



Facultad de Ciencias Económicas

Trabajo Final de Carrera

Incidencia del Cambio Climático Inducido en los  
Destinos Turísticos. El Caso de la Riviera Maya  
(Quintana Roo, México)

Alumno: Lucía Valentina Conti

Matrícula: 23.304

Carrera: Licenciatura en Hotelería (308)

E-mail: [luciaaconti@gmail.com](mailto:luciaaconti@gmail.com)

Turno:Mañana

Tutor: Prof. María Jimena Jobe (Legajo 30.148)

## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi agradecimiento principalmente a mi familia, que me ha brindado la posibilidad de llevar a cabo la carrera elegida y me ha apoyado en cada altibajo a lo largo de la misma y en mis elecciones laborales.

A la Universidad de Belgrano, por brindarme las herramientas necesarias para el mundo laboral y a cada profesor que cada día se entregan con tanta vocación y profesionalismo.

A la profesora María Jimena Jobe, que me ha guiado desde el primer momento en la planificación y desarrollo de este TFC, comprendiendo perfectamente la idea a plantear.

A mis compañeras de cursada, actualmente colegas, con las cuales hemos llevado a cabo grandes proyectos en el marco de las diferentes asignaturas y me han motivado a finalizar este TFC.

## Resumen

El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEIs) en la atmósfera, como consecuencia de diferentes actividades antropógenas como la deforestación, la quema de combustibles fósiles en fuentes fijas (principalmente industrias) y móviles (medios de transporte) y la actividad agrícola-ganadería, entre otras, es la principal causa del acelerado incremento de la temperatura global y otros fenómenos asociados que se atribuyen al cambio climático inducido.

Considerando el desarrollo de este Trabajo Final de Carrera (TFC), en primer lugar se definieron conceptos teóricos de importancia para el análisis posterior: cambio climático natural e inducido, efecto invernadero, GEIs, principales países emisores de GEIs, causas y efectos generales del cambio climático y respuesta mundial internacional. Además, se expuso la relación “víctima-verdugo” entre dicha problemática ambiental global y la actividad turística, en el sentido que ambos se ven influenciados y afectados mutuamente (Pulido-Fernandez & López-Sanchez, 2014)

Seguidamente, y como centro de la investigación realizada, este TFC analizó el impacto del cambio climático inducido sobre algunos destinos que conforman la Riviera Maya, cómo afecta la situación mencionada al turismo y cómo éste le hace frente al problema en cuestión. Además, se indagó en las medidas que se llevaron o están llevando a cabo en materia de mitigación y adaptación, junto con los desafíos a futuro con respecto a dicho sector económico

Los efectos observados y proyectados del cambio climático inducido en el destino seleccionado, cómo así también las acciones de mitigación y adaptación, indican que los principales desafíos a encarar se vinculan con el el aumento medio del nivel del mar, el incremento de la temperatura, la erosión costera, el sargazo, el blanqueamiento de arrecifes y la pérdida de biodiversidad, junto con el crecimiento de la incidencia e intensidad de los eventos climáticos extremos.

Finalmente, se puede afirmar que se han alcanzado los objetivos planteados al inicio de este TFC, si bien a nivel de destino quedan muchos retos a mediano y largo plazo sobre los cuales trabajar.

## Índice

<b>Capítulo 1: Introducción</b>	<b>8</b>
1.1 Fundamentación	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo General	9
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Metodología	10
<b>Capítulo 2: Marco Teórico</b>	<b>13</b>
2.1 Clima y Cambio Climático	13
2.2 Efecto Invernadero	16
2.3 Causas e Impactos del Cambio Climático Inducido	17
2.3.1 Principales Países Emisores de GEIs	17
2.3.2 Principales Causas	21
2.3.3 Evolución de la Concentración de GEIs a Nivel Mundial	23
2.3.4 Efectos Observados	29
2.3.5 Efectos Proyectados	44
2.4 Respuesta Mundial	47
2.4.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	47
2.4.2. Protocolo de Kyoto	49
2.4.3. Acuerdo de París	51
2.5 El Turismo ante el Cambio Climático Inducido	52
<b>Capítulo 3: Caso de Análisis. Riviera Maya (Quintana Roo, México)</b>	<b>57</b>
3.1 Localización	57
3.2 Aspectos Físico-ecológicos	60
3.2.1 Clima	60
3.2.2 Relieve	61

3.2.3 Flora	62
3.2.4 Fauna	65
3.2.5 Paisaje	66
3.3 Aspectos Socioeconómicos	67
3.3.1 Población	67
3.3.2 Salud	68
3.3.3 Educación	68
3.3.4 Actividad Económica	69
3.4 Efectos Observados del Cambio Climático Inducido	75
3.4.1 Aumento de la Temperatura Promedio	78
3.4.2 Incremento en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos	79
3.4.3 Cambio en patrones de precipitaciones y tormentas	87
3.4.4 Incidencia en la salud	101
3.4.5 Aumento del nivel del mar	116
3.4.6 Mayor erosión costera: Sargazo y refracción de oleaje	118
3.4.7 Blanqueamiento de corales	130
3.4.8 Acidificación del océano	134
3.4.9 Pérdida de biodiversidad	135
3.4.10 Aumento del consumo energético y de agua potable	137
3.4.11 Mayor demanda de cobertura de seguros	140
3.5 Efectos proyectados 2050 - 2080	140
3.6 Estrategias de Mitigación y Adaptación Turística	150
<b>Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>164</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>170</b>

## Índice de Figuras y Tablas

Figura 2.1: Tipos y causas del cambio climático	15
Figura 2.2: Esquema del efecto invernadero	17
Figura 2.3: Principales países emisores de GEIs (%)	18
Figura 2.4: Emisores de GEIs de México	20
Figura 2.5: Porcentaje de emisiones por gas en México	20
Figura 2.6: Emisiones antropógenas anuales de GEIs (1970-2010)	21
Figura 2.7: Emisiones de GEIs a nivel mundial	24
Figura 2.8: Emisiones de GEIs a nivel mundial y por sector	25
Figura 2.9: Concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera (2014)	26
Figura 2.10: Concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera (2016)	26
Figura 2.11: Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub>	27
Figura 2.12: Promedio global de concentraciones de GEIs	28
Figura 2.13: Anomalías de temperatura media global	30
Figura 2.14: Evolución del aumento de la temperatura media mundial (1885-2018)	30
Figura 2.15: Extensión mensual promedio del hielo marino del Ártico (1979-2019)	33
Figura 2.16: Evolución de la pérdida de la capa de hielo en el Ártico	33
Figura 2.17: Variaciones de las capas de hielo en el Ártico	35
Figura 2-18: Variaciones de las capas de hielo de la Antártida (2002-2019)	35
Figura 2.19: Variaciones de Eagle Island por la ola de calor en Febrero 2020	36
Figura 2.20: Antes y después de las grandes masas de hielo	37
Figura 2.21: Capa de nieve mundial en Diciembre de 2019	40
Figura 2.22: Cambios ocasionados en el nivel medio del mar	41
Figura 2.23: Precipitaciones total mundial anual (Enero a Octubre de 2019)	43
Figura 2.24: Anomalías en el contenido de calor oceánico	44
Figura 2.25: Proyecciones para el período 2081-2100 considerando el escenario 1985-2005	46
Figura 3.1: Ubicación del estado de Quintana Roo	59
Figura 3.2: Localización de la Riviera Maya y sus destinos turísticos.	60
Tabla 3.1: Distribución de la población de la Riviera Maya (2010)	67
Figura 3.3: Población del estado de Quintana Roo empleado en el sector turismo (2014)	70

Figura 3.4: Producción bruta total por sector (2013)	72
Figura 3.5: Principales ramas según la producción bruta total (2013)	73
Figura 3.6: Producción bruta total por municipio (2013)	74
Figura 3.7: Ingresos por municipio del estado de Quintana Roo (2013)	75
Figura 3.8: Riesgo-Vulnerabilidad y peligro	76
Figura 3.9: Principales impactos negativos del calentamiento global sobre la Riviera Maya	77
Figura 3.10: Grado de riesgo por temperaturas extremas a escala municipal.	79
Tabla 3.2: Clasificación de huracanes	80
Figura 3.11: Comparación del peligro y riesgo entre la costa este y la costa oeste de México	81
Figura 3.12: Precipitación total anual 1961-1990 (escenario base)	88
Figura 3.13: Precipitaciones anuales acumuladas en la Península de Yucatán (mm)	89
Figura 3.14: Comparación de precipitaciones mensuales 2019 versus período 1981-2010	91
Figura 3.15: Clasificación de inundaciones en la Riviera Maya	95
Figura 3.16: Áreas de la Riviera Maya vulnerables ante inundaciones	96
Figura 3.17: Peligro versus riesgo de la Riviera Maya a sufrir sequías	98
Figura 3.18: Áreas afectadas por sequías (Junio 2011)	99
Figura 3.19: Comparación de niveles de sequías en Mayo y Septiembre de 2014 y 2019	100
Figura 3.20: Vías por las que Cambio Climático Inducido afecta a la salud humana.	102
Figura 3.21: Número de defunciones por las olas de calor (2002-2010)	103
Figura 3.22: Muertes por golpe de calor en Quintana Roo (2010-2017)	104
Figura 3.23: Factores que influyen en la mala calidad del aire	106
Figura 3.24: Porcentaje de defunciones por enfermedades respiratorias en México (2012)	107
Figura 3.25: Infecciones respiratorias agudas en México 2020	108
Figura 3.26: Muertes por IRA en México (Enero-Marzo 2020)	108
Figura 3.27: Evolución de las EDA en México (1984-2017)	110
Figura 3.28: Entidades federativas con mayor número de casos de EDA (2006-2012)	111
Figura 3.29: Casos confirmados de Dengue en Quintana Roo (2015-2016)	113
Figura 3.30: Casos confirmados de Dengue en Quintana Roo (2019-2020)	114
Figura 3.31: Casos de Malaria en México (1989-2019)	115
Figura 3.32: Casos de Malaria en México (2006-2018)	116
Figura 3.33: Desarrollo turístico y erosión costera en la Riviera Maya (1988)	119

Figura 3.34: Desarrollo turístico y erosión costera en la Riviera Maya (2015)	120
Figura 3.35: Erosión costera en Puerto Morelos (2015)	121
Figura 3.36: Erosión costera en Playa del Carmen (2015)	122
Figura 3.37: Erosión costera en Akumal (2015)	123
Figura 3.38: Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico en la Riviera Maya (2004-2012)	123
Figura 3.39: Grado de erosión costera y acreción en destinos turísticos mexicanos	124
Figura 3.40: Volumen de sargazo removido en las playas de Quintana Roo. Agosto 2015	126
Figura 3.41: Evolución del sargazo en la Riviera Maya	128
Figura 3.42: Comportamiento del oleaje en la Riviera Maya proveniente del noreste	129
Figura 3.43: Comportamiento del oleaje en la Riviera Maya proveniente del sur	130
Figura 3.44: Salud del arrecife Mesoamericano correspondiente a México (2016)	132
Figura 3.45: Análisis subregional de la salud arrecifal en la Riviera Maya	133
Figura 3.46: Saturación de aragonito en el mar Caribe (1989-2012)	135
Figura 3.47: Consumo energético en hoteles de México (2013)	138
Figura 3.48: Consumo energético por habitación por noche en hoteles de México	138
Figura 3.49: Consumo de energía y emisiones totales en hoteles de México (2013-2014)	139
Figura 3.50: Cambio de temperatura media anual (°C) en la Riviera Maya (2020-2050-2080)	142
Figura 3.51: Promedio de las proyecciones del aumento de la temperatura anual (%) regionalizados en la Riviera Maya bajo los escenarios A1B y A2	143
Figura 3.52: Cambio en la precipitación media anual (%) en la Riviera Maya	144
Figura 3.53: Promedio de las proyecciones de cambio en precipitación anual (%) bajo el escenario A2 (2020-2050-2080)	144
Figura 3.54: Zonas afectadas ante un escenario de incremento de dos metros del nivel del mar en México	145
Figura 3.55: Proyecciones de inundaciones en Quintana Roo por el aumento del nivel del mar	146
Figura 3.56: Proyecciones previstas sobre la biodiversidad en América Latina para el 2050	147
Figura 3.57: Proyecciones para el turismo según la percepción de los stakeholders	149
Figura 3.58: Pilares de la ENCC-Visión 10-20-30 (2013)	151
Figura 3.59: Logros de la iniciativa del turismo bajo en carbono (2010-2014)	156

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Fundamentación

Los gases de efecto invernadero (GEIs), de los cuales el principal en volumen es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se hallan en la atmósfera de manera natural y son esenciales para la supervivencia de todas las formas de vida actualmente en la Tierra.

Pero después de más de un siglo y medio de actividad industrial, deforestación, quema de biomasa y combustibles fósiles, actividades agrícola-ganaderas intensivas, etc; las cantidades de GEIs en la atmósfera se han incrementado; es decir, a medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hacen las emisiones de ese tipo de gases a causa de la intervención antrópica.

Este incremento a gran escala de los GEIs es el causante de los acelerados aumentos de temperatura y otros fenómenos que se están registrando con mayor frecuencia e intensidad que en otros momentos históricos, motivo por el cual no puede hablarse únicamente de un cambio climático de origen natural sino que este necesariamente se haya potenciado por la incidencia de la acción antrópica antes descrita.

Hoy en día nadie quiere asumir sus obligaciones ambientales pero si todos quieren ir de vacaciones y viajar donde abunda la naturaleza. Cuando viajamos y nos trasladamos también se producen estos GEIs, y se ven afectados los diferentes destinos.

Según las consideraciones preliminares de la Organización Mundial del Turismo (OMT) a lo largo de los años el turismo se ha vuelto una actividad la cual representa gran parte del Producto Bruto Interno (PBI) de muchos países y en el año 2018 se registraron 1.400 millones de llegadas de turistas internacionales, lo cual conlleva a un crecimiento del 6% sobre el 2017 (OMT, 2019).

La OMT esperaba esa cifra de turistas internacionales para el año 2020 pero -como se mencionó en el párrafo anterior- la misma se alcanzó dos años antes de lo esperado y preveen que el turismo crezca de manera constante en los próximos decenios, a un ritmo de 4-5% anual, sosteniendo que en los próximos 15 años se duplicarán las llegadas de turistas internacionales hasta sumar 1.600 millones en 2020. Las emisiones del turismo también crecen con rapidez, a un ritmo del 152% para el 2035 (OMT, 2007).

Como hace referencia Pulido- Fernández & López Sánchez (2014) "No hay que olvidar que en esta situación el turismo es, a la vez víctima, verdugo" (p. 260).

El desarrollo turístico actual responde a las necesidades de consumo de un sistema actual, el cual hace más vulnerable al turismo ante determinados efectos del cambio climático inducido, como las precipitaciones descontroladas, temperaturas demasiado altas, aumento del nivel del mar, etc. (Pulido- Fernández & López Sánchez, 2014).

Por lo antes expresado, puede verse cómo el turismo representa una actividad que se encuentra en constante crecimiento y en muchos países es la base de las economías nacionales. Sin embargo, no somos totalmente conscientes del daño que pueden causar los visitantes a los diferentes entornos y cómo los destinos son víctimas de las problemáticas causadas por el hombre.

La tendencia a viajar cada vez más lejos y en periodos más cortos, con la preferencia de un transporte que lleva un alto consumo energético, lo que está aumentando la dependencia de energías no renovables, ya que la mayoría de los medios de transporte utilizados son los aviones, incluyendo también el consumo excesivo de agua a diferencia del consumo hogareño, la generación de residuos y el daño a la flora y la fauna local (Pulido- Fernández & López Sánchez, 2014).

Ante esta situación, ¿cuáles son las acciones a llevar a cabo? ¿Buscar mitigar las emisiones de GEIs, adaptarse a la situación y reducir la vulnerabilidad ante los efectos o ambas posibilidades?

Lamentablemente se le ha hecho mucho daño al sistema ambiental, el momento para hacerle frente a las causas de esta problemática es ahora si no queremos más daños irreversibles. Se debe actuar y trabajar estrictamente para no seguir contribuyendo a situaciones de no retorno.

Por lo antes expresado, y tratando de responder a los interrogantes antes planteados, en el siguiente Trabajo Final de Carrera (TFC) se analizará cómo incide el cambio climático inducido - es decir, potenciado por la actividad humana- en algunos destinos turísticos que componen la Riviera Maya (Quintana Roo, México).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar el impacto del cambio climático inducido sobre algunos de los destinos turísticos que conforman la Riviera Maya (Quintana Roo, México) y las medidas que se están implementando para reducir su vulnerabilidad ante dicho fenómeno.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Describir las implicancias del cambio climático inducido y su relación con la actividad turística.
- Detallar las características físicas y socioeconómicas del área de estudio.
- Determinar las acciones que se podrían desarrollar en un futuro para lograr la adaptación de la actividad turística frente al cambio climático inducido.

### 1.3 Metodología

En cuanto a la metodología que se implementará en el TFC será de enfoque cualitativo, que “[...] se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni completamente predeterminados. No se efectúa una medición numérica, por lo cual el análisis no es estadístico” (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010, p. 9).

A continuación, se mencionan las principales características del enfoque abordado (Erazo-Jiménez, 2011; González-López & Ruiz-Hernández, 2011; Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2010):

- Se centra en la comprensión de fenómenos captados de forma activa. Es exploratorio, descriptivo y se halla más orientado al proceso que a los resultados obtenidos.
- Puede considerarse “naturalista”, debido a que estudia objetos y sujetos en su contexto cotidiano, e interpretativo, ya que busca hallar sentido a los fenómenos según los significados dados por las personas y dejando de lado las expectativas del investigador.
- El escenario y/o las personas son vistos en una perspectiva integral.
- No sigue un proceso estricto para el planteamiento del problema de estudio, lo que le otorga cierto dinamismo.
- El muestreo, la recolección de datos y su análisis se abordan casi simultáneamente.
- Los métodos y técnicas de recolección no se hallan estandarizados. Se basan en la observación no estructurada, la revisión de documentos, la entrevista abierta, la discusión grupal, la evaluación de experiencias, etc. Produce datos descriptivos de carácter no numérico y -por ende- sin análisis estadístico (p.e. conducta observable, palabras de las personas), por lo que se considera un modelo empírico.
- En general, las hipótesis -que no son obligatorias- no se prueban y pueden ser adaptadas a medida que se avanza en la recopilación de resultados. Esto le brinda flexibilidad y

carácter recurrente a la investigación. Este TFC se ha planteado sin una hipótesis asociada.

- Se suele comenzar el trabajo con el estudio del “mundo social”, basándose en una lógica inductiva: en otras palabras, se busca el desarrollo de conceptos partiendo de los datos.
- No intenta generalizar, es decir, llevar los resultados probabilísticamente a poblaciones más amplias y/o buscar la replicación de los resultados obtenidos.
- Se enfatiza la validez de la información obtenida sobre la confiabilidad. La evaluación debe tener en cuenta la relación entre los datos recabados y lo que los sujetos dicen/hacen.

El alcance de este TFC será descriptivo. Como señala Sabino (1992) “permite poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes” (p. 48). Dicho en otras palabras, logra mostrar con precisión e identificar las características del objeto de estudio seleccionado, a partir de una descripción lo más detallada, organizada y completa posible del mismo; esto admitirá el desarrollo de proyecciones, conclusiones y/o recomendaciones concretas en base a la situación identificada inicialmente (Sabino, 1992).

Los datos serán obtenidos por diferentes fuentes de información, que aluden a cualquier tipo de documento que cuenta con datos de utilidad para cubrir una demanda específica de conocimiento.

La selección de las fuentes más apropiadas constituye una parte importante del proceso de investigación, lo cual dependerá en gran medida del tipo de pesquisa que se realice a tales efectos.

Teniendo en cuenta el nivel de información y la accesibilidad que otorgan las fuentes a consultar, éstas pueden clasificarse en primarias, secundarias o terciarias (Maranto-Rivera & González-Fernández, 2015; Cabrera-Méndez, 2010)

- Primarias: Proporcionan información nueva y original, que surge como resultado de una labor intelectual. En esta categoría se hallan los libros, las revistas científicas, los periódicos, las publicaciones de instituciones públicas o privadas (incluyendo documentos oficiales, informes técnicos y/o de investigación, etc.), entre otras, que pueden ser accedidas de forma directa o a través de las fuentes secundarias.
- Secundarias: Son aquellas que poseen información resultante como consecuencia del análisis, organización, síntesis y/o reorganización de cualquier documento identificado

como una fuente primaria, a los efectos de convertirlas en accesibles para los actuales o potenciales usuarios. Se citan aquí, por ejemplo, a las antologías, las enciclopedias, los directorios, los catálogos de bibliotecas, las bases de datos y los libros o artículos que interpretan, aclaran y/o comentan uno o varios trabajos previos.

- Terciarias: Hacen alusión a listados que contienen documentos secundarios. Han surgido debido a la abundancia de los antes citados, con el objeto de facilitar su ordenamiento y búsqueda. Cabrera-Méndez (2010) las describe como “bibliografía de bibliografías” (p. 4) e indica que son las que han sido menos trabajadas. Entre ellas se cuenta a las guías de bases de datos y a las de obras de referencia.

Según lo antes expresado, este TFC ha recurrido a fuentes primarias para desarrollo.

## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1 Clima y Cambio Climático

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1989) define al clima como “El conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas<sup>1</sup> caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado”.

Teniendo en cuenta dicha definición, el clima hace referencia a algo multidimensional y será el resultado de las diferentes condiciones atmosféricas que se presenten en cada lugar, y se verán alteraciones y fluctuaciones por ciertos factores que lo condicionan, tales como altitud, latitud, continentalidad, orientación, naturaleza del suelo y vegetación.

Todas las fluctuaciones van a afectar directamente o indirectamente a la biodiversidad de cada sitio y a sus recursos naturales.

Cabe destacar que el clima no es lo mismo que el tiempo, el clima hace referencia al conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas en un determinado período como se mencionó anteriormente, y en cambio el tiempo hace referencia los valores diarios de temperatura, lluvia, presión, viento, etc. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005).

Antiguamente, el clima era considerado como algo totalmente estático; hoy en día ya no es así, y se lo considera como algo totalmente dinámico y cambiante (Linés-Escardo, 2010).

Sin dudas el clima presenta cambios en todo momento, no existe un estado atmosférico igual a otro, sino no existiría el pronóstico y los días serían todos iguales (Linés-Escardo, 2010).

El cambio climático es algo natural y necesario que se debe producir, no siempre se lo debe considerar como algo negativo, pero se está comenzando a ver un cambio climático inducido por causas antropógenas y cada vez las alteraciones se producen con mayor rapidez e intensidad. Y donde el calentamiento global describe solamente a una parte de dicho fenómeno, es decir, al aumento gradual de la temperatura (Figura 2.1).

---

<sup>1</sup> Condiciones atmosféricas: temperatura del aire y sus variaciones con la altura, inversión térmica, precipitaciones e insolación (Universidad de Murcia, s/f).

Por una parte, los “procesos externos tales como la variación de la radiación solar, variaciones de los parámetros orbitales de la Tierra (excentricidad o inclinación), los movimientos de la corteza terrestre y la actividad volcánica son factores que tienen gran importancia en el cambio climático” de origen natural (Pabón, Zea, León et. al, s/f).

La radiación solar es un factor muy importante, ya que en primer lugar permite junto a los GEIs a que se produzca el efecto invernadero, del cual se hablará en el siguiente apartado. Ésta juega un papel fundamental junto a las masas de hielo debido a que:

si cambian sus dimensiones físicas cambia la cantidad de radiación que es reflejada desde la superficie de la Tierra y así se modifica el balance de calor. Las masas de hielo son también enormes depósitos de agua dulce, y al cambiar de volumen cambian la cantidad de agua en estado líquido y gaseoso en la atmósfera, y del agua líquida de los océanos (PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005, p 74).

Hay que tener en cuenta, por otro lado, que se registran variaciones en la radiación solar, porque el sol nunca emite la misma cantidad de energía solar, por lo tanto es probable que esto coadyuve a la generación de un cambio climático netamente natural.

Con respecto a la variación de la órbita terrestre, la excentricidad puede variar con una periodicidad aproximada de 100.000 años, y la inclinación del eje de la tierra puede presentar modificaciones con una periodicidad aproximada de 41.000 años. “Cuanto más largos sean los días, existirá mayor cantidad de energía solar disponible para alcanzar el suelo y calentarlo. Este motivo también contribuye a que los días de verano sean más largos y más calurosos que los días de inviernos” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, p. 66).

Los movimientos de la corteza terrestre<sup>2</sup> derivados de las corrientes de convección del manto, han determinado lentos cambios en el tiempo. La evolución geológica de la Tierra está en íntima relación con su dinámica interna, procesos que justamente determinaron las variaciones en la distribución continental a los largo de millones de años, esa misma dinámica permitió el surgimiento de cordones montañosos, el ensanchamiento de los océanos, las manifestaciones externas a través de la actividad volcánica, sismos o tsunamis” (Barrionuevo, Ayuso, Becerra et. al., 2014 p. 14).

La actividad volcánica es una actividad que sin dudas va acompañada con los movimientos de la corteza terrestre ya que al producirse dichos movimientos, de acuerdo a la intensidad de los mismos y el tipo de manifestación que sea puede surgir la expulsión de lava. Puede ser que en

---

<sup>2</sup> La parte sólida del planeta Tierra está constituido por distintas capas concéntricas, a saber: corteza (capa externa, de un espesor aproximado de 20 Km), el manto (capa rocosa y sólida que se extiende hasta los 2.885 Km y comprende más del 82 % del volumen terrestre) y el núcleo (esfera central, comienza a los 2.900 Km por debajo de la superficie, está principalmente formado por hierro metálico en aleación en un 10% con níquel, azufre y otros elementos, donde las temperaturas pueden superar los 6.700° C (Barrionuevo, Ayuso, Becerra et. al., 2014).

algunas ocasiones no se llegue a expulsar lava pero sí cenizas, las cuales quedan en la atmósfera y pueden dificultar la llegada de los rayos ultravioletas a la superficie terrestre, y darían como resultado un cambio climático natural.

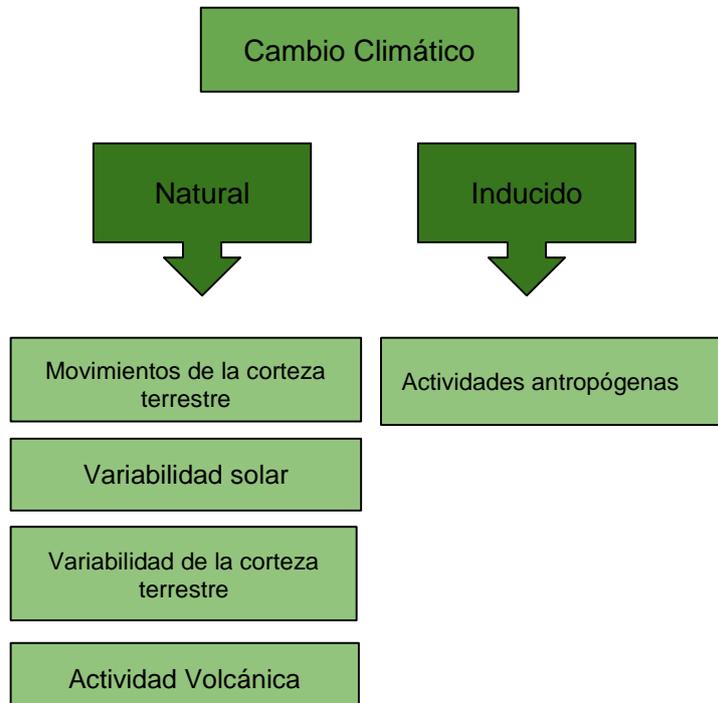
Moviéndonos hacia el cambio climático inducido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1994) define al calentamiento global como un “cambio identificable del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial, y que se suma a la variabilidad climática natural, observada en periodos de tiempo comprobables”.

El cambio climático inducido es el mayor desafío que debemos afrontar, un momento totalmente decisivo para todo el planeta, ya que es una problemática que nos afecta a todos desde pautas meteorológicas cambiantes, hasta el aumento del nivel del mar.

Es muy instructiva la respuesta de Kellog (1978, citado en Linés-Escardo, 2010).

Nosotros todavía no podemos predecir los cambios naturales del clima, ni quizá lo que vaya a pasar más allá de un par de meses, pero probablemente estemos en condiciones de predecir los efectos de las actividades humanas en algunos de los factores de los sistemas climáticos (p. 5).

Figura 2.1: Tipos y causas del cambio climático



Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener una temperatura del planeta apropiada para la vida, al retener parte de la energía que proviene del sol, y es el mismo que incide para que los parámetros térmicos de la superficie terrestre se vean alterados.

La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a la Tierra. Su composición química incluye mayoritariamente a dos gases: nitrógeno (N), en un 78% y oxígeno (O) en un 21%. El 1% restante está formado por diversos gases entre los que los más abundantes son el argón (Ar) en un 0,9% y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aproximadamente un 0,03% (Caballero, Lozano & Ortega, 2007). Este último gas, presente en proporciones tan bajas, es -sin embargo- de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera.

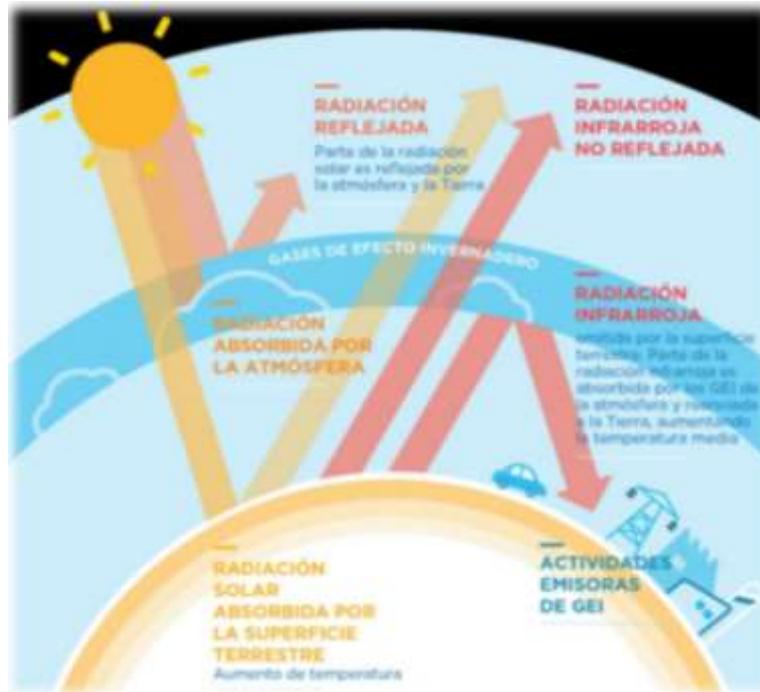
Los GEIs que se pueden encontrar naturalmente en la atmósfera son principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Por otro lado, éstos pueden inyectarse a la misma también debido a la actividad humana, la que también incluye ciertos gases que solamente se generan de forma antrópica; entre los más importantes, se destacan los hidrofluorocarbonos (HFC), el perfluorocarbono (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005).

Si se observa la Figura 2.2 se puede comprender de manera más simple en qué consiste el efecto invernadero y cuál es el vínculo que lo une a los GEIs.

Cuando la superficie terrestre absorbe la radiación solar incidente, se calienta, pero mantenerse en un equilibrio dinámico y no superar la temperatura media que requiere, emite radiación infrarroja para eliminar parte del calor recibido.

Esa radiación infrarroja en parte se pierde en el espacio y en parte es captada en la baja atmósfera por los GEIs que allí se encuentran (ya descritos precedentemente), aumentando la temperatura planetaria global promedio en 33° C (de -18° a 15°C) y permitiendo de este modo condiciones favorables para el desarrollo de las formas de vida que actualmente habitan la Tierra (PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005).

Figura 2.2: Esquema del efecto invernadero



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2017

## 2.3 Causas e Impactos del Cambio Climático Inducido

En este apartado se incluirá información relativa a dicho fenómeno desde los siguientes aspectos:

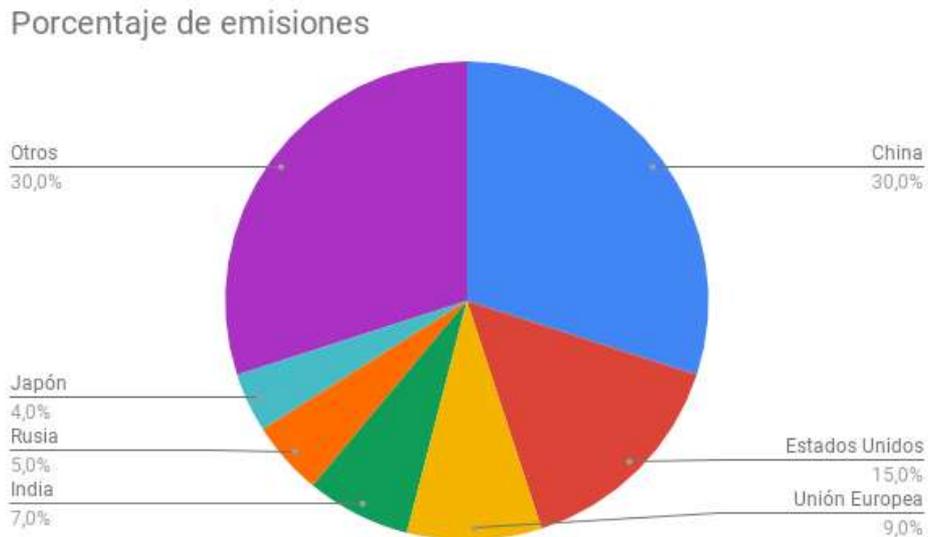
- Principales causas, incluyendo GEIs emitidos, actividades y principales países emisores a nivel internacional.
- Impactos observados y proyectados.
- Incidencia sobre la actividad turística.

### 2.3.1 Principales Países Emisores de GEIs

Según el Centro de Análisis de Información de Dióxido de Carbono -pertenece a la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos-, en 2014 China fue el responsable de la generación del 30% de las emisiones de dicho gas a nivel mundial (2.806.634 kilotoneladas), seguido de Estados Unidos con el 15% (1.432.855 kilotoneladas), UE

con el 9%<sup>3</sup> (786.941 kilotoneladas, India con el 7% (610.411 kilotoneladas), Rusia con el 5% (465.052 kilotoneladas) y Japón con el 4% (331.074 kilotoneladas) (Figura 2.3).

Figura 2.3: Principales países emisores de GEIs (%)



Fuente: Elaboración propia, con datos de la APA, 2017 y Banco Mundial, 2019.

### *México y sus Emisiones de GEIs*

Considerando que este TFC tendrá como región geográfica de análisis a la Riviera Maya, se han incluido los datos relativos a México.

Dicho país cuenta con su Inventario Nacional de GEIs, el cual se utiliza como herramienta para comprender el origen de las emisiones de todo el territorio. El mismo es de gran importancia ya que es un instrumento para diseñar y llevar a cabo políticas y estrategias de reducción de dichos gases.

“En 1990, las emisiones de GEI en México fueron de 445 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Es decir entre 1990 y el 2015 las emisiones de México aumentaron un 54%, con una tasa de crecimiento media anual de 1,7% (..)” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, 2015).

---

<sup>3</sup> Según el Banco Mundial, en el año 2019 la Unión Europea emitió 786.941 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>.

En la Figura 2.4 se encuentran las actividades que se llevan a cabo en México y que contribuyen a la emisión de GEIs las cuales suman un total de 683 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>4</sup> (MtCO<sub>2</sub>e) en 2015.

Teniendo en cuenta el total de las emisiones, el 64% proviene del consumo de combustibles fósiles; el 10% surge por los sistemas de producción agropecuaria; el 8% corresponde a los procesos industriales; el 7% debido al manejo de residuos; el 6% procede por las emisiones fugitivas por extracción de petróleo, gas y minería y el 5% restante a causa de actividades agrícolas. En la columna derecha se puede observar la incertidumbre proyectada con respecto a cada actividad<sup>5</sup> (INECC, 2015).

Cabe destacar también que “se contabilizaron 148 MtCO<sub>2</sub>e absorbidas por la vegetación, principalmente en bosques y selvas. El balance neto entre emisiones y absorciones para el año 2015 fue de 535 MtCO<sub>2</sub>e” (INECC, 2015).

