreso de Castro



Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo la similitud de escalas permite considerar variables para el análisis de las zonas carentes de capacidad de adaptación entre los actores vulnerables para su persona y sus bienes materiales propios y familiares los cuales solo son considerados en los estudios con un enfoque social o ambiental. El tipo de amenaza y sus características de afectación hacia futuro permiten establecer criterios para la construcción de indicadores que permitan evaluar la adaptación en las distintas escalas.

En general se puede señalar que la capacidad de adaptación de los habitantes de esta ciudad está determinada por la información con la que cuenta la población con residencia permanente, las condiciones económicas locales inducen a presentar un número de población flotante, la cual presenta carencias en la información sobre la manera de proceder ante el alerta de un evento ciclónico, es por ello que los protocolos de emergencia han cambiado en la medida de las experiencias ocurridas a lo largo de los años que se presenta el proceso de urbanización.

El tipo de infraestructura para la canalización de la población vulnerable implica medidas distintas como la adaptación de espacios seguros que no presenten probabilidades de ser inundables por la precipitación o por las altas marejadas que inundan las calles de la ciudad.

Con la información recabada en la historia urbana sobre los daños generados por las trayectorias de fenómenos ciclónicos, ésta determina el nivel de seguridad que puede afrontar la infraestructura construida o sugerida por las autoridades competentes que han evaluado el potencial de requerimientos ante la presencia de una emergencia que pueden ocurrir en el futuro (SEMARNAT y CONAGUA, 2012). Para complementar la valoración de este subíndice del cambio climático, se integran dos apartados que coadyuvan a mejorar los factores que pueden ser considerados para la adaptación de la población residente a la presencia de los ciclones tropicales.

5.1.3.1 Entrevistas sobre la capacidad adaptativa en las ciudades

La entrevista al ser una herramienta técnica-metodológica utilizada para profundizar en un tema es retomada en el análisis de la capacidad adaptativa dentro del fenómeno de cambio climático en una región, implica que la disponibilidad de información está limitada a distintas escalas geográficas.

Para el estudio de la capacidad de la población con la que asumen una amenaza como son los ciclones tropicales, es importante definir los tres momentos en los cuales se presentan; antes, durante y posterior. Esta temporalidad se integró en la entrevista aplicada en el caso de la ciudad de Motul de Carrillo Puerto a 13 personas, las cuales han vivido la experiencia de un ciclón en su ciudad.

Entre los resultados más importantes derivados de las entrevistas, de los datos generales se destaca que fueron aplicadas a habitantes nacidos y con residencia en algunas de las secciones electorales de la ciudad, el rango de edad es entre los 26 y 77 años, el 54 por ciento fueron aplicados a hombre y el resto a mujeres. Entre las principales actividades se encuentran que son trabajadores por su cuenta (comerciante y albañiles), amas de casa, profesionistas (ingeniero y psicólogo) y empleados municipales. Todos han vivido un ciclón tropical en algún momento de su vida⁸, consideran a los huracanes Gilberto en 1988 e Isidoro en 2002 como los más importantes por el grado de peligrosidad, aunque el segundo ciclón represento más daños en la ciudad.

a. Antes del evento ciclónico

Los medios de información ante la alerta de ciclón fueron difundidos por la radio, en menor medida por la televisión y, por último, el aviso de las autoridades municipales, estatales. Aunque consideran que no fue clara y suficiente para que la población se protegiera en lugares de resguardo.

Una de las condiciones para enfrentar un fenómeno de este tipo, 7 de los 13 entrevistados comentaron que es la alimentación una de las principales formas para atender una emergencia de este tipo con comida de enlatados, víveres suficientes para una semana

⁸Es importante referir que el último ciclón tropical que dejó huella en la memoria de la población por esta ciudad ha sido el Huracán Isidoro en septiembre de 2002, por lo que la edad de los entrevistados más jóvenes es de 14 años (adolescentes), representa la población infantil vulnerable.

como agua potable para tomar, galletas y pan, el cual es racionado entre la familia para afrontar la temporalidad de los efectos en la región. En 3 de los 13 entrevistados comentaron que no les dio tiempo de alistar víveres y solo 2 casos refieren no contar con recursos económicos para preparar una despensa para varios días, por lo que solo contaron con víveres para máximo 2 días.

Es importante comentar que la población conoce sobre la importancia de tener los documentos listos para evitar el extravío o pérdida generado por los efectos de los ciclones en cada familia, por lo que se preparan mediante un plan de acciones para afrontar el fenómeno.

b. Durante el evento ciclónico

Entre los daños de mayor recurrencia fueron la caída de bardas y muros de concreto, techos de materiales frágiles como el cartón y lamina, principalmente. Estos fueron generados por las ráfagas de viento y en menor medida por la humedad debido a la gran cantidad de lluvia precipitada.

Entre los espacios más comunes para refugiarse son las viviendas construidas de materiales de concreto, las personas que carecen de viviendas solidas se refugian con familiares, vecinos o en su caso extremo en los refugios que se activan para los ciclones tropicales.

c. Posterior al evento ciclónico

Entre las actividades principales posteriores a un evento ciclónico, es la intervención de las autoridades locales con dos propósitos principales: a) identificación de zonas de afectación y b) organización de grupos de reacción para la limpieza de calles y predios con daños. Aunque hay que aclarar que en 5 de los 13 entrevistados fueron visitados o

contactados por autoridades municipales o estatales para monitorear la presencia de daños en su zona, mientras que el resto 8 de 13 no fueron frecuentados durante la etapa de restablecimiento de las actividades socioeconómicas en la ciudad.

Otro aspecto que han comentado las personas, en solo 2 de los 13 entrevistados recibió algún tipo de ayuda, comida, víveres o láminas, en 2 de los 13 casos fueron reconstruidas sus viviendas dañadas con un pie de casa aplicado con fondos de reconstrucción (FONDEN), mientras el resto 9 de 13 entrevistados, no recibieron ningún tipo de ayuda por no haber presentado algún daño en sus patrimonio, por lo que consideraron importante que la ayuda se brindará en personas con mayores afectaciones en sus viviendas.

El temor de la población en general es la falta de servicios públicos posterior al paso del fenómeno como la falta de energía eléctrica, ya que propicia que no allá otro tipo de servicios complementarios como agua potable y la elaboración de pan, tortillas o la disponibilidad de hielo, distribución de gasolina para la movilidad de los vehículos. La reparación de este servicio está determinada por la intensidad del fenómeno, por lo que la presencia del huracán Gilberto tardó varias semanas, mientras que para el huracán Isidoro el regreso del servicio solo fue de días, por lo que existe una evolución tecnológica y disponibilidad de personal que coadyuvan en la capacidad de adaptación de la población a los fenómenos ciclónicos.

- Ciudad de Progreso de Castro

Se aplicaron 21 entrevistas, el 52 por ciento fueron hombre y el 48 por ciento fueron a mujeres. Las edades de la población consultada son de 38 a 79 años, por lo que sus actividades principales representan a pescadores, prestadores de servicios comerciales, amas de casa, empleados del ayuntamiento y un pastor religioso. Los ciclones tropicales que más recuerdan los entrevistados como la población adulta mayor fueron: Inés en

1966, Beulah en 1967, Gilberto en 1988 e Isidoro en 2002. El 45.5 por ciento comentó haber estado en dos ciclones tropicales, 41 por ciento solo en uno y el 13.5 por ciento más de dos ciclones vividos.

a. Antes del evento ciclónico

Al ser una ciudad portuaria la información sobre el alertamiento y acercamiento de un ciclón tropical está determinado por la tecnología y el conocimiento de los pescadores en las condiciones del mar. Las personas consultadas mencionaron que la manera de atender la emergencia lo consultaron a través de la radio y televisión, así como por el medio de voceo oral por las calles de parte de las autoridades de protección civil, quienes indicaron acciones específicas como el traslado de la población vulnerable a albergues en Mérida. La Secretaría de Marina acompañó las acciones de resguardo emprendidas en coordinación con las autoridades de protección civil municipal, sobre los bienes de los habitantes de la ciudad durante la emergencia.

Los habitantes comentan que no alcanzó a notificarse sobre el alertamiento de ciclón a personas que están en alguna actividad hacia las afueras de la ciudad, por lo que no tuvieron tiempo de prepararse con alimentos suficientes o se realizaron compras de último momento.

Con la presencia de ciclones tropicales recientemente, esto ha cambiado, y ahora los habitantes se alistan con agua potable, comida enlatada, galletas y pan para varios días, aunque hay que destacar que en el centro de la ciudad existe una panificadora que se alista llenado las bodegas con víveres para atender la demanda y evitar el desabasto de pan con el cual los habitantes pueden sobrellevar la vida hasta que se termina la emergencia.

Las personas entrevistadas comentaron que existen distintas formas de prepararse para la contingencia de un ciclón; el 9 por ciento solo tenía comida para 2 días, 55 por ciento para 3 días o más, 18 por ciento, comento no tener ninguna despensa preparada para enfrentar el evento, 14 por ciento no contaba con recursos económicos suficientes para enfrentar la emergencia y 4 por ciento restantes le fueron donados los alimentos mientras se presentó el fenómeno ciclónico.

b. Durante el evento ciclónico

Entre los efectos de los ciclones que se presentaron en las zonas de la ciudad han sido fuertes vientos de tierra-mar y mar-tierra, marejadas que inundaban las calles más el volumen de precipitación que inundaba las calles, sobre todo aquellas que no estaban pavimentadas. Los daños más frecuentes que refieren los habitantes son vidrios rotos de ventanas con gran presión de viento, (sobre todo en el caso del huracán Gilberto), destrucción de las casas de materiales endebles (láminas de cartón, galvanizadas y madera), en zonas cercanas a la ciénaga los animales que habitan como cocodrilos o culebras aparecieron en las calles inundadas con una altura de 15 a 30 cm en zonas bajas.

Entre las zonas de refugio e iglesias del centro se habilitaron albergues para las personas que se quedaron en el área urbana, a las cuales se les proporcionó colchonetas para dormir, sanitarios, comida caliente y ropa seca, se ayudaron a los vecinos asustados acompañándolos en el tiempo que se sintieron los efectos del fenómeno como el viento y lluvia.

c. Posterior al evento ciclónico

El paso de un ciclón en la ciudad ha representado actitud distinta de la población en la medida que se han presentado, mientras que las personas adultas mayores que se entrevistaron refieren con el huracán Beulah generó mayores daños en viviendas tanto

de la zona costera como al interior, hechas de materiales frágiles las cuales abundaban en todas las zonas.

Con el huracán Gilberto los daños fueron menores, esto fue de esta manera porque los habitantes se esforzaron por construir sus viviendas con materiales más resistentes, se aplicaron programas gubernamentales para mejorar esta condición y la de los servicios públicos, donde la energía eléctrica y agua potable solo tuvieron retrasos en el suministro por horas, fue en el momento en que la trayectoria del ciclón estuvo más cercana a la ciudad.

Sin embargo, durante el acercamiento del huracán Isidoro los daños fueron menores, la población fue evacuada de forma acelerada e intempestiva, así lo refieren los entrevistados, por qué las autoridades que informaron del ciclón no tenían definida la probable trayectoria, esta situación incidió en las acciones de atención de la emergencia.

Los servicios públicos estuvieron disponibles en todo momento excepto cuando se suspendió la energía eléctrica que fue menor de 24 horas, pero una vez pasado el ciclón la vida de la ciudad fue recuperada cuando se llevó a cabo el recorrido para la detección de daños en las distintas zonas de la ciudad.

Además, se formaron grupos de vecinos que iniciaron con la limpieza y desinfección de las calles, casas anegadas y espacios públicos que presentaron la caída de árboles y las empresas de servicios responsables de los postes de energía y teléfono, repararon los afectados y se regularizó la actividad económica en la ciudad.

Finalmente comentaron que la visita de las autoridades estatales y federales no se presentaron en la ciudad posterior al cruce de los últimos dos huracanes, la evaluación de daños estuvo a cargo de las autoridades municipales quienes informaron a las

autoridades estatales sobre la situación de emergencia registrada en todas las zonas de la ciudad.

5.1.3.2 Estudio de los daños generados por los ciclónicos tropicales en las ciudades.

Los ciclones tropicales más catastróficos que han afectado al estado de Yucatán en las últimas tres décadas han sido el huracán Gilberto en 1988 y huracán Isidoro en 2002. Son fenómenos ciclónicos que han dejado una huella en la memoria de la población local. Al ser eventos que tocaron tierra con mayor intensidad en la escala Saffir-Simpson, provocaron daños económicos en las distintas dimensiones: ambiental, social, económico y en la infraestructura de las sociedades urbanas y rurales, ubicadas en la zona de su trayectoria.

Aunque no existe información oficial disponible sobre la cuantificación de los daños a nivel interurbano de las ciudades afectadas, los datos reportados en los informes locales se presentan de manera general a escala estatal. No existe una cultura por la rendición de cuentas detallada sobre las zonas afectadas, así como el tipo de afectaciones registradas y la manera de cómo se apoyaron a los afectados para la reparación de bienes familiares.

La importancia de estudiar los daños provocados por la presencia de los huracanes en las ciudades permite explicar las causalidades que en su momento indujeron a presentar las afectaciones. Sin embargo, la experiencia de la población urbana ha permitido fortalecer su capacidad de adaptación a los efectos de los ciclones en tiempos recientes. Cada ciudad localizada en la zona de tránsito ciclónico ha adoptado mecanismos para proteger los bienes materiales a nivel familiar y social en función del tipo de infraestructura, esto es lo que permite darle dinamismo a los procesos de urbanización construidos.

- Ciudad de Motul de Carrillo Puerto

A partir de 1850 la ciudad ha presentado distintas trayectorias de huracanes que han dejado daños específicos en la población urbana, los cuales han cruzado al interior de la plataforma yucateca. Desde entonces se han presentado 9 ciclones tropicales a menos de 10 kilómetros del centro, de los cuales son 4 los que se han mantenido la categoría de huracán dentro de la península, huracán 2 en 1903 categoría 2 en la escala Saffir-Simpson, huracán 4 en 1938 categoría 1, Beulah en 1967 categoría 2, Isidoro en 2002 categoría 3 degradado a 1⁹.

Aunque la manera de proteger a la población ante la presencia de los ciclones ha presentado una evolución en el tiempo, además, se han generado avances científicos y tecnológicos como el sistema de monitoreo de los ciclones tropicales, por lo que la sociedad ha mantenido el desarrollo del proceso de urbanización a pesar de la presencia temporal de estos fenómenos y los daños que causen cuando se acercan a la ciudad.

Esta ciudad es considerada sede de refugio para la población costera de Telchac Puerto y sus alrededores que es evacuada ante la presencia de un evento ciclónico que represente riesgo inminente, esta situación coadyuva en el incremento de la probabilidad de daños humanos, a pesar de que no se evacua a toda la población por distintas razones, pero disminuye la capacidad de disminución de víveres para la población que se vea afectada.

Los daños de los huracanes no se han documentado, la información hemerográfica como fuente no permite la construcción de una base de daños urbana, ya que esta es muy general y no especifica los sitios exactos donde se originaron los problemas. El alcance geográfico es muy general por el tipo de fuentes que son revisadas para la consulta, por

⁹Es hasta 1950 cuando se inició el proceso para asignar nombres a los ciclones que se intensifican a huracanes categoría 1.

lo que los resultados que se presentan han sido recolectados de los informes publicados por las autoridades gubernamentales.

El huracán Isidoro presentó una trayectoria a una distancia de 0 a 10 kilómetros del centro de la ciudad, fue declarada en emergencia 24 horas antes de la presencia del ciclón, los daños ocurrieron en mayor medida en algunas zonas como el Norte, por donde cruzó el ojo del fenómeno, entre los daños que se registraron fue la caída de bardas producto de la humedad generada por la cantidad de lluvia precipitada, destrucción de la cubierta vegetal muerta, daños en la infraestructura eléctrica como caída de postes, cables y estallido de transformadores, suspensión en el servicio de agua potable.

Se registraron inundaciones en zonas del este de la ciudad donde existe una carencia de pozos de absorción y/o falta de mantenimiento de otros, destrucciones parciales en escuelas y suspensión de clases por varios días. Además de viviendas destruidas que requirieron ser reconstruidas, para lo cual se aplicaron recursos del FONDEN en zonas del suroeste, es la zona de mayor cantidad de daños observados durante el recorrido de trabajo de campo y las entrevistas realizadas a los habitantes de la ciudad.

El municipio de Motul presentó 2425 beneficiarios de los cuales 790 presentaron daños totales, 1623 daños parciales y 12 daños parciales (Gobierno del estado de Yucatán, 2003: 174).

- Ciudad de Progreso de Castro

La presencia de los ciclones tropicales genera una serie de condiciones adversas en la medida que se presentan, depende de la velocidad de los vientos, la intensidad de las lluvias y la fuerza en las marejadas lo que aumenta la probabilidad de inundación, la cual se intensifica en la medida en el aumento de los volúmenes de precipitación con la que los huracanes se desplazan y recaen entre la ciénaga y el puerto de abrigo.

Al ser el centro de población urbana más grande demográficamente de la costa del estado de Yucatán, el riesgo de afectación es muy alto (Diario oficial de la federación, 2017), por lo tanto, los habitantes son evacuados hacia el interior del estado como medida de atender la amenaza, pero está determinada por la categorización de los ciclones que presentan una trayectoria cercana a la ubicación central de la ciudad.

Desde que se tiene registro de estos fenómenos en 1850, Progreso ha presentado 5 huracanes de gran importancia por su cercanía menor a 10 kilómetros. El primero en 1903 con el huracán 2 de categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson, segundo en 1938 con el huracán 4 de categoría 1, el tercero el huracán Beulah en 1967 categoría 2, huracán Gilberto en 1988 categoría 4 degradado a 3 y el último Huracán Isidoro en 2002 categoría 3 degradado a 1.

El huracán Gilberto cruzó la península en menos de 24 horas y causó la muerte de 10 personas, produjo 30,000 damnificados y 15,000 evacuados. Además de daños a la infraestructura de servicios hoteleros de la zona veraniega como el hotel Fiesta INN y Sian Kan en Chelem, con pérdidas de \$4,500 millones de pesos, la zona portuaria fue dañada en las escolleras, faro y obras del puerto de Altura (200 m del viaducto a puerto), malecón de la playa destruido, embarcaciones menores varadas en la playa, así como barcos que se encontraban en el muelle del puerto durante el evento quedaron varados en la playa.

Otros daños son la pérdida de las granjas avícolas locales en 90 % de las gallinas productoras, alcantarillas tapadas por la intrusión de arena al área urbana, viviendas con ventanas rotas, algunas otras destruidas por los fuertes vientos, cierre del puerto a embarcaciones pequeñas que paralizaron la actividad de miles de pescadores y lo más importante fue la destrucción y desaparición de la línea de costa en la parte oriente de la ciudad, producto del intenso oleaje que además provocó inundaciones urbanas con arena de la playa (Desinventar, 2014).

Para atender a los habitantes con daños en sus viviendas se repartieron 36, 863 láminas de cartón, 6,555 despensas y 100 cobertores entre los habitantes, los cuales fueron distribuidos a través del DIF estatal (Gobierno del estado de Yucatán, 1989:326).

Los daños generados por el huracán Isidoro fueron muy similares a los provocados por el huracán Gilberto como la destrucción de bardas y techos en viviendas de la costa, desaparición del malecón principal, el agua inundó zonas junto a la ciénaga que alcanzaron una altura de 1.5 m, cierre de puertos y miles de pescadores paralizados, palapas y puestos turísticos derribados. Además de la suspensión de clases, paralización de la actividad económica, encharcamiento de las calles ubicadas cercanas a la costa.

Como parte de la evaluación de daños se registraron como damnificados 1,306 familias, 536 con daños totales, 660 con daños parciales y 110 con daños leves (Gobierno del estado de Yucatán, 2003: 174).

5.2 Índice de vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales y su interpretación con los escenarios de cambio climático de la península de Yucatán

Los escenarios de cambio climático son imágenes generadas para la formulación de escenarios sobre lo que podría acontecer en el futuro, constituyen un instrumento apropiado para el análisis sobre las fuerzas determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero y su posible evaluación del margen de incertidumbre. Es importante mencionar que no son predicciones ni pronósticos los escenarios construidos para la península de Yucatán, esto se debe a que la incertidumbre de los modelos proyectados sobre las alteraciones del clima, solo reflejan un rango posible ante las variaciones de las emisiones de GEI producto de las actividades humanas (Orellana y otros, 2009:3).

En la península de Yucatán el cambio climático está latente y delimitado por tres sistemas oceánicos; Golfo de México, canal de Yucatán y Mar Caribe, origen de la presencia de los ciclones tropicales en la temporada de verano-otoño. Aunque el

acercamiento de los ciclones a la península depende de las condiciones del estado del medio ambiente, ello permite detonar su potencialidad de daños que podrían generarse y depende de los factores situación demográfica, económica, social y de infraestructura de cada una de las ciudades expuestas.

Para el estudio de la vulnerabilidad urbana por ciclones tropicales se describen tres tipos de escenarios contruidos para la región peninsular con variables asociados a las condiciones ambientales que permiten el desarrollo de trayectorias ciclónicas: a) precipitación pluvial, b) P/T o índice de Lang y c) lluvia invernal, los cuales han sido calculados para la península de Yucatán y que son retomados para identificar los escenarios propuestos sobre las condiciones ambientales de humedad y temperatura que podrían presentar las ciudades de Motul de Carrillo Puerto y Progreso de Castro al año 2020.

5.2.1 Precipitación total anual (mm)

Las condiciones naturales en las que se ubican las ciudades en estudio implican un libre tránsito de vientos convectivos que permiten la descarga de lluvia en esta región tropical. En el volumen de precipitación puede ser alto a pesar de que se carece de sistemas montañosos que conformen una red hidrográfica local, esta condición ocasiona que el agua se filtre hacia el manto, por lo que las características geológicas, dificulta la formación de cuerpos de agua superficiales.

Durante la época caliente o de secas, las altas presiones se desplazan hacia el norte, lo que permite que puedan penetrar los vientos del este o alisios con suficiente fuerza y humedad, atrayendo a la región lluvia de forma diferencial en un gradiente de noroeste a sur.

La importancia de la precipitación en el territorio determina en parte la humedad que regula la temperatura ambiental en esta región, además de las condiciones de la vegetación natural las cuales reflejan en gradientes extremos en la temperatura de superficie.

Conocer la probabilidad sobre los escenarios de esta variable climática en las ciudades permite la preparación de los habitantes para la temporada ciclónica próxima, en el cuadro 10 reporta la cantidad de precipitación total anual en 3 tipos de escenarios climáticos construidos en la región, los cuales fueron aplicados a la zona de estudio: 1) condiciones extremas tanto a nivel demográfico y económico, 2) intermedio para situaciones de sustentabilidad ambiental y 3) último con una condición baja en las condiciones de emisiones, crecimiento poblacional y económico estable a nivel local.

Cuadro 10. Escenarios de cambio climático para la precipitación total anual por ciudades

Ciudad	Escenario base (mm)	HADCM3A1F1	HADCMEB11	HADCMEB21
Motul de Carrillo Puerto	900-1,000	600 - 700	600 - 700	400 - 500
Progreso de Castro	< 600	< 500	< 500	< 300

Fuente: Elaboración propia con base en Orellana y otros, 2009.

En Motul de Carrillo Puerto la precipitación total anual representa en los escenarios futuros implica un rango de 900 a 1000 mm anuales el cual es el escenario base documentado en el cuadro 10, sirve de referencia, para los escenarios HADCM3A1F1 con un uso intensivo de combustibles fósiles la tendencia es a disminuir la precipitación entre un 30 a 40 por ciento, para el escenario HADCMEB11 que representa una baja emisión de CO₂ presenta una tendencia similar al de mayor concentración, mientras en un HADCMEB21 ambiente de bajas emisiones pero con una tendencia creciente la

disminución de la precipitación aumenta hasta alcanzar un 50 por ciento de la precipitación registrada para el periodo de la fuente de datos.

Para la ciudad de Progreso de Castro la precipitación media anual es menor de 600 mm anuales, los resultados de los modelos aquí referidos describen en el escenario HADCM3A1F1 con un uso intensivo de combustibles fósiles la tendencia es a disminuir un 16 por ciento, HADCM3B11 que presenta una baja emisión de CO₂, la tendencia es igual como si fuera un escenario de alto consumo de combustibles. Sin embargo, en el HADCM3B21 de bajas emisiones la disminución de la lluvia hasta un 50 por ciento menos que el promedio anual.

Se puede considerar que la lluvia en esta región tiende a ser menor durante la temporada de lluvia (verano), dependiendo de las condiciones de consumo y emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la precipitación disminuirá a mediano plazo hasta alcanzar un 50 por ciento menos en una década.

5.2.2 Índice de Lang (P/T)

Este indicador describe el grado de humedad o aridez que presenta en una región, considera como datos fundamentales como las precipitaciones caídas a lo largo del año (como fuente de agua) y las temperaturas medias anuales de un periodo de datos (como indicador de la capacidad para evaporar el agua disponible en el ambiente) medidos en por lo menos 30 años continuos mediante una red de estaciones meteorológicas distribuidas en la península de Yucatán y que han sido sometidos a un proceso de control de datos para garantizar su confiabilidad.

Considera la precipitación total de un año de lluvia entre la temperatura media anual, al dividir estas variables el resultado es el grado de aridez que presenta la región como un escenario base para ser aplicado en un modelo que simula las condiciones de actividad

que realiza una región a lo largo del tiempo. Para conocer la situación que guarda la zona de estudio se reporta en el cuadro 11, donde se describe los tres escenarios con condiciones de consumo y emisiones de combustibles fósiles creciente, las cuales influyen en las condiciones climáticas mundiales y que repercuten a escala local.