---

<sup>4</sup> “La concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente es un parámetro para comparar el forzamiento radiativo de una mezcla de diferentes componentes de forzamiento en un momento determinado, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes por lo que se refiere al cambio climático ni al futuro forzamiento” (IPCC, 2014, p. 130). Es decir, se refiere a la concentración de CO<sub>2</sub> que produciría el mismo forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO<sub>2</sub> y otros GEIs, pero también de aerosoles y de otros procesos que se llevan a cabo en la superficie terrestre. Para calcular la emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente se multiplica la relacionada a un GEI por su potencial de calentamiento global (PCG) en un horizonte temporal determinado. Esto hace que pueda contarse con una escala común para comparar las emisiones de diferentes GEIs, aunque no implica una equivalencia exacta de las respuestas en relación al calentamiento global (IPCC, 2014). Se suele medir en millones de toneladas (MtCO<sub>2</sub>e).

<sup>5</sup> “La incertidumbre se define entre el percentil 2,5 y el percentil 97,5, es decir, los límites se sitúan en un 95% del intervalo de confianza. Dicho cálculo es un beneficio ya que logra ofrecernos una visión general de la situación (...) para así luego elaborar el informe final sobre el inventario de GEIs” (Grupo Consultivo de Expertos de la Convención Marco (GCE), 2012, p. 8).

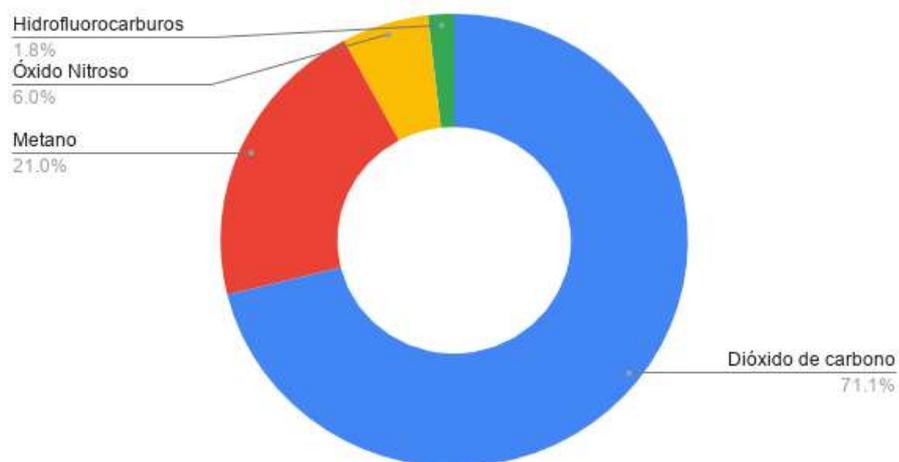
Figura 2.4: Emisiones de GEIs en México

Sector	Emisiones (Mt CO <sub>2</sub> e)	Incertidumbre %
Energía	481	2.26
Ganado	71	4.78
Procesos industriales y uso de productos	54	13.32
Residuos	46	101.48
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra	31	63.19
<b>Total (sin tierra)</b>	<b>683</b>	<b>7.68</b>
Tierra	-148	19.46
<b>Total (con tierra)</b>	<b>535</b>	<b>11.19</b>

Fuente: INECC, 2015

Estas actividades detalladas anteriormente no solamente emiten CO<sub>2</sub>, sino que también son productoras de otros gases que se encuentran en menor volumen en la atmósfera. En la Figura 2.5 se expresa el porcentaje de emisiones por cada gas. El primer lugar indiscutido es para el CO<sub>2</sub> con el valor más elevado (71%), le sigue el CH<sub>4</sub> con el 21%, continúa el N<sub>2</sub>O con un 6%, y en último lugar los HFC con un 1,8%.

Figura 2.5: Porcentaje de emisiones por gas en México



Fuente: Elaboración propia, con datos de INECC, 2015

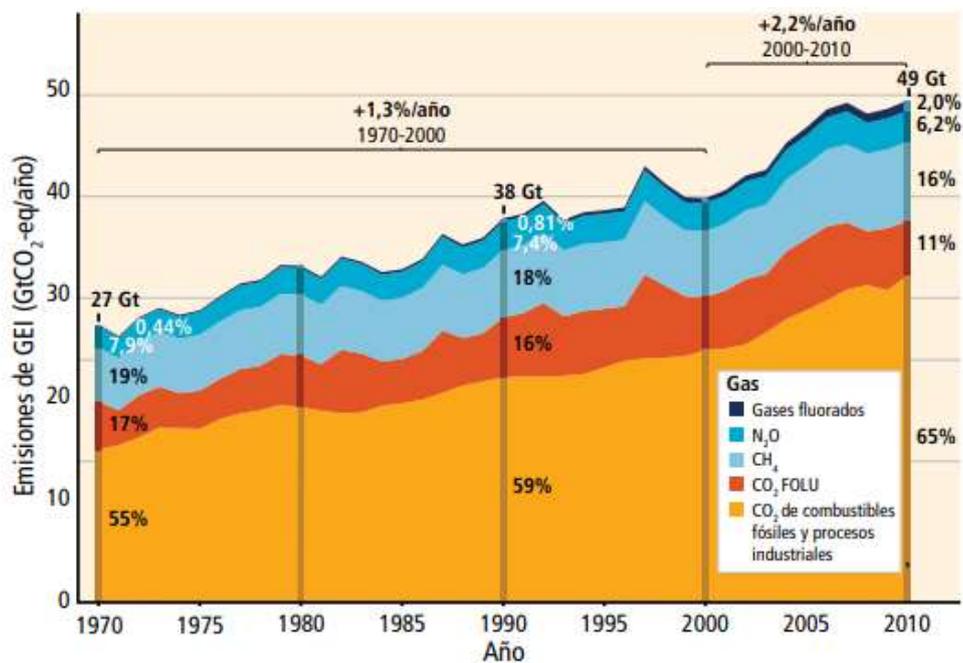
### 2.3.2 Principales Causas

“El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) llegó a la conclusión de que el cambio climático inducido producido desde mediados del siglo XX ha sido debido a la influencia del hombre sobre el medio natural” (IPCC, 1995).

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800.000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (IPCC, 2014, p. 4).

En la Figura 2.6 se observa el aumento progresivo de las emisiones de GEIs, todos procedentes de procesos industriales y quema de combustibles fósiles, analizando que el mayor crecimiento se produce entre el año 2000 y 2010 teniendo en cuenta que en dicho periodo el aumento anual fue de 2,2 %, mientras que desde 1970 al 2000 el crecimiento anual fue de 1,3%.

Figura 2.6: Emisiones antropógenas anuales de GEIs (1970 - 2010)



Fuente: IPCC, 2014

El sector de la energía comprende dos actividades principales relacionadas con la quema de combustibles fósiles, una de las principales causas del cambio climático inducido: la combustión en fuentes estacionarias y la combustión en fuentes móviles. Cada una de estas actividades incluye diversas fuentes que emiten CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Grupo Consultivo de Expertos de la Convención Marco, GCE, 1996).

El CO<sub>2</sub>, se genera cuando el elemento carbono se convierte en un gas. Una molécula de carbono (C) se combina con dos moléculas de O del aire y se convierte en el CO<sub>2</sub>. La respiración y la quema de combustibles (madera, combustibles fósiles) liberan el C, produciéndose CO<sub>2</sub> (GCE, 1996).

Las fuentes estacionarias de combustión hacen referencia a la extracción, la producción y la transformación energética, teniendo en cuenta también la generación de electricidad, el refinado de petróleo, producción de hierro y acero, elaboración de productos químicos, procesamiento de alimentos, producción de metales no ferrosos, producción de papel e imprenta, agricultura, pesca, etc. Las fuentes móviles, en cambio, incluyen a la aviación, el transporte por carretera, el ferroviario y la navegación (GCE, 1996).

La deforestación es otra de las causas de emisión de GEIs, ya que las masas forestales cumplen el rol de un sumidero de carbono puesto que consumen CO<sub>2</sub> y emiten O. El 50% de cada árbol está compuesto de carbono y cuando se eliminan las masas forestales todo el CO<sub>2</sub> que debería ser retenido por las mismas queda liberado en la atmósfera (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2006).

“(…) la agricultura sigue siendo el principal factor de la deforestación a nivel mundial y, a menudo, las políticas agrícolas, forestales y de tierras no están armonizadas” (FAO, 2016, p. 8).

Hasta finales del siglo XIX, se había registrado la máxima deforestación en las regiones de clima templado, pero actualmente la mayor tasa de deforestación se encuentra en las regiones tropicales (FAO, 2016). “En el período 2000-2010, se registró una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales y un aumento de los terrenos agrícolas de 6 millones de hectáreas al año” (FAO, 2016, p. 8).

La situación descrita en el párrafo anterior se produjo sobre todo en países con ingresos bajos, donde están creciendo las poblaciones rurales (FAO, 2016). “La agricultura comercial a gran escala origina aproximadamente el 40% de la deforestación en los trópicos y los subtrópicos; la agricultura de subsistencia local, el 33%; la infraestructura, el 10%; la expansión urbana, el 10%; y la minería, el 7%” (FAO, 2016, p. 8).

Según la FAO, si se incluyen las emisiones por el uso de la tierra y el cambio del uso de la tierra, el sector ganadero es responsable del 9% del CO<sub>2</sub> procedente de la actividad humana, pero produce un porcentaje mucho más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales. Genera el 65% del N<sub>2</sub>O de origen humano, que tiene 296 veces el potencial de calentamiento global<sup>6</sup> del CO<sub>2</sub>. La mayor parte de este gas procede del estiércol. También es responsable del 37% de todo el CH<sub>4</sub> producido por la actividad humana (23 más veces más perjudicial que el CO<sub>2</sub>), que se origina en su mayor parte en el sistema digestivo de los rumiantes, y del 64 por ciento del amoníaco, que contribuye de forma significativa a la lluvia ácida (FAO, 2006).

Los vertederos también son una de las principales causas de emisión de GEIs y los mismos hacen referencia a aquellos lugares o sitios donde se depositan finalmente los residuos sólidos. Habitualmente se denominan tiraderos "a cielo abierto" y son terrenos en donde no se aplica ningún control técnico sanitario y operativo, así como también se ve reflejada la ausencia de obras de infraestructura para minimizar los impactos negativos al ambiente (Secretaría de Desarrollo Social de México, 2012).

El proceso de descomposición de los residuos orgánicos emite en mayor cantidad CH<sub>4</sub> aunque también en menor escala N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> (Fundación de Gestión Tecnológica e Informática Industrial, CEGESTI, 2014).

Según el Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Vasco (2015), "los gases de vertedero son el producto final de la descomposición por parte de bacterias del carbono orgánico degradable presente en los residuos y están formados principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)" (p. 11).

### 2.3.3 Evolución de la Concentración de GEIs a Nivel Mundial

En este apartado se ampliará el tópico en cuestión para comprender la situación actual en cuanto a las emisiones de GEIs, y cómo fue su evolución a lo largo de los años. En la Figura 2.7 se detalla el porcentaje de emisiones de GEIs correspondientes al año 2017. De esta manera, el gas que más abunda es el CO<sub>2</sub> con un 81%, en segundo lugar se encuentra el CH<sub>4</sub> con un 11%, a continuación N<sub>2</sub>O con un 5% y finalmente los HFCs con un 2%.

---

<sup>6</sup> Potencial de Calentamiento Global (PCG): Índice basado en las propiedades radiativas de los GEIs, que mide el forzamiento radiativo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto GEI, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por el dióxido de carbono. El PCG representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esos gases y de su eficacia relativa como causante de un forzamiento radiativo. El Protocolo de Kyoto está basado en el PCG asociado a los impulsos de emisión en un período de 100 años (IPCC, 2013).

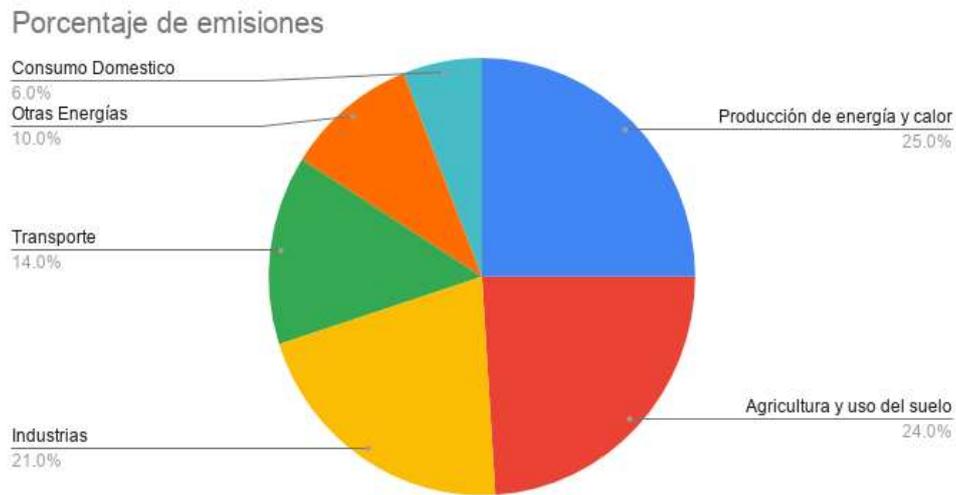
Figura 2.7: Emisiones de GEIs a nivel mundial



Fuente: Parlamento Europeo, 2018

Basándose en las emisiones globales de GEIs de 2010, la EPA (2014) indica que el 25% de las mismas provienen de la generación de energía (quema de carbón, gas natural y petróleo); el 24% son producto de la agricultura, silvicultura y cambios en el uso del suelo (deforestación); las industrias representan el 21%; un 14% abarca las emisiones a causa del transporte (carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo). Un 10% representa a otras fuentes de energía no relacionadas con la producción de electricidad o calor (es decir, la extracción, el refinamiento, el procesamiento y el transporte de combustible). Finalmente el 6% restante corresponde al consumo y generación de energía doméstica (Figura 2.8).

Figura 2.8 Emisiones de GEIs a nivel mundial y por sector

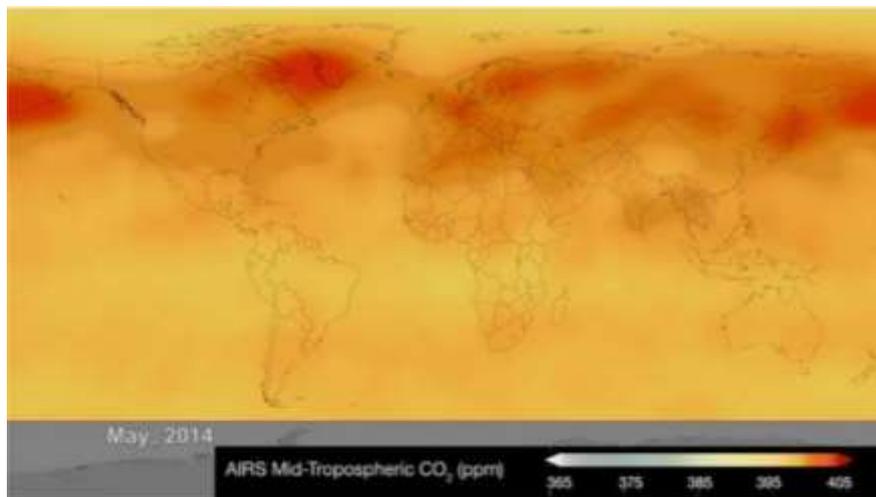


Fuente: Elaboración propia, con datos de EPA, 2014

Según las evidencias de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), en los últimos años el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> han sido muy significativas, tal es así que en la Figura 2.9 se puede observar la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera en el año 2014, que llegó a las 397,21 partes por millón (ppm)<sup>7</sup> y en la Figura 2.10 la correspondiente al año 2016, donde llegó a 405,55 partes por millón.

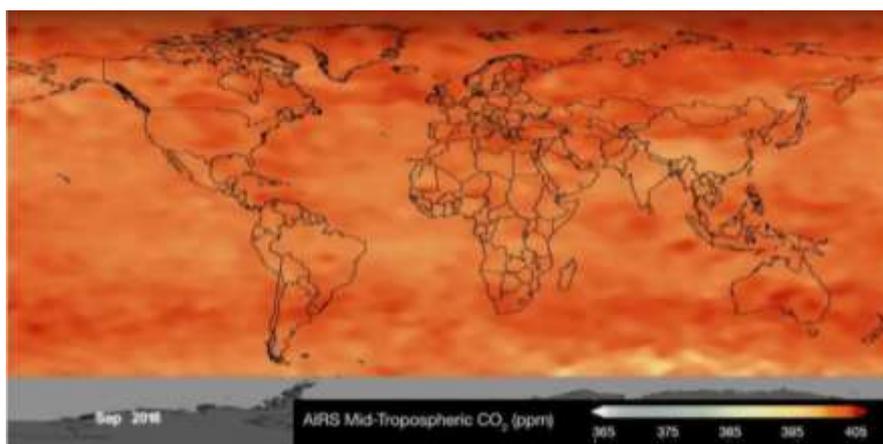
<sup>7</sup> Partes por millón (ppm) es una unidad de medida de concentración que se vincula con con la cantidad de una sustancias presente por cada millón de unidades de un conjunto determinado (López del Pino & Calderón, 2015).

Figura 2.9: Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (2014)



Fuente: NASA, 2018

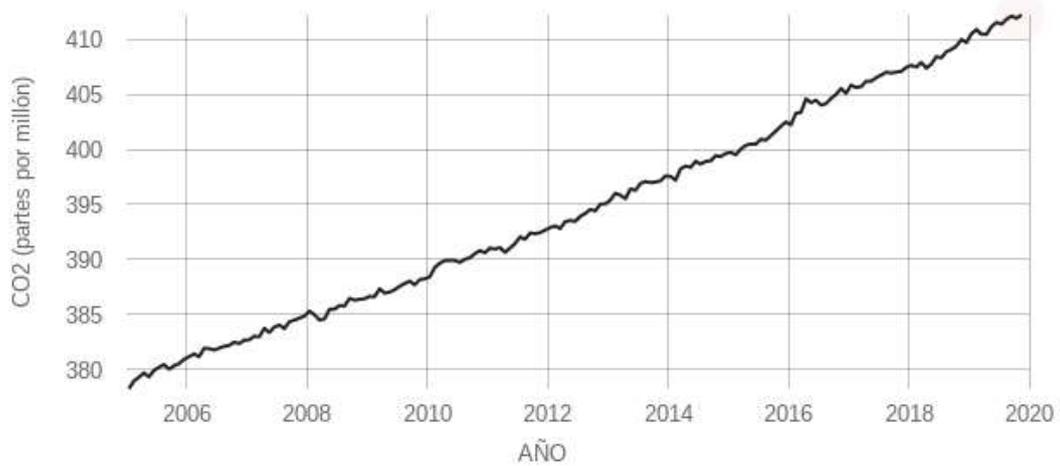
Figura 2.10: Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (2016)



Fuente: NASA, 2018

En la Figura 2.11 se muestran los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> medidos en el Observatorio de Mauna Loa (Hawái, Estados Unidos de Norteamérica). Al respecto, la medición de enero del 2005 indicó una concentración de CO<sub>2</sub> de 378,21 ppm, dejando entrever una intensificación de las emisiones ya que a noviembre del 2019 se alcanzaron las 412 ppm.

Figura 2.11: Evolución de las emisiones de CO2

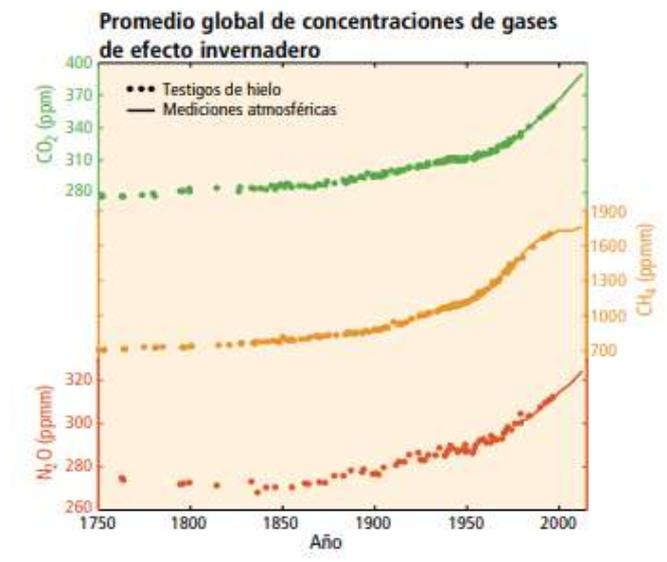


Fuente: NASA, 2019

No solamente el CO2 ha incrementado su concentración en la atmósfera, también lo han hecho el CH4 y el N2O (OMM, 2019).

Las concentraciones de dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) y óxido nitroso (N2O) han mostrado grandes aumentos desde 1750 (40%, 150% y 20%, respectivamente). Las concentraciones de CO2 aumentaron al mayor ritmo de cambio decenal jamás observado ( $2,0 \pm 0,1$  ppm/año) durante 2002-2011. Tras casi un decenio de concentraciones estables de CH4 desde finales de la década de 1990, las mediciones atmosféricas muestran un nuevo aumento desde 2007. Las concentraciones de N2O han aumentado de manera estable a una tasa de  $0,73 \pm 0,03$  ppm/año en los tres últimos decenios (IPCC, 2014, p. 47).

Figura 2.12: Promedio global de concentraciones de GEIs



Fuente:IPCC, 2014

Según el Boletín de la OMM del año 2019, el CH<sub>4</sub> aporta aproximadamente el 17% del forzamiento radiativo por LLGHGs<sup>8</sup>.

El promedio global de CH<sub>4</sub> calculado a partir de las observaciones in situ alcanzó un nuevo máximo de  $1869 \pm 2$  ppb en 2018, un aumento de 10 ppb<sup>9</sup> con respecto al año anterior. (OMM, 2019). Este aumento es mayor que el aumento de 7 ppb en el período 2016-2017 y el aumento anual promedio durante la última década.

Como se puede observar en la Figura 2.12, el CH<sub>4</sub> atmosférico ha aumentado desde 2007, llegando a 259% del nivel preindustrial (722 ppb) debido al aumento de fuentes antropógenas.

<sup>8</sup> LLGHs: Long-lived greenhouse gases, por sus siglas en inglés. Gases de efecto invernadero de larga duración. Son aquellos gases de efecto invernadero que por su concentración causan un forzamiento radiativo en la atmósfera, es decir, que influye en la alteración del equilibrio de la energía entrante y saliente en el sistema Tierra - Atmósfera (Advancing Earth and Space Science, 2008).

<sup>9</sup> Parte por mil millones (ppb) es una unidad de medida de concentración que se vincula con la cantidad de sustancias presentes por cada mil millones de unidades de un conjunto determinado.

Estudios realizados en el año 2018 por Global Atmosphere Watch (GAW)<sup>10</sup>, indican que las mayores emisiones de CH<sub>4</sub> de humedales en los trópicos y de fuentes antropogénicas en las latitudes medias del hemisferio norte son causas probables del aumento reciente.

También el NO<sub>2</sub> aporta aproximadamente el 6% del forzamiento radiativo por LLGHGs. Es el tercer contribuyente individual más importante al forzamiento combinado (OMM, 2019).

El promedio global de N<sub>2</sub>O en 2018 alcanzó 331,1 ± 0.1 ppb, que es 1,2 ppb por encima del año anterior y 123% del nivel preindustrial (270 ppb) (OMM, 2019).

El aumento anual de 2017 a 2018 es mayor que el aumento de 2016 a 2017 y superior a la tasa de crecimiento promedio en los pasados 10 años (0,95 ppb año<sup>-1</sup>) (OMM; 2019).

#### 2.3.4 Efectos Observados

Tal como sostiene el IPCC “La evidencia científica del calentamiento del sistema climático es inequívoca” (2018) y se puede comprobar con los efectos observados los cuales se detallan a continuación.

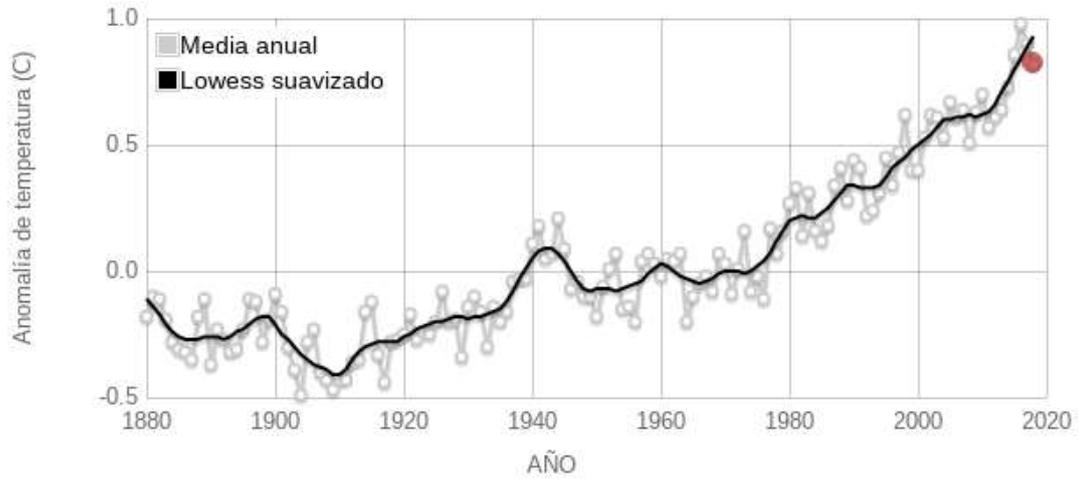
Con respecto al aumento de la temperatura promedio, según datos de la NASA (2019) la temperatura promedio mundial ha aumentado 0,9°C desde finales del siglo XIX, indicando que el mayor aumento se produjo en los últimos 35 años.

En la Figura 2.13 se puede observar las anomalías que se han registrado desde 1880, dejando entre ver que desde el 2001 cada año ha sido más cálido que el anterior y se ha registrado al año 2016 como el año más cálido de la historia, ya que la temperatura global alcanzó los 0,98° C. La última anomalía anual media se registró en el año 2018 y fue de 0,82°C (NASA, 2019).

---

<sup>10</sup> Global Atmosphere Watch (GAW) es un programa de la OMM, el cual se centra en la construcción de una comprensión global coordinada de la composición atmosférica, su cambio y ayuda a mejorar la comprensión de las interacciones entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. Coordina observaciones de composición atmosférica de alta calidad en escalas globales a locales para impulsar la ciencia de alta calidad e impacto mientras coproduce una nueva generación de productos y servicios habilitados para la investigación (GAW, 2020).

Figura 2.13: Anomalías de temperatura media global - Rango considerado  $-0,48^{\circ}$  (1909) a  $1,02^{\circ}$  (2016)



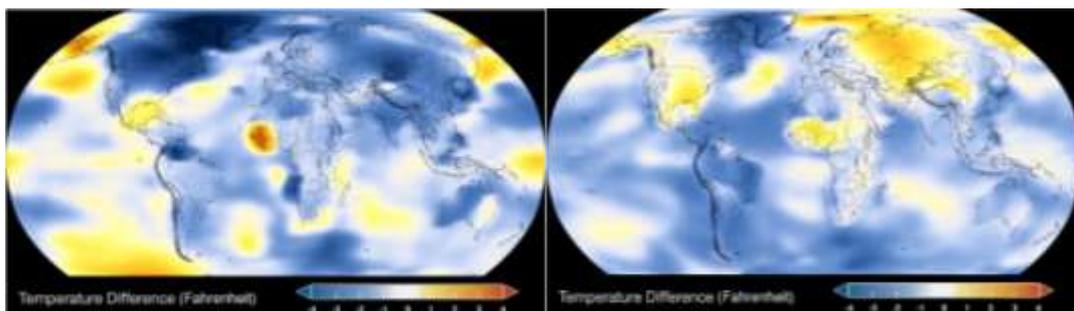
Fuente: NASA, 2019

En Figura 2.14 se analiza y compara cómo ha sido la evolución del aumento de la temperatura en la superficie global en diferentes años. Los sectores en color azul indican las áreas donde la temperatura registrada fue más fría que el promedio y el color rojo representa aquellas áreas en donde la temperatura fue más cálida que la media.

Figura 2.14: Evolución del aumento de la temperatura media mundial (1885-2018)

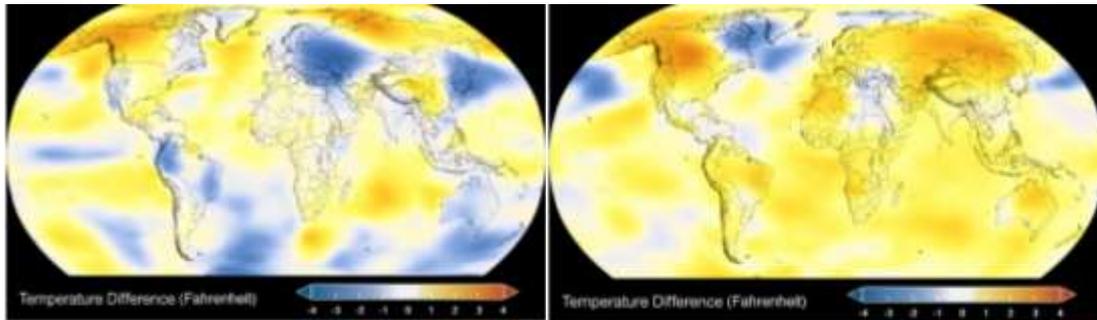
1885

1925



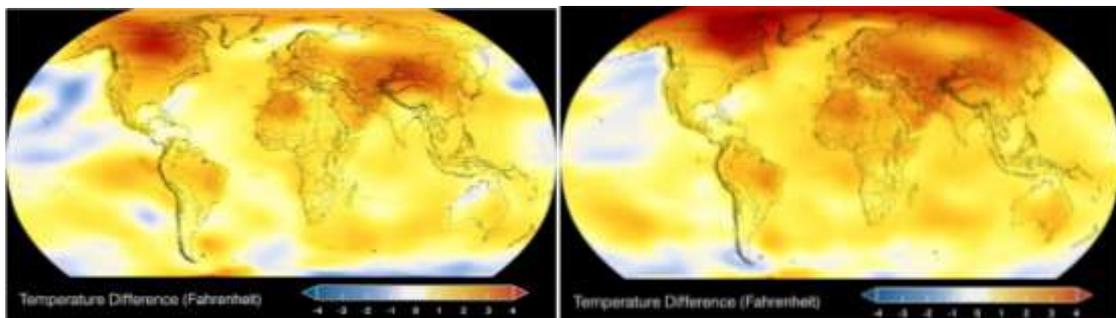
1945

1990

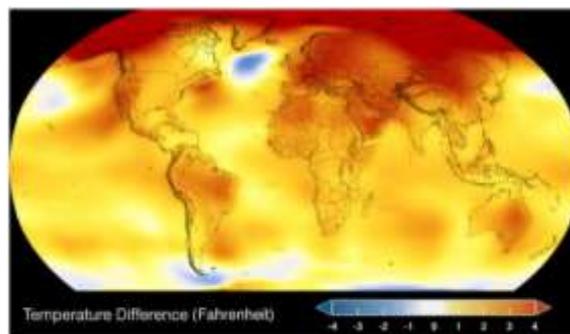


2001

2010



2018



Fuente: NASA, 2019

Las imágenes anteriores dejan en evidencia que la temperatura de la superficie está aumentando y se puede ver el mayor aumento en la zona boreal del Hemisferio Norte (Ártico), en donde se encuentra la mayor concentración de masas de hielo.

Pero... ¿Qué sucede con las masas de hielo, nieve, permafrost y el calentamiento global?

Las masas de hielo, las capas de nieve y permafrost<sup>11</sup> son parte de la criósfera, y son de gran importancia ya que si se modifica su volumen, la cantidad de radiación que es reflejada desde la superficie de la Tierra va a cambiar y así varía el balance de calor. (PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005).

También conforman enormes depósitos de agua dulce, y al cambiar sus dimensiones cambia la cantidad de agua en estado líquido y gaseoso en la atmósfera, y los océanos. (PNUMA & Unión Mundial para la Naturaleza, 2005).

Los glaciares han perdido masa y han contribuido al aumento del nivel del mar a lo largo del siglo XX. Es muy probable que el ritmo de pérdida de hielo del manto de hielo de Groenlandia haya aumentado sustancialmente entre 1992 y 2011, lo que supone una pérdida de masa mayor entre 2002 y 2011 que entre 1992 y 2011. También es probable que el ritmo de pérdida de hielo del manto de hielo de la Antártida, principalmente en la zona norte de la península antártica y el sector del mar de Amundsen de la Antártida Occidental, haya sido mayor entre 2002 y 2011 (IPCC, 2014, p.44).

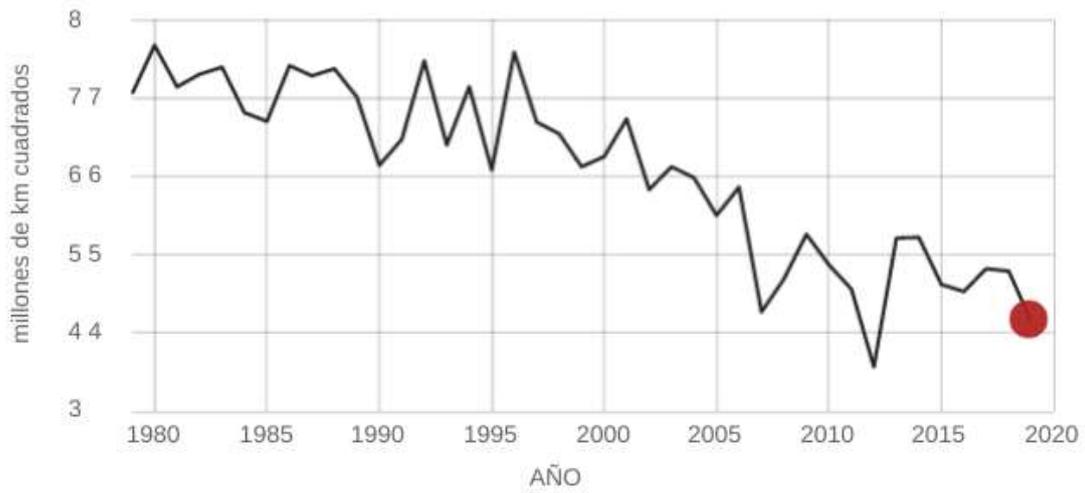
El hielo marino del Ártico alcanza su mínimo cada septiembre y ahora está disminuyendo a una tasa del 12.85% por década, en relación con el promedio de 1981 a 2010. (NASA, 2020).

En la Figura 2.15 se puede observar la extensión mensual promedio del hielo marino en el Ártico cada septiembre desde 1979. El registro del año 1979 ha sido de 7,05 millones de kilómetros cuadrados, siendo el más bajo en el año 2012 3,57 millones de kilómetros cuadrados.

---

<sup>11</sup> Permafrost: Suelo o roca, incluyendo hielo y materia orgánica que permanece a una temperatura de 0°C o menos, por lo menos dos años consecutivos. Es sinónimo de suelo perennemente criótico y es definido en base a su temperatura. No se encuentra necesariamente congelado, ya que el punto de congelamiento del agua contenida puede estar deprimido en varios grados bajo 0°C o presentar un contenido mínimo de agua. Es así que, todo suelo perennemente congelado es permafrost, pero no todo permafrost está perennemente congelado (Trombotto, Wainstein & Arenson, 2014, p. 70).

Figura 2.15: Extensión mensual promedio del hielo marino del Ártico (1979-2019)



Fuente: NASA, 2020

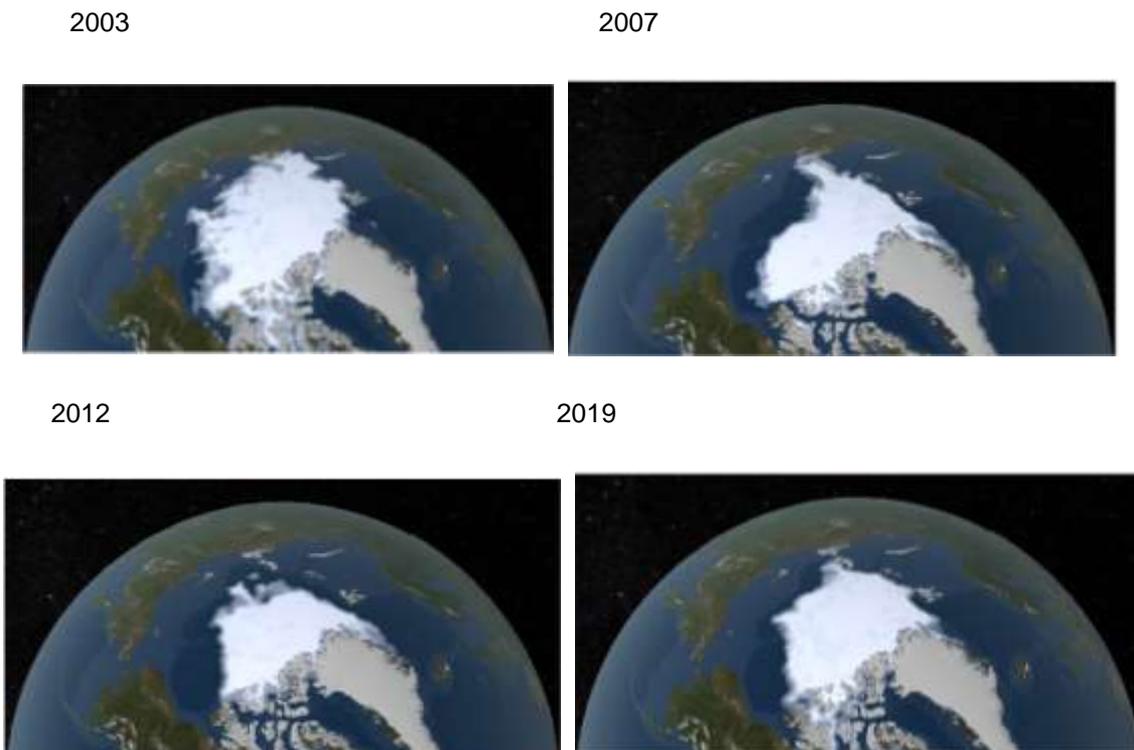
En la Figura 2.16 se presenta una secuencia de las diferentes instancias de la cobertura de hielo en el Ártico, en donde se puede apreciar la disminución de la misma a lo largo de los años.