En Motul el escenario base refiere un grado de humedad de estepa y sabana con valores de 22 a 43 %, pero con una tendencia a ser árido. En el escenario HADCM3A1F1 de mayor presión por altos consumos de combustibles fósiles el grado disminuye en 66 % de la base, para el escenario HADCMEB11 con incrementos bajos de CO₂ es similar al base y en el escenario HADCMEB21 ambiente de bajas emisiones con tendencia creciente, el grado es similar al mostrado en el base, dentro de la década de tiempo que fue proyectado.

Cuadro 11. Escenarios de cambio climático para el índice de Lang por ciudades

Ciudad	Escenario base (mm)	HADCM3A1F1	HADCMEB11	HADCMEB21
Motul de Carrillo Puerto	22.9 – 43.2	5 – 10.2	22.9 – 43.2	22.9 – 43.2
Progreso de Castro	< 22.9	< 5	22.9 – 43.2	22.9 – 43.2

Fuente: Elaboración propia con base en Orellana y otros, 2009.

En la ciudad de Progreso el grado en el escenario base de este índice representa una delimitada condición de aridez a desértica, para el escenario HADCM3A1F1 de mayor presión por altos consumos de combustibles fósiles se reduce en 75 % a ser totalmente desértico, para el escenario HADCMEB11 con incrementos bajos de CO₂, presenta un aumento de rango de humedad al grado de estepa y sabana. Para el escenario HADCMEB21 ambiente de bajas emisiones mantiene un mayor nivel de humedad que la base, mayor temperatura y lluvia constante a lo largo del daño.

5.2.3 Lluvia invernal

La lluvia registrada fuera del periodo normal de ciclones tropicales permite amortizar la humedad ambiental para la siguiente temporada de secas, aunque para que la precipitación se presente en invierno requiere de dos tipos de fenómenos regionales: por un lado los frentes u ondas frías del Norte (vientos helados que se desplaza hacia el Sur a latitudes menores que al cruzar por zonas acuáticas adquieren humedad); y la segunda, son altas presiones de zonas tropicales donde existe mayor temperatura provocando zonas de convergencia (alta y baja presión).

La situación geográfica de la península de Yucatán es poco probable que logre mezclar calor (alta presión) con viento frío y húmedo, por la falta de sistemas montañosos, por lo que la lluvia se extiende más hacia el sur, aunque dependerá de la intensidad de los frentes fríos para precipitar la humedad en la parte norte del estado de Yucatán. Para determinar la distribución de lluvia invernal en las ciudades en estudio se consultó a los escenarios base para esta variable y se obtuvieron los siguientes valores, los cuales se registraron en el cuadro 12.

Cuadro 12. Escenarios de cambio climático para la lluvia invernal por ciudades

Ciudad	Escenario base (mm)	HADCM3A1F1	HADCMEB11	HADCMEB21
Motul de Carrillo Puerto	5 - 10.2	10.2 - 18	5 - 10.2	>18
Progreso de Castro	SE. 748 >10.2, 5 - 10.2	SE 746-748 y 753 10.2 – 18, 5 -10.2	5 - 10.2	>18

Fuente: Elaboración propia con base en Orellana y otros, 2009.

De acuerdo con el cuadro 12, la ciudad de Motul el porcentaje de lluvia invernal que se presenta es de 5 a 10.2 por ciento del total anual, para el escenario HADCM3A1F1 de mayor presión por altos consumos de combustibles fósiles el porcentaje de lluvia aumenta un 50 por ciento, en un escenario HADCMEB11 con incrementos bajos de CO₂ la lluvia se mantiene igual que la registrada por la base y en un escenario HADCMEB21 con un ambiente de bajas emisiones con tendencia creciente aumenta en un 80 por ciento con respecto a la base.

Sin embargo, en Progreso el escenario base de lluvia invernal representa una variación en la ciudad, en la zona este es mayor del 10.2 % del total anual, mientras que en el resto de la ciudad es menor de 10.2 %, para un escenario HADCM3A1F1 de mayor presión por altos consumos de combustibles fósiles presenta un aumento en la zona este del 80 % mientras que en el resto de la ciudad se mantiene con la misma cantidad de lluvia, en el escenario HADCMEB11 con incrementos bajos de CO₂ el porcentaje de precipitación invernal se conserva en el mismo grado que el escenario base para toda la ciudad, mientras en el escenario HADCMEB21 con un ambiente de bajas emisiones con tendencia creciente aumenta un 80 % más de volumen normal de lluvia invernal, así lo refiere el cuadro 12.

Los escenarios para la variable lluvia invernal en sus distintas etapas de generación de consumo de combustibles fósiles y altas concentraciones de GEI describen un desequilibrio en la humedad local de las ciudades en el norte de la península de Yucatán, por lo que la tendencia a esperar será de condiciones de aridez o secas durante la década actual, para los ciclones tropicales estas condiciones no son susceptibles a desarrollar trayectorias para esta región.

Conclusiones

Las investigaciones realizadas por los autores consultados en la literatura sobre el estudio de la vulnerabilidad, ha permitido definir los factores ambiental y social que han sido determinantes en el análisis de la exposición y sensibilidad de la población ante la amenaza de fenómenos ciclónicos. Su capacidad de adaptarse se enfoca en disminuir el grado de vulnerabilidad que presentan los habitantes de las ciudades ubicadas en zonas de tránsito ciclónico, en función de la experiencia acumulada ante la presencia constante a lo largo del tiempo.

Con la hipótesis se intenta resolver el problema de la vulnerabilidad interna de las ciudades como un sistema, al incorporar las características como la infraestructura, se vuelve un factor importante en los estudios de la población ante el impacto de los ciclones tropicales, porque depende de la capacidad de absorber los efectos generados por la precipitación, inundaciones y viento. Con estos elementos se cumple la hipótesis, es el factor ambiental un elemento que influye en las condiciones naturales cambiantes en la propensión a los ciclones tropicales, lo que integra la exposición de los distintos tipos de poblamiento costeros y su estructura en secciones electorales al interior de las ciudades.

Se evaluaron los factores que generan la vulnerabilidad en función de las características de la estructura demográfica en cada una de las secciones electorales, los cuales según su situación geográfica son afectados de manera distinta según la distribución de la infraestructura urbana construida, la cual es afectada constantemente por los fenómenos ciclónicos; las mediciones se analizaron desde una visión multidimensional (ambiental, social, económica y de infraestructura). La investigación contribuye a dimensionar parte del sistema vulnerable, el cual sirve para identificar la exposición y sensibilidad de la población urbana y su capacidad de resistir los efectos de fenómeno futuros.

Con el planteamiento descrito en las preguntas de investigación, el estudio de la vulnerabilidad urbana permite conformar el comportamiento de los fenómenos ciclónicos en las distintas zonas y secciones electorales que integran las ciudades, coadyuva en la solución de las inquietudes señaladas al inicio de este trabajo. Los objetivos son cumplidos de forma que el estudio servirá de referencia para los trabajos futuros o pueda ser replicado en otras ciudades ubicadas en regiones de tránsito ciclónico del país, solo que deberán ajustar los indicadores en función de la disponibilidad de información por el tipo de fuente.

La caracterización interna de las ciudades es una herramienta más tangible en el momento de afrontar un fenómeno de las características más extremas en la actualidad, a pesar de las limitantes en los recursos técnicos con los que se cuenta los tomadores de decisiones a nivel local. La atención que brinda las instituciones gubernamentales que intervienen en la reacción ante la amenaza, permite que los daños hayan disminuido y que la vida de las ciudades afectadas se normalice en menor tiempo, pero el apoyo a los ciudadanos afectados es mínimo para propiciar una cultura de la prevención a nivel local.

La capacidad de adaptación es la subdimensión más compleja de evaluar en el estudio de la vulnerabilidad a cambio climático, en parte por la falta de datos estadísticos que permitan cuantificarla y en la cuestión conceptual, no sean desarrollado variables a escala de secciones electorales que permitan el conocimiento sobre las acciones preventivas que se realizan para disminuir los efectos de los ciclones tropicales.

Derivado de la aplicación metodológica para la medición de la vulnerabilidad a cambio climático en ciudades afectadas por ciclones tropicales, se identificaron las secciones electorales más sensibles y expuestas a presentar daños entre la población vulnerable. El Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT) describe que son las secciones más susceptibles aquellas zonas de reciente creación urbana, ya que carecen de servicios de pavimentación, las viviendas son precarias y no cuentan con todos los

servicios básicos (energía eléctrica o drenaje sanitario). Además de las que no cuentan con suficientes pozos de drenaje pluvial, lo que expone a las inundaciones por la carencia en la capacidad de infiltración.

Las ciudades estudiadas en el estado de Yucatán están ubicadas dentro de la zona de tránsito ciclónico, las características en su estructura urbana es un factor de probabilidad de presentar daños de desastre, aunque existe diferencias de las zonas céntricas y hacia la periferia donde existe diferencia entre los tipos de materiales en la edificación con los cuales han sido construidas las viviendas y edificios públicos para que esta disminuya el grado de vulnerabilidad, la cual es alta en aquellas zonas donde los ciclones presentan una trayectoria más cercana de 0 a 10 kilómetros en ciudades al interior, pero esta disminuye en la medida que se presenta mayor concentración urbana o existen otros factores naturales que permita que los efectos sean asimilados por el territorio.

La exposición a los ciclones es en general en grado bajo, por las condiciones naturales que permiten la adaptación a los efectos ciclónicos aumenta en la medida que la distancia de la trayectoria del ciclón se presente en la ciudad o que las secciones electorales presenten un menor índice de urbanización y aumento en la tasa de vegetación natural. En las secciones costeras el índice de vulnerabilidad es alto es zonas de reciente formación urbana o que no se establecieron controles de planificación urbana adecuadas a las condiciones naturales del suelo o son áreas delimitadas por cuerpos de agua que al incrementar su volumen de agua tienden a aumentar la vulnerabilidad a sus habitantes.

Por otro lado, el grado de sensibilidad está determinada por las condiciones demográficas, económicas y culturales de la población al momento de la alerta de un fenómeno ciclónico por la región, los habitantes residentes locales conocen el proceder porque han sido parte del conocimiento personal o familiar que han presentado en algún momento y el cual ha sido aplicado por la experiencia obtenida a través del paso de los ciclones tropicales en la vida urbana de los habitantes.

Con el paso de los huracanes más importantes como Gilberto en 1988 e Isidoro en 2002, la fragilidad ha disminuido de manera paulatina, esto se debe al fortalecimiento de la población en el uso de materiales más resistentes y mejoras de limpieza en sus terrenos dentro de sus viviendas, por lo que el grado de mayor sensibilidad se localiza en secciones ubicadas en zonas de reciente urbanización, en la periferia y donde se establece la población marginada a los servicios públicos.

Las secciones electorales donde existe mayor concentración de población marginada o de menores recursos económicos, son las más afectadas por un ciclón tropical. Estas se localizan en las zonas periféricas, presentan mayor probabilidad de presentar afectaciones producto de la escasa infraestructura en las calles, por lo que el riesgo disminuye en la medida que el medio ambiente no transformado sea capaz de resistir el potencial de los efectos como son las lluvias o viento con el que normalmente se presenta los ciclones tropicales.

Con lo que respecta a la capacidad de adaptación, el primer obstáculo ha sido recopilar información a escala de secciones electorales, esto ha influido en la construcción, estructuración y medición de los indicadores que representen las condiciones locales de la población hacia la adaptación ante los efectos de los ciclones tropicales en el corto plazo. Fue complicado por las distintas maneras de prepararse con alimentos no pereceros y proteger sus bienes personales o familiares en la medida de sus posibilidades económicas de los habitantes expuestos.

La presencia de un evento ciclónico es parte de la experiencia cultural propia de los habitantes así lo expresaron los entrevistados que alguna vez han estado presente, estudiado o transmitido el conocimiento a las nuevas generaciones lo que implica sobrevivir a un ciclón tropical en esta región. Un aspecto relevante es la forma de prepararse por parte de los habitantes, la cual ha evolucionado en función de la

disponibilidad tecnológica que implica el monitoreo y alerta temprana del sistema atmosférico de estos fenómenos, así lo refleja los resultados obtenidos en las ciudades, donde son las zonas más marginadas social y económicamente las que menos capacidades tienen para evitar daños en cada evento ciclónico.

En la ciudad de Motul las zonas con mayores recursos económicos, infraestructura (la zona norte), su nivel de vulnerabilidad está determinada por la capacidad personal o familiar para prever afectaciones en su patrimonio, por lo que su capacidad en la toma de decisiones es un factor determinante ante el posible acercamiento de una trayectoria de un ciclón por la región.

Sin embargo, para el caso de la ciudad de Progreso, los niveles de vulnerabilidad son distintos y dependen en mayor medida de la capacidad ambiental para disminuir los efectos que genera un ciclón en la ciudad, La mayor cantidad de secciones con altos niveles de vulnerabilidad son aquellos que se ubican sobre la línea costera y en el área de la ciénaga o manglar, presentan mayores carencias económicas, menor capacidad en la toma de decisión e infraestructura que permita ser afectados en grandes dimensiones a sus bienes personales o familiares.

Los habitantes de la zona norte de la ciudad presentan menor grado de vulnerabilidad por su ubicación, viviendas con materiales más resistentes, con mayor cantidad de infraestructura en general, aunque la probabilidad de presentar afectaciones está determinada por la capacidad técnica de la infraestructura.

Se puede considerar que las ciudades estudiadas presentan similitudes en los niveles de vulnerabilidad, el nivel de ser afectadas es el mismo para ambos casos, lo que define cada uno de los casos en particular es la capacidad de su infraestructura construida, las acciones para enfrentar el riesgo a la amenaza que apliquen en caso de un evento

ciclónico y la organización que las autoridades como de la sociedad civil determinen para salvaguardar el patrimonio local.

Caso similar sucede en ciudades costeras, a pesar de estar limitados por cuerpos de agua, la precipitación total anual no es factor de humedad para el territorio y más en la península de Yucatán donde este se vuelve más desértico en escenarios de emisiones moderadas a extremas tanto de CO₂ como GEI, por lo tanto la presencia de ciclones tropicales en la región no será continua, pero cuando estos se presenten por la región la intensidad de sus factores que lo componen, serán extremas, por lo que al estar preparados social, económica y en su infraestructura disminuye la vulnerabilidad de las ciudades a presentar afectaciones importantes, considerando que el riesgo es latente cada temporada de ciclones .

Los escenarios de cambio climático implican una serie de suposiciones en función de la cantidad de GEI que se arrojan a la atmósfera y que contribuyen al calentamiento de la misma, esto repercute a nivel regional, lo que implica que las ciudades al interior presenten menor cantidad de precipitación durante el periodo de lluvias y en el invierno, aumentando las condiciones de aridez y escasa humedad por temporadas de tiempo más extensas.

En la medida que la sociedad aumente la generación de GEI los escenarios para estas ciudades habrá un constante aumento a presentar problemas de aridez y sequía, la probabilidad de presentar condiciones ambientales propicias para la presencia de trayectorias de ciclón tropical disminuiría, pero al mismo tiempo, aumenta la vulnerabilidad de la población por la intensidad con la que se pueden presentar estos fenómenos ciclónicos en esta zona.

Recomendaciones

Se han identificado una serie de limitaciones que han dificultado el desarrollo de la investigación, para ello se propone se realicen acciones de prevención encaminadas al fortalecimiento de la legislación local y de las capacidades de preparación de las autoridades para la disminución de los efectos del cambio climático en las dimensiones que permiten reforzar las capacidades técnicas para la toma de decisiones en los sistemas y consejos de protección civil municipales que se instauran ante la amenaza de eventos ciclónicos. Las acciones se deben priorizar para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de la población más sensible a ser afectada. En el caso de los asentamientos humanos costeros son atendidas las necesidades operativas durante la reactivación de los planes de emergencia para el resguardo de la vida de los habitantes y sus pertenencias personales.

No existe un registro oficial de las instituciones privadas que brinde apoyo en caso de aviso de ciclón tropical, aunque estas son conocidas entre la sociedad urbana para permitir a la población más sensible recibir ayuda en caso de requerirla. Estas acciones son consideradas para la disminución de los daños de desastre propiciados por un ciclón en estas ciudades.

La construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones tropicales (IVUCT) ha presentado la integración de distintos subíndices, ambiental, social, económico y de infraestructura, los cuales han servido para la generación de una propuesta de evaluación ante la exposición de ciclones tropicales que presentan las ciudades ubicadas dentro de la zona de tránsito de la península de Yucatán y el cual puede ser aplicado en otras ciudades expuestas a la misma escala geográfica como son las secciones electorales.

Los indicadores pueden variar de un lugar a otro; existen variables como las derivadas de los efectos por ciclones tropicales que faltaron incluir en la evaluación, la información

incompleta propició no se incluyera información referente: a) extensión del área inundable dentro de las ciudades y b) número de enfermos producto de la formación de plagas producto de las condiciones en el medio ambiente, este en subíndice de exposición. Aunque pueden ser considerados en algunas ciudades que cuenten con información epidemiológica a escala local.

En lo que respecta a los indicadores para medir la capacidad de adaptación, la falta de información disponible sobre la infraestructura no ha permitido establecer una evaluación más extensa sobre la vulnerabilidad de la ciudad. La visión sobre la infraestructura construida con fines de prevención es una variable faltante en esta investigación, otro indicador es lo relacionado con la capacidad de los servicios brindados de los refugios donde se resguarda la población de la costa, su movilidad, tipos de acciones en obras de infraestructura construidas para la prevención relacionadas para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Los escenarios climáticos que se han realizado para la península de Yucatán demuestran que las condiciones presentes en el medio ambiente tienden a disminuir en la precipitación, esto significa que la temperatura aumenta y la precipitación disminuye, pero además la lluvia invernal aumentara por encima de la media, por lo que las condiciones para el acercamiento de un fenómeno ciclónico en los próximos años este latente, pero dependerá en gran medida de la regularidad en el patrón de humedad/temperatura en la cobertura vegetal.

Con la información obtenida de esta investigación servirá de referencia para homologar los resultados obtenidos de trabajos de investigación relacionados con la vulnerabilidad en las ciudades. Los cuales podrán ser utilizados para la elaboración de otros mecanismos para la gestión de riesgo como son atlas de riesgos para coadyuvar en la construcción de información que permita mejorar la toma de decisiones en los consejos de protección

civil que se instauren ante futuras amenazas por ciclones en los municipios que corresponden las ciudades.

En el futuro, esta investigación servirá de referencia para mejorar la evaluación de la vulnerabilidad urbana ante los ciclones tropicales a nivel interurbano. Además, se debe abundar en otras líneas de trabajo asociadas con este tema como es la tipología y deterioro de la infraestructura de las viviendas en riesgo, la habitabilidad de las ciudades y el impacto de los efectos asociados a la dimensión espacial de los ciclones en la población.

Bibliografía

Adger, W. Neil, (1999). “Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*”. No 27(2). 249-269 pp.

Adger, W. N., y Kelly, P. M. (1999). “Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements”. *Mitigation and adaptation strategies for global change*. 4 (3-4), 253-266.

Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., y Eriksen, S. (2004). “New indicators of vulnerability and adaptive capacity”. *Norwich: Tyndall Center for Climate Change Research*. Vol. 122.

Adger, W. Neil, Arnell, N. W., y Tompkins, E. L. (2005). “Successful adaptation to climate change across scales”. *Global environmental change*, 15 (2), 77-86 pp.

Adger, W. Neil, Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J., (2005). “Social-ecological resilience to coastal disasters”. *Science*. Nom 309. 1036-1039 pp.

Adger, W. Neil, (2006). “Vulnerability”. *Global environmental change*. No.16 (3). 268-281 pp.

Adger, W. N., y Brown, K. (2009). *Vulnerability and resilience to environmental change: ecological and social perspectives*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 109-122 pp.

Agency for International Development, (2007). *Adapting to climate variability and change*. Washington, DC. 25 pp.

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*. Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México D.F. 267-278 pp.

Aguirre Benigno E. (2004). “Los desastres en Latinoamérica: vulnerabilidad y resistencia”. *Revista Mexicana de Sociología*. Año 66. Número 3, julio-septiembre. México D.F. 485-510 pp.

Ahumada Ramiro y otros, (2015). “An indicator tool for assesing local vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector”. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. Vol 22. Núm 1. 137-152 pp.

Angelotti, Gabriel, 2014: “Percepción, miedo y riesgo, ante los huracanes y otros fenómenos naturales en Yucatán”, *Temas Antropológicos. Revista Científica de Investigaciones Regionales*, vol. 36, núm. 2, abril-septiembre, Universidad Autónoma de Yucatán, pp. 43-72.

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.

Álvarez de la Torre, Guillermo, (2011). “Estructura y temporalidad urbana de las ciudades intermedias en México”. *Revista Frontera Norte*. Vol. 23, No. 46 julio-diciembre. 94-124 pp.

Alves, H.P.F. y otros, (2010). “Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana”. *Revista Brasileira de Estudos de Población*. Rio de Janeiro. Vol. 27. No.1. Jan/Jun. 141-159 pp.

Arranz Lozano Mercedes, (2008). “El riesgo de inundaciones y la vulnerabilidad en áreas urbanas. Análisis de casos en España”. *Revista Estudios Geográficos*, LXIX. No 265, julio-diciembre. 385-416 pp.

Argüello Rodríguez Manuel, (2002). De Yucatán al Darién. Gestión local del riesgo en el istmo Centroamericano. Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y La Red de Estudios Sociales en Prevención de desastres en América Latina (La Red). Costa Rica. 1-5 pp.

Audefroy, Joël, (2007). “Desastres y cultura: una aproximación teórica”. *Revista Instituto de Vivienda (INVI)*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Vol. 22. No. 60. 119-132 pp.

Avalos Gómez Montserrat, (2004). “El cambio climático global: comprender el problema”. En Martínez Julia y Adrián Fernández (Coord.). Cambio climático: una visión desde México. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. 125-142 pp.

Ávila Flores Omar, (2016). La habitabilidad de las viviendas en la zona metropolitana de Toluca. Tesis doctoral. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Universidad Autónoma del Estado de México.

Bhattarai Keshav y Dennis Conway, (2010).” Urban Vulnerabilities in the Kathmandu Valley, Nepal: Visualizations of Human/Hazard Interactions”. *Journal of Geographic Information System*. No. 2. 63-84 pp.

Baker J. L. (Ed.) (2012). Climate change, disaster risk, and the urban poor. Cities building resilience for a changing world. Washington, D.C: The World Bank.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), (2010). Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe: Informe resumido (No. 42398). Inter-American Development Bank. 45 pp.

Barroca, B. y otros, (2006). Indicators for identification of urban flooding vulnerability. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 553–561 pp.

Barth, Bernhard, Cea Maria Adelaida y otros, (Edit) (2014). Planning for climate change: a strategic, values-based approach for urban planners. Nairobi. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

Barth, Bernhard, Cea Maria Adelaida y otros, (Edit) (2014a). Planning for climate change: a strategic, values based approach for urban planners. Toolkit. Nairobi. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

Barton, J. R. (2009). "Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones". *Revista de Geografía Norte Grande*, (43), 5-30.

Bautista F., P. y otros, (2009). Libro de resúmenes del seminario análisis de la vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la península de Yucatán. Mérida, Yucatán 10 y 11 de diciembre de 2009. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

Beriaín Josexto (Comp.), (1996). "Las consecuencias perversas de la modernidad. Modernidad, contingencia y riesgo". *Antropos*. Traducción de Celso Sánchez Capdequí. Barcelona. 1-283 pp.

Bicknell, Jane, Dodman, David y David Satterthwaite., (edit) (2009). *Adapting cities to climate change. Understanding and addressing the development challenges*. London. earthscan publishes in association with the International Institute for Environment and Development. 425 pp.

Bitrán, Daniel, (2000). Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99 (Vol. 1). Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y Wisner, B. 1994, *At Risk - Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London, Routledge.

Blaikie Piers, Cannon Terry, David Ian y Ben Wisner. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Primera Edición. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red). 290 pp.

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.

Bohle, H.G., y otros, (1994). Climate change and vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4, 37-48 pp.

Borja-Vega Christian y Alejandro de la Fuente (2013). *Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate-Related Events in Mexico*. The World Bank. Social Development Department. Sustainable Development Network. Policy Research Working Paper 6417.

Bottino Bernardi Rosario, (2009). “La ciudad y la urbanización”. *Estudios históricos. CDHRP. Agosto*. No 2. 14 pp.

Bouroncle, C. y otros, (2013). Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en la América Latina rural: opciones y lecciones desde el enfoque de medios de vida. Programa EUROCLIMA, DG Desarrollo y Cooperación Europe Aid. Comisión Europea. 102 pp.

Briones Fernando (Coord), (2012). Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica. Número especial de Desastres y Sociedad en el marco del XX Aniversario de La Red. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Mérida, Venezuela. 281 pp.

Brooks, N. (2003). “Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework”. Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper. No 38, 1-16 pp.

Brooks, N., Neil Adger, W., and Mick Kelly, P. (2005). “The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation”. *Global environmental change*. No 15(2). 151-163 pp.

Brouwer, R., Akter, S., Brander, L. and Haque, E. (2007). “Socioeconomic Vulnerability and Adaptation to Environmental Risk: A Case Study of Climate Change and Flooding in Bangladesh”. *Risk Analysis*. Vol. 27. No. 2. 313-326 pp.

Brown Alyson L., Reinhardt Eduardo, G. y otros, (2014). “A costal Yucatán sinkhole records intense hurricane events”. *Journal of coastal research*. No 30 (2). 418-428 pp.

Burton, I. and R. Kates (1964). "The Perception of Natural Hazards in Resource Management." *Natural Resources Journal* 3(3): 412-441 pp.

Burton, I. (1997). “Vulnerability and adaptive response in the context of climate and climate Change”. *Climatic Change*. No. 36. 185-196 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.

Cámara de Diputados, (2017). Ley General de Protección Civil. Congreso de la Unión. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 07 de abril de 2017.

Carabias J. y R. Landa, (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México y Fundación Gonzalo Río Arronte I. A. P., México, 219 pp.

Cardona, Omar. D., (1993). “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo”. En Maskrey, Andrew, (Compilador). Los desastres no son naturales. La Red (Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina). Bogotá. pp. 55

Cardona, Omar, D., (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, Universidad Nacional de Los Andes, Bogotá, Colombia.