Figura 2.16: Evolución de la pérdida de la capa de hielo en el Ártico

1979

1993





Fuente: NASA; 2020

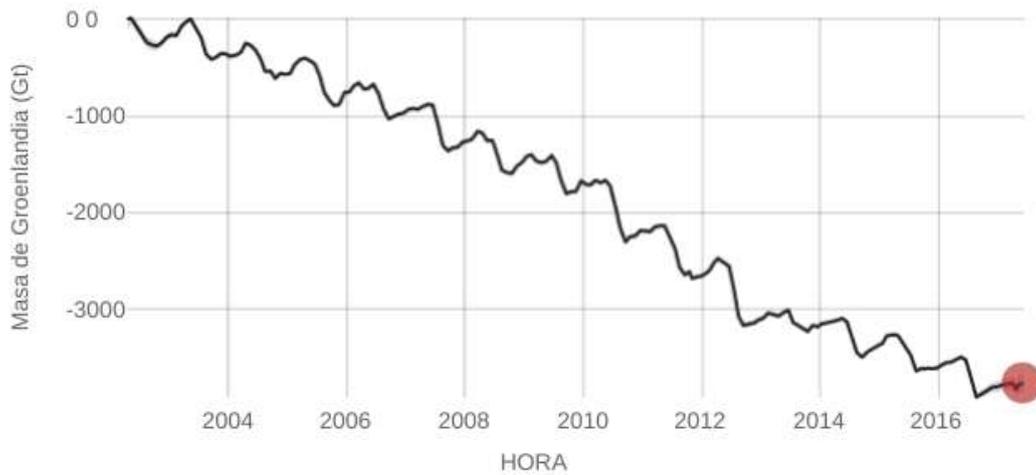
Datos emanados de los satélites Grace de la NASA (2017) muestran que las capas de hielo terrestre (tanto las del Hemisferio Norte como las de la Antártida) han estado perdiendo masa desde 2002, con una aceleración particularmente desde 2009 (NASA Earth Observatory, 2020).

La variación más alta que ha sufrido Groenlandia desde que hay registros, a sido de (+-) 110 gigatonnes<sup>12</sup> en el año 2002, siendo la más baja (+-) 33 gigatonnes en el 2016. Determinando una tasa de cambio de 286 gigatonnes por año (Figura 2.17).

---

<sup>12</sup> Gigatón: Según el Sistema Internacional de Unidades, 1 gigatón equivale a  $1 \times 10^9$  (1.000.000.000) toneladas.

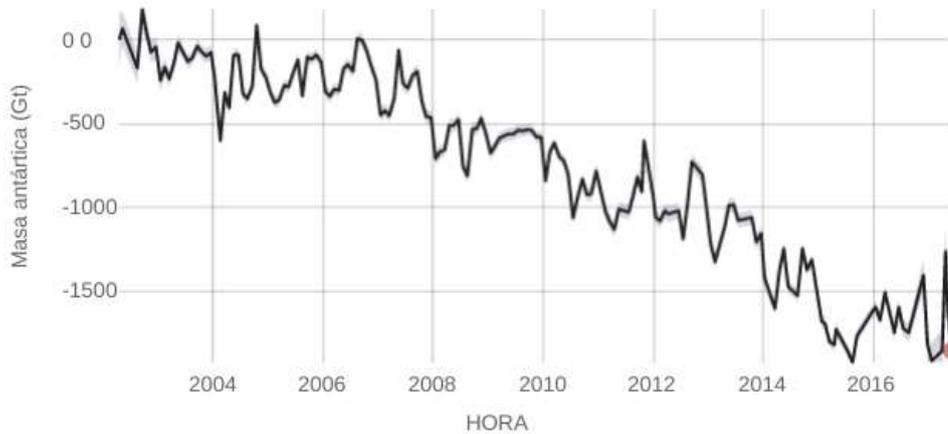
Figura 2.17: Variaciones de las capas de hielo del Ártico (2002-2019)



Fuente: NASA; 2020

Por otra parte, la variación más baja que ha sufrido la Antártida fue de 37 gigatonnes. El punto máximo que se ha registrado desde que se encuentran disponibles los datos ha sido en 2002 y fue de 103 gigatonnes. Definiendo una tasa de cambio de 127 gigatonnes por año (NASA Earth Observatory, 2020) (Figura 2.18).

Figura 2.18: Variaciones de las capas de hielo de la Antártida (2002-2019)



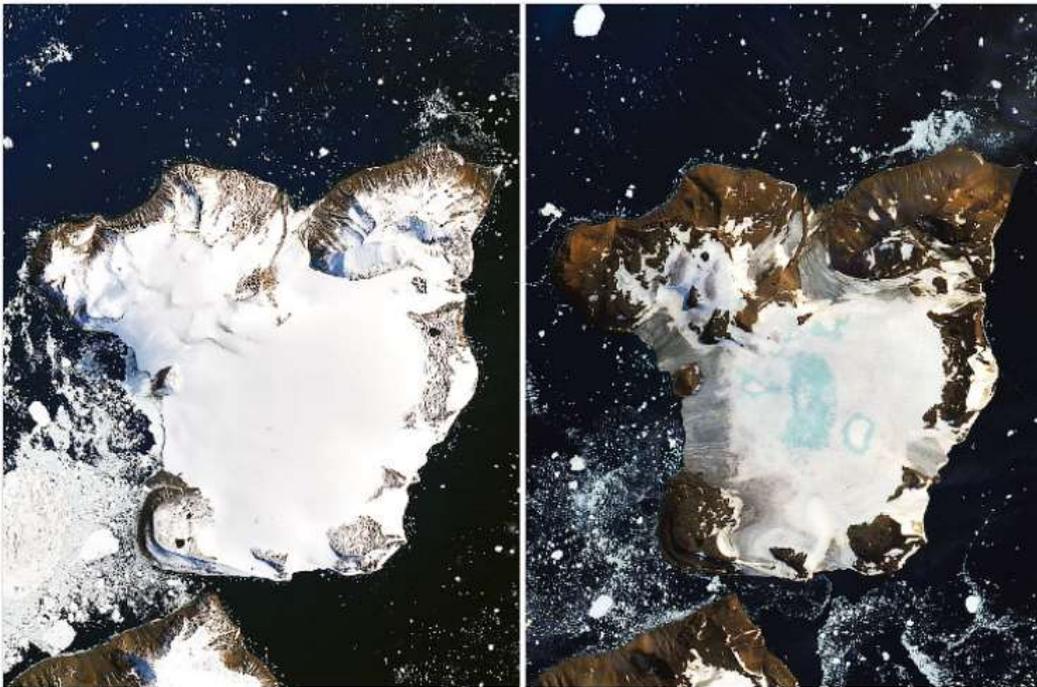
Fuente: NASA, 2020

Asimismo, en la Figura 2.19 se puede visualizar en el extremo norte de la Península Antártica, denominado Eagle Island. La imagen del lado izquierdo muestra la situación al comienzo de la

ola de calor del mes de febrero de 2020 y la del derecho al final de dicho período (NASA Earth Observatory, 2020).

Eagle Island experimentó un derretimiento máximo: 30 milímetros (1 pulgada) el 6 de febrero. En total, la capa de nieve en Eagle Island se derritió 106 milímetros (4 pulgadas) del 6 al 11 de febrero. Alrededor del 20 por ciento de la acumulación estacional de nieve. en la región se derritió en este evento en Eagle Island. (NASA Earth Observatory, 2020).

Figura 2.19: Variaciones de Eagle Island por la ola de calor en febrero 2020



Fuente: NASA, 2020

Por otro lado, los glaciares -los cuales también son parte de las masas de hielo- están sufriendo un retroceso a causa del aumento de la temperatura provocada por el calentamiento global. Según el IPCC, “es probable que la influencia antropógena haya contribuido al retroceso de los glaciares desde la década de 1960” (2014, p.51).

Incluso las grandes masas no quedarán exentas y los efectos impactarán sobre los Alpes, el Himalaya, los Andes, las Rocosas, Alaska y África (NASA Earth Observatory, 2020).

En la secuencia presentada en la Figura 2.20 queda gráficamente expresado el antes y después de las masas de hielo y cómo han ido desapareciendo a causa del cambio climático inducido.

Figura 2.20: Antes y después de las grandes masas de hielo (Alpes, Himalaya, Los Andes, Las Rocosas, Alaska y África)

Alpes - Glaciar Matterhorn (Suiza)



Himalaya - Glaciar Jobo Lapsan (Nepal)



Andes - Glaciar Qori Kalis (Perú)



Las Rocosas - Glaciar Arapaho (Estados Unidos)



Alaska - Glaciar McCarty (Estados Unidos)



África - Glaciar Furtwängler (Tanzania)



Fuente: NASA Earth Observatory, 2020

La nieve es la precipitación que se forma cuando el vapor de agua se congela y la misma es de gran importancia ya que al ser reflectante, permite la regulación del clima reflejando la luz solar entrante, nuevamente al espacio, enfriando el planeta (NASA Earth Observatory, 2020).

La nieve puede reflejar tanto como 80 a 90 por ciento de la energía solar entrante, mientras que una superficie libre de nieve como el suelo o la vegetación puede reflejar sólo 10 a 20 por ciento. Una tendencia al calentamiento da como resultado una disminución de la capa de nieve. Con la disminución resultante en la energía reflejada, aumenta la absorción de la radiación solar, agregando calor al sistema, causando que se derrita aún más nieve (NASA - Centro Nacional de Datos de Nieve y Hielo, 2020).

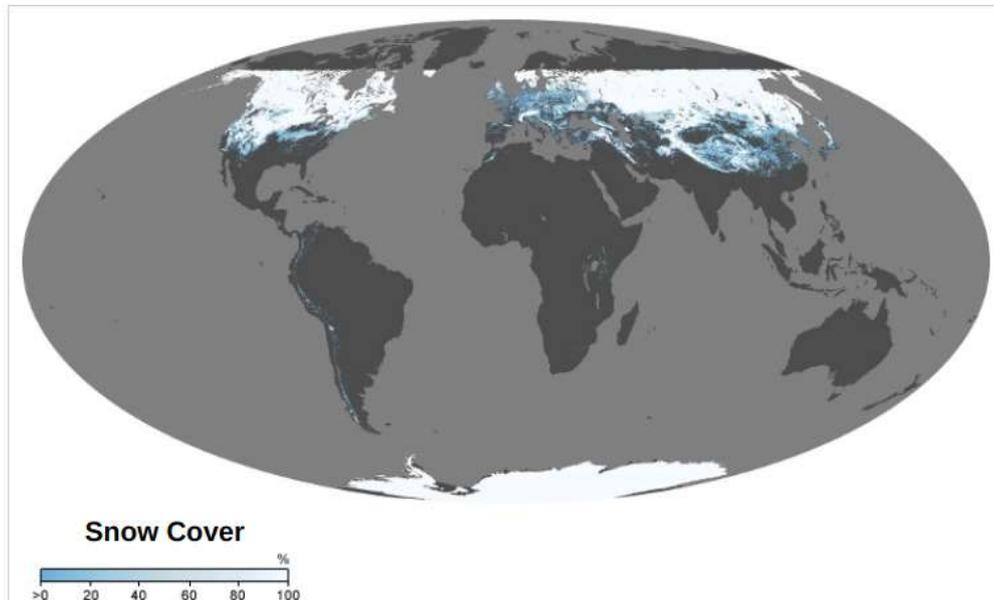
La nieve y el hielo cubren la mayoría de las regiones polares de la Tierra durante todo el año, pero la cobertura en latitudes más bajas depende de la estación y la elevación.

En la Figura 2.21 se puede observar la capa de nieve en el mes de diciembre del año 2019, donde queda expresado los valores, los cuales varían de azul medio (mayor que 0%) a blanco (100%). Las masas de tierra que no sostienen la capa de nieve y los lugares donde MODIS<sup>13</sup> no recopiló datos son grises, ya que este instrumento depende de la luz visible para evaluar la cubierta de nieve.

---

<sup>13</sup> MODIS: El espectroradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) es un instrumento de 36 bandas que mide la radiación visible e infrarroja y obtiene datos que se utilizan para obtener productos que van desde vegetación, cubierta de la superficie del suelo y fluorescencia de clorofila oceánica hasta propiedades de nubes y aerosoles, ocurrencia de incendios, capa de nieve en la tierra y de hielo marino en los océanos. El primer instrumento MODIS se lanzó a bordo del satélite Terra en diciembre de 1999, y el segundo se lanzó en Aqua en mayo de 2002 (NASA - Aqua Project Science, 2008).

Figura 2.21: Capa de nieve mundial en diciembre de 2019



Fuente: NASA Earth Observatory, 2020

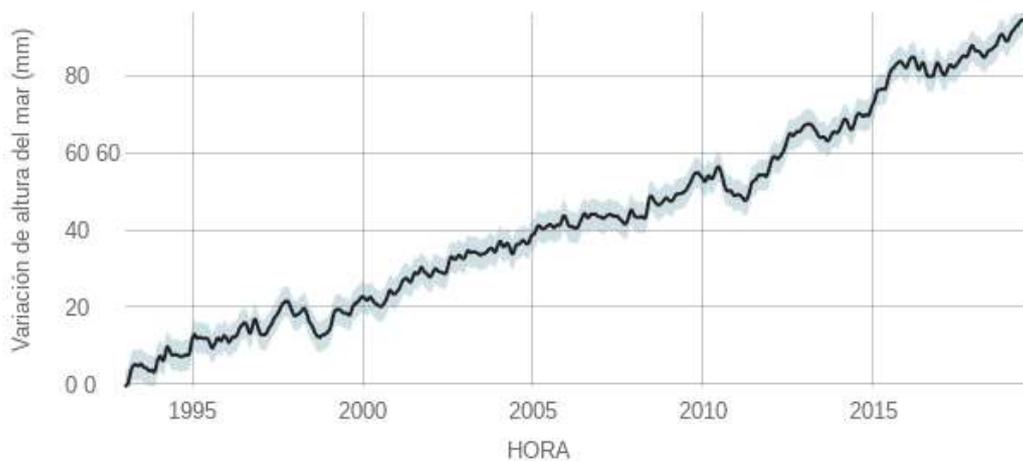
El cambio que se produce con el estado de las masas de hielo, está directamente vinculado con el aumento del nivel del mar, ya que si se pierde el agua en estado sólido, formará parte de los océanos en estado líquido por lo que hace aumentar el nivel del mar y poner en riesgo varios sectores, principalmente los territorios insulares (NASA, 2015).

También la expansión de los océanos a causa del aumento de la temperatura media mundial y la acidificación oceánica, conducen al aumento del nivel del mar, que tiene impactos principalmente en las costas. (OMM, 2019).

“Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21] m. Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores” (IPCC, 2014, p. 44).

En la Figura 2.20 se puede observar los diferentes cambios que se han ocasionado en el nivel medio del mar desde el año 1993, con una tasa de cambio de 3,3 milímetros por año, ya sea porque se derriten las masas de hielo o porque aumenta la temperatura del océano y esto último hace que la cantidad de agua se expanda a medida que se calienta (NASA, 2019).

Figura 2.22: Cambios ocasionados en el nivel medio del mar



Fuente: NASA, 2019

Otra evidencia del calentamiento global son las sequías y olas de calor, las cuales están directamente vinculadas con el aumento de la temperatura mundial ya que es una consecuencia de dicho fenómeno.

Las observaciones muestran un aumento muy grande en la temperatura de las olas de calor. En la actualidad, se estima que este evento ocurre con un período de retorno de 30 años, pero las olas de calor frecuentes también fueron aproximadamente 4°C más frías hace un siglo. En otras palabras, una ola de calor tan intensa se está produciendo al menos 10 veces más frecuentemente hoy que hace un siglo”, asegura un estudio publicado por científicos en World Weather Attribution citado por la OMM s/f . (ONU; 2019)

Las olas de calor son muy peligrosas para la salud de las personas y las comunidades, cada año mueren miles de personas por golpes de calor, deshidratación, etc. y desencadenan eventos secundarios como incendios y fallas en las redes eléctricas (ONU, 2019).

Entre 2000 y 2016, se estimó que la cantidad de personas expuestas a las olas de calor aumentó en alrededor de 125 millones de personas, ya que su duración promedio fue de 0,37 días más, en comparación con el período comprendido entre 1986 y 2008, según la Organización Mundial de la Salud, 2019.

Con respecto a los cambios en los patrones de precipitación, sobre las zonas continentales de latitudes medias del Hemisferio Norte las precipitaciones han aumentado desde 1901, definiendo un nivel de confianza<sup>14</sup> medio antes de 1951, y alto después (IPCC, 2014).

“En otras latitudes, existe un nivel de confianza bajo en las tendencias positivas o negativas a largo plazo promediadas por zonas” (IPCC, 2014, p. 4).

Según la OMM (2019) en Australia, el oeste de Indonesia, países vecinos, y el suroeste de África fueron observadas las condiciones secas inusuales en relación con los medios a largo plazo para enero a octubre de 2019.

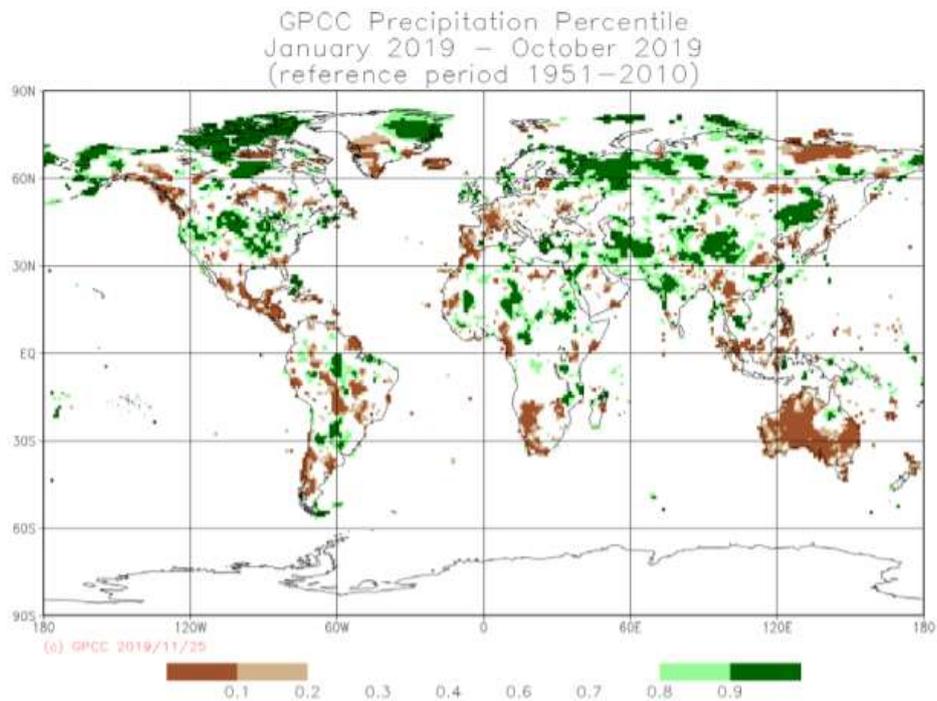
América Central y el suroeste de Europa también recibieron cantidades de precipitaciones anormalmente bajas. Por otro lado, grandes áreas con precipitaciones inusualmente altas se observaron en el centro de los Estados Unidos, el norte de Canadá, Norte de Rusia y suroeste de Asia (OMM, 2019).

En la Figura 2.23 queda gráficamente expresado el análisis que se realizó previamente, donde se muestran la precipitación total anual desde enero a octubre de 2019 expresada como un percentil de la referencia de 1951-2010 período para áreas que habrían estado en el 20% más seco (marrón) y el 20% más húmedo (verde) de años durante la referencia período, con tonos más oscuros de marrón y verde que indican el 10% más seco y más húmedo, respectivamente (OMM, 2019).

---

<sup>14</sup> Nivel de confianza: El nivel de confianza determina la certeza o probabilidad de la estimación de un parámetro. En este caso, se expresa mediante cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Figura 2.23: Precipitación total mundial anual (enero a octubre de 2019)



Fuente: OMM, 2019

La acidificación del océano también es una evidencia del cambio climático inducido. Esto mismo se produce cuando el CO<sub>2</sub> es absorbido por el agua del mar, lo que provoca que se produzcan reacciones químicas que disminuyen el pH del agua del mar, la concentración de iones de carbonato y los estados de saturación de minerales de carbonato de calcio, los cuales son muy importantes (Pacific Marine Environmental Laboratory, PMEL, 2020).

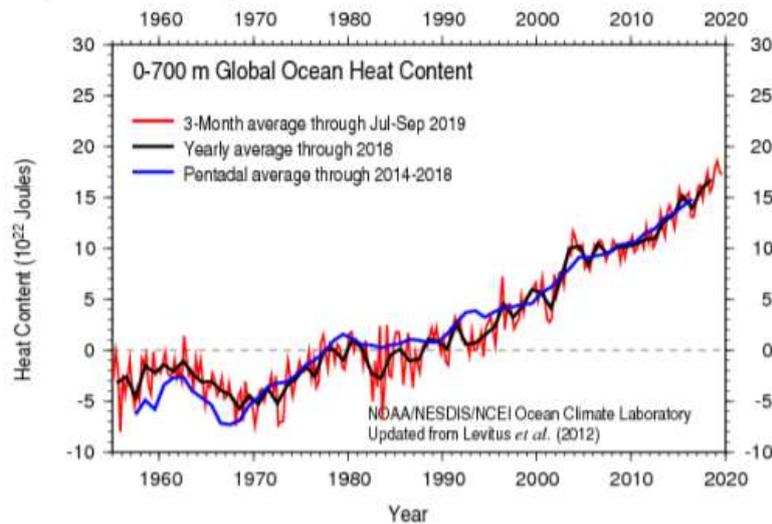
Cabe destacar que “más del 90% del exceso de energía que se acumula en el sistema climático como resultado del aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero son absorbidos por el océano” (OMM, 2019, p. 6).

“Desde el comienzo de la Revolución Industrial, el pH de las aguas oceánicas superficiales se ha reducido en 0.1 unidades de pH. Dado que la escala de pH es logarítmica, este cambio representa aproximadamente un aumento del 30 por ciento en la acidez” (PMEL, 2020).

En la Figura 2.24 se pueden observar las anomalías del contenido de calor del océano en los 700 metros de superficie en relación con el promedio 1955-2006, en el cual la línea roja expresa

el promedio de 3 meses, la línea negra determina los promedios anuales y la línea azul muestra los promedios de cada 5 años.

Figura 2.24: Anomalías en el contenido de calor oceánico



Fuente: OMM, 2019

Como conclusión, se puede observar que la línea roja, que representa las mediciones del promedio de los meses de julio a septiembre de 2019, posee más variaciones que la línea azul y la línea negra. Sin embargo, a pesar de los altibajos que pueden observarse, las tres líneas conducen a un crecimiento continuo y progresivo del promedio de contenido de calor en el océano desde 1980, siendo el mayor promedio registrado posterior al año 2000.

### 2.3.5 Efectos Proyectados

Como se analizó en el apartado anterior, los efectos del cambio climático inducido son un hecho, y según las proyecciones de especialistas se espera que para finales de este siglo los daños sean aún peores si no se toman medidas de manera urgente.

A continuación se detallarán las proyecciones previstas por el IPCC en su Resumen para Responsables de Políticas (2013).

Con respecto al aumento de la temperatura, se establece que “es probable que, para fines del siglo XXI, la temperatura global en superficie sea superior en 1,5 °C a la del período entre 1850 y 1900” (IPCC, 2013, p. 18). Es muy probable que las temperaturas sean más extremas a las que frecuentemente se pueden encontrar en cada lugar, es decir, donde las temperaturas son

altas, serán más altas, y donde hace mucho frío, las temperaturas serán extremadamente bajas de forma ocasional. También es seguro que continuarán produciéndose olas de calor con mayor frecuencia y duración (IPCC, 2013).

Con respecto a las masas de hielo, se prevé que “es probable que antes de mediados de siglo, el océano Ártico esté casi libre de hielo en el mes de septiembre” (IPCC, 2013, p. 23). También las proyecciones señalan, que para fines del siglo XXI, en la Antártida, se producirá una disminución de la extensión y del volumen del hielo marino, a medida que aumente la temperatura media global en superficie (IPCC, 2013).

Las proyecciones para el período 2081-2100 apuntan a que el volumen global de los glaciares (excluidos los de la periferia de la Antártida) habrán disminuido entre el 35% y el 85%, y que la extensión de nieve en primavera en el Hemisferio Norte habrá disminuido en un 25% (IPCC, 2013).

El nivel medio global del mar seguirá aumentando durante el siglo XXI a causa del calentamiento global y es muy probable que debido al incremento de la temperatura de los océanos y la pérdida de las masas de hielo, el ritmo de elevación sea mayor que el observado durante el período 1971-2010 (IPCC, 2013). Para el año 2100, se estima un crecimiento del nivel medio del mar de entre 0,52 a 0,98 m., con una tasa de elevación durante el período 2081-2100 de entre 8 y 16 mm. anuales (IPCC, 2013).

También las proyecciones indican que la expansión térmica representaría entre el 30% y el 55% de la elevación media mundial del nivel del mar; y la aportación de los glaciares, entre el 15% y el 35%. Con respecto a las áreas afectadas, alrededor del 70% de las costas de todo el mundo experimentarían un cambio de nivel del mar de hasta un 20% del cambio del nivel del mar medio mundial (IPCC, 2013).

Por otro lado, con respecto al aumento de las precipitaciones, se espera que para el final de este siglo se observe un incremento de la precipitación media anual en las latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial (IPCC, 2013). También en muchas regiones húmedas de latitud media, disminuyendo -por su parte- en regiones secas de latitud media y subtropicales (IPCC, 2013).

Para el final de este siglo, mientras continúe aumentando la temperatura media global en la superficie, se prevé que los fenómenos de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en la mayoría de las zonas de latitud media y en las regiones tropicales húmedas (IPCC, 2013).

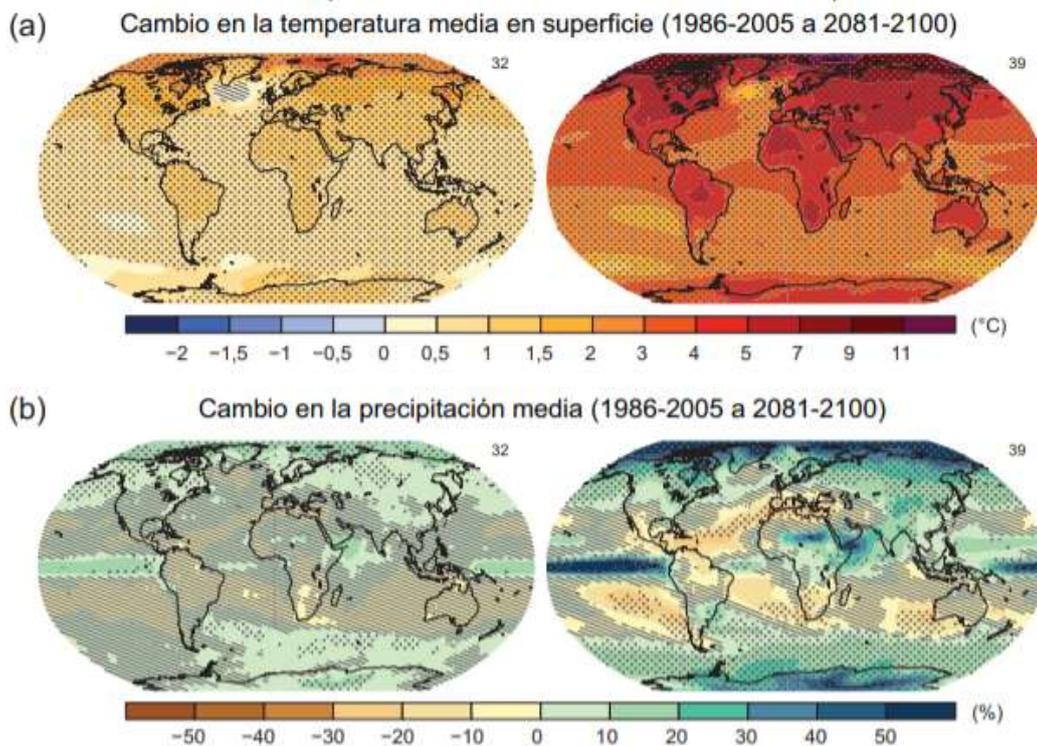
En otro orden, las proyecciones indican que en las regiones tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte se producirá el calentamiento oceánico más notorio, como así también en el océano Antártico será el calentamiento más pronunciado a mayor profundidad (IPCC, 2013).

Según las estimaciones del IPCC (2013), al final del siglo XXI, a los primeros 100 metros de profundidad el calentamiento del océano será de aproximadamente entre 0,6 °C y 2,0 °C, y a los 1.000 m de profundidad, será entre 0,3 °C y 0,6 °C.

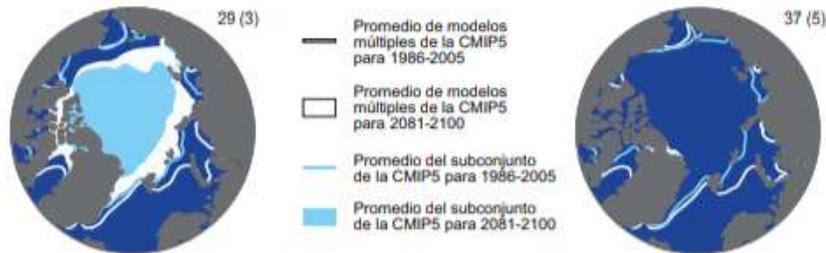
Con respecto a la acidificación oceánica, las proyecciones apuntan a una mayor acidificación global de los océanos. La correspondiente disminución del pH en el océano para el período 2081- 2100 se espera que sea de 0,30 a 0,32 (IPCC, 2013).

En la Figura 2.25 queda gráficamente expresado las proyecciones para el período 2081 -2100 especificadas anteriormente considerando los principales efectos como el aumento de la temperatura media mundial (a), el cambio en los patrones de precipitaciones (b), la pérdida de masas de hielo (c) y la acidificación oceánica (d).

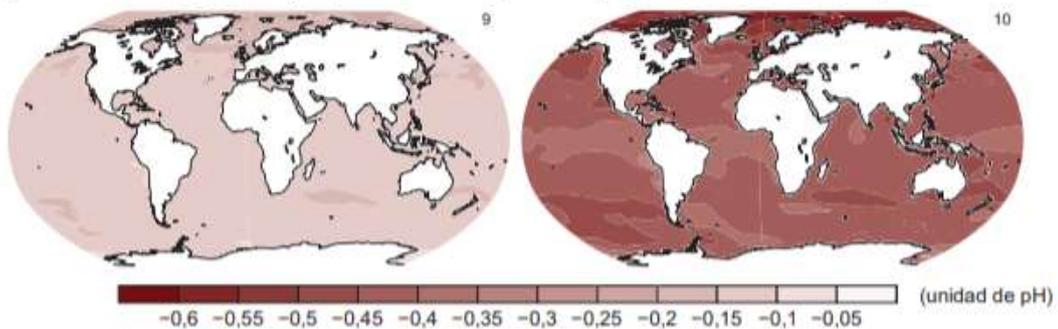
Figura 2.25: Proyecciones para el período 2081- 2100 considerando el escenario 1985 - 2005



(c) Extensión de hielo marino en septiembre en el hemisferio norte (promedio para 2081-2100)



(d) Cambio en el pH del océano superficial (1986-2005 a 2081-2100)



Fuente: IPCC, 2013

## 2.4 Respuesta Mundial

### 2.4.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue elaborada en el año 1992 durante la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro y entró en vigencia en 1994. Surgió para reconocer la problemática del cambio climático y tomar acciones para disminuir sus consecuencias. Inicialmente fue firmada por 195 partes y desde 2019 son 197, lo cual hace que hoy en día sea una membresía casi universal.

El mismo establece un principal objetivo:

La estabilización de las concentraciones de GEIs en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático (...) en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente (...), asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (CMNUCC, 1994).

Las responsabilidades de dicho convenio se clasifican en función de las economías de cada país y la gran responsabilidad ha recaído en los países desarrollados y en los países con economías

en transición<sup>15</sup>, los cuales conforman el Anexo I del CMNUCC, y eran miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), sin dejar de lado que eran los que más contribuían al incremento de los GEIs (CMNUCC, 1994).

Todas las Partes contaban con responsabilidades comunes pero diferenciadas. En tal sentido, la responsabilidad de los países que conformaban el Anexo I vinculada a los GEIs era reducir las emisiones entre un 5% y un 8% (dependiendo del país) a los valores base de 1990.

Considerando la situación económica mundial de ese momento, los países subdesarrollados, entre los que se hallaban China e India, se incorporarían al CMNUCC de manera voluntaria (CMNUCC, 1994). Es decir, no estaban obligados a llevar a cabo las acciones para disminuir las emisiones de GEIs.

El artículo 4 del CMNUCC establece que los principales compromisos a tomar eran los siguientes (1994):

- Elaborar, facilitar y publicar inventarios nacionales de emisiones de emisiones antropógenas definiendo las fuentes emisoras.
- Crear programas nacionales con medidas a llevar a cabo para mitigar el cambio climático inducido.
- Promover, apoyar y utilizar tecnologías, prácticas y procesos que reduzcan emisiones
- Fomentar la gestión sostenible.

Con los compromisos antes descriptos, se esperaba que los países del Anexo I redujeran las emisiones de GEIs a los niveles de 1990 para el año 2000. No obstante, en la mayoría de ellos las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado” (CMNUCC, 2020).

Como existe una relación directa entre las temperaturas promedio globales y la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, la clave para la solución del problema del cambio climático radica en disminuir la cantidad de emisiones liberadas a la atmósfera y en reducir la concentración actual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al mejorar los sumideros (por ejemplo, aumentar el área de bosques). Los esfuerzos para reducir las emisiones y mejorar los sumideros se denominan "mitigación" (CMNUCC, 2020).

---

<sup>15</sup> Países desarrollados: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Comunidad Europea, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Liechtenstein, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Portugal, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Suecia y Suiza.  
Países que están en proceso de transición a una economía de mercado: Bulgaria, Croacia, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Federación de Rusia, Hungría, Letonia, Lituania, Polonia, República Checa, Rumania y Ucrania (CMNUCC, 1994).

“Desde principios de la década de 1990, numerosos científicos y formuladores de políticas han argumentado que la adaptación ha sido ignorada de la mitigación de gases de efecto invernadero” (Schipper, 2006).

Además de planificar la manera de mitigar los futuros cambios, el mundo debe también adaptarse a fenómenos como el aumento de la temperatura media, el desplazamiento de las estaciones y la creciente frecuencia de eventos atmosféricos extremos. La duda no es si 'adaptarse o no' sino 'cómo adaptarse' (CMNUCC, 2004, p, 10).

En los primeros años de la Convención, la adaptación recibió menos atención que la mitigación, ya que las Partes querían más certeza sobre los impactos y la vulnerabilidad al cambio climático. Cuando se publicó el Tercer Informe de Evaluación del IPCC (2001), la adaptación ganó fuerza y las Partes acordaron un proceso para abordar los efectos adversos y establecer arreglos de financiación para la adaptación (CMNUCC, 2020).