Cardona, Omar, D., (2003). Indicadores para la gestión del riesgo. La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres. Marco conceptual para su gestión integral. Manizales, Colombia. Instituto de Estudios ambientales. 41 pp.

Carter, G. Jeremy, y otros, (2014). “Climate change and the city: building capacity for urban adaptation”. *Progress in planning*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001>. Consultado el 25 de marzo de 2015.

Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2003). La gestión local del riesgo, nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. CEPREDENAC. PNUD. Guatemala. 101 pp.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), (2001). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2000. México, *Serie Impacto socioeconómico de los desastres en México*. No. 2, 9-90 pp.

Cerón Cardaña, 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.

Chardon, Anne Catherine (1998). “Desastres y sociedad. Especial: el niño en América Latina”. Revista de la Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. enero-diciembre. No 9/Año 6. 3 pp.

Chrysoulakis Nektarios , Feigenwinter Christian ,Dimitrios Triantakonstantis y otros, (2014)“A Conceptual List of Indicators for Urban Planning and Management Based on Earth Observation”. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. No.3. 980-1002 pp.

Cilento Sarli, Alfredo, (2005). “Capacidad de resistencia, vulnerabilidad y cultura de riesgos”. *Espacio Abierto*. Vol. 14. No. 2. abril-junio. 265-278 pp.

Cilento Sarli, Alfredo, (2006). Penuria Habitacional y vulnerabilidad urbana. Una revisión necesaria. Venezuela: Un acuerdo para alcanzar el Desarrollo. 263-277 pp.

Clark, G. E., y otros (1998). “Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA., USA”. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 3, 1, 59–82 pp.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Banco Interamericano del Desarrollo (BID), (2000). Un tema de desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres (LC/MEX/L.428), México, D.F., Sede Subregional de la CEPAL en México.

CEPAL, (2003). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. México, D.F. CEPAL y Banco Mundial.

CEPAL, (2009). Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Santiago de Chile.

CEPAL, (2010). La economía del cambio climático en América Latina. Sinopsis 2010 (LC/G.2474), Santiago de Chile.

Ciurean, Roxana L. y otros, (2013). “Conceptual Frameworks of Vulnerability assessments for Natural Disasters Reduction”. En Tiefenbacher, John. *Approaches to disaster management examining the implications of hazards, emergencies and disaster*. Consultado en <https://www.intechopen.com/books/authors/approaches-to-disaster-management-examining-the-implications-of-hazards-emergencies-and-disasters/conceptual-frameworks-of-vulnerability-assessments-for-natural-disasters-reduction> el 20 de noviembre de 2015.

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático, México. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 157 pp.

CICC, (2012). Programas que comprenden medidas para facilitar la adecuada adaptación al cambio climático en México. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. Gobierno federal. 127-188 pp.

Conde, A. C. (2000). “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales”. *Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM, México*.

Conde, C. (2006). “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso (los retos en las investigaciones actuales)”. En: Urbina J. y Martínez J (eds). Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Psicología, México, 157-169 pp.

Consejo Nacional de Población (CONAPO), (1991). Sistema de ciudades y distribución espacial de la población en México. Tomo I. México D.F. 142 pp.

Consejo Nacional de Población (CONAPO), (2010). Dinámica demográfica 1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030. SEGOB. CONAPO. México D.F. Consultado en http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Cuadernos/15_Cuadernillo_Mexico.pdf el 15 de febrero de 2014.

Consejo Nacional para la Evaluación de la Política Social (CONEVAL), (2010). Informe de la Pobreza en México. El país, los estados y sus municipios. México, D.F. CONEVAL. Consultado en https://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/INFORMES_Y_PUBLICACIONES_PDF/Informe_de_Pobreza_en_Mexico_2010.pdf. 15 de noviembre de 2015.

Constantino Roberto M. y Hilda R. Dávila I., (2011). Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México. *Política y Cultura*, otoño 2011, núm. 36, 15-44 pp.

Cutter, S.L. y Solecki, W.D. (1989). The national pattern of airborne toxic releases. *The Professional Geographer* 41, 149-161 pp.

Cutter, Susan, L., (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in human geography*, 20, 529-539 pp.

Dazé, A., y otros, (2009). “Vulnerabilidad climática y análisis de la capacidad manual”. *Care International*. 43 pp.

D’Ercole, Robert y otros, (2009). “Vulnerabilidades urbanas en los países andinos”. Introducción general. *Bulletin de l’Institut Français d’Études Andines*. No. 38 (3): 401-410 pp.

De Oliveira Bruno Ventura, Augusto y Paulo da Cunha Lana, (2014). “A new empirical index for assessing the vulnerability of peri-urban mangroves”. *Journal of Environmental Management*. No. 145. 289-298 pp.

Delgado R. C. (Cons) (2013). Riesgo en contextos urbanos. *Marco conceptual*. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja. Disponible en: http://www.femica.org/noticias/marco_conceptual.pdf. Consultado el 25 de septiembre de 2013.

Delgado Villasmil, Jesús R., (2002). “Hacia una planificación urbana para la reducción de riesgos ambientales: Vulnerabilidad urbana del área metropolitana de Caracas”. *Revista Urbana*; 7(30):25, jun, 2002, 1-24 pp. Disponible en: http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=DESASTRES&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=16951&indexSearch=ID_ Consultada el 30 junio de 2013.

Desinventar, (2014). Sistema de inventario de efectos de desastres. La red. Consultado en <https://www.desinventar.org/es/database> el 25 de enero de 2014.

Diario oficial de la federación, (2012). Ley General de Protección Civil. Nueva Ley publicada el 6 de junio de 2012.

Diario oficial de la federación, (2017). Reglas de operación del Programa de Prevención de Riesgos, para el ejercicio fiscal 2017. Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU). Consultado en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5468350 15 de enero de 2017.

Dow, K., y Downing, T. E, (1995). Vulnerability research: where things stand. *Human Dimensions Quarterly* 1, 3-5 pp.

Downing, T. y Patwardham, A. (2006). "Technical paper 3: Vulnerability assessment for climate change adaptation"., en: Lim, B., Spanger, E. (Eds.), *Adaptation Policy Framework*. United Nations Development Program., New York, USA, 251 pp.

Durán Rosado Esteban, (1978). *Crónicas retrospectivas: Fundación de Progreso. La primera huelga ferrocarrilera de Yucatán*. Mérida, Yucatán, Gobierno del estado, 1-68 pp.

Eakin, Hallie y Luis A. Bojórquez Tapia, (2008). "Insights into the Composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environmental Change*. Vol.18. 112-127 pp.

Easter, C., (1999). Small states development: A common wealth vulnerability index. *The round table* 351, 403-422 pp.

Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD), (2008). *Plataforma temática en riesgo urbano y otros entornos municipales en América Latina y el Caribe, Documento técnico de referencia*, Bogotá. Colombia.

EIRD, (2010). *La gestión del riesgo urbano en América Latina: Recopilación de artículos. Plataforma temática de riesgo urbano. En Línea.* http://www.unisdr.org/files/11118_eird.pdf.

Euán-Avila Jorge I., García de Fuentes Ana, 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., García de Fuentes Ana, 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.

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja. (2010). *Riesgo en contextos urbanos. Marco conceptual*. Ginebra, Suiza. Consultado en <https://es.scribd.com/doc/167154662/Riesgo-Urbano-Esp> el 15 de agosto de 2015.

Fernández María Augusta (Comp.) (1993). *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*. La red. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 140 pp.

Frausto Oscar, Ihl Thomas, J. Rojas, et al., (2006). “Áreas susceptibles de riesgo en localidades de pobreza extrema en el sur de Yucatán”. *Revista Teoría y praxis*. No 2. 87-103 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. 221 pp.

Frías Bobadilla W. Romeo y Rubén (1970). Un proyecto de cien años. El puerto de abrigo, Progreso, Yucatán, Ediciones El Faro. 49 pp.

Frías Bobadilla W. Romeo y Rubén (1976). Municipio de Progreso. Historia de su cabecera, Progreso, Yucatán, Ediciones El Faro. 47 pp.

Frías Bobadilla W. Romeo (1994). Propuesta para realizar obras de beneficio social en la ciudad de Progreso, Yucatán. Programa Nacional de Solidaridad. SEDESOL. 55 pp.

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, 146 pp.

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.

Gabor, T. y T.K. Griffith, (1979). The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents. Unpublished paper for emergency planning research conference, arnpriori, Ontario, June 29-30.

Galindo L. Miguel, Escalante, Roberto y Norman Asuad, (2004). “El proceso de urbanización y el crecimiento económico en México”. *Estudios demográficos y urbanos*. mayo-agosto. No. 56. 289-312 pp.

García, Enriqueta (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta Edición. México D.F: Instituto de Geografía. UNAM.

García Acosta, Virginia. (2002). “Una visita al pasado. Huracanes y/o desastres en Yucatán”. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. Vol. 17. No. 223. 3-15 pp.

Gay García Carlos (Comp) (2000). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p.

Gobierno del estado del Yucatán, (1989). Primer informe de gobierno. Respuestas a las preguntas del poder legislativo. Lic. Víctor Manzanilla Schaffer. Mérida. Yucatán. 313-330 pp.

Gobierno del estado del Yucatán, (2003). Segundo informe de gobierno. Nota técnica. Anexo huracán Isidoro. Lic. Patricio J. Patrón Laviada. 1-39 pp.

Gobierno del estado del Yucatán, (2006). Quinto informe de gobierno. Desastres naturales. Lic. Patricio J. Patrón Laviada. 421-426 pp.

Gobierno del estado del Yucatán, (2011). Atlas de peligros de fenómenos naturales en el estado de Yucatán. Gobierno del estado del Yucatán, Dirección estatal de protección civil, Servicio Geológico Mexicano y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Mérida. 709 pp.

Gómez de Travesedo, N. y P. Sáenz R., (Cons) (2009). Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana. Documento de contribución al Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta a Desastres. Comisión Europea de ayuda humanitaria. 111 pp.

Gordon McGranahan, Deborah Balk and Bridget Anderson, (2007). “The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones”. *Environment and Urbanization*. No 19. 17 pp.

Heltberg, R., Siegel, P. B., y Jorgensen, S. L., (2009). “Addressing human vulnerability to climate change: Toward a ‘no-regrets’ approach”. *Global Environmental Change*. No.19 (1), 89-99 pp.

Herrera Silveira J. y otros, (2004). “Los usos y abusos de la zona costera en la península de Yucatán”. En Rivera A. E., Villalobos Zapata G., y otros (Edits), (2004). El manejo costero en México. Universidad Autónoma de Campeche-Semarnat-Cetys-UQRoo. 387-396 pp.

Hewitt, K. and I. Burton (1971). *The Hazardousness of a Place: a regional ecology of damaging events*. University of Toronto Press.

Hinkel Jochen, (2011). “Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science–policy interface”. *Global Environmental Change*. No. 21.198–208 pp.

Hizbaron y otros, (2012). “Urban Vulnerability in Bantul District, Indonesia”. *Towards Safer and Sustainable Development. Sustainability*. No. 4, 2022-2037 pp.

Ihl Thomas y Oscar Frausto (2014). El cambio climático y los huracanes en la península de Yucatán. En 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 42-49 pp.

Instituto Nacional de Ecología (INE), (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. Primera Edición. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México D.F. 122 pp.

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.

INEGI, (2010). *Marco geoestadístico nacional*. Consultado en www.inegi.org.mx. Consultado el 25 de agosto de 2014.

INEGI, (2016). *Mapa digital de México*. En línea <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=> Consultado el 10 de agosto de 2016

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/geoelectoral/viewer.html#> Consultado el 15 de febrero de 2016.

Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), (1996). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. Grupos de Trabajo II*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, (1997). Informe especial del IPCC. Impacto regional del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad. Contribución de los Grupos de Trabajo II. Intergovernmental Panel on Climate Change. (IPCC).

IPCC, (2001). Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part of the Working Group II Contribution to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Panel Intergubernamental de Cambio Climático, WMO, UNEP, Ginebra, Suiza, 91 pp.

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. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, (2012). Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Contribución de los Grupos de Trabajo I y II. Bonn. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Islebe Gerald A., Torrescano-Valle Nuria, y otros, (2009). “Efectos del impacto del huracán Deán en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México”. *Foresta veracruzana*. Vol. 11, No. 1. 6 pp.

Jabareen Yosef, (2012). “Vulnerability of cities to extreme space weather events: A new frontier of a multidisciplinary urban research”. *Natural Science*. Vol.4. No.6. 368-371 pp.

Jauregui, Ernesto, (2003). “Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico”. *Atmósfera* [online]., vol.16, n.4, 193-204 pp.

Jiménez, José. María. Moreno. El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. Dpto. Métodos Estadísticos. Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza. En línea https://www.researchgate.net/profile/Jose_Maria_Moreno-Jimenez/publication/264855456_EL_PROCESO_ANALITICO_JERARQUICO_AHP_FUNDAMENTOS_METODOLOGIA_Y_APLICACIONES/links/5436925e0cf2dc341db35f98.pdf Consultado el 15 de agosto de 2016.