#### 2.4.2. Protocolo de Kyoto

En el año 2001 -durante la COP 3- se adoptó el Protocolo de Kyoto, el mismo surgió para darle un eje al CMNUCC en el cual se establecieron nuevos instrumentos de financiación y planificación para la adaptación y crear un marco para la transferencia de tecnología. (CMNUCC, 2020).

Para que el acuerdo entrase en vigor, era necesario que 55 naciones que representaban el 55% del total mundial de las emisiones de GEIs lo hayan ratificado. Hoy en día, son 164 los países que ratificaron el Protocolo de Kyoto, los cuales equivalen a más del 61% de las emisiones a nivel internacional (Foro Nuclear, 2010).

El mismo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, luego de que Rusia ratificara dicho acuerdo el 18 de noviembre de 2004. Por su parte, Estados Unidos se encontró adherido de manera simbólica hasta el año 2001 en consecuencia de que firmó el acuerdo pero no lo ratificó, no porque no compartía la idea de reducir las emisiones, sino porque consideraba que no se estaba aplicando de manera eficiente y justo el Protocolo porque se involucraba a los países industrializados y se excluía a algunos de los mayores emisores de GEIs porque eran considerados países en vía de desarrollo (es decir, China e India). Por lo tanto, consideraba que perjudicaría a la economía estadounidense, retirándose finalmente del Protocolo (Foro Nuclear, 2010).

Con respecto a los objetivos del Protocolo de Kyoto, éste contiene objetivos cuantitativos jurídicamente vinculantes y con plazos predeterminados para los países desarrollados.

Durante su primer período de compromiso, de 2008 a 2012, 36 países industrializados y la Comunidad Europea (organización que también es Parte en la Convención Marco de la ONU sobre el Cambio Climático), acordaron

asumir un papel de liderazgo en la acción climática reduciendo sus emisiones de media por encima del 5 por ciento en comparación con los niveles de 1990 (CMNUCC, 2020).

Con respecto a las responsabilidades de cada una de las partes incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 2 debían (Protocolo de Kyoto, 1997):

- Aplicar y/o seguir elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo:
- Fomentar la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional; proteger y mejorar los sumideros y depósitos de los GEIs;
- Promocionar las prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación; promocionar las modalidades agrícolas sostenibles;
- Investigar, promocionar, desarrollar y aumentar el uso de nuevas formas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;
- Reducir progresivamente o eliminar gradualmente las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones;
- Fomentar reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los GEIs no controlados por el Protocolo de Montreal<sup>16</sup>;
- Llevar a cabo medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los GEIs no controlados por el Protocolo de Montreal en el sector del transporte;
- Limitar y/o reducir las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos así como en la producción, el transporte y la distribución de energía.

---

<sup>16</sup> El Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental internacional que logró la ratificación universal para proteger la capa de ozono, con la meta de eliminar el uso de sustancias que la agotan. Desde su adopción en 1987 y a partir de finales de 2014, se ha eliminado con éxito más del 98% de las sustancias controladas por el Protocolo y sus posteriores enmiendas, lo que ha ayudado a revertir los daños a la capa de ozono. Un beneficio colateral muy importante es que, durante el período 1989-2013, se han reducido también las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> en 135.000 millones de toneladas, dado que muchas de las sustancias que agotan el ozono poseen son además GEIs (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, 2020).

Según la Secretaria Ejecutiva de la CMNUCC, Christiana Figueres, el Protocolo de Kyoto

Fue un logro notable en muchos aspectos. No sólo asentó la realidad científica de que hay que reducir las emisiones, sino que ayudó a poner en marcha nuevas iniciativas como las ayudas a los países en desarrollo para que reduzcan las emisiones procedentes de la deforestación y la degradación forestal (CMNUCC, 2015).

En el año 2012 se estableció el segundo período de compromiso del Protocolo de Kyoto, conocido como la Enmienda de Doha, la cual comenzó cuando se ratificó por tres cuartas partes de las Partes del Protocolo y con un alcance hasta 2020.

Sin embargo, el Protocolo en cuestión no resultó ser exitoso, ya que este período demostró un débil compromiso de los países industrializados, tales como Estados Unidos, Rusia y Canadá, los cuales decidieron no respaldar la prórroga, por lo que se decide trabajar en otro Protocolo el cual comprometa a toda la comunidad internacional, al que se lo denominó Acuerdo de París.

#### 2.4.3. Acuerdo de París

En diciembre de 2015, durante la Cumbre Mundial sobre el Clima que se celebró en París, se estableció el Acuerdo de París, documento que sustituirá al de Kyoto a partir de 2020 y en el cual todos los países que lo ratifiquen tendrán un compromiso de reducción de emisiones de GEIs que cada uno deberá establecer. El mismo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, y es parte esencial de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)<sup>17</sup>.

El objetivo central del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático inducido, manteniendo el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C por encima de los niveles preindustriales y continuar con los esfuerzos de limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C para finales del siglo XXI (CMNUCC, 2020).

Además, el Acuerdo también propone fortalecer la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático. Para alcanzar estos ambiciosos objetivos, se establecieron flujos financieros adecuados, un nuevo marco tecnológico y un marco mejorado de creación de capacidad, y se apoyará así la acción de los países en desarrollo y de los países más vulnerables, en consonancia con sus propios objetivos nacionales. (CMNUCC, 2020).

---

<sup>17</sup> Los ODS se adoptaron por todos los Estados Miembros de la ONU en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Son 17 objetivos integrados de los cuales se desprenden 169 metas, algunas se fusionan y otras se desglosan, es decir, las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y el desarrollo de cada uno consiste en equilibrar la sostenibilidad del medio ambiental, económico y social (PNUD, 2015).

En el Acuerdo de París se les exige a todas las Partes que hagan su esfuerzo para contribuir a nivel nacional y redoblen sus acciones en los próximos años, incluyendo la obligación de informar periódicamente sobre su aplicación. También se implementará un inventario mundial cada cinco años para evaluar el progreso colectivo hacia el logro del objetivo del Acuerdo y para informar sobre nuevas medidas individuales de las Partes (CMNUCC, 2015).

El acuerdo en cuestión considera algunos aspectos esenciales para impulsar la acción por el clima en los que todas las partes tienen un grado de responsabilidad, ellos son (CMNUCC, 2015):

- Mitigación: reducir las emisiones lo suficientemente rápido como para lograr el objetivo de temperatura.
- Un sistema de transparencia y de balance global; una contabilidad para la acción climática.
- Adaptación: fortalecer la habilidad de los países para hacer frente a los impactos climáticos.
- Pérdidas y daños: fortalecer la habilidad para recuperarse de los impactos climáticos.
- Apoyo: incluido el apoyo financiero para que las naciones construyan futuros limpios y resilientes.

Con respecto a la implementación del Acuerdo de París, según un estudio realizado por el Instituto Grantham Research (2018) todas las partes están muy comprometidas con la causa, ya que 197 países firmaron en París, de los cuales 189 países lo han ratificado, y al menos 157 tienen planes para reducir sus emisiones a lo estipulado, pero solo 58 de ellos están implementando leyes y políticas que reduzcan de forma efectiva los GEIs. Entre ellos, sólo 16 países entre los cuales se encuentran Argelia, Canadá, Costa Rica, Etiopía, Guatemala, Indonesia, Japón, ex República Yugoslava de Macedonia, Malasia, Montenegro, Noruega, Papua Nueva Guinea, Perú, Samoa, Singapur y Tonga.

Considerando a uno de los principales emisores de GEIs como lo es Estados Unidos, el mismo, se retiró del acuerdo el 1 de junio de 2017 a causa de los intereses económicos de la nación.

## **2.5 El Turismo ante el Cambio Climático Inducido**

Tal como se mencionó en la Introducción de este TFC, el turismo es una actividad en constante crecimiento; esto se debe a una economía fuerte, viajes aéreos asequibles, una mayor conectividad aérea y una mayor facilitación de visas (OMT, 2019).

En el año 2019 se registraron 1.500 millones de llegadas de turistas internacionales en el mundo. Se espera que este incremento del 4% con respecto al año anterior se repita en el 2020, lo que confirma la posición del

turismo como un sector económico pujante y resistente, especialmente teniendo en cuenta las actuales incertidumbres. Precisamente por eso, es necesario gestionar el crecimiento con responsabilidad y aprovechar de la mejor manera posible las oportunidades que el turismo puede ofrecer a las comunidades de todo el mundo (OMT, 2020).

El secretario general de la OMT Zurab Pololikashvili (2019) expresó:

El crecimiento del turismo en los últimos años confirma que el sector es hoy uno de los motores más poderosos de crecimiento y desarrollo económico a nivel global. Tenemos la responsabilidad de gestionarlo de manera sostenible para traducir esta expansión en beneficios reales para todos los países, y en particular, para todas las comunidades locales, creando oportunidades de empleo y emprendimiento y sin dejar a nadie atrás. (OMT, 2020).

Considerando las estadísticas de la OMT (2019) el consumo turístico en el mundo ha sido de 5.7 billones de dólares en el año 2018, y la inversión del capital turístico llegó a 941 miles de millones de dólares.

Sin embargo, considerando la situación mundial a causa de la pandemia del coronavirus (COVID-19), la OMT (2020) ha pronosticado un retroceso de entre el 20% y 30% de la actividad a nivel mundial para el año 2020, lo que podría significar una disminución de los ingresos del turismo mundial de entre USD 300.000 y 450.000 millones, que representaría casi un tercio de los 1.5 billones de dólares generados en 2019. También generaría pérdidas equivalentes al crecimiento generado por el sector entre los últimos cinco y siete años.

En cuanto al aspecto laboral, el Consejo Mundial de Viajes y Turismo (2020) estimó que desde que comenzó la pandemia, cada día se pierde un millón de puestos dentro de la industria turística.

A pesar de lo antes mencionado, no todas las consecuencias de la pandemia son negativas. Dado que se ha llevado a cabo el cierre de fábricas, se han suspendido gran cantidad de vuelos y se han cerrados famosos atractivos turísticos se ha podido observar en imágenes publicadas por diferentes entidades como la NASA y la Agencia Espacial Europea que las emisiones de CO2 en China han disminuido en un 25% y en Italia también se han reducido de manera significativa.

En cuanto al cambio climático inducido propiamente dicho, como hacen referencia Pulido-Fernández & López Sánchez (2014), “no hay que olvidar que en esta situación el turismo es, a la vez víctima, verdugo” (p. 260).

Según las investigaciones realizadas por la OMT en asociación con el PNUMA y la OMM, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del turismo internacional, fueron responsables de poco menos de 5 % del total mundial, es decir, 1.307 millones de toneladas en 2005 (OMT, 2007).

El transporte es el principal responsable de las emisiones en el sector turístico, ya que el transporte aéreo es causante del 40% de las emisiones, el transporte de carretera representa cerca del 32% de las emisiones y otras formas de transporte el 3%, por lo que en total el transporte es responsable del 75% del total de las emisiones del sector turístico. Con respecto a los alojamientos se le atribuye el 21 % del total de emisiones del sector turístico (OMT, 2007).

Se estima que el transporte aéreo representa entre el 2% y 3% de las emisiones mundiales de GEIs y según las proyecciones de la OMT (2019) "Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con el transporte del sector turístico aumentarán un 103% entre 2005 y 2030 debido a la creciente demanda".

En cuanto al alojamiento, sin duda los grandes hoteles son los principales productores de emisiones en función de pensiones, apartamentos, camping, etc porque consumen más energía para el funcionamiento de las instalaciones del inmueble como restaurantes, bares, piscinas y spa, y a su vez generan muchos más residuos (OMT, 2007).

Por lo antes mencionado, el turismo tiene efectos positivos, pero también negativos. Entre los resultados beneficiosos se encuentran la creación de empleo, el incremento de los ingresos económicos, el permitir mayores inversiones en la conservación de espacios naturales, el evitar la emigración de la población local, la mejora del nivel económico y sociocultural de la población local, la comercialización de productos locales, el intercambio de ideas, costumbres y estilos de vida y la sensibilización de los turistas y de la población local para proteger el ambiente (OMT, 2007).

Con respecto a los aspectos negativos, tal como menciona Pulido-Fernández & López Sánchez (2014), "la propia industria turística puede ser un acelerador del cambio climático, a través de la emisión de CO<sub>2</sub> y otros GEIs" (Rodríguez y Domínguez, 2011, p. 262).

Sin dudas es una industria que contribuye en el cambio climático inducido, por lo tanto es el principal desafío de este siglo para el sector, ya que es una de las actividades económicas que pueden resultar afectadas por los efectos del calentamiento global junto con la agricultura (Olcina, 2012, citado en Pulido- Fernández & López Sánchez, 2014).

Es por ello que las partes que conforman el sector se encontraran en una difícil disyuntiva, ya que se verán obligadas a cambiar aspectos de su oferta y deberán prepararse para enfrentar

aspectos económicos no tan positivos a los habituales, lo que puede llevar a una pérdida paulatina de las vacantes laborales del sector en cuestión (Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014).

Además, el turismo afecta la biodiversidad, por lo que produce un efecto directamente negativo en los hábitats y las especies de los diferentes destinos, y sin dudas es un factor determinante en la viabilidad y el atractivo de una región como destino turístico (Hall, 2006; OMT, PNUMA & OMM, 2008).

Según Padrón (2009), el turismo es un claro ejemplo de cómo mitigación y adaptación son objetivos interrelacionados, pues, aunque la adaptación se circunscribe a un destino y contexto local concreto, constituye, a su vez, una actividad estrechamente conectada con las políticas de mitigación (Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014, p. 267).

La adaptación a la situación actual reduce las consecuencias de los impactos del cambio climático inducido y, por tanto, las necesidades de mitigación. Sin embargo, la mitigación siempre será necesaria para evitar efectos irreversibles en el sistema climático y, a su vez, la adaptación seguirá siendo necesaria a causa de la incidencia irreversible como resultado de los aumentos actuales e históricos de GEIs (Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014).

Las acciones de mitigación a nivel internacional requieren una unión coordinada, mientras que las iniciativas de adaptación deben ser definidas e implementadas a nivel nacional o subregional, considerando que los impactos y las vulnerabilidades son específicas de cada territorio (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2006).

“La adaptación al cambio climático requiere una estrategia a medio o largo plazo, según cada sector o sistema” (Simpson et. al., 2008, citado en Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014, p. 268). Por tanto, es muy importante definir las políticas y medidas de adaptación estableciendo un período de tiempo adecuado al cumplimiento de las mismas considerando la perdurabilidad para reducir los efectos nocivos causados por calentamiento global inducido. (Brooks & Adger, 2005, citado en Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014).

“Con respecto a las estrategias de mitigación propuestas a nivel internacional van dirigidas, principalmente, a la reducción de la emisión de GEIs” (Prats, 2008; Dubois y Cerón, 2006 citados en Pulido-Fernández & López-Sánchez, 2014, p. 269). Las principales acciones propuestas para mitigar los efectos del turismo sobre el cambio climático inducido, según Pulido-Fernández & López-Sánchez (2014) pueden resumirse en:

- Crear infraestructura que permita la sostenibilidad, es decir, implementar nuevas tecnologías que contribuyan a la reducción de emisiones a largo plazo como por ejemplo tecnologías de los aparatos de vuelo, de los motores, combustibles alternativos, etc.
- Optimizar la infraestructura en el espacio aéreo y perfeccionar la gestión del tráfico aéreo.
- Integrar la aviación internacional en el acuerdo sobre cambio climático post-Kyoto sobre el cambio a nivel global del sector (por ejemplo, un esquema global de comercio de emisiones).
- Establecer un marco fiscal e institucional, el cual ofrezca incentivos a aquellas empresas o consumidores que lleven a cabo un consumo sostenible, o desarrollar un régimen fiscal favorable que defina beneficios adicionales para las líneas aéreas para el uso de aviones de combustible eficiente, asegurando que el dinero recaudado se reinvierte para impulsar la sostenibilidad del sector.
- Componer un órgano que controle y promueva los estándares mundiales y acredite un sistema de certificación, o regule los sistemas existentes.

## Capítulo 3: Caso de Análisis. Riviera Maya (Quintana Roo, México)

### 3.1 Localización

La Riviera Maya es una de las principales zonas turísticas de México. Se encuentra situada en el estado de Quintana Roo, en el área oriental de la península de Yucatán y sobre la costa del Mar Caribe. Se extiende unos 130 Km, desde la localidad de Puerto Morelos en el norte hasta la localidad de Puerto Allen al sur. La Riviera Maya ofrece más de 4.295,43 Km<sup>2</sup> de extensión, en los que existen varios puntos turísticos, entre ellos Puerto Morelos, Punta Maroma, Punta Bete, Playa del Carmen, Puerto Aventuras, Xcaret, Kantenah, Xpu - Há, Akumal, Xel - Há, Tulum, Boca Paila y Puerto Allen (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Puerto Morelos: Actualmente el principal puerto comercial de carga y pesca del estado de Quintana Roo. Es un destino turístico cercano a Cancún (Secretaría de Turismo de Quintana Roo, 2020). Uno de sus principales atractivos es el Gran Cinturón de Arrecifes del Atlántico Occidental, segunda barrera de arrecifes más grande del mundo (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Punta Maroma y Punta Bete: Zonas costeras muy pequeñas, con playas vírgenes y poca infraestructura hotelera. En ellas se pueden disfrutar diferentes actividades acuáticas y de relajación. Uno de los principales atractivos que se puede visitar es un Río de agua dulce de origen subterráneo que desemboca en el Mar Caribe y el parque temático Tres Ríos (Playas México, 2020).

Playa del Carmen: Uno de los principales destinos turísticos de la Riviera Maya, además de una de las ciudades más pobladas y urbanizadas del país. Su principal actividad económica es el turismo, generando así gran cantidad de puestos de trabajo. Las principales atracciones que se pueden visitar son la 5ta. Avenida, el museo de Frida Kahlo y el Acuario. Los traslados hacia la Isla de Cozumel se realizan desde dicha ciudad (Excursiones Riviera Maya, 2019)

Puerto Aventura: Localidad orientada a la privacidad, sin demasiada cantidad de turistas. Si bien cuenta con varios resorts de alta categoría, es un destino muy residencial en donde se puede disfrutar del Club de Golf y del Club de Tenis (Excursiones Riviera Maya, 2019).

Xcaret: Antiguamente fue una importante ciudad comercial Maya y en el 1990 se fundó el Parque Temático Ecológico de Playa del Carmen -a 5 Km. de la ciudad-, dado su privilegiado entorno natural con más de 50 atractivos naturales, por lo que ha desarrollado diferentes programas de

conservación y reproducción de fauna y flora. Entre los atractivos más destacados se encuentran el primer mariposario de México y el Acuario de Arrecife de Coral, el cual es uno de los pocos lugares en el mundo donde se puede apreciar estructuras arrecifales en su hábitat natural. Por otro lado, se pueden llevar actividades recreativas acuáticas en sus cenotes, ríos subterráneos, lagunas, etc. (Sitio oficial del Grupo Xcaret, 2020).

Xpu-Há y Akumal: Playas muy pequeñas que se encuentran entre Playa del Carmen y Tulum. La primera es también una reserva ecológica que alberga gran variedad de especies marinas; se caracteriza por caletas de piedra caliza donde el mar tiene solamente una profundidad de medio metro y es la playa que escogen las tortugas marinas durante los meses de mayo y septiembre para desovar (Secretaría de Turismo de México (SECTUR), 2019).

Por su parte, Akumal fue un pueblo utilizado para la siembra de palmeras de coco y fue el primer destino orientado a los buceadores ya que se encuentra protegido por arrecifes de alta mar. Se encuentra a 60 Km. de Tulum y allí se puede tomar excursiones para sumergirse en sus aguas y descubrir sus tortugas verdes, bañarse en la Bahía de la Media Luna, o visitar la Laguna Yal-kú y disfrutar su fauna marina tropical y las rocas calizas. (Guía del Destino Riviera Maya - Visit Mexico, 2017).

Xel-Há: Se localiza en pleno corazón de la Riviera Maya, a 122 Km al sur de Cancún y 13 Km al norte de la zona arqueológica de Tulum. Su nombre significa “entrada de agua”, el cual hace referencia a su estructura geográfica. Actualmente es conocido como un parque ecológico y se caracteriza por estar rodeado de jungla y una gran caleta en la que el agua de tres ríos subterráneos se une al Mar Caribe, conformando el espacio idóneo para la convivencia de 70 especies marinas y de agua dulce. Se pueden disfrutar paseos por el río entre manglares, senderos en la selva, a pie o en vehículo estilo safari. (Visit México, 2016).

Tulum: Mítico yacimiento arqueológico, se encuentra dentro del Parque Nacional Tulum y es uno de los principales destinos turísticos del sur de la Riviera Maya. Se divide en la zona arqueológica y la zona hotelera. La misma cuenta con pequeños templos y edificaciones con más de setenta estructuras conservadas dentro de tres murallas que rodean la zona. Destacan el Templo de los Frescos, que conserva en su interior restos de pinturas y murales y el Templo del Dios Descendente, que retrata a un dios alado bajando de los cielos (Guía del Destino Riviera Maya - SECTUR, 2019).

Boca Paila y Punta Allen: Localidades pertenecientes al municipio de Tulum que se hallan dentro de la Reserva Especial de la Biósfera de Sian Ka'an (declarada Patrimonio Mundial en 1987). Constituida por más de 651,029 hectáreas, está conformada por un ecosistema muy diverso

que incluye selva tropical, humedales, sabanas y el océano. Ambas localidades se encuentran asentadas en una pequeña península a lo largo de la frontera oriental de la reserva con aproximadamente 600 habitantes, con el Caribe por un lado y los manglares, canales, humedales e islotes en el otro. Este es el único sector de la Reserva que está abierto a un desarrollo turístico muy limitado (Guía del Destino Riviera Maya - SECTUR, 2019)

Figura 3.1: Ubicación del Estado de Quintana Roo



Fuente: Google Maps, 2020

Figura 3.2: Localización de la Riviera Maya y sus destinos turísticos



Fuente: Elaboración propia con datos de la Universidad de Quintana Roo, 2013

## 3.2 Aspectos Físico-ecológicos

### 3.2.1 Clima

El clima de la Riviera Maya es cálido y subhúmedo, con lluvias que se intensifican en el verano. La temperatura media anual es de 26° C, alcanzando las temperaturas mínimas en el mes de enero con 14° C y las máximas se registran en el mes de agosto con 33° C. Los vientos predominantes son del sureste y la precipitación pluvial anual oscila entre los 1.300 y los 1.500

mm siendo la estación de mayores lluvias entre marzo y octubre (Universidad de Quintana Roo, 2013).

La zona se ve afectada por los huracanes, principalmente en verano.

La Riviera Maya se enfrenta periódicamente a fenómenos hidrometeorológicos<sup>18</sup> con vientos máximos sostenidos que alcanzan o superan los 119 kilómetros por hora y condiciones de presión barométrica<sup>19</sup> muy baja. En los últimos 50 años aproximadamente 21 huracanes han azotado la región. Se espera que cada 2,5 años se presente uno de estos fenómenos (Universidad de Quintana Roo, 2013, p. 22).

Otras fluctuaciones en el clima son los “nortes”<sup>20</sup> que se presentan entre los meses de octubre a enero, como consecuencia del choque de las masas frías del norte con el aire tropical del país, lo que ocasiona la lluvia invernal y en algunos años llega a ser tan elevada que abarca más del 15% de las precipitaciones anuales (Universidad de Quintana Roo, 2013).

### 3.2.2 Relieve

La Riviera Maya presenta características particulares dado a su origen geológico, como toda la península de Yucatán.

El área costera es una zona plana en donde habitualmente se encuentran áreas inundadas e inundables.

La zona litoral posee salientes rocosas, cordones, espolones y lagunas pantanosas intercomunicadas hacia el océano por canales. También los litorales pueden ser arenosos de origen marino, o rocosos de origen calcáreo (Universidad de Quintana Roo, 2013, p. 24).

Dada la capacidad de solubilidad de las rocas en la península de Yucatán, es decir, que se desintegran fácilmente cuando se encuentran en contacto con un líquido, son frecuentes las

---

<sup>18</sup> La Ley General de Protección Civil de México (2012), en su artículo 2, inciso XXIII define a un “fenómeno hidrometeorológico” como un agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados (Coordinación Nacional de Protección Civil de México, 2016).

<sup>19</sup> Es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local (Metas y Meteorólogos Asociados, 2005).

<sup>20</sup> Se denomina “nortes” a los fuertes y repentinos vientos que se ocasionan entre septiembre y mayo en México, a causa del aire frío que domina el Polo Norte, el cual comienza a desplazarse más al sur alcanzando a gran parte del territorio de dicho país. Estas masas frías se mueven generalmente desde el centro y oeste de Estados Unidos y al ingresar en el Golfo de México favorecen el incremento de la velocidad del viento debido a un menor rozamiento y al aumento de presión (Meteored México, 2017).

dolinas y las depresiones, donde se acumulan arcillas de descalcificación (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Los suelos de la Riviera Maya generalmente son más pobres, jóvenes, poco evolucionados, pedregosos, someros, fácilmente degradables y con mayor potencial forestal que los del resto de la Península de Yucatán (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Dichos suelos son tipos litosol y rendzina con clase textural media. El subsuelo está íntegramente formado por calizas blancas, arenosas, no mineralizadas llamadas sascab, que por intemperismos se endurecen y forman placas en la superficie conocidas como lajas (Universidad de Quintana Roo, 2013, p 24).

Por otro lado, existe una barrera arrecifal discontinua que inicia en las inmediaciones de Cancún y se extiende hasta Belice de manera paralela al litoral, cubriendo toda la costa del Estado (González-Solís, 1995, citado en González-Solís & Torruco, 2015). Esta estructura favorece la presencia de playas poco inclinadas y olas de baja energía.

### 3.2.3 Flora

Debido a la gran variedad de suelos que posee la Riviera Maya, la misma cuenta con diferentes tipos de vegetación.

En las zonas de mayor altitud se encuentra una vegetación de tipo selva subperennifolia<sup>21</sup>, con algo de vegetación de selva baja subcaducifolia<sup>22</sup>. En las áreas de menor altitud se desarrollan ecosistemas de humedal fundiéndose entre la vegetación de selva o bien en las cercanías de la costa (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Hacia la costa se extiende un matorral costero que separa los humedales o las selvas de la playa. Las playas presentan vegetación halófito, la cual puede establecerse sobre un suelo rocoso o bien sobre suelo arenoso. Los procesos de sucesión de la vegetación han creado diversos sectores de vegetación secundaria o vegetación dispersa (Universidad de Quintana Roo, 2013).

A continuación se describen los tipos de vegetación mencionados:

Vegetación halófito: En este tipo de vegetación dominan principalmente especies herbáceas y rastreras, las cuales presentan una alta resistencia a ciertos factores naturales como el continuo

---

<sup>21</sup> Selvas que se encuentran a más de 30 metros de altura y donde menos del 25% de las especies pierden sus hojas (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de Aguascalientes de México, 2005).

<sup>22</sup> Selvas que se encuentran a menos de 15 metros de altura y donde entre el 50% y el 75% de las especies pierden sus hojas (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de Aguascalientes de México, 2005).

embate del viento, elevados niveles de salinidad, pobreza del suelo y permanente exposición al sol. En la zona rocosa, la vegetación a primera vista parece estar formada sólo por el estrato herbáceo, aunque se identificaron especies como el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), uva de mar (*Coccoloba uvifera*), lavanda (*Tournefortia gnaphaloides*) y la trepadora tronadora (*Distichlis spicata*), que potencialmente pueden llegar a formar parte del estrato arbóreo, arbustivo y trepador (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Matorral costero: Este tipo de vegetación se caracteriza por su adaptación a las aguas con alta salinidad. Las medidas pueden oscilar desde los 80 cm hasta más de 15 m, y pueden alcanzar los 25 m. Una particularidad del mangle son sus raíces en forma de zancos, las cuales les permiten estar en contacto directo con el agua salobre. (Pozo, Armijo-Canto & Calmé, 2011). El crecimiento del manglar es principalmente de manera arbustiva desarrollando una alta densidad, la cual crece sobre un suelo rocoso con mayor probabilidad de acumulación de materia orgánica. En ella la asociación vegetal dominante está conformada por las especies palma chit (*Thrinax radiata*); sakyab (*Gliricidia sepium*) y siricote de playa (*Cordia sebestena*) (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Acahual: Hace referencia a la vegetación que surge como resultado de una perturbación ambiental, ya sea de origen natural como por ejemplo huracanes e incendios, o antropogénica (extracción de madera, incendios provocados, acumulación de basura, extracción de especies, actividades agrícolas, etc.). En las áreas alteradas se inicia un proceso denominado “sucesión”, el cual consiste en la aparición de especies en conjuntos específicos que van definiendo las diferentes etapas de dicho proceso que tiende a regresar a su estado original (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Humedal: Son zonas inundables de manera permanente o estacionalmente inundables, las cuales permiten el desarrollo de especies adaptadas a esas condiciones. Los tipos de vegetación típica son los manglares y pastizales. En zonas próximas a las áreas inundables y al mar predominan las comunidades de manglares, con las especies rojas (*Rhizophora*) blancas (*Laguncularia Racemosa*), además de negros (*Avicennia Germinans*) y botoncillos (*Conocarpus erectus*). Habitualmente en las zonas inundables solo se encuentra el mangle rojo (Yañez-Arancibia et. al., 1998; Municipio de Solidaridad, 2016, citado en Ruiz-Ramírez, López-Montejo & Cabrera, 2018).

Selva baja caducifolia: La misma hace referencia a un conjunto de árboles de 3 a 7 m de altura y se caracteriza porque más del 75% de las especies pierden sus hojas en la época seca (Universidad de Quintana Roo, 2013). Este tipo de vegetación se puede encontrar en la parte

norte del estado, donde predominan los climas cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos y la temperatura anual promedio es superior a 20°C. Las precipitaciones máximas anuales son de 1.200 mm y las mínimas de 600 mm, con una temporada seca marcada, la cual su duración puede ser de hasta siete u ocho meses. La vegetación herbácea se encuentra de manera reducida y solo se puede apreciar cuando comienzan las épocas de lluvia o retoñan las plantas. También se pueden encontrar con frecuencia las plantas suculentas, que poseen una gran capacidad de almacenar agua en las hojas, tallo y raíz. Entre las especies destacadas se consideran las siguientes: palo mulato (*Chakah*); tepe-guaje (*Tzalam*); pochote (*Ya'axche'*); amapola (*Papaver rhoeas*), ciricote (*Cordia alliodora*) (Pozo, Armijo-Canto & Calmé, 2011).

Selva mediana subperennifolia: Es la más extensa y se distribuye de norte a sur y de este a oeste, en la porción oeste extrema colinda con la selva mediana subcaducifolia (Pozo, Armijo-Canto & Calmé, 2011). La vegetación está compuesta de seis estratos: arbóreo alto, arbóreo bajo, epífita, herbáceo, arbustivo y trepador. De acuerdo a su altura se clasifican en estrato arbóreo alto con árboles mayores a 5 m de altura y el estrato arbóreo bajo, con árboles menores a 5 m. En cuanto a la distribución de la vegetación, el estrato herbáceo es el dominante en la selva y está conformado por dos especies: piñuela (*Bromelia aedon*) y bobtum (*Anthurium schlechtendalii*). También se incluye al chit (*Thrinax radiata*) que se ubica en el estrato arbóreo bajo y abunda en la selva. El estrato arbóreo alto presenta zapote (*Manilkara zapota*), chacá (*Bursera simaruba*), palma nacax (*Coccothrinax readii*) y chechén negro (*Metopium brownei*) como especies dominantes (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Ecotono humedal-selva baja: En el mismo domina la vegetación de transición entre el humedal y la selva, es decir, aquellas áreas donde la flora típica del humedal se fusiona con especies propias de la selva. Las palmas son la especie más destacada y es la más importante en conjunto con las zapotáceas, particularmente las palmas chit (*Thrinax radiata*) y kuka (*Pseudophoenix sargentii*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*) (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Si bien la Riviera Maya cuenta con gran variedad de especies que hacen a los paisajes y al entorno, varias especies del estado de Quintana Roo se encuentran amenazadas y en peligro de extinción por actividades que lleva a cabo el hombre y requieren de su uso. Algunas de ellas son caoba (*Swietenia macrophylla*), ceiba o yaxché (*Swietenia macrophylla*), palma chit (*Thrinax radiata*), chicozapote (*Manilkara zapota*), chaká roja (*Bursera simaruba*), pitahaya (*Hylocereus selenicereus*), y orquídea (*Bletia purpurea*) (Gobierno de Quintana Roo & Secretaría de Turismo de Quintana Roo, 2020).

### 3.2.4 Fauna

Teniendo en cuenta la fauna de la Riviera Maya, la misma es considerada de tipo neotropical y se detectó la presencia de 309 especies desde Cancún hasta Tulum, de las cuales las aves son la especie más abundante (INNE, 1996, citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013).

La fauna terrestre más destacada de la Riviera Maya son las aves y los mamíferos pequeños y medianos (Centro de Investigación de Quintana Roo, 1990, 1992, citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013).

Los mamíferos medianos y pequeños más comunes son el mapache (*Procyon lotor*), el zorro gris (*Urocyon cineroargenteus*), el coatí (*Nasua narica*), el sereque (*Dasyprocta punctata*), el tepezcuintle (*Agouti paca*), así como ratones de campo y ardillas; por la noche abundan los murciélagos, entre los que se encuentran los géneros *Artibeus*, *Centurio* y *Carollia* (Universidad de Quintana Roo, 2013, p. 45).

Aun así se pueden encontrar mamíferos de mayor tamaño, los mismos hacen referencia a el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo (*Leopardus weidii*) y el leoncillo (*Herpailurus yagouarundi*), así como el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado tamazate (*Mazama americana*) y el pecarí de collar (*Pecari tajasu*). También por la cacería y la fragmentación del hábitat han desaparecido algunas especies de grandes mamíferos como el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*) y el tapir (*Tapirus bairdii*) (Universidad de Quintana Roo, 2013).

El Parque Nacional Tulum es una de las áreas protegidas de la zona y es considerado una parada obligatoria para muchas aves migratorias que llegan desde Estados Unidos y Canadá y se dirigen a la Biosfera Sian Ka'an en el invierno. Además, la zona de la península de Yucatán es considerada la segunda en contar con abundantes especies no migratorias, por lo que el grupo de las aves es la más rica y destacada en el Parque Nacional Tulum, con especies propiamente de selvas medianas y bajas, así como especies vadeadora que encuentran en los humedales (Universidad de Quintana Roo, 2013).

En la zona rocosa se pueden encontrar aves acuáticas como el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*) pelícano café, la fragata magnífica (*Fregata magnificens*), diversas especies de garzas como la garza blanca (*Egreta sp.*) las cuales se refugian y anidan en los humedales. También es frecuente observar aves rapaces como el halcón negro (*Buteogallus anthracinus*), el águila pescadora (*Pandion haeliatus*), el milano plumizo (*Ictinea plumbea*) y el zopilote cabeza negra (*Cathartes aura*). Ambos tipos de aves utilizan la zona costera y las costas rocosas como lugar de alimentación (Universidad de Quintana Roo, 2013).

En cuanto a los reptiles, este grupo está conformado por lagartijas, iguanas grises (*Ctenosaura similis*) e iguanas verdes (*Iguana iguana*). También en menor presencia se puede observar al crótalo cuatro narices (*Bothrops sp.*) y la boa (*Boa constrictor*). (Universidad de Quintana Roo, 2013).

La zona de la Riviera Maya es un lugar particular para que las tortugas marinas aniden y se reproduzcan, principalmente para la tortuga caguama (*Caretta caretta*), tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y eventualmente la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Por otro lado, se registraron 212 especies de mariposas diurnas, pertenecientes a las superfamilias papilionoidea y hesperioidea (de la Maza y Bezaury, 1992, citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013).

Finalmente las especies en peligro de extinción son el jaguar (*Panthera onca*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), aracari y tucán (*Ramphastos sulfuratus*), manatí (*Trichechus manatus*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), tiburón ballena (*Rhincodon typus*), coatí (*Nasua narica*), pájaro toh o péndulo (*Momotus momota*) (Gobierno de Quintana Roo, 2020).