Kaly, U., y otros, (1999). “Environmental vulnerability index (EVI) to summarize national environmental vulnerability profiles”, en: SOPAC (Ed.), Technical Report Suva, Fiji.

Kaly, U. y Pratt, C. (2000). “Environmental vulnerability index: Development and provisional indices and profiles for Fiji, Samoa, Tuvalu and Vanuatu”, in: SOPAC (Ed.), Technical report 306, p. 89.

Keipi Kari, Mora Castro Sergio y Pedro Bastidas, (2005). Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo. Lista de preguntas de verificación (“Checklist”). Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C. 51 pp.

Kelly, P. M., y Adger, W. N. (2000). “Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation”. *Climatic Change*. No 47(4). 325-352 pp.

Lampis, Andrea (2010). Pobreza y riesgo medioambiental: Un problema de vulnerabilidad y desarrollo. Consultado en http://www.desenredando.org/public/varios/2010/2010-08-30_Lampis_2010_Pobreza_y_Riesgo_Medio_Ambiental_Un_Problema_de_Desarrollo.pdf el 15 de marzo de 2014.

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*. Vol. 22, Num. 2, julio-diciembre. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia 17-33 pp.

Landa Rosalva; Magaña Víctor y Neri Carolina, (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. SEMARNAT. 135 pp.

Lavell, Allan, (1999). Gestión de riesgos ambientales urbanos. FLACSO-La red. 15 pp.

Lavell, Allan, (2010). “Desastres urbanos: una visión global”. Woodrow Wilson Center and ASIES Guatemala publication.

Leff, Enrique, (2004). Racionalidad ambiental La reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI editores. México D.F.

Leichenko Robin, (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Volume 3, Issue 3,, 164-168 pp.

Liverman, D. M., (1990). "Vulnerability to global environmental change". En Kasperson, R. E., Dow, K., Golding, D., Kasperson, J. X. (Eds.). "Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risk Analysis and Management". Clark University, Worcester, MA. Ch. 26, 27-44 pp.

Luers, A.L., Lobell, D.B., y otros, (2003). "A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, México". *Global Environmental Change*. No. 13, 255-267 pp.

Lungo, Mario, (Comp.) (2002). Riesgos urbanos. San Salvador. Istmo Editores. 127 pp.

Lupo Anthony R., (Edit) (2011). "Recent hurricane research climate, dynamics, and societal impacts". *Published by in tech*. India. 616 pp.

Magaña Rueda Víctor y Carlos Gay García, (2002). "Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus Impactos ambiental, social y económicos". *Gaceta Ecológica*. No. 65. octubre-diciembre. 7-23 pp.

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 Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 17-27 pp.

Mansilla, E. (2000). Riesgo y ciudad (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Arquitectura).

Mansilla, Elizabeth, (2005). "Katrina, Stan y Wilma: tres desastres en busca de un paradigma". *El cotidiano. Revista de la realidad mexicana*. No 134. 11-19 pp.

Mansilla, Elizabeth, (2010). Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: La Irregularidad y el Acceso al Suelo. ISDR. UNDP. OSSO. 28 pp.

Mansilla, Elizabeth, (2011). "Reducción local del riesgo: Hol-box sin palabrerías". *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*. La Red. 9 pp.

Maskrey, Andrew, (Comp.) (1993). Los desastres no son naturales. La Red (Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina). Bogotá. 140. pp.

Meli, R., Bitrán, D., y Santa Cruz, S., (2005). El impacto de los desastres naturales en el desarrollo: documento metodológico básico para estudios nacionales de caso.

En: CEPAL y BID. El impacto de los desastres naturales en el desarrollo: Documento metodológico básico para estudios nacionales de caso. 54 pp.

Mendonça, Magaly, (2010). “A vulnerabilidade da urbanização do centro sul do Brasil frente à variabilidade climática”. *Mercator. Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará*. Vol. 9. No 1, diciembre. 135-151 pp.

Mendoza Velázquez, Francisco. A., (2011). Metodología: Indicadores de vulnerabilidad ante fenómenos naturales para Centroamérica y República Dominicana. CEPRENADEC. AECI-PNUD.

Meyer-Arendt, K.J., (1991). Hurricane Gilbert: Storm of the Century, *Geojournal* 23 (4): 323-325.

Meyer-Arendt, K.J., (1999). “Impacto ambiental provocado por el cambio del uso de suelo en la zona de Progreso, Yucatán”. En UADY, (1999). Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán, México City, pp. 259-261.

Milanés Célene y Alicia Pacheco, (2011). “Asentamientos costeros en la bahía de Santiago de Cuba: estudio de su vulnerabilidad urbana”. *Arquitectura y Urbanismo*. Vol. XXXII. No. 3.18-27 pp.

Monterroso, Rivas Alejandro, I., (2012). Contribución al estudio de la vulnerabilidad a cambio climático en México. Tesis Doctoral en Geografía. FFyL. 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.

Müller, A. y otros (2011). “Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach a case study for Santiago de Chile”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. No, 11. 2107–2123 pp.

Murnane Richard J. y Kam-biu Liu, (2004). Hurricanes and Typhoons. Past, Present, and Future. Columbia University Press.

Mustafa, D., (1998). Structural Causes of Vulnerability to Flood Hazard in Pakistan. *Economic Geography*, 74(3):289-305 pp.

Naciones Unidas, (2012). Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales. Ginebra. 103 pp.

Nicholls, R. J., y otros, (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9: 569-587 pp.

National Oceanic and Atmosphere Agency (NOAA), (2015). Datos de Huracanes / Tropicales. Consultado en <http://weather.unisys.com/hurricane/index.php> el 15 de mayo de 2014.

O'Brien, K.L., y otros, (2004). "Vulnerable or resilient? A multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway". *Climatic Change* 64, 193-225 pp.

Organización de los Estados Americanos (1991), Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C.

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, (2012). Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales. UNISDR. Nairobi. 101 pp. Disponible en <http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/> Consultado el 11 de octubre de 2013.

O'Keefe, P., y otros, (1976). Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature*, 260:566-567 pp.

Olazabal Salgado Marta, (2010). El análisis de la vulnerabilidad urbana como clave para la definición de estrategias de adaptación al cambio climático. Ponencia. 10. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid. 22 al 26 de noviembre de 2010.

Olmos Santiago (2001). Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Concepts, Issues, Assessment Methods. Climate Change Knowledge Network. Disponible en www.cckn.net. Consultado el 14 de septiembre de 2014.

Orellana, Roger, Espadas, Celene, Conde, Cecilia y Carlos Gay, (2009). Atlas de escenarios de cambio climático en la península de Yucatán. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). 111 pp.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2005). Programa de ciclones tropicales. N° 494, Informe PCT-30. Asociación Regional IV (América del Norte, América Central y el Caribe). Plan Operativo sobre Huracanes. Ginebra-Suiza 12 pp.

Ornés Vásquez Sandra y Rosa M. Chacón, (2009). La gestión de riesgo ambiental como eje de la planificación urbana e indicador de desarrollo local. Disponible en: http://www.idea.unal.edu.co/eventos/CisdaIV/ponencias/E11_Ecologia_territorio/E11_sandra_ornes.pdf Consultado el 25 de junio de 2013.

Pacheco C. J., Lugo P. J.A., y L. Ma. Tzuc Canché, (2010). Impactos del huracán “Isidoro” en comisarías y subcomisarias de Mérida. Plaza y Valdés editores e Universidad Autónoma de Yucatán. 120 pp.

Pacheco Cárdenas L.A. y Luis R. Dzib E., (2004). Análisis de vulnerabilidad del equipamiento del sistema de abastecimiento de agua potable de Progreso, Yucatán, como elemento de apoyo en situaciones de riesgo por amenaza de huracanes. Tesis de licenciatura en Ingeniería civil. Mérida. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán.

Paré Luisa y Julia Fraga, (1994). La costa de Yucatán: Desarrollo y vulnerabilidad ambiental. México D.F. Cuadernos de investigación. UNAM. No. 23. 120 pp.

Peraza G., M. T., (Coord) (1995). Procesos territoriales de Yucatán. Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. 433 pp.

Pijawaka, K. D., y Radwan, A. E., (1985). Transportation of hazardous materials. Risk assessment and hazard management. *DANG. PROP. INT. MATER. REP.* 5(5):2-11 pp.

Prates da Fonseca Alves, Humberto, Durand Alves Claudia y otros, (2010). “Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana”. *Est. Pop. Rio de Janeiro*. Vol. 27. No 1. 141-159 pp.

Priego de Arjona Mireya (1973), Origen y evolución de Progreso, Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma del Estado de Yucatán. 25 pp.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (PNUMA) (1989). Evaluación de los Impactos Económicos del Huracán Gilbert sobre los Recursos Marinos y Costeros en Jamaica. Informe Técnico del PAC No. 4. 102 pp.

Quezada Sergio, (2001). Breve historia de Yucatán. Serie breve historia de los estados de la república mexicana. Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México. 288 pp.

Quezada Domínguez Delfín y Romeo Frías Bobadilla, (2006). Puerto Progreso Yucatán. Pasado y presente. Ayuntamiento de Progreso. Colegio Yucatanense de Antropólogos A.C. ISBN. 968-5480-75-3. 194 pp.

Quiroz Rothe, Héctor, (2006). “Urbanismo reciente y nuevas identidades en México”. *Revista Historia Actual Online*. No. 9. Invierno, 2006. 53-61pp.

Rebotier, Julien, (2013). La vulnerabilidad urbana: reducción de riesgo y emancipación social. Ejemplos en Venezuela. INCEISAL. 2013: Memoria, presente y porvenir. 6 pp.

Red de estudios sociales en prevención desastres en América Latina (La Red). Inventarió histórico de desastres. Consultado en www.desinventar.org

Rodríguez Esteves Juan. M., (2002). “Los desastres naturales en Mexicali, B.C: diagnóstico sobre el riesgo y la vulnerabilidad urbana”. *Frontera Norte*, enero-junio, Vol. 14. No. 027. *Colegio de la Frontera Norte*. Tijuana, México.

Rodríguez V. J. C. (2011). “Planificación urbana en perspectiva: una mirada a nuestra formación en teoría de la planificación urbana”. *Quivera*, Vol. 13, núm. 2, julio-diciembre, pp. 232-258. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40119956012> Consultado el 11 de octubre de 2013.

Rodríguez Velázquez, Daniel, (2001). “El desafío de la planeación para prevenir desastres en México” en *Ciudades*. No 52, octubre-diciembre. 10-17 pp.

Romero Lankao Patricia y David Dodman, (2011). “Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. No 3. 142–149 pp.

Romero Lankao, Patricia y Qin, Hua, (2011). “Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change”. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. No. 3. 142–149 pp.

Romero Lankao, Patricia, Qin, Hua y Katie Dickinson, (2012). “Urban vulnerability to temperature-related hazards: A meta-analysis and meta-knowledge approach”. *Global Environmental Change*. No. 22. 670–683 pp.

Romo Aguilar María de Lourdes, (2006). Vulnerabilidad a riesgos físicos. Poniente de Ciudad Juárez, Chihuahua. Tesis doctoral. UAM-Xochimilco. 245 pp.

Rosengaus Moshinsky. M, Jiménez Espinosa M. y Vázquez Conde M.T. (2002). Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. México D.F. Secretaría de Gobernación (SEGOB) y Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 106 pp.

Rubiano, D. y F. Ramírez, (2008). Guía técnica para la interpretación y aplicación de análisis de amenazas y riesgo para propósitos de planificación y gestión territorial. Documento preparado para el proyecto de Prevención de los Desastres de la Comunidad Andina de Naciones (PREDECAN).

Ruiz Meza, L. Elena, (2014). “Adaptive capacity of small-scale coffee farmers to climate change impacts in the Soconusco region of Chiapas, Mexico”. *London. Publisher: Taylor & Francis*. Published online: 24 de Marzo de 2014.

Ruth, M., y Ibararán, M. E. (Ed). (2009). “Distributional impacts of climate change and disasters: concepts and cases”. *Edward Elgar Publishing*. 216 pp.

Saaty, Thomas, (1988). *The analytical hierarchy process*. Mc Graw Hill.

Salas Serrano Julián, (2007). “Vulnerabilidad, pobreza y desastres ‘socionaturales’ en Centroamérica y El Caribe”. *Informes de la Construcción*. Vol. 59. No. 508. octubre-diciembre. 29-41 pp.

Sánchez Novelo, Faulo, (1978). *Notas sobre el Cacicazgo de Ceh-Pech y su capital Motul*. Comisión Editorial Gobierno del Estado de Yucatán. 49 pp.

Sánchez Rodríguez Roberto A. y Adriana Bonilla (Edit), (2007). *Urbanización, Cambios Globales en el Ambiente y Desarrollo Sustentable en América Latina*. Instituto Interamericano para la Investigación sobre Cambio Global (IAI), Instituto Nacional de Ecología – (INE) y United Nations Environment Programme (UNEP). São José dos Campos, Brasil. 216 pp.

Sánchez Rodríguez, Roberto A., (Ed), (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI). Santiago. 157 pp.

Sarewitz Daniel., y otros, (2003). *Vulnerability and Risk: Some Thoughts from a Political and Policy Perspective*. *Risk Analysis*, 23: 805–810 pp.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, (SAHOP), (1982). Programa de prevención y atención de emergencias urbanas para el centro de población de Motul, Yucatán. Dirección general de prevención y atención de emergencias urbanas. 47 pp.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, (SAHOP), (1997). Programa de prevención y atención de emergencias urbanas para el centro de población de Progreso, Yucatán. Dirección general de prevención y atención de emergencias urbanas. 47 pp.

Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), (2010). Diagnóstico nacional de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres. México D.F. 128 pp.

Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), (2011). Atlas de peligros de Progreso, Yucatán, 2011. Elaborado por Servicios Integrales SIKÁ SC. Mérida. 52 pp.

Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), (2012). Guía municipal de acciones frente al cambio climático. Con énfasis en desarrollo urbano y ordenamiento territorial. México D.F. 121 pp.

Secretaría de Gobernación (SEGOB), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), (2000). Ciclones tropicales. Serie Fascículos. No. 5. México D.F. 52 pp.

Secretaría de Gobernación (SEGOB), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), (2006). Evaluación de la vulnerabilidad física y social. México D.F. 166 pp.

Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), (2012). *Plan operativo de inundaciones de Progreso, municipio de Progreso, Yucatán*. CONAGUA. Mérida. Yucatán.

Sepúlveda. S, Sergio, (2008). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José. 120 pp. Sitio web: www.iica.int/desrural.

Shitangsu Kumar Paul, (2013). Vulnerability concepts and its application in various fields: a review on geographical perspective. *Journal Life Earth Sci.*, Vol. 8: 63-81 pp.

Simbieda J. W., Cremeen R. y Bruce P. Baird., (2001). “Desastres: hacia un paradigma enfocado a la recuperación”. *Revista Ciudades*. No 52, octubre-diciembre 2001. 49-53 pp.

Simioni, Daniela “Ciudad y desastres naturales. Planificación y vulnerabilidad urbana” en Balbo, M., Jordán, R., y Simioni, Daniela, (Eds.), (2003). *La ciudad inclusiva*. No. 88. United Nations Publications, 279-304 pp.

Smit, B., y Wandel, J. (2006). “Adaptation, adaptive capacity and vulnerability”. *Global environmental change*. No. 16(3). 282-292 pp.

Smit, B., Burton, I., y otros, (2009). ”An anatomy of adaptation to climate change and variability”, en: Schipper, L., Burton, I. (Eds.), *The Earthscan reader on adaptation to climate change*. The Earthscan Reader, Sterling VA, USA, 459 pp.

Soares Denise, Millán Gemma e Isabel Gutiérrez (Coord) (2014). Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México. Jiutepec, Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 316 pp.

Soares Denise, Munguía M. Teresa, Millán Gemma y otros (2014). Vulnerabilidad y adaptación en Yucatán: Un acercamiento desde local y con enfoque de género. Jiutepec, Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 278 pp.

Solecki William y Cynthia Rosenzweig, (2014). “Climate Change, Extreme Events, and Hurricane Sandy: From Non-Stationary Climate to Non-Stationary Policy”. *World Scientific Publishing Company*. J Extreme Events, Vol. 1, No. 1. 20 pp.

Sosa H., M. y A. del Sol H., (1997). “Variación del estado del mar al paso de las ondas tropicales por el mar Caribe”. *Revista de Ciencia y Tecnología* 21. No. 1-2. 53-61 pp.

Stallings, Robert A. (1997). Sociological Theories and Disaster Studies. Conference at Inaugural Distinguished Lecture on Disaster and Risk at the Disaster Research Center. Department of Sociology and Criminal Justice. University of Delaware, Newark. 17 April. USA. 21 pp.

Timmermann, P., (1981). Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society. No. 1 en *Environmental Monograph*. Institute for Environmental Studies, University of Toronto.

Torres, Concepción y Otros, 2014: “Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación del agua subterránea en Yucatán”, *Revista Ecosistemas y recursos agropecuarios*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, vol. 3, núm. 1, pp. 189-203.

Tromeur E. y otros, (2012). “Urban vulnerability and resilience within the context of climate change”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. No, 12. 1811–1821 pp.

Tudela Fernando, (2004).” México y la participación de países en desarrollo en el régimen climático”. En Martínez Julia y Adrián Fernández Bremauntz (Comp). *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología (INE) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México D.F. 155-175 pp.

Ulrich, Beck, (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Título original. Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine endere moderne. Publicado por Suhrkamp, Francfort del Meno. 1ra edición. Editorial Páidos Básica. México. 304 pp.

Universidad Autónoma de Yucatán, (1999). *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán*, UADY, México City.

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

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). *Reducing urban risk and vulnerability*. A thematic paper submitted for discussion at the UN-HABITAT/UN-ISDR. Working meeting on vulnerability assessment and reducing urban risk, Madrid, 7 to 9 September 2004.

UN Habitat. (2011). *Global report on human settlements 2011: Cities and Climate Change*. *United Nations Human Settlements Program, Earthscan*.

United Nations Environment Programme, (UNEP), (2013). *Research Priorities on Vulnerability, Impacts and Adaptation*. Responding to the climate change challenge. Nairobi. 46 pp. Disponible en: <http://www.unep.org/pdf/DEW1631NA.pdf>. Consultado 14 de octubre de 2013.

United State Agency for International Development (USAID), (2007). *Adapting to climate variability and change. A guidance manual for development planning*. USAID. Washington, DC. 24 pp.

Valdivia Camilo, (2008). “Estudios de vulnerabilidad sobre el fondo habitacional”. *Arquitectura y Urbanismo*. Vol. XXIX. No. 2-3. 68-73 pp.

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.

Villalvazo P. P., Corona M. J. P. y S. García M., (2002) “Urbano-rural, constante búsqueda de fronteras conceptuales”. *Revista de información y análisis*. No 20. 17-24 pp.

Voskamp, I.M. y F.H.M. Van de Ven, (2014). “Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events”. *Building and Environment*. No. XXX. 1-9 pp.

Watson, R.T., y otros (1996). *Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses*. Cambridge University Press, Cambridge.

Weichselgartner J. y J. Bertens, (2000). Natural disasters: acts of God, nature or society? On the social relation to natural hazards. *Risk Analysis II, C.A. Brebbia (Editor)*. 3-12 pp.

Welti, C. (Editor), (1998). *Demografía I. México D.F.: PROLAP-II SUNAM*

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.

Wisner, B. (1976). *Man-Made Famine in Eastern Kenya: The interrelationship of Environment and Development*. Brighton, England, Institute of Development Studies at the University of Sussex.

Wolf, S., y otros, (2013). Clarifying vulnerability definitions and assessments using formalisation. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 5(1):54-70 pp.

Yáñez-Arancibia, A., y otros, (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*,4(2), 3-19 pp.

Zenteno Casas Mauricio y otros, (2006). Estadísticas de los daños por viento causados a las estructuras por el huracán Wilma en el caribe mexicano. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Puerto Vallarta, Jalisco, 2006. 1-19 pp.

ANEXOS

Tabla 1. Ley General de Protección Civil

Capítulo	Contenido	Artículos
I	Disposiciones generales	1-6
II	De la protección civil	7-13
III	Del sistema nacional de protección civil	14-25
IV	Del consejo nacional de protección civil	26-31
V	Del comité nacional de emergencias	32-34
VI	De los programas de protección civil	35-40
VII	De la cultura de protección civil	41-45
VIII	De la profesionalización de la protección civil	46-48
IX	De la escuela nacional de protección civil, capacitación, acreditación y certificación	49-50
X	De los grupos voluntarios	51-53
XI	De la red nacional de brigadistas comunitarios	54-56
XII	De los instrumentos financieros de gestión de riesgos	57-65
XIII	Del fondo de protección civil	66-67
XIV	De las donaciones para auxiliar a la población	68-72
XV	De las medidas de seguridad	73-77
XVI	De los particulares	78-81
XVII	De la detección de zonas de riesgo	82-90
XVIII	De la atención a la población rural afectada por contingencias climatológicas	91-94

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2012.

Tabla 2. Reglamento de la Ley General de Protección Civil

Capítulo	Contenido	Artículos
Capítulo I	Disposiciones generales	1-4
Capítulo II	De la coordinación nacional de protección civil	5
Capítulo III	De la gestión integral de riesgos	6-7
Capítulo IV	De los grupos voluntarios	8-13
Capítulo V	De la imagen institucional del emblema distintivo del sistema nacional	14-21
Capítulo VI	De la escuela nacional de protección civil	22-23
Capítulo VII	De la atención a situaciones de emergencia y desastre	24-30
Capítulo VIII	De las donaciones para auxiliar a la población	
Capítulo IX	Del consejo nacional de protección civil	39-49
Capítulo X	Del comité nacional de emergencias y del centro nacional de comunicación y operación de protección civil	50-55
Capítulo XI	De los comités científicos de asesores del sistema nacional	56-61
Capítulo XII	De los sistemas de monitoreo y alerta temprana	62-63
Sección I	De las características de los sistemas de alerta temprana	64-65
Sección II	De las responsabilidades y participación de los integrantes del Sistema nacional en los sistemas de alerta temprana	66-69
Capítulo XIII	De los programas de protección civil	70-79
Capítulo XIV	Del registro de particulares y dependencias públicas que ejercen la actividad de asesoría, capacitación, evaluación, elaboración de programas internos de protección civil	80-91
Capítulo XV	De la cultura de protección civil	92-98
Capítulo XVI		
Sección I	De los instrumentos financieros de gestión de riesgos	99-101
Sección II	De las declaratorias de emergencia y desastre	102-103

Sección III	De la prevención de desastres de origen natural	104-108
Capítulo XVII	Del análisis de riesgos	109-111
Capítulo XVIII	De los atlas de riesgos	112-114

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2014.

Tabla 3. Ley General de Cambio Climático

Título	Capítulo	Contenido	Artículos
1ro		Disposiciones generales	1-4
2do	De la federación, las entidades federativas y los municipios	Distribución de competencias	5-12
3ro	Capítulo 1	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	13-22
3ro	Capítulo 2	De la coordinación de evaluación	23-25
4to	Capítulo 1 Principios	Política nacional de cambio climático	26
4to	Capítulo 1 Adaptación	Política nacional de cambio climático	27-30
4to	Capítulo 1 Mitigación	Política nacional de cambio climático	31-37
5to	Capítulo 1. Disposiciones Generales	Sistema nacional de cambio climático	38-44
5to	Capítulo 2	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)	45-50
5to	Capítulo 3	Consejo de Cambio Climático (CCC)	51-57
5to	Capítulo 4	Instrumentos de planeación	58-59
5to	Capítulo 4	Sección I. Estrategia nacional	60-64
5to	Capítulo 4	Sección II. Programas	65-73
5to	Capítulo 4	Capítulo V. Inventario	74-75
5to	Capítulo 4	Capítulo VI. Sistema de información sobre el cambio climático	76-79
5to	Capítulo 4	Capítulo VII. Fondo para el cambio climático	80-86
5to	Capítulo 4	Capítulo VIII. Registro	87-90
5to	Capítulo 4	Capítulo IX. Instrumentos económicos	91-95
5to	Capítulo 4	Capítulo X. Normas oficiales mexicanas	96-97

6to		Evaluación de la política nacional de cambio climático	98-105
7mo		Transparencia y acceso a la información	106-108
8vo		De la participación social	109-110
9no	Capítulo 1	Inspección y vigilancia	111-112
9no	Capítulo 2	Medidas de seguridad	113
9no	Capítulo 3	Sanciones	114-116
		Artículos transitorios	1-10

Fuente: Diario Oficial de la Federación (2012).

Tabla 4. Reglamento de la Ley General de Cambio Climático

Capítulo	Contenido	Artículos
Capítulo I	Disposiciones generales	1-9
Capítulo II	Del registro nacional de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero	10
Capítulo III	Sistema de monitoreo y reporte	
Sección I	Monitoreo	11
Sección II	Reporte	12-15
Capítulo IV	Verificación	
Sección I	Sistema de verificación	16-18
Sección II	Organismos acreditados y aprobados para la verificación de emisiones o certificación de su reducción	19-23
Capítulo V	Vinculación con otros registros federales o estatales	24-25
Capítulo VI	Incorporación de proyectos de Mitigación, reducción o absorción de Emisiones	26-29
	Artículos transitorios	1-8

Fuente: Diario Oficial de la Federación (2014).

Tabla 5. Esquema operativo de las instituciones federales relacionadas con el riesgo, vulnerabilidad y cambio climático.