### 3.2.5 Paisaje

Como se mencionó en apartados anteriores, la Riviera Maya es un área muy diversa ya que combina varios aspectos en la actividad turística. En la misma se pueden llevar a cabo diferentes actividades vinculadas con la naturaleza y la cultura Maya (Khafash & Fraga, 2011). Por lo tanto el paisaje que se encuentre en la misma fusiona ambas opciones. Por un lado sus huellas culturales que aún se encuentran como obras monumentales y ruinas que han sido parcialmente restauradas para poder responder a la demanda turística actual (Duque-Escobar, 2018) y por el otro los entornos naturales, muchos de los cuales son considerados patrimonio natural, inmersos en vegetación con presencia de una gran variedad de fauna local, lo que también incluye el área costera en donde se encuentran grandes desarrollos turísticos y hoteleros. Esto lleva al incremento de parques temáticos como por ejemplo Xcaret, Xel-Há, y Xplor con ofertas de naturaleza, aventura, y cultura que reciben más de cuatro millones de turistas al año (Khafash & Fraga, 2011).

### 3.3 Aspectos Socioeconómicos

#### 3.3.1 Población

Con respecto al volumen poblacional, en primer lugar hay que tener en cuenta la expansión del territorio considerado: Quintana Roo representa el el 2,26% del territorio nacional y dicha cifra alude a 1.501.562 de habitantes, de los cuales el 88% vive en área urbana. El estado de Quintana Roo logró una tasa de crecimiento anual de 2,7% en el período 2010-2015 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, INEGI, 2015).

La Riviera Maya ha logrado un crecimiento significativo en los últimos años, tanto a nivel poblacional como a nivel turístico. En tal sentido, en el año 2000, la población era de 63.752 habitantes; en 2005, de 135.512 habitantes y en 2010, de 180.407 personas, con una tasa de crecimiento de 16,2% y 5,8% respectivamente (INEGI, 2000, 2005 & 2010, citado en Universidad de Quintana Roo, 2013) (Tabla 3.1)<sup>23</sup>.

Tabla 3.1: Distribución de la población de la Riviera Maya (2010)

<b>Localidad</b>	<b>Población (miles de hab.)</b>	<b>Tipo de Población</b>
Akumal	1.310	Rural
Boca Paila	6	Rural
Cobá	1.278	Rural
Playa del Carmen	149.923	Urbana
Puerto Morelos	9.188	Urbana
Punta Allen	469	Rural
Tulum	18.233	Urbana

Fuente: Elaboración propia, con datos del INEGI, 2010, citados por la Universidad de Quintana Roo, 2013

<sup>23</sup> Según criterios utilizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI, 2010) las localidades de Puerto Morelos, Playa del Carmen, Tulum y Puerto Aventuras se denominan “ciudad urbana”, por superar los 2.500 habitantes, y el resto de las localidades que conforman la Riviera Maya se complementan como localidades rurales.

La población de las localidades que comprenden la Riviera Maya está compuesta de 93.968 hombres y 86,438 mujeres según resultados del último censo de población (INEGI, 2010), es decir, que de la población total contabilizada por este instituto en 2010 es de 180,407 habitantes donde el 52,0% son hombres y 48,0% mujeres (INEGI, 2010 citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013 p. 28).

### 3.3.2 Salud

La salud en el estado de Quintana Roo es un derecho de todos los ciudadanos y corresponde a los tres niveles de gobierno.

Con respecto a la infraestructura sanitaria, la mayor cantidad de instituciones se encuentra en la localidad de Playa del Carmen. Cuenta con 2 clínicas estatales: la Unidad Ejido y la Unidad Zazil Ha. Además existen las clínicas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), la Unidad Médica Integral de la Secretaría Estatal de Salud (SESA) y la Cruz Roja (Universidad de Quintana Roo, 2013).

Las clínicas municipales de Playa del Carmen son las siguientes: Centro de Salud Colosio, Unidad Integral de la Mujer, Unidad de Salud Guadalupeana, Centro de Medicina Alternativa. En Puerto Aventuras se encuentra una Unidad de Salud y además se cuenta con atención de clínicas particulares (Universidad de Quintana Roo, 2013).

### 3.3.3 Educación

Con respecto a la educación, entre el 96% y el 96,9% de los niños de 6 a 14 años asisten a la escuela en el estado de Quintana Roo (INEGI, 2015).

El sistema educativo de dicho estado lo comprenden 2.026 escuelas de todos los niveles, de las cuales el 20,1% son privadas (Varela, 2014). En cuanto a alumnos, suman 386.221 estudiantes (Varela, 2014).

Según el nivel escolar, el 45% de los alumnos cursan la educación primaria; el 18%, secundaria; el 13%, preescolar; el 12%, media superior y el 8%, superior. La educación profesional media y especial aportan el 2% (Varela, 2014).

Considerando el nivel universitario se estima que la cantidad de alumnos en Quintana Roo es de 28.500 (Varela, 2014).

### 3.3.4 Actividad Económica

#### 3.3.4.1 Turismo

El sector turístico se destaca por ser una de las actividades económicas más importantes de México ya que representa el 8,7% del Producto Interno Bruto nacional y el estado de Quintana Roo (considerando a Cancún y la Riviera Maya) aporta el 7,1% del PIB turístico del país (Hosteltur, 2019). Sin embargo la actividad turística por clasificación del INEGI se encuentra definida como actividad terciaria ya que es considerada una actividad recreativa (INEGI, 2012).

También, en el 2016 Quintana Roo captó el 33,6% del total de divisas que ingresaron al país por concepto de turismo, dicha cifra representa USD 6.584,90 millones de un total de USD 19.570,81 millones (Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, 2017).

En términos generales, Quintana Roo finalizó el año 2019 con una ocupación promedio anual del 81%, de los cuales el 36,6% son turistas nacionales y el 63,4% son turistas extranjeros destacando el mercado norteamericano, canadiense y europeo. En cantidad de pasajeros, representa a 23,9 millones de pasajeros en aeropuertos, 22,8 millones de visitantes, 7,2 millones de pasajeros en cruceros y más de USD 15 mil millones (Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, 2019). Con respecto al año 2018, recibió un 1% más de pasajeros en aeropuertos, un 2,7% más de pasajeros provenientes de cruceros y cuenta con más de 16 mil cuartos más (Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, 2019).

Teniendo en cuenta la promoción turística, el estado invierte por año alrededor de 600 millones de pesos y en el año 2019 han asistido a más de 33 ferias internacionales y nacionales (El Economista, 2019).

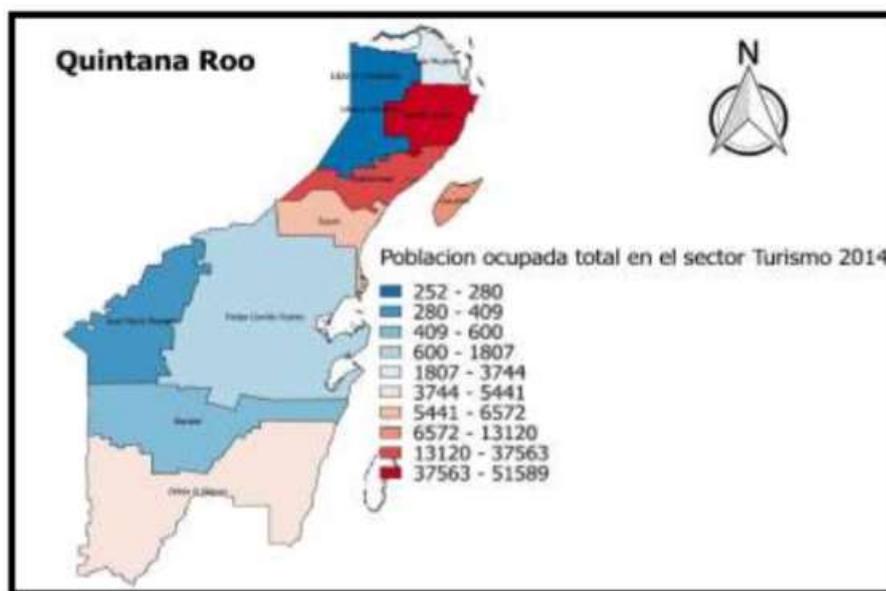
Adentrándonos en la Riviera Maya, dicho destino finalizó el año 2019 con una ocupación promedio anual del 78% dos puntos menos que el 2018, la cual se traduciría en 6,5 millones de turistas (Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, 2019).

Según los últimos datos publicados por la Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo sobre los indicadores turísticos (2017) la Riviera Maya cuenta con una infraestructura hotelera representada en 416 hoteles y 46.958 cuartos. El 25,8% de los hoteles y el 80,6% de las habitaciones se encuentran en establecimientos de cinco estrellas o de categoría especial (Fideicomiso de Promoción Turística de la Riviera Maya, 2017). El 74,4% de las habitaciones se ofertan en régimen "todo incluido" y más del 83,5% se encuentran en hoteles con más de 100 habitaciones (Fideicomiso de Promoción Turística de la Riviera Maya, 2017).

La estadía promedio fue de 6,1 noches y el gasto promedio por visitante por estancia en dólares fue de USD 630 (turistas) y de USD 82 (crucevistas) (Secretaría de Turismo del Estado de Quintana Roo, 2017).

Con respecto a la empleabilidad, los municipios de Solidaridad y Benito Juárez, de los cuales sus costas conforman la Riviera Maya, son aquellos que cuentan con mayor población empleada en el sector de turismo en el año 2014 y se representan en color colorado en la Figura 3.3 (Herrera- Serna, 2018).

Figura 3.3: Población del Estado de Quintana Roo empleada en el sector turístico (2014)



Fuente: Herrera-Serna, 2018

#### 3.3.4.2 Agricultura, Ganadería y Pesca

Estas tres actividades según el INEGI (2012) son actividades primarias porque aprovechan los recursos de la naturaleza sin sufrir una transformación previa, aunque se puede llevar a cabo cierta intervención, como en el uso de fertilizantes, el mejoramiento de las razas del ganado y la cría de peces en medios controlados.

Según datos publicados por el gobierno de Quintana Roo (2015) aproximadamente en dichas actividades primarias trabajan alrededor de 48.890 personas, dicha cifra desglosada en cada actividad representaría el 86,4% en el sector agrícola, el 7% en el sector de la pesca comercial y el 6,6% en el sector ganadero.

La agricultura en la Riviera Maya está basada principalmente en cultivos básicos como maíz y frijol, intercalando la producción con cultivos de calabaza, tomate y chile en terrenos no mecanizados y de temporal con bajos rendimientos, los cuales son destinados al autoconsumo. Los terrenos actualmente destinados a la agricultura son terrenos ejidales. (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2007 citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013).

En la región también se practica la ganadería extensiva, en su mayoría utilizando praderas de temporal, las cuales habitualmente son propiedad del estado. Considerando las diferentes razas ganaderas, se puede encontrar ganado bovino, ganado porcino y ganado ovino. La cría de aves es a nivel doméstico (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2007 citado por la Universidad de Quintana Roo, 2013).

La actividad pesquera se caracteriza por su carácter ribereño, definiendo como pueblos de pescadores a Puerto Morelos, Playa del Carmen, Puerto Aventuras, Akumal y Tulum. Es en estas aguas de la costa de Yucatán los diferentes ejemplares que se pueden pescar como actividad deportiva son Marlin, Pez Vela, Dorado, Wahoo, Barracuda y Atún aleta amarilla. (Pesca Maya, 2020).

Con respecto a la producción pesquera con fines comerciales, el estado de Quintana Roo en el año 2018 ha generado 3.570,85 toneladas de ejemplares vivos, lo que representaría 3,188.07 de toneladas como peso desembarcado. El valor de la producción se valuó en 181.839 de pesos. Entre los ejemplares más destacados se encuentran el pulpo (524,66 toneladas), el mero (475,26 toneladas) la langosta (375,19 toneladas), el tiburón (226,28 toneladas), la mojarra (201,93 toneladas), el pargo (200,07 toneladas) y el camarón (128,13 toneladas) ( Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2018).

De las seis especies principales de pesquería en la región, el tiburón, el caracol rosado, el robalo y el camarón de roca están en deterioro por la falta de control para su pesca, solo la langosta y el mero aguantan por ahora la pesca comercial (Secretaría del Desarrollo Económico de Quintana Roo, 2016).

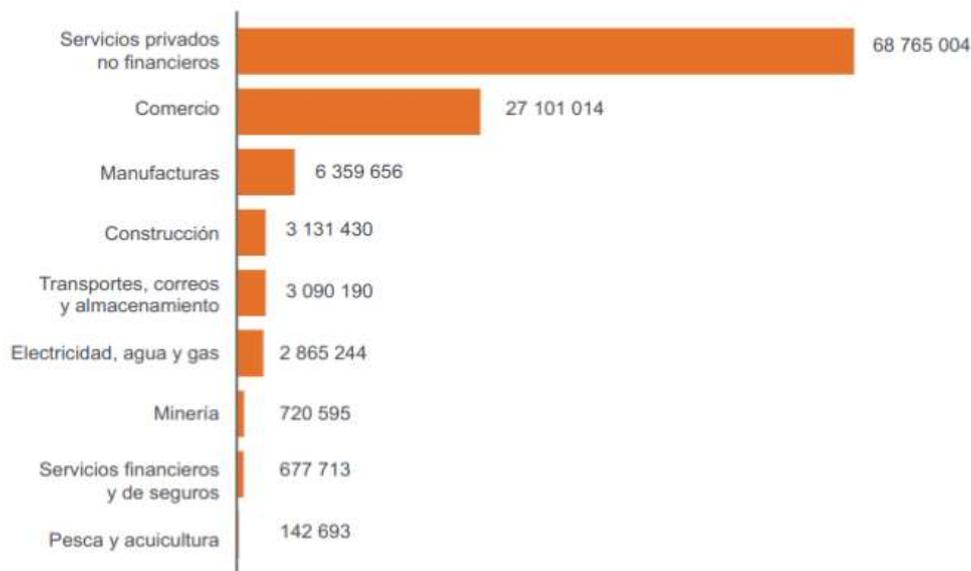
“Entre 2011 y 2018, la producción pesquera de Quintana Roo se redujo en más de mil toneladas al pasar 4.828,20 kilos de diversas especies a 3.807,06, lo que también provocó que el número de trabajadores del mar en la entidad disminuyera en un 40%” (Info Rural México, 2019).

#### 3.3.4.3 Industria y Servicios

Con respecto al comercio y a las diferentes industrias que generan ingresos, según el censo económico realizado por INEGI (2014) y considerando la producción bruta total por sector en el

año 2013 se destaca el sector de los servicios privados no financieros, los cuales produjeron 68.765.004 miles de pesos (60,9%). Continúa el sector comercial en donde se agrupan los comercios minoristas y mayoristas, el cual aporta 27.101.014 miles de pesos (24,0%). En tercer lugar se encuentra el sector manufacturero, el cual produjo 6.359.656 miles de pesos (5,6 %). Estos tres sectores con mayor producción bruta total aportaron el 90,6% de todo el estado de Quintana Roo. Luego le siguen diferentes industrias de menor porte como por ejemplo la construcción, el transporte, electricidad, minería, etc. (Figura 3.4)

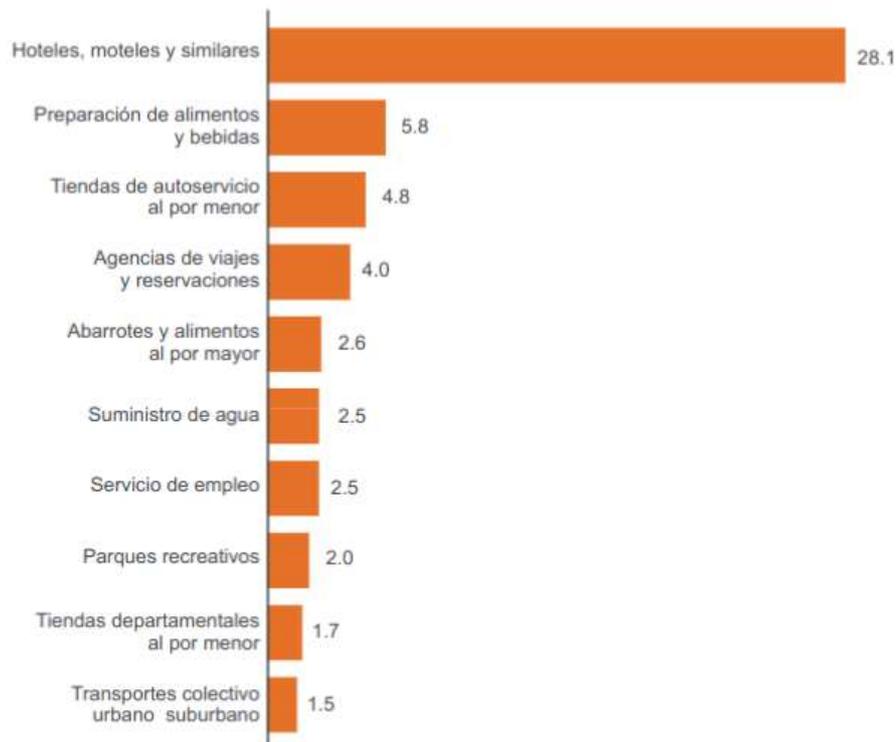
Figura 3.4: Producción bruta total por sector (2013)



Fuente: INEGI, 2014

Por otro lado, cabe destacar que en el estado de Quintana Roo se reconocieron 220 ramas de actividad, de las cuales en las diez principales se concentró el 55.5% de la producción bruta total. En orden de importancia, según su producción las más significativas fueron hoteles, moteles y similares (28,1%); preparación de alimentos y bebidas alcohólicas y no alcohólicas (5,8%) y tiendas de autoservicio (4,8%) (Figura 3.5) (INEGI, 2014).

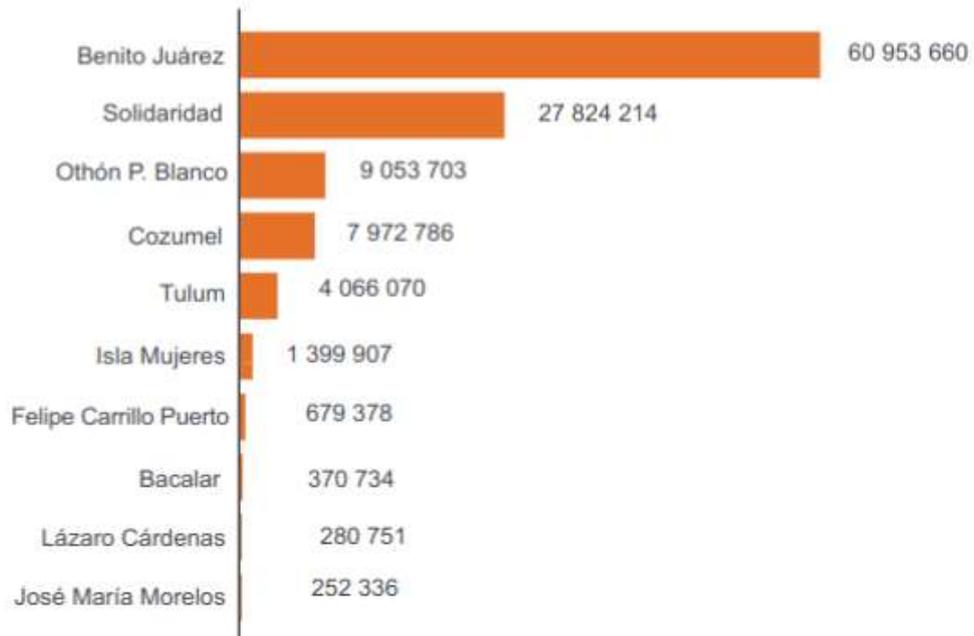
Figura 3.5: Principales ramas según la producción bruta total (2013)



Fuente: INEGI, 2014

A su vez, en la Figura 3.6 queda detallado la producción bruta por municipio, posicionando en primer lugar el municipio de Benito Juárez el cual generó 60.953.660 miles de pesos y el municipio Solidaridad en segundo lugar con 27.824.214 miles de pesos; en conjunto representaron 78.7% de la producción bruta total. Por su parte el municipio de Tulum se posiciona en el quinto lugar con un total de 4.066.070 miles de pesos (INEGI, 2014)

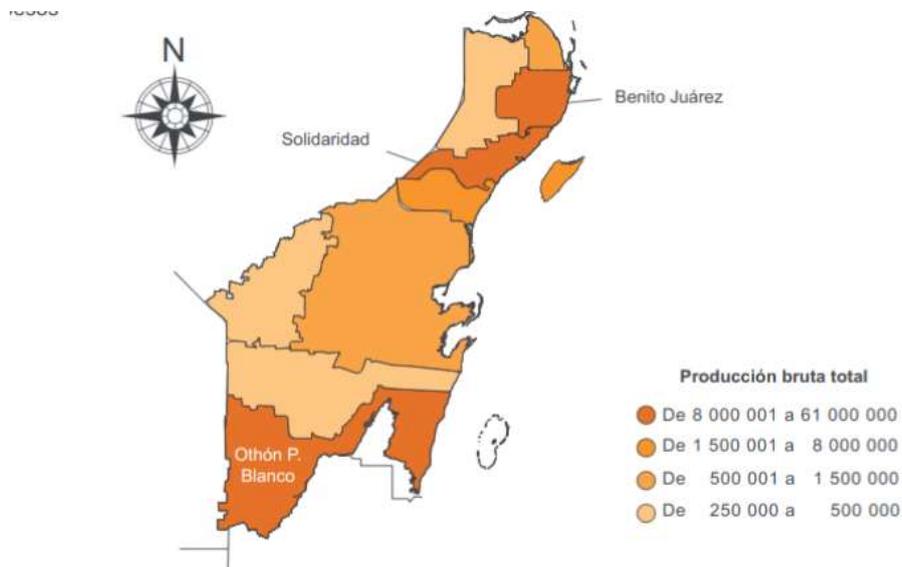
Figura 3.6: Producción bruta total por municipio (2013)



Fuente: INEGI, 2014

Considerando la distribución de ingresos expresada anteriormente, uno de los dos municipios que abarca la Riviera Maya fue aquel que ha obtenido mayores ingresos posicionándose entre los más destacados y dinámicos del estado de Quintana Roo (Figura 3.7) (INEGI, 2014).

Figura 3.7: Ingresos por municipio del Estado de Quintana Roo (2013)



Fuente: INEGI, 2014

Analizando críticamente los datos desarrollados, sin dudas el sector de la hotelería y el turismo es muy significativo para el ingreso de divisas y la creación de puestos de trabajo pero tal como afirmó el presidente de de la Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios de la Riviera Maya (AMPI) (2011) la Riviera Maya “busca ir más allá del turismo y del mercado inmobiliario para evolucionar hacia sectores como el software, las energías verdes y los agronegocios” (iProfesional, 2011).

### 3.4 Efectos Observados del Cambio Climático Inducido

En primer lugar, para poder definir los efectos observados del cambio climático inducido se debe analizar la vulnerabilidad del destino y el riesgo al cual se encuentra expuesto en dicha situación.

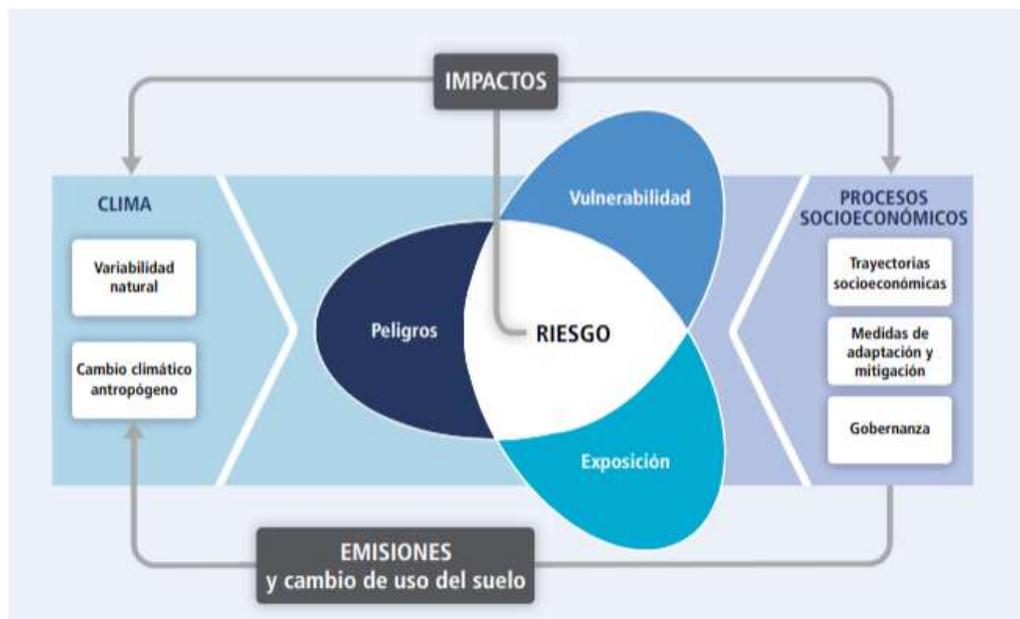
Para analizar la vulnerabilidad<sup>24</sup> de la Riviera Maya, se debe tener en consideración tres componentes que definen la misma, ellos son la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (SECTUR, 2014).

<sup>24</sup> Vulnerabilidad: “Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (IPCC, 2014, p. 198)

Debido a su ubicación geográfica, es habitual que la Riviera Maya sea protagonista de diferentes fenómenos climáticos extremos<sup>25</sup>, pero a causa del calentamiento global los mismos se han intensificado y ha aumentado su frecuencia (SECTUR, 2014).

Sin duda, el riesgo<sup>26</sup> al que se enfrenta está directamente relacionado con la variación y los impactos del clima, ya que tal como se mencionó en el apartado 2.1 el clima sufre cambios naturales y antropógenos, también está vinculado directamente con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales, lo cual pone en peligro al destino. Por otro lado los procesos socioeconómicos, las políticas y las medidas de adaptación y mitigación son un determinante en la incidencia del cambio climático inducido (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2014).

Figura 3.8: Riesgo, vulnerabilidad y peligro



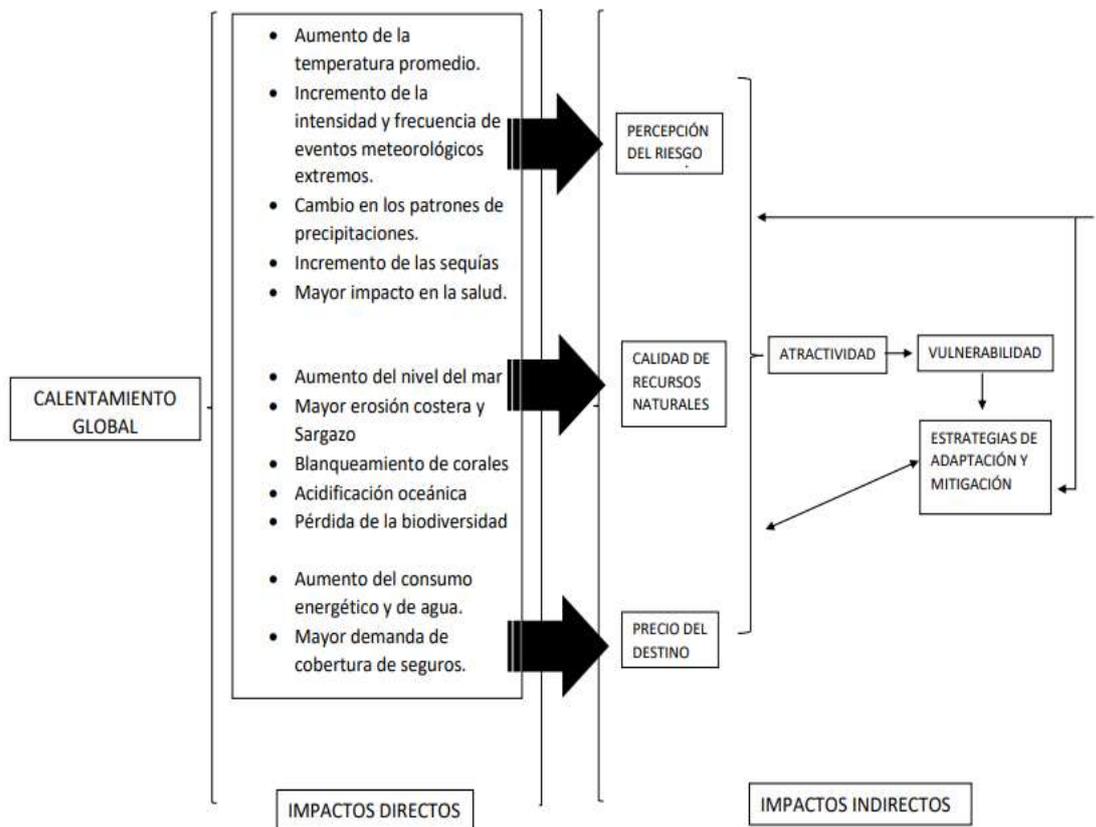
Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2014

<sup>25</sup> Fenómenos climáticos extremos: Los fenómenos climáticos extremos hacen referencia a sucesos que se manifiestan muy por encima o muy por debajo de la media y por sus características tiene un gran impacto social ya que afecta a muchos sectores.

<sup>26</sup> Riesgo: "Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales" (IPCC, 2014, p. 193).

Al ser un destino costero, sus principales impactos negativos que ponen en riesgo al destino se vinculan con los recursos hídricos. Clasificando los efectos observados en directos e indirectos se catalogan como se muestra en la Figura 3.9.

Figura 3.9: Principales impactos negativos del calentamiento global sobre la Riviera Maya



Fuente: Elaboración propia, con datos de Santos-Lacueva & Saladié, 2016

En primer lugar se posicionan los impactos que generan un riesgo a las comunidades de las diferentes localidades de la Riviera Maya, haciendo referencia a aquellos vinculados con cuestiones climáticas, los eventos meteorológicos o fenómenos que se producen en determinadas épocas del año y como consecuencias pueden causar la diseminación de nuevas enfermedades, destacando el aumento de la temperatura promedio, huracanes con mayor intensidad y frecuencia, inundaciones, cambio en los patrones de precipitaciones, etc.

Luego se encuentran los impactos ligados directamente con la calidad de los recursos naturales, teniendo en cuenta que la Riviera Maya es un destino conformado principalmente por atractivos naturales y depende del turismo de sol y playa, entre los cuales se encuentran mayores sequías,

aumento del nivel del mar, incremento de la erosión costera, acidificación oceánica, blanqueamiento de corales y otras alteraciones a la diversidad biológica.

Por último, y no menos importante, se posicionan aquellos que no están directamente relacionados con el calentamiento global, pero sí surgen como consecuencia del mismo, entre ellos el mayor consumo energético, de agua potable y de gastos en coberturas y seguros para poder afrontar cualquier situación que surja con mayor tranquilidad.

#### 3.4.1 Aumento de la Temperatura Promedio

Tal como se mencionó en el apartado 2.3.4, la temperatura promedio anual del planeta viene en aumento y en los últimos años (1880-2018) se ha registrado un incremento de 0,98° C, es decir, que la temperatura del planeta ha aumentado alrededor de 1° C, mayormente en los últimos 35 años.

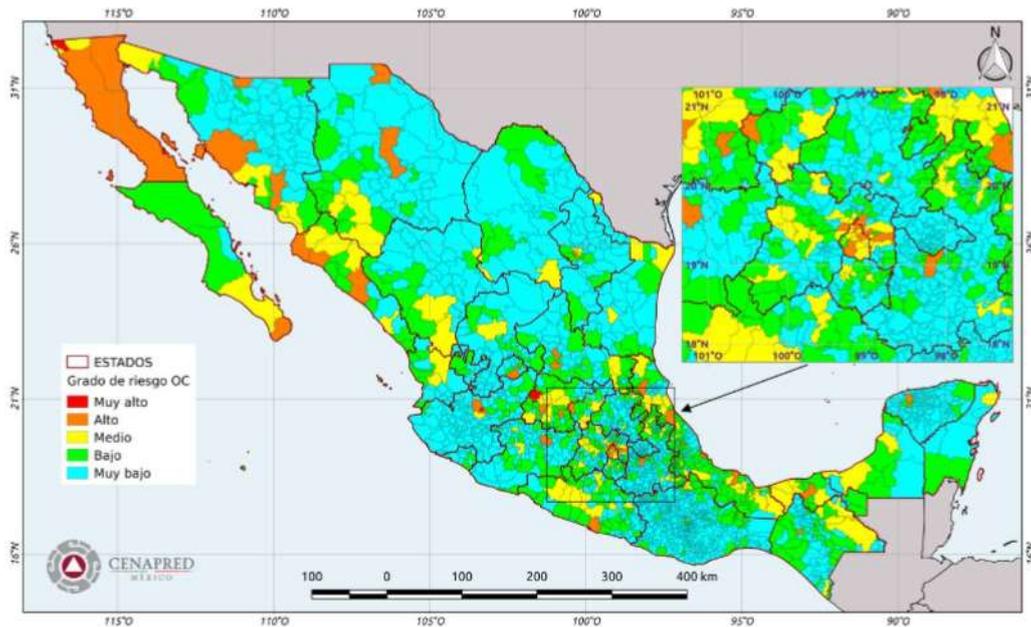
La Riviera Maya y el Caribe Mexicano no quedarán exentos de las consecuencias que causa dicho resultado, considerando que este impacto produce cambios en las características y composición química del agua, lo cual genera -a su vez- modificaciones en el oleaje, en las costas y en el nivel del mar como consecuencia de las fluctuaciones atmosféricas. Todo lo antes mencionado aumenta el riesgo a que sucedan fenómenos que pongan en peligro a las comunidades locales y a la industria turística, la cual es una de las principales actividades que generan ingresos de divisas y empleo en el país (Campos- Cámara, 2011).

En 2010, en la Reunión COP de la CMNUCC en Cancún, los gobiernos acordaron que las emisiones deben mantenerse a un nivel que garantice que el incremento de la temperatura global se limite a menos del 2°C. La Alianza de Pequeños Estados Insulares (AOSIS), que incluye al Caribe, reiteró que cualquier aumento de la temperatura por encima de 1,5°C afectaría seriamente su supervivencia y comprometería su agenda de desarrollo (Alianza Clima y Desarrollo, 2014).

Además, la mayor temperatura promedio modificará los patrones de precipitación, lo que causaría mayores sequías e indirectamente afectaría a la agricultura, a los productores y a diferentes negocios locales (Bueno, Herzfeld, Stanton & Ackerman, 2008).

No obstante lo antes expresado, y en base al mapa de riesgo por temperaturas elaborado por la Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos del Centro Nacional de Prevención de Desastres de México (CENAPRED, 2018), el riesgo a que la Riviera Maya sufra temperaturas extremas es muy bajo a escala municipal (Figura 3.10).

Figura 3.10 Grado de riesgo por temperaturas extremas a escala municipal



Fuente: CENAPRED, 2018

Analizando la Figura 3.10, se puede observar que el riesgo de la Riviera Maya a sufrir temperaturas extremas es muy bajo, lo cual no significa que el aumento de la temperatura deje de ocasionar ciertos impactos en la actividad turística. Según SECTUR (2016), a nivel turístico el aumento de la temperatura provoca ciertas consecuencias como por ejemplo alteración de temporadas turísticas, costos de enfriamiento de espacios, cambios en los ciclos de vida y la distribución de los insectos, mayor rango de propagación de las infecciones, problemas de salud, golpes de calor y deshidratación.

### 3.4.2 Incremento en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos

Uno de los principales efectos negativos del cambio climático inducido ha sido y será el aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos, los cuales son amenazas naturales.

Según el CENAPRED (2019) los ciclones tropicales son:

Una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. En el hemisferio norte giran en sentido contrario a las manecillas del reloj se forman en el mar, cuando la temperatura es superior a los 26° C.

De acuerdo a la intensidad de sus vientos se clasifican en depresión tropical<sup>27</sup>, tormenta tropical<sup>28</sup> y huracán<sup>29</sup>.

Los huracanes son aquellos que generan los efectos destructivos, al provocar vientos fuertes, lluvias torrenciales, marea de tormenta y oleaje altos. Los mismos son clasificados por categorías en la escala Saffir-Simpson tomando como base la velocidad de sus vientos (Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Clasificación de huracanes

Categoría	Presión central (milibarios)	Marea de tormenta <sup>30</sup> (metros)	Vientos (Km/h)
1	Mayor a 980	1,2 a 1,5	119 - 153
2	965 - 979	1,6 a 2,4	154 - 177
3	945 - 964	2,5 a 3,6	178 - 209
4	920 - 944	3,7 a 5,5	210 - 249
5	Menor a 920	Mayor a 5,5	Mayores a 249

Fuente: Elaboración propia, con datos de CENAPRED, 2019

La situación que alcanza a México frente a los fenómenos meteorológicos es amenazadora, ya que dada su ubicación geográfica es afectado por dos cuencas oceánicas y se localiza justo en la franja tropical, por lo que presenta dos temporadas de huracanes. En el Océano Pacífico inicia el 15 de mayo y en el Océano Atlántico inicia a partir del 1 de junio; ambas concluyen el 30 de noviembre, destacando a los meses de septiembre y octubre como los de mayor actividad (Dzul & Palafox, 2012, citado en Palafox & Gutiérrez, 2013).