Institución	Programas	Con quién se relacionan de acuerdo a los instrumentos o programas:			
		Federal	Estatal	Municipal	Otros
SINAPROC	Atlas Nacional de Riesgos	SEGOB			
	Sistema de Alerta temprana para Ciclones tropicales	SEGOB	Gobierno del Estado	Gobierno Municipal	
	Riesgos Geológicos	SEGOB	Gobierno del Estado	Gobierno Municipal	
CENAPRED	Atlas Nacional de Riesgos	SEGOB			
	Sistemas de alerta hidrometeorológica	SEGOB, CONAGUA			Instituto de Ingeniería (UNAM)
	Estación Meteorológica	SEGOB			
SEDESOL	Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH)				

	Apoyo a los Vecindados en Condiciones de Pobreza Patrimonial para Regularizar Asentamientos Humanos Irregulares (PASPRAH)				
CONAFOR	Programa nacional forestal (PRONAFOR)	SEMARNAT, SEDENA, SEDESOL, SAGARPA, SRA, SE, SECTUR y CNA	Delegaciones estatales		
INECC	Cambio Climático	SEMARNAT			
	Economía Ambiental	SEMARNAT			
	Prevención y Manejo de Riesgos	INIFAP	Delegaciones estatales		
SEDENA	PLAN DN-III-E	CONAFOR, INECC, SEGOB	Gobiernos Estatales	Gobiernos Municipal	Población civil
SEGOB	Coordinación General de Protección Civil	SEDENA, SEMAR	Gobiernos Estatales	Gobiernos Municipal	Población civil
SEMAR	Plan Marina	CONAFOR, INECC, SEGOB	Gobiernos Estatales	Gobiernos Municipal	
SEMARNAT	Programa Especial de Cambio Climático (PECC)				

Fuente: Elaboración propia con el apoyo de la Dra. María de Lourdes Romo (2013).

Tabla 6. Categorización de los ciclones tropicales y sus efectos según la escala Saffir-Simpson.

Tipo y severidad	Velocidad del viento*	Efectos
Depresión Tropical (DT)	62 km/h o inferior	Lluvias que pueden llegar a causar graves daños e incluso inundaciones.
Tormenta Tropical (TT)	63 a 118 km/h	Lluvias abundantes que pueden provocar inundaciones devastadoras. Vientos fuertes que pueden generar tornados.
Huracán categoría 1 Daños mínimos	119-153 km/h	Danos principalmente a arboles arbustos y casas móviles que no hayan sido previamente aseguradas. Danos ligeros a otras estructuras. Destrucción parcial o total de algunos letreros y anuncios pobremente instalados. Marejadas de 1.2 a 1.5 metros sobre lo normal. Caminos y carreteras en costas bajas inundadas; daños menores a los muelles y atracaderos. Las embarcaciones menores rompen sus amarres en áreas expuestas
Huracán		Danos considerables a árboles y arbustos, algunos derribados. Grandes danos a casas móviles en áreas expuestas. Extensos danos a letreros y anuncios. Destrucción parcial de algunos techos, puertas y

<p>categoría 2</p> <p>Daños moderados</p>	<p>154-177 km/h</p>	<p>ventanas. Pocos daños a estructuras y edificios. Marejadas de 1.8 a 2.4 metros sobre lo normal. Carreteras y caminos inundados cerca de las costas. Las rutas de escape en terrenos bajos se interrumpen 2 a 4 horas antes de la llegada del centro del huracán. Danos considerables en millones de pesos. Las marinas se inundan. Las embarcaciones menores rompen amarras en áreas abiertas. Se requiere la evacuación de residentes de terrenos bajos en áreas costeras.</p>
<p>Huracán categoría 3</p> <p>Daños extensos</p>	<p>178-208 km/h</p>	<p>Muchas ramas son arrancadas a los grandes árboles derribados. Anuncios y letreros que no estén sólidamente instalados son llevados por el viento. Algunos daños a los techos de edificios y también a puertas y ventanas. Algunos danos a las estructuras de edificios pequeños. Casas móviles destruidas. Marejadas de 2.7 a 3.6 metros sobre lo normal, inundando extensas áreas de zonas costeras con amplia destrucción de muchas edificaciones que se encuentren cerca del litoral. Las grandes estructuras cerca de las costas son seriamente dañadas por el embate de las olas y escombros flotantes. Las vías de escape en terrenos bajos se interrumpen 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del huracán debido a la subida de las aguas. Los terrenos llanos sobre el nivel del mar son inundados tierra adentro. Posiblemente se requiera la evacuación de todos los residentes en los terrenos bajos a lo largo de las zonas costeras</p>
		<p>Árboles y arbustos son arrasados por el viento. Anuncios y letreros son arrancados o destruidos. Hay extensos daños en techos, puertas y ventanas. Se produce colapso total de techos y algunas paredes en</p>

<p>Huracán categoría 4</p> <p>Daños extremos</p>	<p>209-251 km/h</p>	<p>muchas residencias pequeñas. La mayoría de las casas móviles son destruidas o seriamente dañadas. Se producen, marejadas de 3.9 a 5.4 metros sobre lo normal. Los terrenos llanos de 3 metros o menos sobre el nivel del mar son inundados hasta 9 kilómetros tierra adentro. Hay grandes daños a los pisos bajos de estructuras cerca de las costas debido al influjo de las inundaciones y el batir de las olas llevando escombros. Las rutas de escape son interrumpidas por la subida de las aguas 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del huracán. Posiblemente se requiera una evacuación masiva de todos los residentes dentro de un área de unos 500 metros de la costa y también de terrenos bajos hasta 3 kilómetros tierra adentro.</p>
<p>Huracán categoría 5</p> <p>Daños catastróficos</p>	<p>Mayores a 252 km/h</p>	<p>Árboles y arbustos grandes arrancados de raíz. Daños de gran consideración a los techos de los edificios. Los anuncios y letreros arrancados, destruidos y llevados por el viento a considerable distancia, ocasionando a su vez más destrucción. Daños muy severos y extensos a ventanas y puertas. Hay colapso total de muchas residencias y edificios industriales. Se produce una gran destrucción de cristales en puertas y ventanas que no hayan sido previamente protegidos. Muchas casas y edificios pequeños derribados o arrasados. Destrucción masiva de casas móviles. Se registran mareas muy superiores a 5.4 metros sobre lo normal. Ocurren daños considerables a los pisos bajos de todas las estructuras a menos de 4.5 metros sobre el nivel del mar hasta más de 500 metros tierra adentro. Las rutas de escape en terrenos bajos son cortadas por la subida de las aguas entre 3 a 5 horas antes de la llegada del centro del</p>

		huracán. Posiblemente se requiera una evacuación masiva de todos los residentes en terrenos bajos dentro de un área de 7.5 a 15 kilómetros de las costas. Situación caótica
--	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera de los Estados Unidos de América (NOAA por sus siglas en Inglés). <http://www.noaa.gov/>. Consultado el 15 de abril de 2015. *Velocidad media en un minuto

Tabla 7. Base de datos de los indicadores por subíndices

Secciones	E1	E2	E3	E4	E5
31252661	15.25	23.87	42.28	94.81	85.18
31252662	15.25	23.87	42.28	94.81	83.75
31252663	15.25	23.87	42.28	93.94	81.24
31252664	15.25	23.87	42.28	93.94	79.66
31252665	15.25	23.87	42.28	96.43	85.72
31252666	15.25	23.87	42.28	96.43	78.04
31252667	15.25	23.87	42.28	96.43	80.06
31252668	15.25	23.87	42.28	96.43	88.07
31252669	15.25	23.87	42.28	95.98	87.82

31252670	15.25	23.87	42.28	96.43	71.34
----------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Donde:

3252660 = Sección electoral

E1 = Resultado del indicador 1 del subíndice sensibilidad

Tabla 8. Aplicación del método de estandarización para la unificación de las unidades.

Secciones	E1	E2	E3	E4	E5
3152661	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	-0.705438675	0.60213972
3152662	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	-0.705438675	0.323619825
3152663	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	-1.513096549	-0.164618855
3152664	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	-1.513096549	-0.473032589
3152665	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.80891984	0.707490983
3152666	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.80891984	-0.789387716

3152667	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.80891984	-0.395689457
3152668	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.80891984	1.167382312
3152669	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.392471248	1.117388818
3152670	0.01	-3.55271E-13	-7.10543E-13	0.80891984	-2.095293042
Media Arit	15.25	23.87	42.28	95.56	82.09
Desv Stand	0.01	0.01	0.01	1.07	5.13

Fuente: Elaboración propia

Donde:

E1 = Indicador estandarizado para cada sección electoral

Calculado de la siguiente manera:

$$E1 = \frac{\text{Resultado del indicador 1} - \text{Media aritmética}}{\text{Desviación estándar}}$$

Tabla 9. Jerarquización o ponderación de los indicadores estandarizados

Secciones	E1	E2	E3	E4	E5
3152661	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	-0.077237811	0.052742165
3152662	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	-0.077237811	0.028346262
3152663	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	-0.165667505	-0.01441917
3152664	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	-0.165667505	-0.041433511
3152665	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.088567866	0.061970013
3152666	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.088567866	-0.06914345

3152667	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.088567866	-0.034658931
3152668	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.088567866	0.102252465
3152669	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.042971305	0.097873473
3152670	0.004379562	-7.77966E-14	-1.03729E-13	0.088567866	-0.183529318
X	0.44	0.15	0.11	0.22	0.09

Fuente: Elaboración propia

Donde:

E1 = Indicador ponderado para cada sección electoral

Calculado de la siguiente manera:

E1 = resultado del indicador estandarizado para cada sección electoral * valor ponderador del indicador X

Tabla 10. Construcción del Índice de Vulnerabilidad Urbana por Ciclones Tropicales (IVUCT)

Secciones	Exposición	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	IVUCT
3152661	-0.004023217	-3.094412726	-1.200795781	-0.299213387
3152662	-0.008902397	-0.648840402	6.506793221	-2.05484534
3152663	-0.035141423	-1.10093934	6.703876049	-2.279985604
3152664	-0.040544291	0.575234833	1.335067989	0.066540851
3152665	0.030983488	1.795867555	-5.365748146	2.730866396
3152666	0.004760796	1.538957727	-2.581670042	1.708462855
3152667	0.011657699	-1.213147898	2.259318491	-0.820269563

3152668	0.039039979	-2.865298635	-0.037715844	-0.596180938
3152669	0.029044868	1.72635896	-5.365748146	2.707050658
3152670	-0.018116378	-2.511289117	-1.503377791	-0.008675901

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Exposición = Indicador promedio de exposición por sección electoral

Calculado de la siguiente manera:

Exposición = Resultado del indicador ponderado $(E1 + E2 + E3 + E4 + E5) / 5$



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

Toluca, México, 02 de octubre de 2017.

**MTRO. MARCELINO GARCÍA BENÍTEZ
DR. SALVADOR ADAME MARTÍNEZ
P R E S E N T E S**

El que suscribe, Dr. en C. A. Carlos Alberto Pérez Ramírez, Director Editorial de la Revista *Quivera* (ISSN 1405-8626) de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, comunica a ustedes que su artículo intitulado **“Propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad por ciclones tropicales en ciudades expuestas”** ha sido aceptado, razón por la cual se incorporará al proceso de edición para su publicación correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo su valiosa colaboración, reciban un cordial saludo.

ATENTAMENTE

“2017. Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

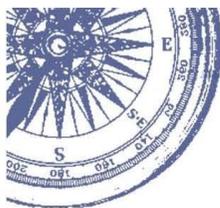


**DR. EN C.A. CARLOS ALBERTO PÉREZ RAMÍREZ
DIRECTOR EDITORIAL DE LA REVISTA QUIVERA**

c.c.p. Archivo

Mariano Matamoros Sur s/n esq. Paseo Tollocan
Col. Universidad C.P. 50130, Toluca, Estado de México
Tels: (722) 212-1938, 212-9246 y 219-4613
www.uaemex.mx/fapur/





León, Guanajuato a 27 de octubre de 2017

Estimado Marcelino García Benítez:

Nos complace informarle que su artículo titulado:

“Urbanización e impacto de los ciclones tropicales en la ciudad de Progreso de Castro, Yucatán”

Escrito en coautoría con Salvador Adame Martínez y Alejandro Alvarado Granados

Fue **aceptado** el: **02/10/2017**

Será publicado en el Número 19, Vol. 9 Noviembre de 2017 de nuestra Revista. Desde su creación **Nova Scientia** ha implementado un sistema de arbitraje doble ciego que garantice el rigor en el análisis de los artículos.

Usted podrá consultar la revista en la siguiente dirección:

<http://novascientia.delasalle.edu.mx>

Le agradecemos su valiosa contribución y esperamos seguir contando con sus aportaciones en los próximos números.



ATENTAMENTE
Rolando Pérez Álvarez
Dr. Rolando Pérez Álvarez
Editor de la Revista



Revista de Investigación de la Universidad De La Salle Bajío

Nova Scientia ISSN 2007 - 0705 está indizada en los siguientes catálogos:

CONACyT <http://www.conacyt.gob.mx/Indice/Paginas/Indice8.aspx>

Latindex <http://www.latindex.org/buscador/ficRev.html?folio=19346&opcion=1>

DOAJ <http://www.doaj.org/openurl?genre=journal&issn=20070705>

Redalyc <http://www.redalyc.org/src/inicio/HomRevRed.jsp?CveEptRev=2033>

Actualidad Iberoamericana <http://www.citrevistas.cl/b2.htm>

Dialnet <http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=13824>

PERIODICA http://biblat.unam.mx/index.php?valor=disciplinas/rev_disciplinas.php&id_disciplina=23

e-revist@s <http://www.erevistas.csic.es/index.php>

Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre, C.P. 37150, León, Guanajuato México. Tel. 52 477 7108500