<sup>27</sup> Depresión tropical: Se produce cuando sus vientos son menores a 63 km/h (CENAPRED, 2019).

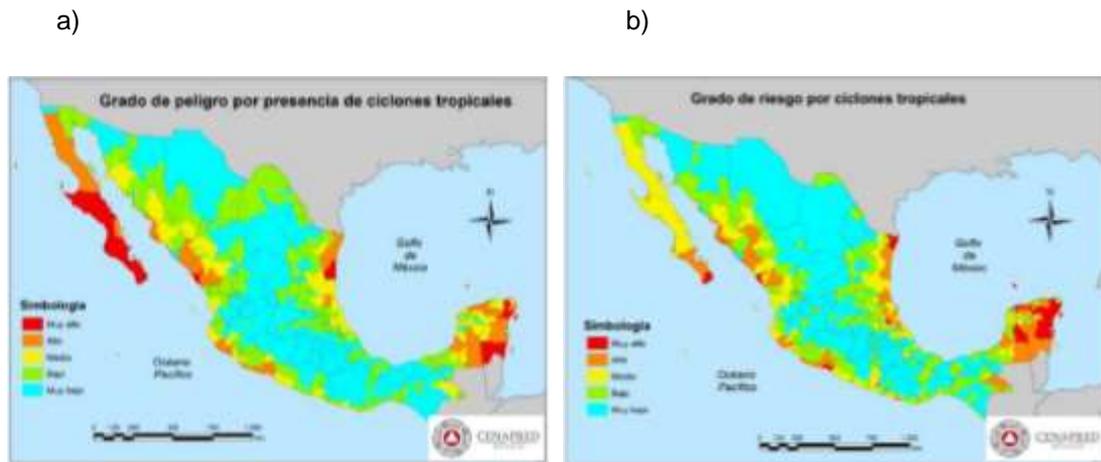
<sup>28</sup> Tormenta tropical: Se produce cuando sus vientos oscilan entre 63 km/h y 118 km/h (CENAPRED, 2019).

<sup>29</sup> Huracán: Se produce cuando sus vientos alcanzan y superan los 118 km/h (CENAPRED, 2019).

<sup>30</sup> La marea de tormenta hace referencia a un incremento en el nivel del agua durante una tormenta, debido a la combinación de la marejada ciclónica y la marea astronómica (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), 2010).

Tal como se puede observar en las imágenes a continuación (Figura 3.11) si bien la zona de Pacífico y del Atlántico poseen el mismo grado de peligro por presencia de ciclones tropicales (alto/muy alto), el riesgo que alcanza al estado de Quintana Roo y la Riviera Maya es mayor que el riesgo al que está expuesta la costa oeste, esto se debe a la capacidad de respuesta que tiene cada sector.

Figura 3.11: Comparación del peligro (a) y el riesgo (b) entre la costa este y la oeste de México



Fuente: CENAPRED, 2016

En la primera quincena de agosto entre 1970 y 2016, 16 ciclones tropicales impactaron el territorio mexicano, tres de los cuales afectaron el Océano Pacífico: la tormenta tropical Katrina (1971), el huracán Doreen (categoría 1, 1977) y la tormenta tropical Javier (2016). Mientras que el Océano Atlántico padeció el embate de 13 ciclones tropicales.

Tres de estos tuvieron doble impacto, tal fue el caso del huracán Dean (categoría 5, 2007), la tormenta tropical Diana (1990) y la tormenta tropical Earl (2016), los cuales impactaron sobre Quintana Roo, y luego como huracán categoría 2 en Veracruz, exceptuando el caso de la tormenta tropical Earl, que no alcanzó la categoría de huracán (CENAPRED, 2019)

Dicha comparación deja en evidencia que la costa este corre más riesgo y está más expuesta a sufrir las consecuencias de los fenómenos hidrometeorológicos en relación a la costa oeste.

Teniendo en cuenta esta afirmación basada en los datos publicados por el CENAPRED, a continuación se detallarán cronológicamente diferentes fenómenos, a partir del año 1988, los cuales se han destacado por su intensidad y los daños provocados en el estado de Quintana

Roo involucrando a la Riviera Maya, teniendo en cuenta la cronología del Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo de 2016.

El 14 de septiembre de 1988 a las 8:00 am, el huracán Gilbert tocó tierra en la Isla Cozumel y en el estado de Quintana Roo, continuando con la Península de Yucatán alrededor de las 9 am. El mismo se categorizó en la categoría 5, ya que mantuvo vientos sostenidos de 287 km/h alcanzando ráfagas de 340 km/h y una presión de 900 mb. Las olas alcanzaron los 7 metros y se éste se mantuvo en la categoría 5 durante 85 km desde la costa hacia dentro del territorio alcanzando varias localidades. Gilbert se debilitó sobre la península de Yucatán y emergió al oeste del Golfo de México como un huracán de categoría 2 (NOAA, 1988).

“Los daños sufridos por el efecto combinado del oleaje y la marea de tormenta en las zonas costeras de Quintana Roo, Yucatán y Tamaulipas durante el huracán Gilbert, están entre los mayores de los que se tenga registro” (Rosengaus Moshinsky M. & Sánchez - Sesma J., 1990, p.25).

En la región de Cancún y la Riviera Maya la tormenta se introdujo 5 km desde la costa hacia tierra, llevando consigo el 60% de las playas, destruyendo 1 millón de hectáreas de bosque tropical y manglares solo en el estado de Quintana Roo (Aldana et. al., 2009). Por otro lado, los vientos perjudicaron plantaciones y la producción agrícola. (Rosengaus Moshinsky M. & Sánchez - Sesma J., 1990).

Las consecuencias del huracán Gilbert fueron devastadoras, ya que dejó 318 personas de las cuales 202 pertenecen al territorio mexicano (NOAA, 1988). Con respecto a los daños económicos, se desconoce la cifra exacta, pero se estima que el daño total causado en todos los territorios afectados es de 5 millones de dólares y el daño a la propiedad en general se estimó en \$7.1 mil millones (1988 USD) (EcuRed, 2020). En el territorio mexicano se estima un costo estimado de 473 millones de dólares (Delgado, 2010, citado en SECTUR México, 2016).

En el año 1995, impactaron los huracanes Opal y Roxanne, de los cuales el último dañó a Quintana Roo. El mismo tocó tierra el 11 de octubre y luego de convertirse en huracán categoría 3, en su momento de mayor intensidad alcanzó a Cozumel, Cancún, Tulum y la línea de la Riviera Maya. Descargó lluvias de 204 mm en Tabasco, alcanzó vientos de 185km/h llegando a rafagas de 215 km/h y la presión mínima fue de 956 mb (Centro de Información sobre Desastres y Salud, 2006).

Según las autoridades mexicanas, se reportaron 346 muertes, más de 40.000 viviendas se han visto dañadas en los estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán y

según reportes no oficiales, lobbies de hoteles de Cancún y Cozumel -las áreas más afectadas- fueron destruidos por grandes olas (NOAA, 1995).

Los daños que ocasionó fueron muy significativos para el sector pesquero y la industria agrícola, ya que se produjeron destacadas inundaciones y se vieron afectados pescadores, embarcaciones, puertos, y cultivos. El paso del huracán obligó al cierre de 25 puertos y al desalojo de más de 10.000 personas en todos los estados afectados. En el estado de Quintana Roo se vieron afectadas 50.000 hectáreas de selva baja, mediana y manglares y a su vez, se produjeron daños parciales en 45.000 hectáreas de vegetación de dunas costeras, húmedas y selvas bajas en zonas de amortiguamiento. El impacto mayor se vio reflejado en el arbolado adulto y los menores en especie de palma (Centro de Información sobre Desastres y Salud, 2006).

El costo económico de Roxanne es muy difícil de calcular, dado que anteriormente la mayoría de los estados afectados también se vieron afectados por el huracán Opal, se estima que ronda en \$1,5 mil millones de pesos (NOAA, 1995).

El huracán Isidore se produjo en el año 2002 y según el NOAA (2003) el mismo contó con varias fluctuaciones y cambios a medida que se fue originando. Comenzó en Cuba como una depresión tropical y se dirigió hacia la Península de Yucatán, convirtiéndose en huracán categoría 3, alcanzando también a las costas estadounidenses como tormenta tropical.

En primer lugar alcanzó las costas de la Riviera Maya durante 36 hs aproximadamente y luego se movió hacia el norte, sobre el Golfo de México. Logró vientos máximos -reportados por una estación en Yucatán- de más de 110 km/h, con una presión mínima de 969.9 mb en Mérida cuando golpeó las reservas y ruinas ecológicas de Yucatán, incluida la ciudad maya de Chichén Itzá. Teniendo en cuenta las lluvias máximas, en el estado de Quintana Roo se registró 250 mm acumulados en 96 hs (NOAA, 2003).

Con respecto a los daños que el mismo ocasionó, principalmente se vio afectada la industria agrícola ganadera, infraestructura y líneas telefónicas y viviendas, dejando a 300.000 personas sin hogar (NOAA, 2003).

Según cifras de las compañías aseguradoras, el monto de los daños ascendió a 5 mil 130 millones de pesos, de los cuales mil 670 corresponden al sector agropecuario, tres mil 140 millones a los sectores industrial y comercial y el resto a otros sectores, principalmente el sector eléctrico al que corresponden 3.492 siniestros (Gobierno de Yucatán, 2003, p. 16).

El año 2005, sin dudas, fue uno de los años más duros para México, ya que el Océano Atlántico fue golpeado por 14 huracanes, 13 tormentas tropicales y 3 depresiones tropicales. De los huracanes, los más intensos fueron Emily, Katrina, Rita y Wilma de categoría 5; Dennis, de categoría 4; y María y Beta de categoría 3, en la escala de intensidad Saffir- Simpson. Solamente Emily y Wilma impactaron en la Riviera Maya. (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2005).

Emily fue el tercer ciclón de la temporada. Impactó el 18 de julio, tocando tierra en las inmediaciones de Tulum como huracán de categoría 4. Logró vientos máximos sostenidos de 215 km/h y una presión 929 mb. La lluvia fue ligera alcanzando 120 mm. Después de avanzar sobre la parte Noreste de la Península de Yucatán, Emily salió al Golfo de México, cruzó con rumbo noroeste, impactando por segunda vez como categoría 3 en el municipio de San Fernando (NOAA, 2005).

Los daños del mismo fueron devastadores, las olas alcanzaron 4 metros de altura, lo que produjo cierta erosión de la playa y daños en las dunas y los arrecifes de coral. Además, 1,1 Km de muros de contención sufrieron daños, dejando áreas vulnerables a inundaciones por tormentas futuras, dejando a casi 200.000 residencias sin electricidad y 17 personas sin vida, de las cuales 5 pertenecían al territorio mexicano (NOAA, 2005).

En términos de daños estructurales, 851 viviendas fueron impactadas en diversos grados. La tormenta afectó aproximadamente 5,400 hectáreas de bosques y tierras agrícolas; Algunas franjas de árboles experimentaron defoliación. Las pérdidas más importantes asociadas se originaron en la industria del turismo: los hoteles experimentaron daños por valor de 88.7 millones de dólares. Más de 12.500 habitaciones, casi una quinta parte de la infraestructura hotelera disponible del estado, sufrieron daños (CEPAL, 2006).

Por otro lado, en términos monetarios, se estiman que los daños fueron de 837 millones de dólares aproximadamente. Se calcula que el 38.6% corresponden a daños directos y que el 61.4% se consideran daños indirectos (CEPAL, 2006).

El huracán Wilma fue uno de los pocos que superó a Gilbert dada su intensidad, ya que los registros batieron récords. Tocó tierra entre el 19 y 24 de octubre por la zona de Cozumel, Cancún y la Riviera Maya. Se registró como un huracán de categoría 5, su diámetro fue de 700 km y alcanzó rafagas de 280 km/h con rachas de 315 km/h (National Hurricane Center, 2006, citado en Oswald, 2012). La mayor cantidad de lluvia en 24 horas se generó en el estado de Quintana Roo, al presentarse 1,576 mm en la estación Isla Mujeres (CENAPRED, 2006).

Según el banco de datos sobre desastres (EM-DAT, 2010) el Gobierno mexicano evacuó alrededor de 113.00 entre la Riviera Maya, las islas de Cozumel, Islas Mujeres y Holbox, así como del centro turístico internacional Cancún, de los cuales 27.000 eran turistas y fueron ubicados en refugios. Por su paso, Wilma también dejó un total de 58 muertes, de las cuales 4 son mexicanas (CENAPRED, 2006).

“Además de la infraestructura hotelera, restaurantera y de atención al turismo dañados y destruidos, el estado recibió afectaciones en su infraestructura hospitalaria, eléctrica, carretera, portuaria, urbana y habitacional” (CENAPRED, 2006 .p. 371). Las playas de la Riviera Maya y Cancún, también sufrieron fuertes erosiones y redujeron notablemente su ancho en dirección perpendicular al mar (CENAPRED, 2006).

Finalmente, los efectos económicos fueron de unos 1,740 millones de dólares, lo cual equivale al 13.6% del PIB. El 94% de las pérdidas, hacen referencia a activos e ingresos de la actividad turística, en cifras absolutas representan unos 350 millones de dólares (CENAPRED, 2006).

Los eventos hidrometeorológicos extremos en México a partir de 2005 han marcado un antes y un después para las comunidades Mexicanas, ya que han demostrado, que la mitigación y las obras de ingeniería no fueron suficientes para proteger a la población y sus actividades productivas.

El huracán Dean tocó tierra quintanarroense el 21 de agosto de 2007, alcanzó la categoría 5, con vientos sostenidos de hasta de 270 km/h y una presión mínima de 905 mb. Cabe destacar que su gran impacto fue al sur del Estado, a 200 Km de la Riviera Maya. Si bien los daños no fueron directos, se manifestó como tormenta tropical en el caso de análisis en cuestión y causó un gran impacto a nivel ambiental y turístico, produciendo consecuencias en la flora, las playas y en la actividad en los aeropuertos. Durante su paso por la Península de Yucatán, fue debilitándose progresivamente hasta alcanzar la categoría 1 (La nueva España, 2007).

Según el Gobierno de Quintana Roo, se vio afectada una superficie de 917,935 ha de selva mediana subperennifolia (26,2% de la superficie forestal estatal) (Gobierno del Estado de Quintana Roo, 2007 citado por Martínez N. A et. al., 2012) y causó 32 muertes contabilizando todas las áreas afectadas (Santa Lucía, Martinica, Dominica, República Dominicana, Jamaica, Haití, México, Belice) (NOAA, 2007).

El huracán Dolly ocurrió en la temporada del 2008, tocó tierra el 21 de Julio, en la zona del Riviera Maya como tormenta tropical y luego se fortaleció alcanzado una categoría 2 al acercarse al Golfo de México, perjudicando a la Península de Yucatán (NOAA, 2009).

Se inició a 435 km de Chetumal, con vientos máximos sostenidos de 75 km/h rachas de 95 km/h y un desplazamiento hacia el noroeste (CONAGUA, 2008).

No fue un huracán que dejó grandes daños en la Riviera Maya, pero sí mantuvo en alerta a las comunidades ya que las condiciones y su desplazamiento no se definían, por lo tanto no sabían cómo iba a avanzar la tormenta tropical. También desde el estado de Quintana Roo, no reportaron efectos significativos en cuanto a lo económico, pero sí registraron una gran erosión costera luego del paso de la tormenta y a cuatro pescadores desaparecidos, de los cuales uno fue encontrado muerto. Otro impacto que generó la tormenta fue una gran pérdida de las plataformas petrolíferas en el Golfo (CONAGUA, 2008).

En 2019, el Comité Operativo Especializado en Caso de Fenómenos Hidrometeorológicos pronosticaron en el año en cuestión que para el Océano Atlántico se esperaba la formación de 14 sistemas tropicales, de ellos seis tormentas, cinco huracanes categoría 1 y 2 en la escala Saffir Simpson, y tres de clasificación 4 y 5 (Turquesas News, 2019).

Según CONAGUA, la temporada de ciclones tropicales del 2019 concluyó habiendo desarrollado 17 sistemas en el Océano Pacífico y 18 en el Océano Atlántico, quedando por encima del promedio de 15 y 12 sistemas, respectivamente.

Como se detalló anteriormente, los huracanes en cuestión perjudicaron al territorio tanto a nivel social, económico y ambiental. En el caso particular la Riviera Maya, han provocado cambios constantes en las configuraciones costeras y se debe considerar también ciertos factores antropogénicos involucrados, los cuales tienen que ver con el crecimiento y la expansión de la zona turística, actividades que se han desarrollado sin considerar los efectos sobre la dinámica costera, la morfología, el paisaje y los ecosistemas existentes (Aldana et. al., 2009).

Luego de este análisis cronológico de eventos, queda en evidencia que el huracán Gilberto (1988) fue el primer acontecimiento que alertó sobre la vulnerabilidad de la zona turística, mientras que el huracán Wilma (2005) fue el que obligó a las autoridades locales y federales a la toma de acciones inmediatas, las cuales consistieron en el bombeo de 2,7 millones de m<sup>3</sup> de arena en el 2006 y la instalación de 1,5 Km de geotubos<sup>31</sup> en el 2007 para regenerar las playas (Aldana et al, 2009).

---

<sup>31</sup> Se trata de “elementos prefabricados, con geotextiles especiales, listos para ser utilizados en la construcción de estructuras hidráulicas y marítimas. El diámetro y longitud del tubo se determina a partir de los requerimientos del proyecto y su relleno se realiza mediante el acoplamiento directo de un sistema de bombeo hidráulico del material de dragado o de relleno” (Geofix, 2019).

Finalmente, durante octubre de 2020 la Riviera Maya se vio afectada por el huracán Delta.

Comenzó como una tormenta tropical y en aproximadamente 30 horas ya se clasificaba como huracán categoría 4; los vientos aumentaron a 136 Km/h en 24 horas. Es el mayor incremento en la velocidad del viento de un ciclón en octubre desde el huracán Wilma en 2005 (CNN, 2020).

Se emitió la alerta naranja por categoría 2 para Tulum, Solidaridad, Cozumel, Puerto Morelos, Benito Juárez, Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas (Infobae, 2020) por lo tanto previamente al impacto del huracán se podían observar largas colas para comprar provisiones. Mientras tanto, se llevaban a cabo las evacuaciones de turistas y residentes de las zonas costeras de la Riviera Maya a espacios seguros. Cabe destacar que Cancún habilitó 160 centros de refugiados (CNN, 2020).

Según la Secretaria de Turismo de Quintana Roo (2020) había 40.900 turistas en todo el estado antes de la llegada de Delta, un número demasiado menor de lo habitual para esta temporada debido a la pandemia de COVID-19 (La Nación, 2020).

Delta impactó sobre la Riviera Maya el 7 de octubre por la mañana cerca de Puerto Morelos, entre Cancún y Playa del Carmen, alcanzando vientos de 175 km/h con rachas de hasta 205 km/h y olas de entre 7 y 9 metros (Marca, 2020).

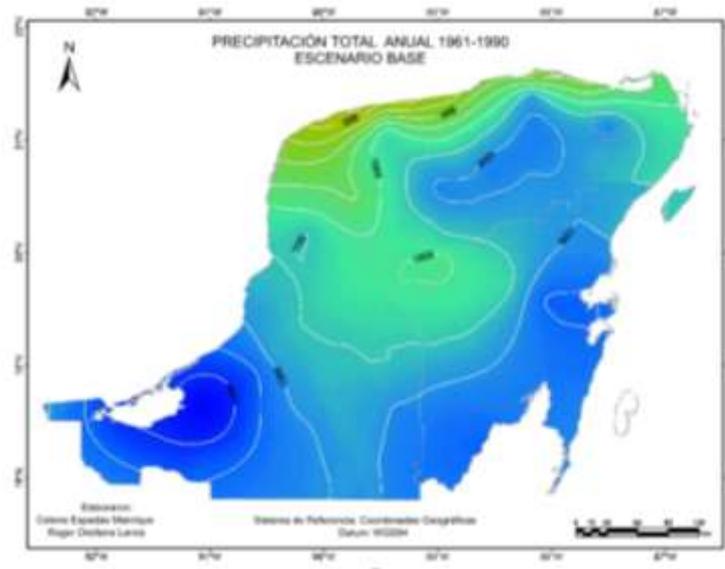
Si bien no se registraron muertes por el paso del Delta, sí hubo importantes daños materiales principalmente en comercios y pérdidas en la flora del lugar por las altas rafagas de viento (Marca, 2020).

### 3.4.3 Cambio en patrones de precipitaciones y tormentas

La península de Yucatán está regida por patrones de circulación atmosférica propios de las zonas tropicales en el límite con las zonas áridas. La particularidad que tiene la región es la ausencia de orografía, lo cual no permite que se presente el efecto del ascenso orográfico de las nubes que descargan lluvia, como en otras regiones del país (Gobierno de México, 2020).

De acuerdo con el método sugerido por el IPCC, el escenario base de referencia para considerar la cantidad de precipitación pluvial o lluvia anual "normal", abarcan el periodo 1961-1990 y es el que está representado en la Figura 3.12, en la cual queda expresado la distribución de las precipitaciones en la Península de Yucatán, definiendo una zona seca que menos de 600 mm de lluvia en el noroeste, y una zona húmeda en el sur (sobre todo en el suroeste), con más de 1400 mm. La mayor proporción de superficie recibe entre 1000 y 1200 mm en la cual se encontraría la Riviera Maya (Gobierno de México, 2020).

Figura 3.12: Precipitación total anual 1961-1990 (escenario base)

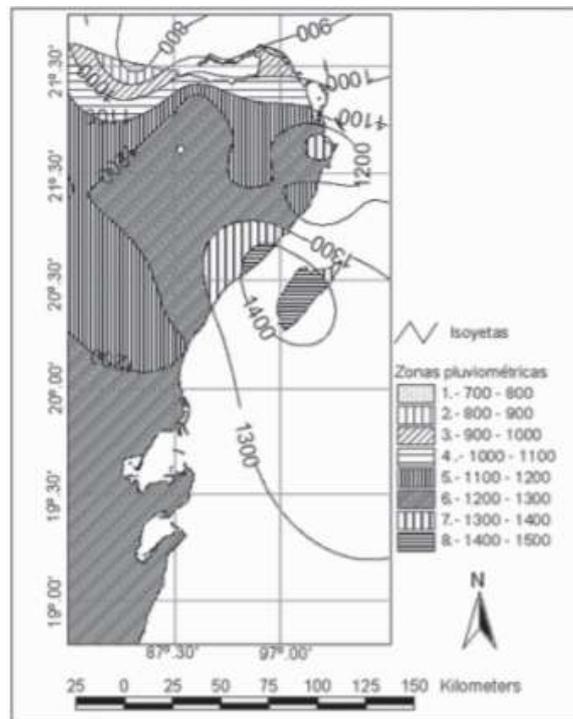


Fuente: Gobierno de México, 2020

Luego de definir la situación base en la que se encuentra la Riviera Maya con respecto a las precipitaciones, se puede analizar cómo han evolucionado los patrones de precipitaciones y tormentas.

Según un estudio realizado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán (2008), que analiza los datos meteorológicos de 11 estaciones de la Península de Yucatán, se aprecia que la porción más septentrional es la zona con menos precipitación, entre 800 y 900 mm y la zona más lluviosa entre 1400 y 1500 mm se presenta en el norte de Playa del Carmen y en Cozumel, excepción de su extremo noreste (Figura 3.13).

Figura 3.13: Precipitaciones anuales acumuladas en la Península de Yucatán (mm)



Fuente: Centro de Investigación Científica de Yucatán, 2008

Según datos históricos publicados por CONAGUA (2020) las precipitaciones acumuladas a lo largo de los años en el estado de Quintana Roo fueron las siguientes: 943,8 mm (1988), 1.344,2 mm (1992), 1.749,2 mm (1998), 1.456,5 mm (2005), 1.093, mm (2007), 1.898,5 mm (2013), 1.109,3 mm (2016) y 1.036,1 mm (2019).

Analizando los datos expresados anteriormente a lo largo del apartado y tomando de referencia la secuencia de la Figura 3.14, se aprecia que el calentamiento global ha sido un potencial productor de modificaciones en los patrones de precipitaciones en el territorio bajo estudio, pero no es la única causa, ya que también se tienen en consideración ciertas fluctuaciones naturales.

Los fenómenos de El Niño y La Niña son oscilaciones naturales internas del sistema climático. El niño eleva la temperatura a escala planetaria, mientras que La Niña la reduce, es decir, alteran los patrones climáticos globales con períodos de dos a siete años<sup>32</sup> (Voituriez, 1994, citado en Martínez & Fernández-Bremauntz, 2004).

<sup>32</sup> Ambos fenómenos alteran los patrones climáticos de manera natural, generando cambios de temperatura y presión en el aire, generando el conjunto de sistemas de vientos y corrientes de

Si bien, en el área de la Riviera Maya no se registraron grandes modificaciones en la cantidad de milímetros acumulados por año, se pueden visualizar alteraciones en la época "lluviosa", considerando que el territorio mexicano se caracteriza por un invierno seco y un verano húmedo, en donde las lluvias inician alrededor de mayo o junio y terminan en octubre. A su vez, está sumamente vinculado con las sequías y las inundaciones, por escasez y exceso de lluvias (Magaña et al., 2008).

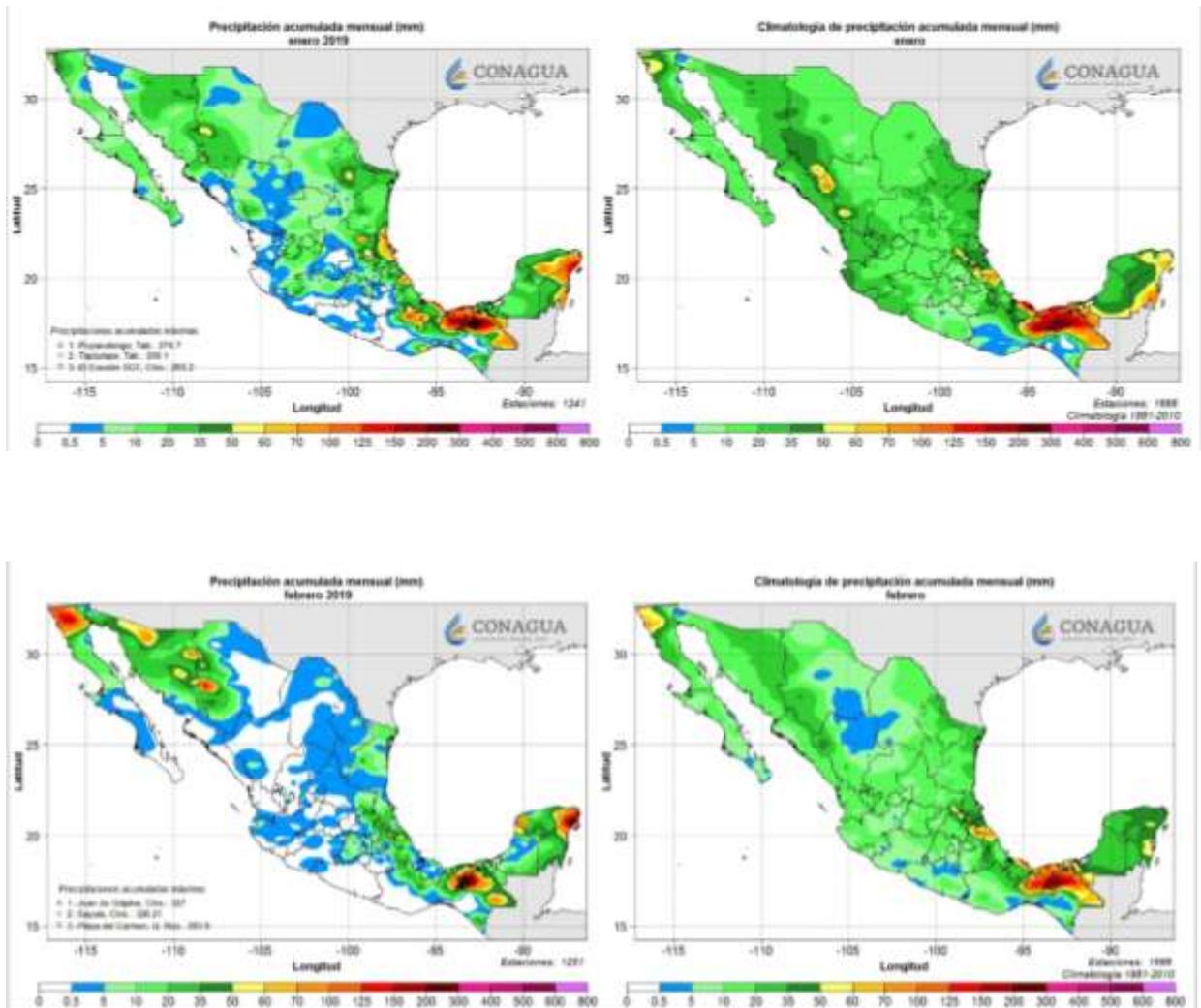
En México un evento fuerte de El Niño puede provocar en el país fríos intensos y lluvias inesperadas durante el invierno, mientras que en el verano es posible esperar calores extremos y sequías intensas (Magaña, 1999, citado en Delgado et. al., 2013)

Según la secuencia de la Figura 3.14 y lo antes mencionado, las lluvias anteriormente comenzaban entre los meses de mayo y junio, aunque actualmente se puede observar que se presentan precipitaciones significativas en enero y febrero, que no se corresponderían con la temporada de lluvias, al igual que en los meses de noviembre y diciembre. Esto pone en evidencia que la temporada de lluvias del 2019 no mantuvo la tendencia del período 1981-2010 y fueron menores los milímetros registrados, no obstante lo cual hubo mayores registros en meses en los cuales no se esperaban precipitaciones. Esto se debería a la influencia del calentamiento global, los fenómenos de El Niño y La Niña y la influencia del cambio climático inducido en los mismos.

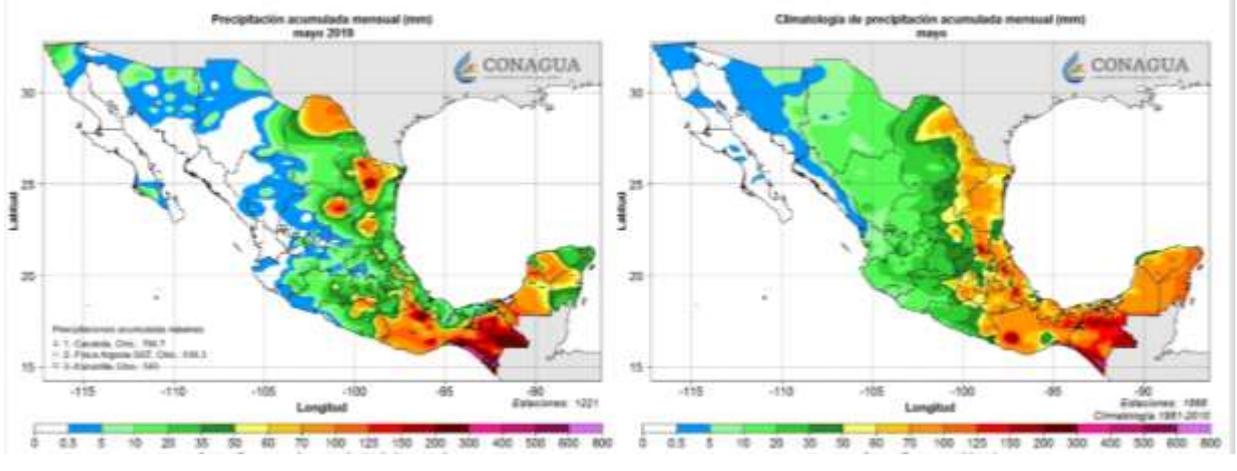
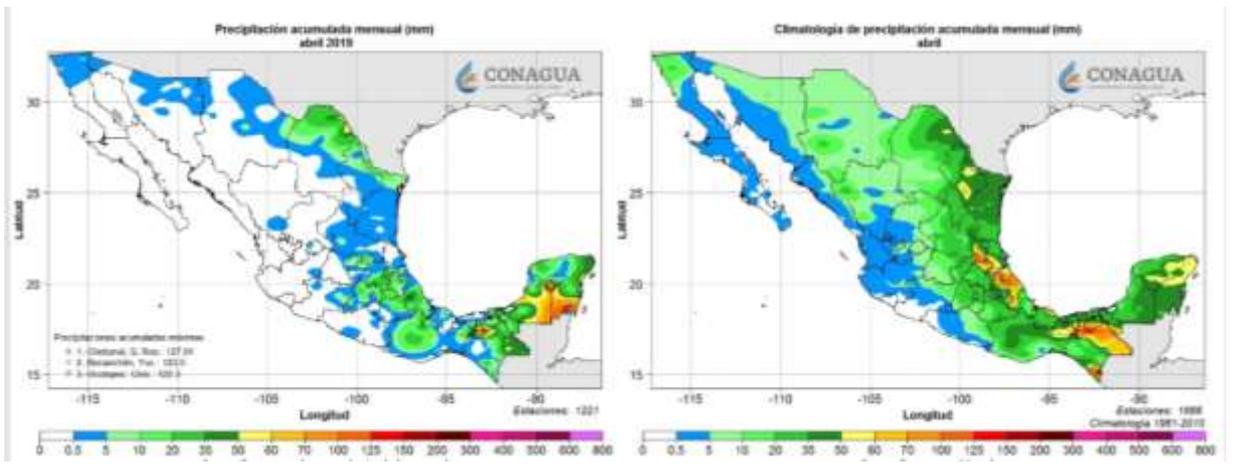
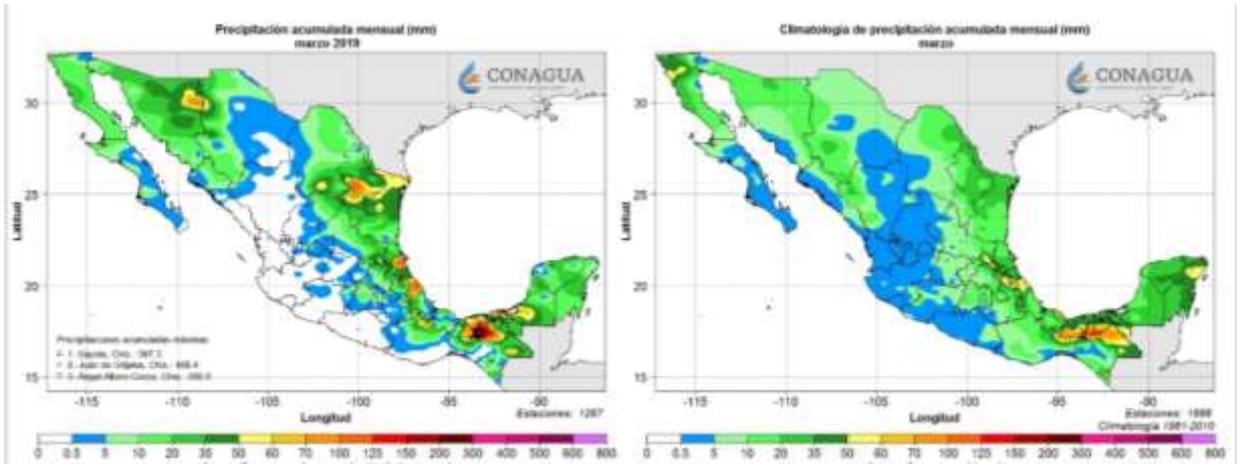
---

aire, denominado circulación general de la atmósfera. A su vez estos dos fenómenos se alteran a causa del cambio climático inducido, por lo que sus manifestaciones son más intensas (Ortega-Gaucín, 2013).

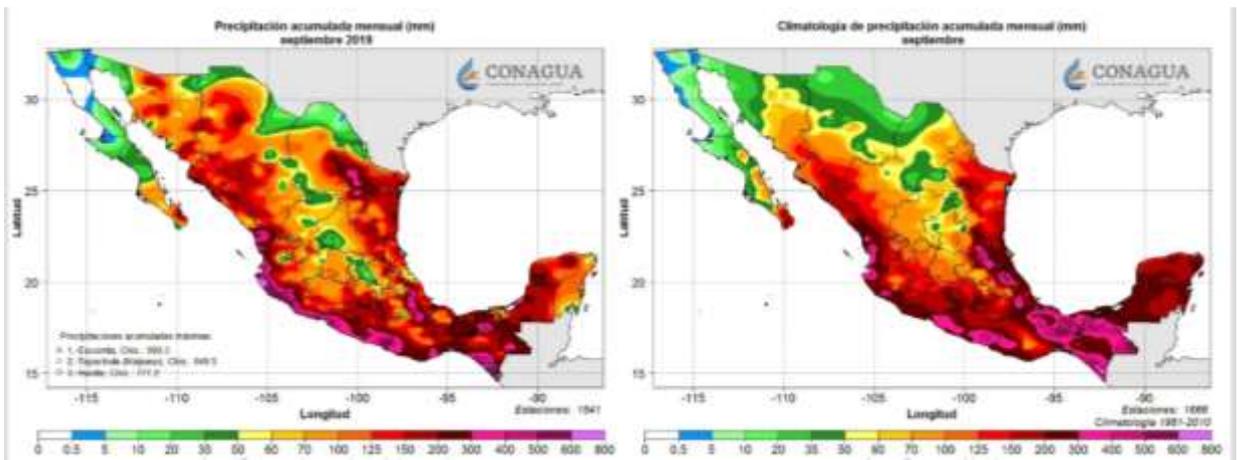
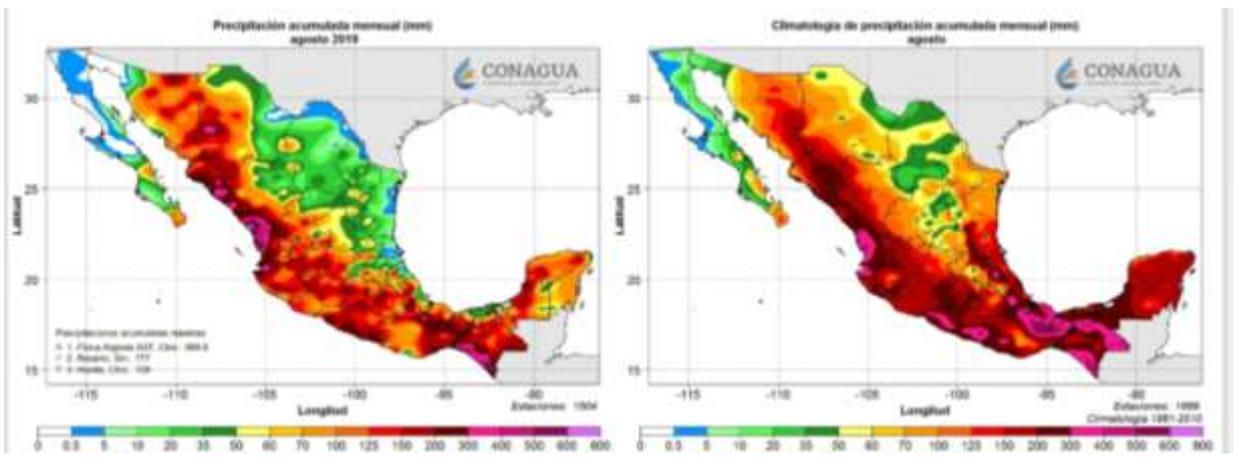
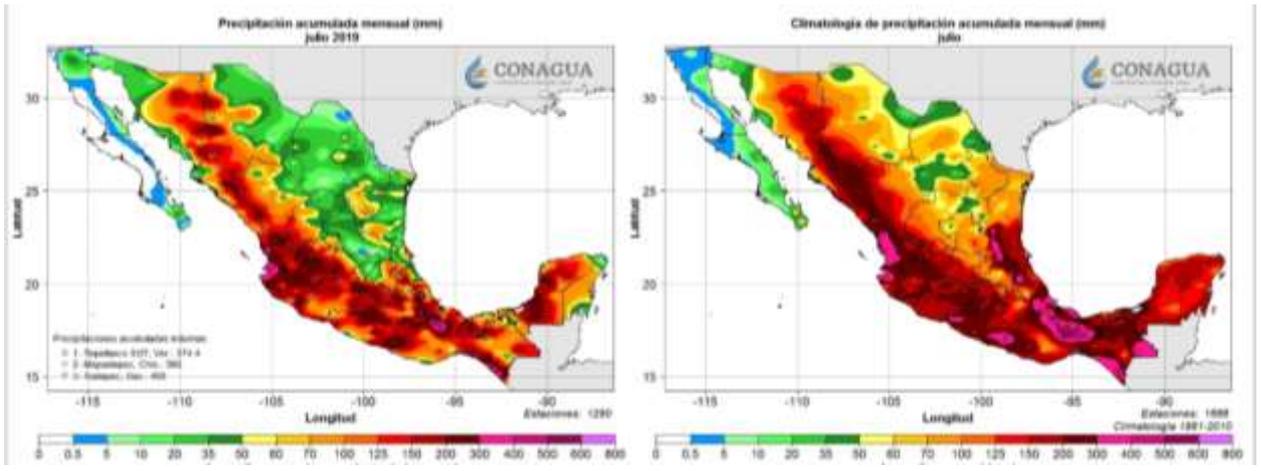
Figura 3.14: Comparación de precipitaciones mensuales 2019 versus período 1981- 2010

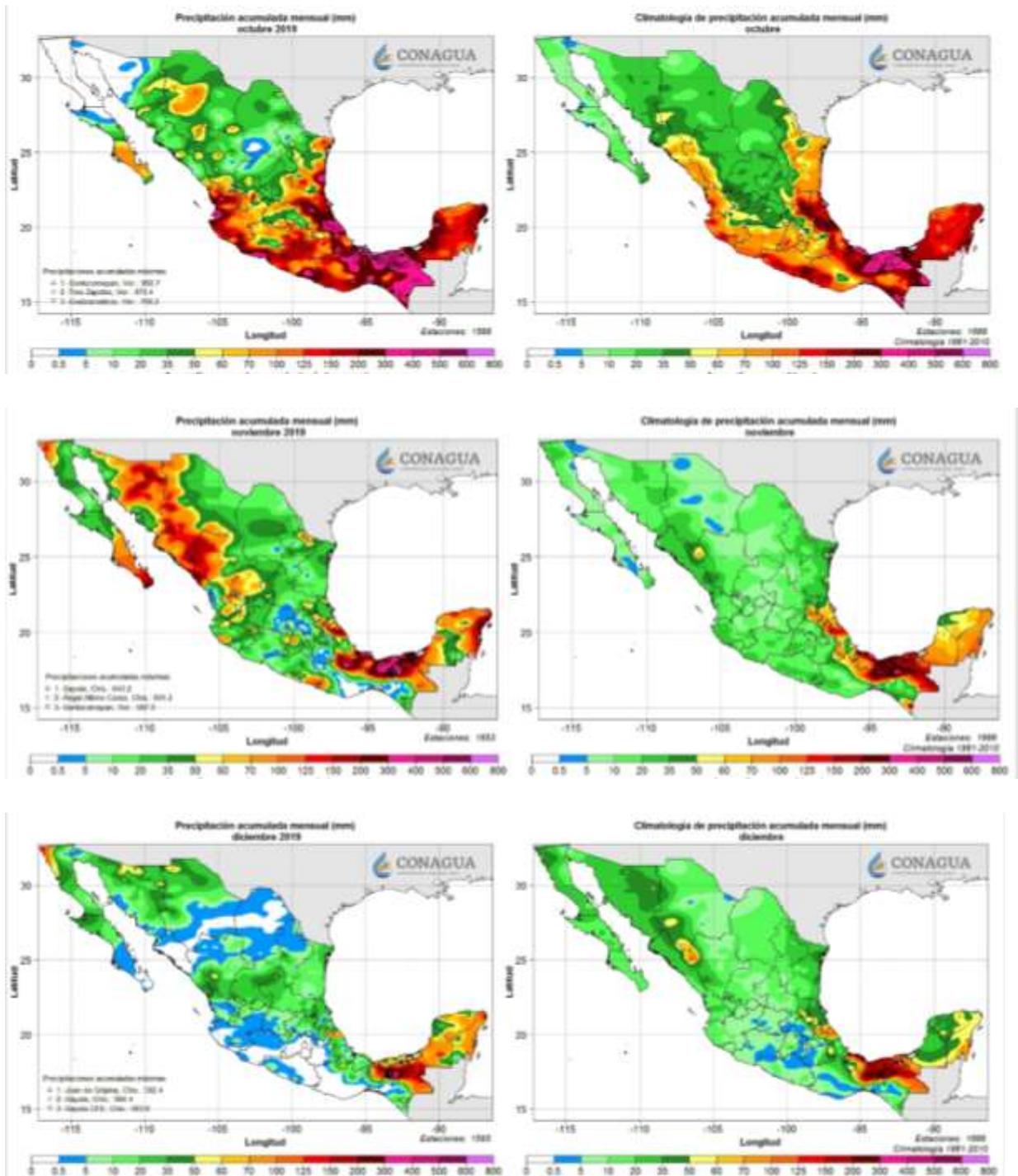


Incidencia del cambio climático inducido en los destinos turísticos  
 El caso de la Riviera Maya (Quintana Roo, México)  
 Lucía Valentina Conti



Incidencia del cambio climático inducido en los destinos turísticos  
 El caso de la Riviera Maya (Quintana Roo, México)  
 Lucía Valentina Conti





Fuente: CONAGUA, 2020

Considerando la actividad turística, las variaciones en los patrones de precipitación han provocado una amenaza a los acervos históricos y arqueológicos de la Riviera Maya, daños en

la infraestructura turística, alteración de temporadas, proliferación de enfermedades transmitidas por mosquitos, derrumbes y deslaves en carreteras, interrupción de telecomunicaciones y comunicaciones viales (SECTUR, 2014).

### 3.4.3.1 Inundaciones por tormentas

Como se mencionó en el apartado anterior, los cambios en los patrones de precipitaciones existen y causan diferentes impactos, originando como consecuencia sequías o inundaciones.

Un estudio realizado por la Academia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANIDE) publicado en 2014, determinó cuales son las áreas de la Riviera Maya más vulnerables a inundaciones por tormentas, utilizando un indicador de inundación definido a partir de la máxima amplitud de marea de tormenta registrada para el destino (5,2 m) y su vínculo con los huracanes (Figura 3.15).

Figura 3.15: Clasificación de inundaciones en la Riviera Maya

Datos para la estimación de amenaza y vulnerabilidad ante huracanes y tormentas tropicales en la Riviera Maya, Quintana Roo.				
Localidad	Categ. huracán	Amplitud marea tormenta (m)	Tiempo de retorno años	Probabilidad anual
Riviera Maya	H5	5.2	155	2%
	H4	3.8	108.5	2%
	H3	2.9	39.5	6%
	H2	2.3	12.1	20%
	H1	1.8	9.4	8%
	TI	1.7	5.1	32%

CLASIFICACIÓN DE LA INUNDACIÓN CAUSADA POR MAREA DE TORMENTA	
Amplitud de la marea de tormenta (m)	Categoría
< 0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada
2.01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alta
> 5.00	Extraordinaria

Fuente: ANIDE, 2014

De acuerdo con los resultados obtenidos, las áreas más vulnerables de la Riviera Maya que han sufrido y son propensas a recibir inundaciones por marea de tormentas, son la zona baja cercana a Punta Maroma (en color amarillo, lo cual significa una inundación extraordinaria con una amplitud de la marea de tormenta mayor a 5) y el sur de Akumal alcanzando a Tulum (en color violeta y rojo, lo cual corresponde a inundaciones someras y moderadas) (Figura 3.16).

Figura 3.16: Áreas de la Riviera Maya vulnerables ante inundaciones



Fuente: ANIDE, 2014

A pesar de que en la zona de estudio de la Riviera Maya no existen cauces superficiales, se presentan inundaciones por lluvias extremas debido a la morfología plana y baja del terreno. Es muy común que en época de lluvias ocurran estas inundaciones, por lo que se considera que tiene una vulnerabilidad alta de inundación por lluvias extremas, lo cual afecta a buena parte de la población y zona turística, provocando daños directos e indirectos en alojamientos turísticos, transporte, comunicaciones, viviendas, servicios esenciales, etc. aumentando -además- el riesgo de contraer nuevas enfermedades, cómo se explicará en el apartado 3.4.4.

#### 3.4.3.2 Mayores sequías

Las sequías se originan como consecuencia del déficit de agua. Cuando se habla de sequías se debe diferenciar entre las de tipo meteorológico, hidrológico, agrícola y social (Magaña-Rueda & Neri, 2012). Las sequías de tipo meteorológico -de las cuales se hará referencia a lo largo del apartado- suceden cuando se produce una escasez de precipitaciones sobre un período extendido de tiempo, que puede entenderse como una propiedad normal y recurrente del clima, cuyo impacto proviene de la interrelación entre el evento natural y la demanda en el suministro de agua (Magaña et. al., 2008).

Las mismas se presentan de manera lenta y progresiva, por lo que sus efectos no son muy notorios a corto plazo, y además es un fenómeno difícil de estudiar debido a que aún no cuenta

con una definición lo suficientemente clara ni con los recursos técnicos necesarios para poder predecirla. Sin embargo, es un problema que se ha incrementado en las últimas décadas, influenciado por el cambio climático inducido (FAO, 2009, citado en Estrada- Medina & Cobos-Gasca, 2016) y sus efectos desgastan la agricultura, la ganadería y la industria, afectando extensas regiones por meses o inclusive años.

“En la península de Yucatán, por ser una zona privilegiada con un vasto manto acuífero, no se presenta la sequía de manera tan severa como en otros estados de la república mexicana” (Estrada-Medina & Cobos-Gasca, 2016, p.152).

El agua de lluvia se evapora, es absorbida por plantas y suelo y se infiltra en el subsuelo, debido a una característica particular de la Península de Yucatán, la cual corresponde a la ausencia de corrientes superficiales, desde el norte hacia el sur sólo se puede encontrar un drenaje incipiente que desaparece en sumideros o en cuerpos de agua superficiales o aguadas (Bautista-Zúñiga, Palma, & Huchin, 2005, citado en Estrada-Medina & Cobos-Gasca, 2016).

Según el Anuario Estadístico de Campeche (INEGI, 2012), entre los meses de marzo a mayo se origina el periodo final de la época seca y de julio a agosto, donde usualmente se presenta la canícula<sup>33</sup> (Estrada-Medina & Cobos-Gasca, 2016).

Teniendo en cuenta el Monitor de Sequía de América del Norte (NADM) la clasificación de la Intensidad de la Sequía las mismas se agrupan de la siguiente manera (CENAPRED, 2014):

- Anormalmente Seca (D0): Hace referencia a una condición y no específicamente a una categoría. Se puede ver al comenzar o al finalizar un período de sequía. Al inicio se ocasiona debido a la sequedad del corto plazo, originando como consecuencia el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía se puede notar a través de la persistencia del déficit de agua y la recuperación parcial de los pastos o cultivos.
- Sequía Moderada (D1): La misma se produce cuando se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; el riesgo a los incendios es alto, y se registran bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, por lo tanto, se sugiere una restricción voluntaria en el uso del agua.

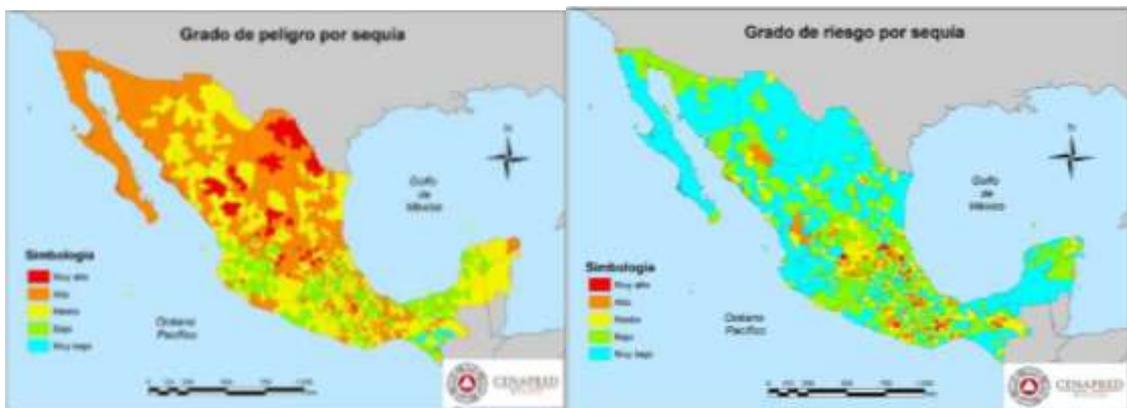
---

<sup>33</sup> La canícula es un fenómeno climático que se presenta en México durante la última quincena de julio y dura 40 días aproximadamente. Se caracteriza por ser un período de aumento de la temperatura debido a un calentamiento excesivo del aire, cielos despejados y baja precipitación (CENAPRED, 2018).

- Sequía Severa (D2): Se origina cuando se producen probables pérdidas en cultivos o pastos, existe un alto riesgo de incendios, la escasez de agua se vuelve habitual, y se deben imponer restricciones en el uso del agua.
- Sequía Extrema (D3): Se generan pérdidas significativas en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, y las restricciones en el uso del agua debido a su escasez se generalizan.
- Sequía Excepcional (D4): En las mismas se reportan grandes pérdidas generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, embalses, arroyos y pozos presentan una escasez total de agua, y es posible que se origine una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

En la Figura 3.17 se puede observar que en la zona de la Riviera Maya el peligro a sufrir sequías en su territorio es de medio-alto, pero el riesgo a sufrir consecuencias por dicho fenómeno es menor, posicionándose en el último lugar con un riesgo muy bajo, esto se debe a la capacidad de respuesta del área (CENAPRED, 2016).

Figura 3.17: Peligro versus riesgo de la Riviera Maya a sufrir sequías



Fuente: CENAPRED, 2016

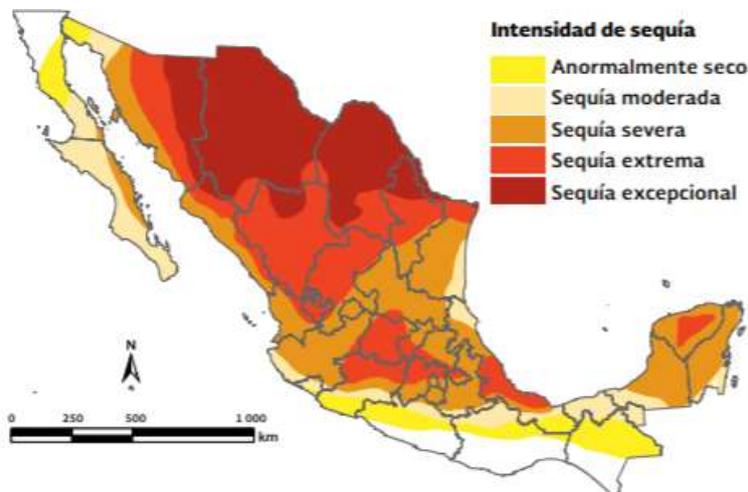
Luego de analizar detenidamente los hechos históricos publicados por el CENAPRED (2014), se pueden definir cuatro grandes períodos de sequía: 1948-1954, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996, así como una sequía severa en 1998 en la que vio golpeada la Península de Yucatán, ocasionando la pérdida de 5 mil hectáreas de maíz y pastizales. A su vez, se puede concluir que a lo largo de la historia, las áreas más afectadas por las sequías han sido el norte y el centro del país, las cuales corren un grado de peligro muy alto (SEMARNAT, 2012).

En los últimos 20 años se han registrado severos períodos de sequía entre 2000 y 2003, en 2009, y entre 2011 y 2012. En 2009, la sequía fue el segundo fenómeno hidrometeorológico que causó mayores pérdidas en el país: 152.333 personas resultaron afectadas, los daños ascendieron a 3.081 millones de pesos y la superficie afectada de cultivos y pastizales fue de 384.540 hectáreas. Las entidades con mayor superficie afectada fueron Baja California, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán. (SEMARNAT, 2012).

En el estado de Quintana Roo en el 2009 se vieron afectados 18.354 productores, dañando un total de 7.847 hectáreas de cultivos, valuando los daños en un total de 7,1 millones de pesos (CENAPRED (2009), citado en Estrada-Medina & Cobos-Gasca, 2016).

A su vez, el año 2011 fue un año crítico para el territorio mexicano, ya que sufrió grandes sequías e incendios a lo largo de todo el país, las cuales comenzaron a gestarse en 2010 y hasta el año 2012 sufrieron sus efectos. La zona de la Riviera Maya estuvo afectada por sequías severas, viéndose mayormente afectado el norte y el centro del país (Figura 3.18) (SEMARNAT, 2012).

Figura 3.18: Áreas afectadas por sequías (junio 2011)



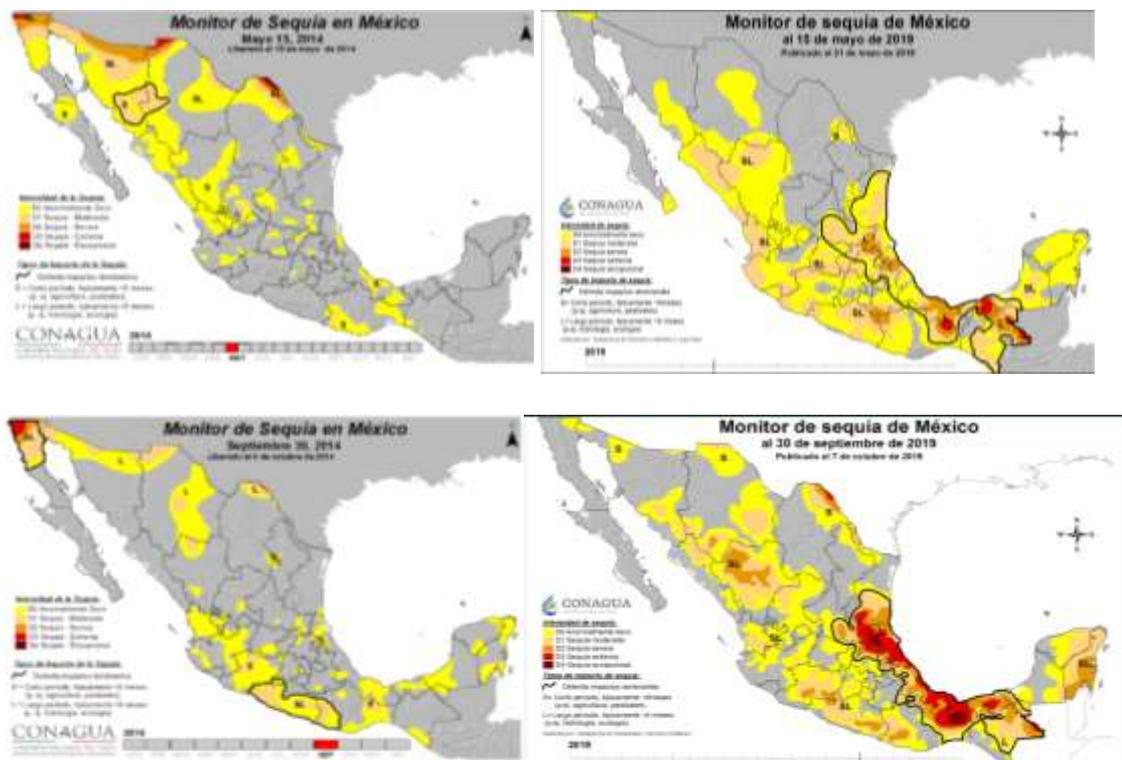
Fuente: SEMARNAT, 2012

Analizando los datos actuales obtenidos a través del Monitor de Sequías de México, en comparación al mismo periodo del año 2014, se puede notar un incremento de las sequías y la categoría de las mismas a lo largo del territorio. Considerando el caso de estudio de este TFC, se puede notar que en la Riviera Maya, en mayo del 2014 -considerando el final de la época

seca- no se registraron sequías, y en el mismo período del año 2019 se registraron condiciones anormalmente secas.

Examinando el segundo período analizado, en septiembre de 2014 la Riviera Maya se encontraba atravesando condiciones anormalmente secas, y en el mismo lapso en 2019, se han registrado sequías moderadas, las cuales fluctuaron y perduraron desde marzo hasta la actualidad. (Meteored México, 2020). Actualmente la sequía alcanza una afectación del 99,7% del territorio de Quintana Roo, de acuerdo con el último informe hidro-climatológico emitido por el Organismo de Cuenca Península de Yucatán y avalado por el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN, 2020).

Figura 3.19: Comparación de niveles de sequía en mayo y septiembre de 2014 y 2019



Fuente: CONAGUA, 2020

Las diferentes fluctuaciones indicadas con respecto a las sequías puede atribuirse tanto a causas naturales como causas antropogénicas al igual que las precipitaciones. Tal como se hizo

referencia en el apartado 3.4.3.1, una de las causas naturales de las sequías se atribuye a los cambios en la circulación general atmosférica que son provocados por el fenómeno de El Niño<sup>34</sup>.

La corriente de El Niño ocasiona los más rápidos y significativos cambios en los patrones normales del clima, y en el territorio mexicano también genera grandes impactos en los patrones de variabilidad de la precipitación, de manera tal que las lluvias de invierno se intensifican en los años en que ocurre El Niño y altera dicha temporada (Ortega-Gaucín, 2013).

Por otro lado, estos cambios en la frecuencia e intensidad de las sequías se debe en menor escala, pero de forma creciente, al calentamiento global y todas las causas antropogénicas que potencian al mismo. Esto hace a las regiones más susceptibles y vulnerables a la falta de agua, ya que el suelo pierde rápidamente la capacidad de retener la humedad que terminan por alterar el patrón climático regional, y como resultado, las zonas áridas pueden hacerse aún más secas y extenderse a lugares en donde no sufrían sequías como ha sucedido con la Riviera Maya (Ortega-Gaucín, 2013).

Con respecto al impacto de este fenómeno, la Riviera Maya se ha visto afectada indirectamente a nivel turístico por las sequías y los incendios forestales ya que se han registrado pérdidas de atracciones naturales, mayores riesgos para la salud, mayor emisión de GEIs, etc. (SECTUR, 2014).

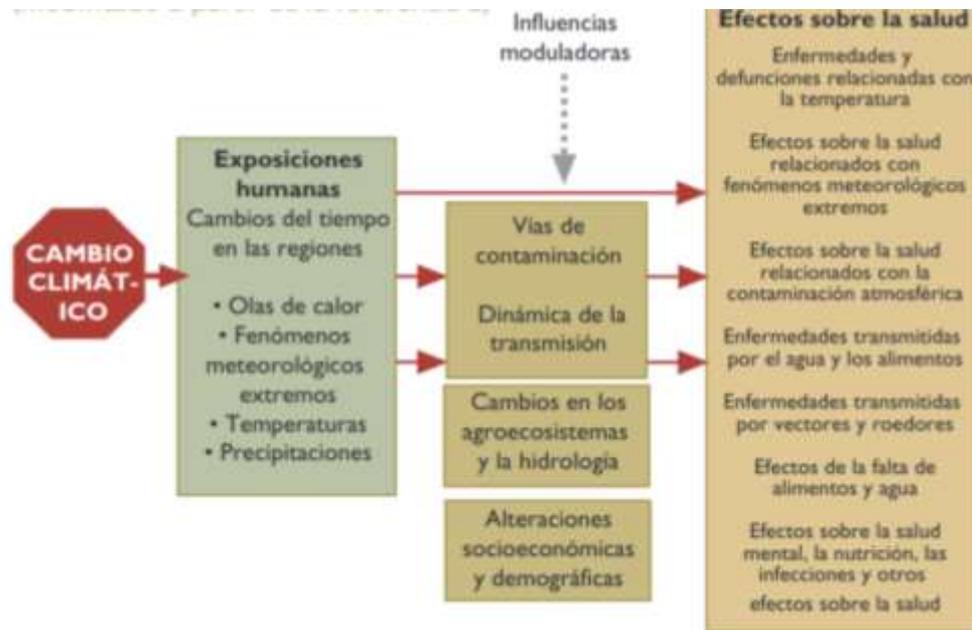
#### 3.4.4 Incidencia en la salud

Los impactos del cambio climático inducido sobre la salud son varios, los cuales son una de las consecuencias tanto del aumento de la temperatura global como de los fenómenos meteorológicos extremos, las precipitaciones e inundaciones, que exponen a las personas más vulnerables como ancianos, mujeres embarazadas, niños, personas con discapacidad y personas con enfermedades crónicas (Sánchez-Salinas, 2017) (Figura 3.20).

---

<sup>34</sup> El fenómeno de El Niño se origina como consecuencia del calentamiento desigual de los mares y de las superficies continentales, generando cambios de temperatura y presión en el aire, que a su vez genera el conjunto de sistemas de vientos y corrientes de aire, denominado circulación general de la atmósfera (Ortega-Gaucín, 2013).

Figura 3.20: Vías por las que el cambio climático inducido afecta a la salud humana



Fuente: World Health Organization (WHO), 2003

En México se realizaron muy pocos estudios al respecto, pero en estudios generales se ha podido comprobar que el aumento en la temperatura global incrementa la mortalidad debido a golpes de calor y un mayor número de personas afectadas por casos de dengue, paludismo y enfermedades diarreicas, además de enfermedades respiratorias relacionadas tanto con el aumento en la temperatura cómo con la contaminación atmosférica (Sanchez-Salinas, 2017).

Algunas de las enfermedades infecciosas existentes -mencionadas anteriormente- transmitidas por vectores, alimentos y agua, son sensibles a cambios de las condiciones climáticas, por lo que sus efectos están clasificadas por el IPCC (1998) de acuerdo a si ellos ocurren predominantemente por efecto directo de los valores extremos de una o más variables climáticas (Rojas-Rodríguez et al., 2006)

En particular, el análisis y diagnóstico que se realizará en este TFC cubrirá los impactos a la salud referenciados en la Figura 3.20.

- Eventos climáticos extremos: Golpes de calor

Las olas de calor, definidas como períodos prolongados de temperatura por encima de la media histórica (ONU-Hábitat, 2011, citado en Díaz-Caravantes et. al., 2013), pueden tener implicaciones severas en la población.

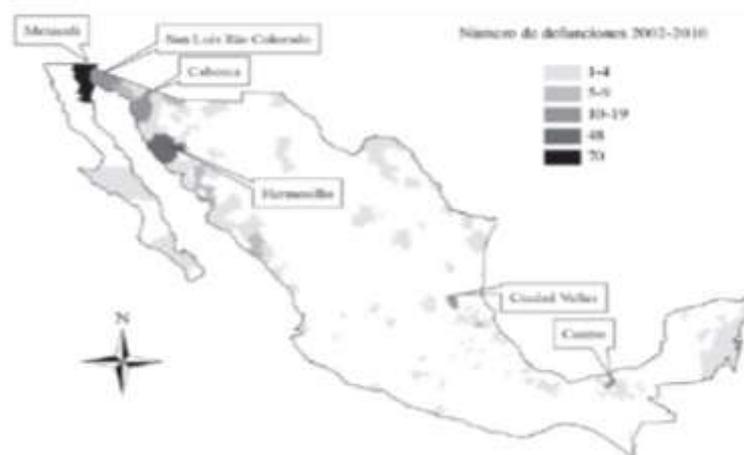
Una ola de calor provoca en el cuerpo humano una condición que provoca que la temperatura corporal se eleve por arriba de los 42°C, generando ciertas alteraciones y daños múltiples como manifestaciones en el sistema nervioso central, alteraciones sutiles del comportamiento, convulsiones, delirio y aun coma; manifestaciones musculares; manifestaciones cardíacas tales como hipotensión, taquicardia e hiperventilación debido al esfuerzo del corazón durante el proceso de vasodilatación; dificultades para respirar; daños en el hígado, e hipoglucemia (Piñeiro et. al., 2004, citado en Díaz-Caravantes et. al., 2013).

La mayoría de los estudios sobre la mortalidad asociada a las olas de calor establece que el grupo de edad más afectado es el de los ancianos, principalmente por la fragilidad y el deterioro de su sistema termoregulatorio. Los niños y los bebés se agrupan en el segundo grupo más afectado dado que los mismos tienen una capacidad limitada para regular su temperatura e hidratarse (Oudin et. al., 2011, citado en Díaz-Caravantes et. al., 2013).

Tal como se puede observar en la Figura 3.21, las estadísticas de INEGI (2012) muestran que durante el período 2002-2010 murieron 393 personas por olas de calor, la mayoría de ellas concentradas en el noroeste del país. El 88,5% por ciento eran hombres, de los cuales tres cuartas partes tenían entre 18 y 65 años de edad. El nivel socioeconómico de las víctimas era muy bajo ya que el 73,8% por ciento tenía como máxima escolaridad la primaria terminada y 62,1% por ciento no tenía acceso a servicios de salud (Díaz- Caravantes et. al., 2013).

El estado de Quintana Roo se posiciona con cifras muy bajas y solo se registraron entre 1 y 4 muertes por olas de calor en todo el período antes mencionado.

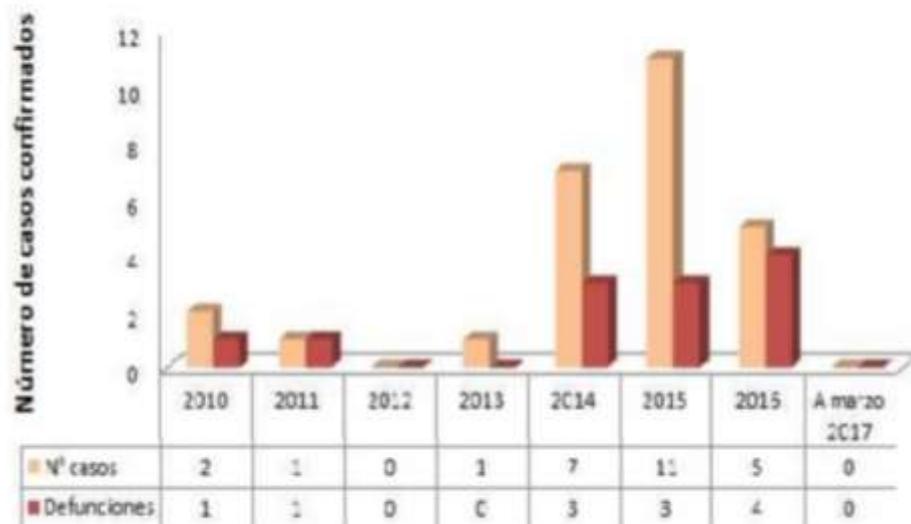
Figura 3.21: Número de defunciones por olas de calor (2002-2010).



Fuente: INEGI, 2012, en Díaz-Caravantes et. al., 2013

Analizando los datos publicados por el Gobierno de Quintana Roo (2017), queda expresado en la Figura 3.22 el aumento de las muertes por olas de calor. Como se mencionó anteriormente, los casos en el estado de Quintana Roo durante el período 2002-2010 fueron de máximo 4 muertos, y en los últimos años se registraron cifras similares por año. 2015 fue el año con el mayor número de casos en el Estado, acumulando 11 en total de los cuales 3 fallecieron, y el año con más defunciones fue el 2016, que de los 5 casos confirmados, 4 murieron.

Figura 3.22: Muertes por golpe de calor en Quintana Roo (2010-2017)



Fuente: Gobierno de Quintana Roo, 2017

- Enfermedades infecciosas-respiratorias

“Los efectos del cambio climático pueden facilitar el contagio de enfermedades infecciosas, especialmente las respiratorias, por los cambios que se ocasionan en el sistema inmunitario”, declaró el infectólogo Arturo Martínez (Agencia EFE, 2017).

A su vez, el aumento de la temperatura global determina cada vez más el comportamiento de fenómenos atmosféricos, los cuales provocan cambios en la fisiología del cuerpo y hace que las personas que tengan afecciones pulmonares crónicas sean más susceptibles a adquirir enfermedades infecciosas respiratorias (Agencia EFE, 2017).

Las enfermedades respiratorias son definidas de la siguiente manera (CENAPRECE,2014):

- No transmisibles: Hacen referencia a aquellas crónicas, es decir, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), alergias respiratorias, enfermedades pulmonares de origen laboral e hipertensión pulmonar. Este tipo de padecimientos, al igual que ciertos factores de riesgo tienen al tabaquismo, a la contaminación del aire en espacios cerrados, contaminación exterior, alérgenos y exposición a riesgos ocupacionales como el polvo y productos químicos.

El investigador Reyes Haro Valencia del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) afirmó que “El 2 % de los mexicanos padece enfermedades en las vías respiratorias como asma, tos, alergias, resfriados o bronquitis debido al cambio climático” (Agencia EFE, 2019).

- Transmisibles: Se refiere a las infecciones respiratorias agudas (IRA), causadas en su mayor parte por virus. Se relacionan principalmente con el cambio de temperatura y la exposición ambiental. En México constituyen un problema de salud prioritario por su continua presencia dentro de las diez principales causas de defunción en los distintos grupos de edad (CENAPRECE, 2014).

Una de las principales IRA que se pueden encontrar sobre el territorio mexicano es la Influenza o gripe estacional, la cual se manifiesta durante todo el año, preferentemente en los meses de invierno. En algunos países con clima tropical, los virus de la Influenza se presentan una o dos veces durante las temporadas de lluvia con máxima actividad, ya que circulan todo el año (CENAPRECE, 2014).

Estudios realizados han detectado una relación y un efecto significativo de la temperatura con los contaminantes; esto se explica porque durante la temporada de invierno, que se caracteriza por bajas temperaturas y escasez de lluvias (de noviembre a marzo) se presentan los niveles más elevados de contaminación ambiental (Cifuentes, 2001 citado en Diaz Caravantes R. et al., 2013).

También se ha determinado que el el volumen y características de los contaminantes emitidos a la atmósfera, tanto a nivel local como a nivel regional, determinan en buena medida la calidad del aire en una zona particular. No obstante, las características climáticas y geográficas también influyen en las condiciones del aire a las que están expuestas las poblaciones (SEMARNAT, 2013) (Figura 3.22) En el apartado 2.3.1 quedó expresado la cantidad de emisiones de GEIs en el territorio mexicano.

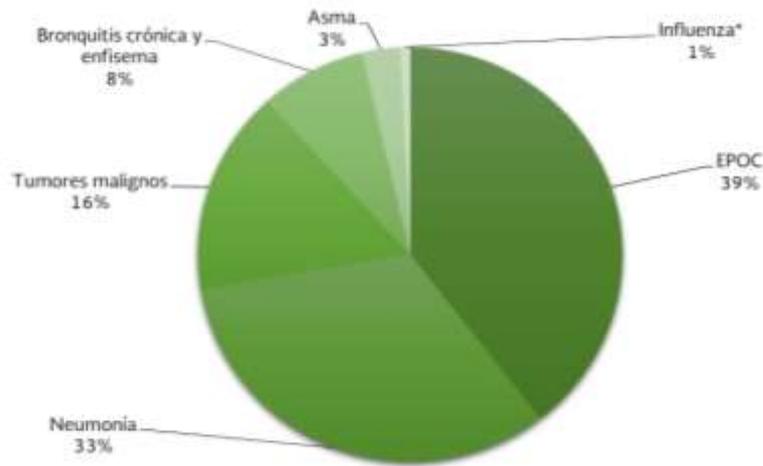
Figura 3.23: Factores que influyen en la mala calidad del aire



Fuente: Gobierno de México, 2020

A su vez, en la Figura 3.24 se puede observar el porcentaje de defunciones por enfermedades respiratorias en México en 2012. El mayor porcentaje corresponde a la EPOC (39%, equivalente a 18.532 muertes), continúa la neumonía (33%, representando a 15.382 muertes), tumores malignos (16%, lo cual significa 7.482 muertes), bronquitis crónica (8%, que simboliza 3,806 muertes), asma (3%, que representa 1,366 muertes) e Influenza (1%, equivalente a 352 muertes) (CENAPRECE, 2014).

Figura 3.24: Porcentaje de defunciones por enfermedades respiratorias en México (2012)



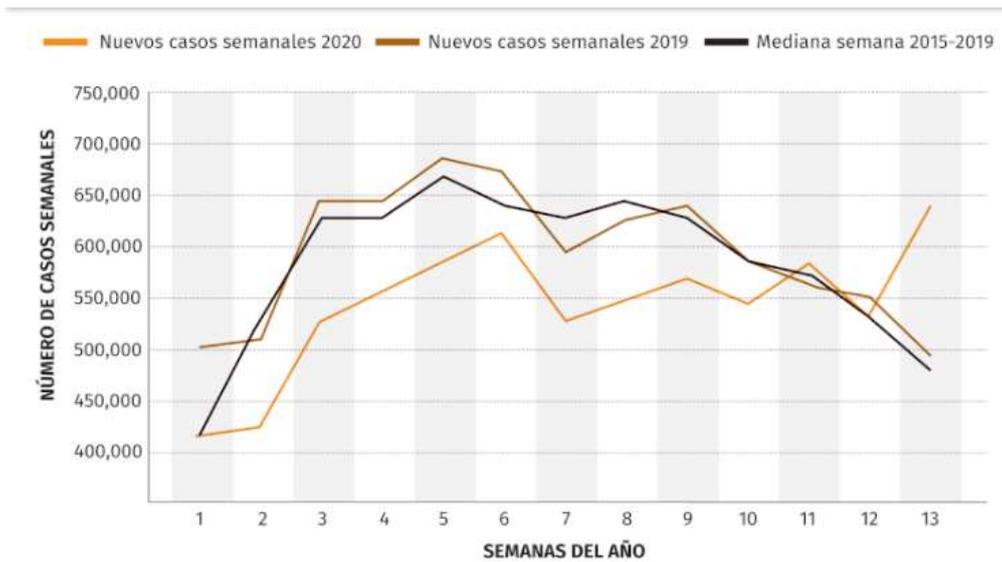
Fuente: CENAPRECE, 2014

Como se mencionó anteriormente, los factores que influyen en las enfermedades respiratorias infecciosas son el aumento de la temperatura, las condiciones atmosféricas y la contaminación y calidad del aire y las personas que sufren enfermedades crónicas son más vulnerables a las IRA.

En el año 2009 la mayoría de los países se vieron afectados por la pandemia de Influenza. Considerando todos los tipos de Influenza (Influenza A (H1N1), Influenza A (H3N2), Influenza A e Influenza B), en el territorio mexicano se presentaron 1.744 defunciones, de las cuales 1479 corresponden a la Influenza A H1N1 (tasa de mortalidad de 1.62/100 mil habitantes) (CENAPRECE, 2014).

Entre las recientes cifras publicadas por la Dirección General de Epidemiología de México (2020) se destaca el acumulado de casos de Influenza durante 2019, que fue de 4.511, mientras que los positivos a esta enfermedad en los primeros tres meses de 2020 ya eran 4.657 (Figura 3.25).

Figura 3.25: Infecciones respiratorias agudas en México 2020



Fuente: Secretaría de Salud de México, 2020, citado en Infobae, 2020

Como se mencionó anteriormente, desde enero a marzo de 2020 se registraron números similares a la totalidad de 2019. Con respecto a las defunciones por IRA, las mismas quedan expresadas en la Figura 3.26. La Ciudad de México mostró la mayor cantidad de casos, con 29 muertos.

Figura 3.26: Muertes por IRA en México (enero-marzo 2020)



Fuente: Secretaría de Salud de México, 2020, citado por Infobae, 2020

Considerando el caso de análisis de este TFC y los datos publicados anteriormente, Quintana Roo no es una entidad federativa que se vea afectada significativamente por la Influenza, ya que en los primeros tres meses del 2020, solo tuvo 8 muertos y a su vez, en el año 2012 registró la menor mortalidad por EPOC a nivel nacional (CENAPRECE, 2014).

Por otro lado, según el Diagnóstico de Salud Estatal (2015), los principales padecimientos durante 2014 y 2015 en el estado de Quintana Roo fueron en orden de frecuencia: IRA, infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas, infecciones urinarias, gingivitis y enfermedad periodontal, úlceras gastritis y duodenitis (Servicios Estatales de Salud, 2015).

También cabe destacar que el estado de Quintana Roo es uno de los dos estados que no fueron incluidos en el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire, por lo que no existen datos exactos de dicho lugar. Sin embargo, según datos de estaciones cercanas, la calidad del aire es buena, por lo que es un factor importante a tener en cuenta, ya que el riesgo a que se propague en mayor medida enfermedades respiratorias transmisibles es menor. Igualmente no es una problemática para desatender ya que las emisiones de GEIs seguirán en aumento, al igual que la temperatura global.

- Enfermedades transmitidas por agua y alimentos

La Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) es ocasionada por diferentes microorganismos, entre los cuales se encuentran los virus, bacterias y parásitos. Los mismos pueden estar presentes en el agua y alimentos contaminados por falta de higiene en la preparación, manejo y conservación (CENAPRECE, 2014).

Este tipo de agentes pueden ocasionar deshidratación como consecuencia de la pérdida de líquidos y sales del organismo, incluso la muerte. Uno de los factores de riesgo es la desnutrición que puede presentarse principalmente en menores de cinco años y adultos con diarrea crónica, esto es por pérdida de nutrientes durante los episodios agudos de esta enfermedad (CENAPRECE, 2014).

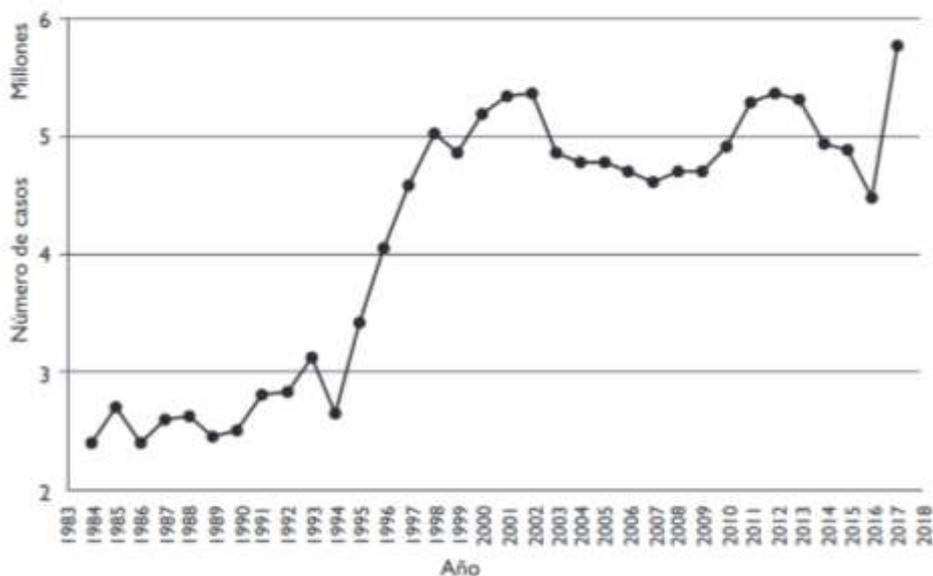
“En México estas enfermedades continúan siendo la segunda causa de morbilidad, están dentro de las 20 principales causas de mortalidad general, y se encuentra entre las primeras cinco causas de decesos entre los menores de cinco años” (CENAPRECE, 2014, p. 11). Durante la temporada de calor aumenta la frecuencia de estas enfermedades entre la población y sobre todo con un mayor riesgo de sufrir deshidratación.

En la Figura 3.27 se puede observar cómo ha evolucionado la incidencia de la EDA en México. Entre 1990 y 1992 la EDA fue una de las principales causas de muerte en la población mundial y en población pediátrica por mucho más, desde 1992 a 2005.

Por otro lado, se puede visualizar que la cantidad de afectados por infecciones intestinales se incrementó de forma notable, específicamente entre 1994 y 1998, es muy probable que esto se produjo por cambios en los criterios diagnósticos o de notificación (Olaiz-Fernández et. al., 2019).

También se puede apreciar que hubo una caída y estabilización de los casos en 1998, esto se debe a que se implementó una vacuna la cual fue aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos pero la misma fue retirada en el país un año más tarde, debido al informe de casos de intususcepción en niños recientemente vacunados. Luego, en el año 2004, las autoridades sanitarias mexicanas aprobaron el uso de la vacuna monovalente de rotavirus humano atenuado y “de 2005 a 2015, la mortalidad general mexicana por EDA disminuyó 16,5 por ciento” (Olaiz-Fernández et al., 2019, p. 29).

Figura 3.27: Evolución de las EDA en México (1984- 2017)



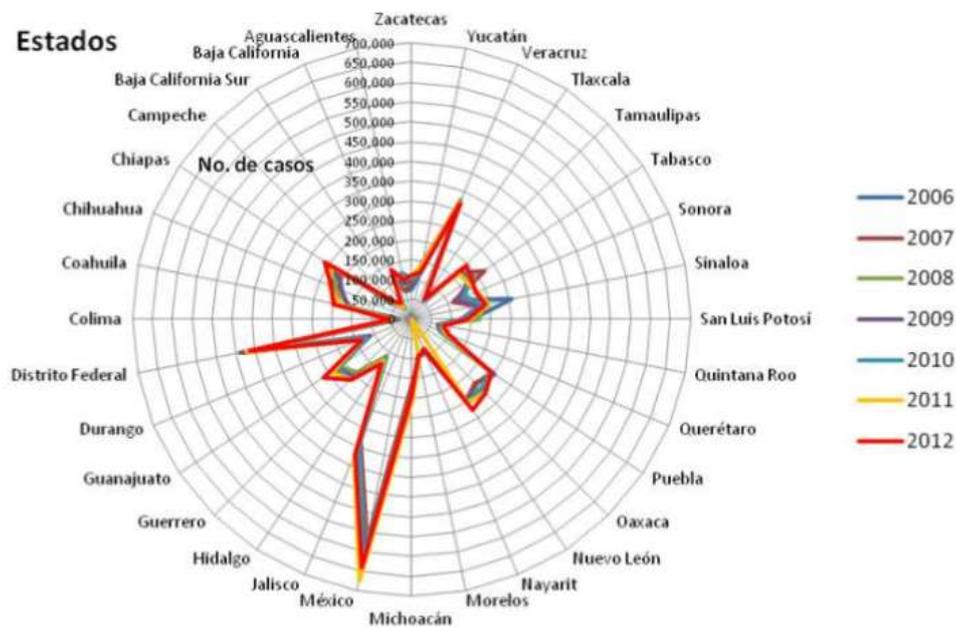
Fuente: Secretaría de Salud de México, 2019, citado por Olaiz- Fernandez et. al., 2019

Considerando el caso de análisis de este TFC en la figura a continuación se puede apreciar los efectos de las EDA por estados federativos. Los casos a lo largo del territorio mexicano varían

principalmente por la densidad demográfica y la accesibilidad a servicios de salud que facilitan el registro de los casos, es así que, las entidades federativas con mayor población son aquellas que registran más casos de EDA, posicionando en primer lugar a la Ciudad de México con 639.512 casos en el 2012 y en último lugar a Baja California Sur con 48.126 casos (CENAPRECE, 2014)

El estado de Quintana Roo registró las siguientes cifras: 72.742 (2006) 68.034 (2007), 67.623 (2008), 68.488 (2009), 75.722 (2010), 78.998 (2011) y 82.869 (2012) (CENAPRECE, 2014) (Figura 3.28).

Figura 3.28: Entidades federativas con mayor número de casos de EDA (2006-2012)



Fuente: Secretaría de Salud de México, 2012, citado por CENAPRECE, 2014

Los diferentes factores climáticos son una gran influencia para el crecimiento, desarrollo y propagación de estos patógenos. Las fuertes precipitaciones pueden producir descargas de contaminantes de aguas pluviales en cuerpos de agua si la cantidad de milímetros que llueve excede la capacidad de contención del sistema de alcantarillado o planta de tratamiento, los cuales están diseñados para una cierta cantidad de agua (Patz et. al., 2008, citado en Delgado et. al., 2013). Es de esta manera en que la contaminación de aguas superficiales puede explicar los casos estacionales de diversos tipos de infecciones transmitidas por agua.

- Enfermedades Transmitidas por Vectores

Según la Secretaría de Salud de México (2015) se conocen como enfermedades transmitidas por vector, a aquellas enfermedades virales que son provocadas por la picadura de un mosquito, en particular se habla del género *Aedes aegypti*, que es el vector para la transmisión de Dengue, Chikunguya y Zika. Aunque el vector es el mismo, el virus es diferente para cada padecimiento.

El paludismo por su parte, es causada por parásitos del género *Plasmodium*, también transmitidos por vector, pero en este caso es la hembra del mosquito *Anopheles* (OMS, 2016).

En todos los casos de enfermedades transmitidas por vector, se pueden producir epidemias cuando el clima y otras condiciones favorecen súbitamente la transmisión en zonas donde la población tiene escasa o nula inmunidad, o cuando personas con escasa inmunidad se desplazan a zonas con transmisión intensa (Organización Mundial de la Salud, 2016).

#### *Dengue*

Como se ha analizado previamente en este capítulo, se puede asegurar que en los últimos años ha aumentado notoriamente la circulación de personas y productos, como consecuencia del incremento de los viajes y el comercio internacional (Organización Panamericana de la Salud, OPS, & OMS, 1998).

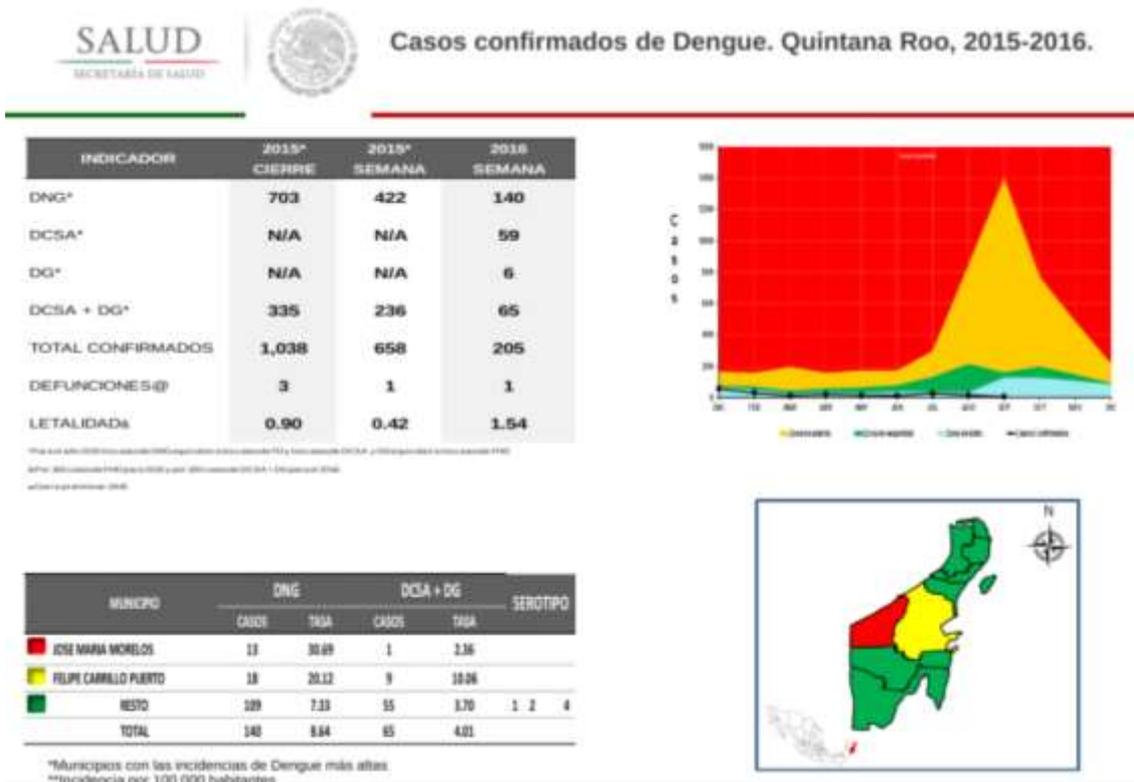
En los últimos 20 años se han registrado invasiones de *A. aegypti* y *A. albopictus* en nuevas regiones geográficas debidas al comercio internacional de neumáticos usados y a la construcción de caminos en zonas rurales. También la migración de los portadores asintomáticos y vectores del dengue hacia las zonas no endémicas parece ser considerablemente más importante para la propagación de la enfermedad que El Niño o el cambio climático (OPS & OMS, 1998).

Por otro lado, “Se ha argumentado que la precipitación y la temperatura son factores importantes que prolongan los períodos de transmisión intensa del dengue” (OPS & OMS, 1998, p.19).

Los casos de dengue en México han aumentado más de 600 % desde 2001, según anota el Centro Nacional de Epidemiología y Control de Enfermedades (National Geographic, 2020).

En 2015 los casos contabilizados de dengue en México al mes de octubre fueron de 15.755 (658 en Quintana Roo) y los acumulados al finalizar el año fueron 27.178, de los cuales 1.038 corresponden al estado de Quintana Roo. En 2016, el total acumulado fue de 10.622 al mes de octubre, de los cuales 205 pertenecen a Quintana Roo (Secretaría de Salud de México, 2016).

Figura 3.29: Casos confirmados de dengue en Quintana Roo (2015-2016)

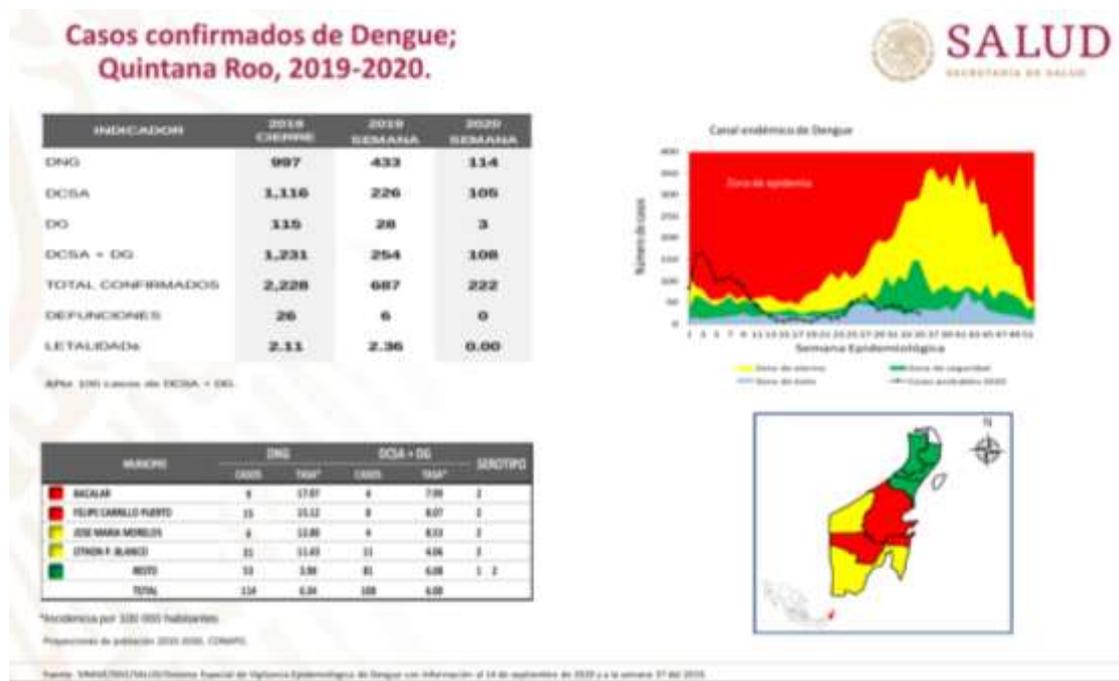


Fuente: Secretaría de Salud de México, 2016

En la Figura 3.30 se puede apreciar los números más actualizados publicados por la Secretaría de Salud nacional (2020), destacando que en 2019 Quintana Roo alcanzó una gran cantidad de casos -2.228 confirmados de los 43.362 en todo el territorio mexicano-, posicionando al 2020 por debajo con un total de casos confirmados de 10.357 entre enero y septiembre, de los cuales 222 fueron informados por las autoridades estatales; esto se debe a la pandemia del COVID-19, con una disminución del flujo de personas y operaciones vinculadas al comercio exterior (Secretaría de Salud de México, 2020).

También es importante mencionar que en el área de la Riviera Maya los canales endémicos del dengue se encuentran presentes pero con niveles bajos. Actualmente, el área más expuesta a epidemias de dengue es el sur de la Península de Yucatán, lo cual no quita que por condiciones climáticas, sociales, económicas, etc se propague y expanda a la zona de la Riviera Maya, ya que como se puede verse en las Figuras 3.28 y 3.29, la zona de epidemia se ha expandido en los últimos años.

Figura 3.30: Casos confirmados de dengue en Quintana Roo (2019-2020)



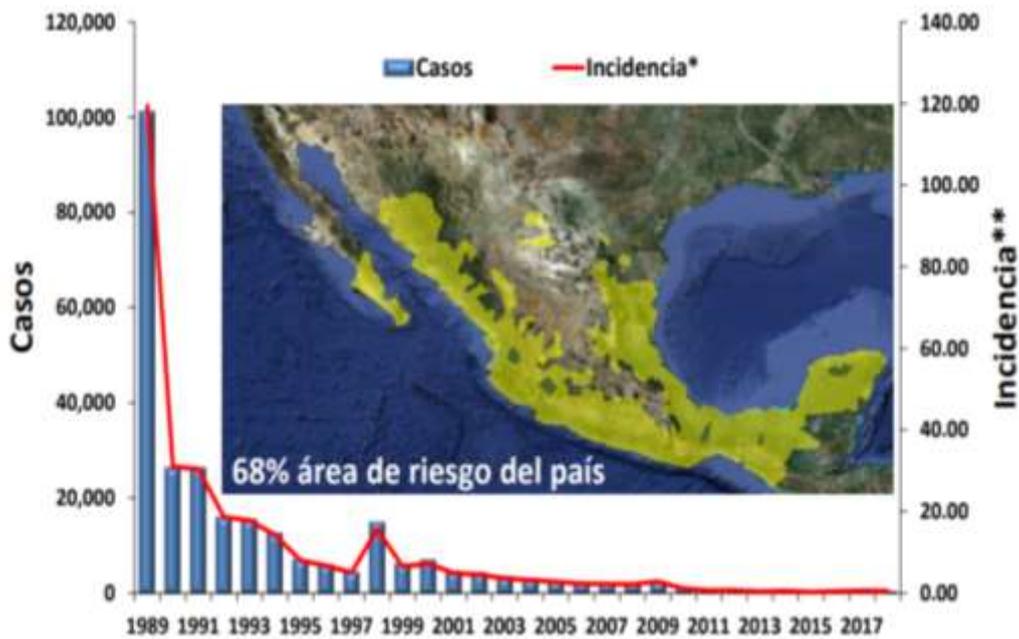
Fuente: Secretaría de Salud de México, 2020

Cabe destacar que el cambio climático inducido acelera la diseminación del dengue en el territorio americano y en las regiones tropicales de todo el mundo. El incremento de las precipitaciones en ciertas áreas, las inundaciones y el aumento de la temperatura, generan las condiciones ideales para que los mosquitos que transmiten el virus causante del dengue se reproduzcan y expandan a nuevos territorios.

### Paludismo

El paludismo, también conocido como malaria, es una enfermedad transmitida por vectores la cual considerando valores desde 1989 ha disminuido significativamente en el territorio mexicano. El estado de Quintana Roo se posiciona en el 68% de las zonas de riesgo con 17 casos en 2018 y 3 casos en el 2019 (Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud de México, 2019).

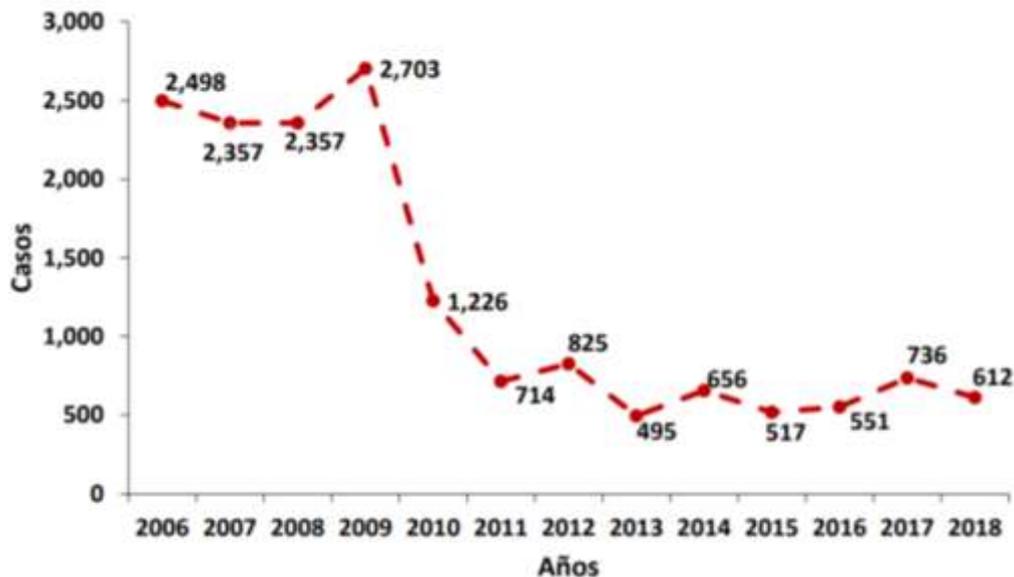
Figura 3.31: Casos de malaria en México (1989-2019)



Fuente: Secretaría de Salud de México, 2018

En 1993 se comenzaron a incrementar los casos de paludismo relacionados con el aumento de la temperatura. El INEGI y la SEMARNAT de México determinaron que el paludismo hasta 2005 afectó principalmente las localidades rurales de difícil acceso en Chiapas, Campeche, Chihuahua, Oaxaca, Sinaloa y Quintana Roo (Enciso, 2009) y en 2005 el incremento promedio en morbilidad por aumento de 1°C fue de 1,1% (Tejada-Martínez, García-Cueto & Castillo- Pérez, 2010).

Figura 3.32: Casos de malaria en México (2006- 2018)



Fuente: Secretaría de Salud de México, 2018

Diferentes modelos expuestos sugieren que el aumento de la temperatura aceleró la velocidad de transmisión y ampliará la distribución geográfica del mosquito que actúa como vector, e identifican un aumento de la malaria como un posible efecto del cambio climático inducido. También hablan de un aumento en la propagación en las zonas ya afectadas o en las áreas donde ya se ha controlado o ha desaparecido la enfermedad (ONU, 2009).

El cambio climático y el incremento del turismo pueden provocar nuevamente el surgimiento de la malaria o la transmisión en países tropicales que la han eliminado o controlado. Los mismos serán propensos a las epidemias, ya que la vigilancia y la preparación para el control de la malaria pueden no ser tan intensas como cuando la malaria era un problema importante de salud pública en esos países (ONU, 2017).

#### 3.4.5 Aumento del nivel del mar

Tal como se mencionó en el apartado 2.3.4, uno de los efectos más relevantes del cambio climático inducido es el aumento del nivel del mar, provocando sus mayores consecuencias en los ecosistemas costeros a través de diferentes efectos. Entre ellos, se encuentran las inundaciones de tierras bajas y desplazamientos de humedales, la erosión de la línea de costa, las inundaciones severas causadas por mareas de tormenta, la intrusión salina en estuarios y acuíferos, la alteración del régimen de mareas en ríos, bahías y lagunas costeras, los cambios

en patrones de sedimentación, y la disminución de la penetración de la luz para organismos bénticos, los cuales como consecuencia afectan los parámetros físicos de las costas (Hernández-Arana, 2007; Sahin & Mohamed, 2014, citado en Ruiz- Ramírez, 2016).

El litoral costero mexicano se extiende aproximadamente a lo largo de 11.122 Km. En ellos existen 447 municipios, donde se llevan a cabo diferentes actividades entre las cuales se encuentra el turismo. Las zonas más vulnerables del Golfo de México y Mar Caribe, al aumentar el nivel del mar de 1 a 2 m, son la llanura deltaica del río Bravo, la Laguna de Alvarado y el curso bajo del río Papaloapan (Veracruz); el complejo deltaico Grijalva Mezcalapán-Usumacinta (Tabasco); los Petenes (Campeche); y las bahías de Sian Ka'an (Quintana Roo) (Botello et. al., 2010).

La zona costera de la Riviera Maya también está influenciada y se vio afectada por elementos naturales como los “nortes”<sup>35</sup>, ciclones, huracanes, escurrimientos del área terrestre circundante, el aporte subterráneo de los cenotes<sup>36</sup>, y por actividades antropogénicas como el desarrollo urbano y la industria turística. Por otra parte, algunos cenotes cercanos a la costa afloran al mar, razón por la cual se evidencian incrementos de nutrientes y bacterias; situación que puede verse potenciada en el área costera con el aumento del nivel del mar, con la posible salinización de los cenotes (Botello et. al., 2010).

En el caso de la localidad de Puerto Morelos, que conforma la Riviera Maya, se han registrado altos niveles de nitratos y fosfatos (Secretaría de Marina, 2002, citado en Botello et. al., 2010); así como niveles por arriba de la normativa de enterococos (SEMARNAT, 2008, citado en Botello et. al., 2010).

En la época de nortes, dichos vientos genera acumulación y erosión de sedimentos en el área costera tanto del Golfo de México como en las playas del Mar Caribe provocando severos problemas de erosión en la zona costera y sus playas al provocar modificaciones en el nivel del mar, fuertes vientos y altas precipitaciones que mueven grandes cantidades de sedimentos (Márquez, Torres & Bolongaro-Crevenna, 2010).

Cuando suceden las tormentas tropicales, como consecuencia de los cambios en la presión atmosférica, se provocan también cambios del nivel del mar, de manera que si aumenta la

---

<sup>35</sup> Ver apartado 3.2.1.

<sup>36</sup> Los cenotes son profundos pozos naturales. Los mismos se originan cuando “el agua de lluvia que se filtra a través del suelo comienza a disolverse dando paso a cavernas que pueden estar parcial o totalmente inundadas, cuando una de esas cavernas colapsa debido a la erosión se forman los cenotes” (Gobierno de México, 2015).

presión atmosférica, disminuye el nivel del mar y viceversa (Carter, 1988, citado en Márquez, Torres & Bolongaro-Crevenna, 2010).

“Los fuertes vientos presentes en los huracanes también producen cambios en el nivel del mar de manera temporal en decenas de centímetros hasta unos cuantos metros en lo que se conoce como marea de tormentas que a veces se magnifica en plataformas continentales extensas” (Rosengaus, 1998, citado en Márquez, Torres & Bolongaro-Crevenna, 2010).

Como se mencionó anteriormente, los ecosistemas costeros están sujetos a variaciones naturales, como los cambios en los depósitos de nutrientes y la introducción de contaminantes a las lagunas, ríos y estuarios, además de la presencia de especies exóticas y la variabilidad natural del clima. A su vez, las actividades antropógenas y el cambio climático inducen y constituyen una presión adicional que altera y pone en peligro el sistema natural (Ponce-Vélez, et. al., 2011, citado en Ruiz-Ramírez, 2016).

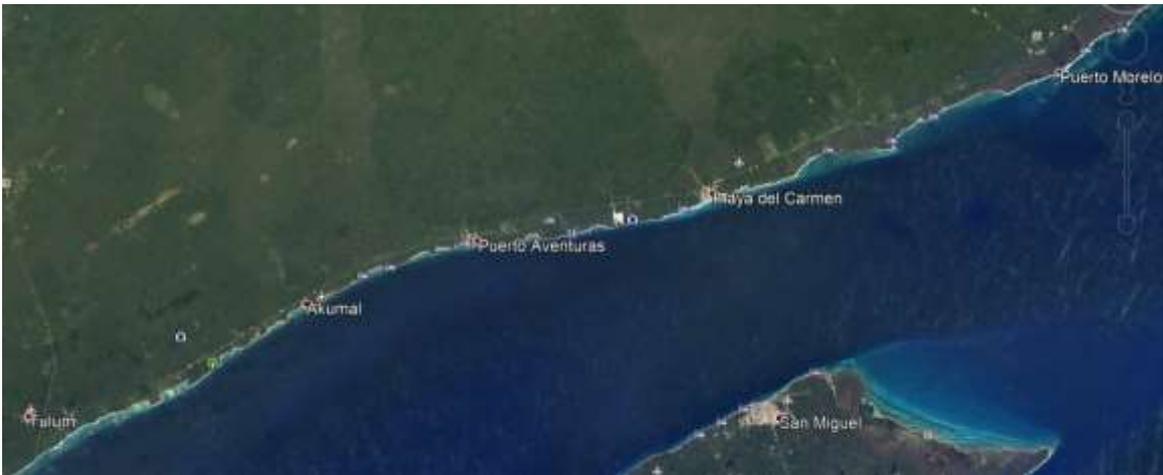
A continuación se detallarán los diferentes efectos observados de la incidencia del cambio climático en la Riviera Maya analizando la respuesta natural del ecosistema costero.

#### 3.4.6 Mayor erosión costera: Sargazo y refracción de oleaje

Este fenómeno ha impactado a la Riviera Maya de manera crítica. Esto se debe en parte a los cambios climáticos naturales mencionados en el Marco Teórico de este TFC, y en otra gran parte a las acciones humanas, la urbanización, el desarrollo turístico en la zona costera y el cambio climático inducido.

En la Figura 3.33 se puede apreciar a la Riviera Maya en el año 1988, al momento que en el área se comenzaba la construcción de alojamientos e infraestructura turística.

Figura 3.33: Desarrollo turístico y erosión costera de la Riviera Maya - 1988

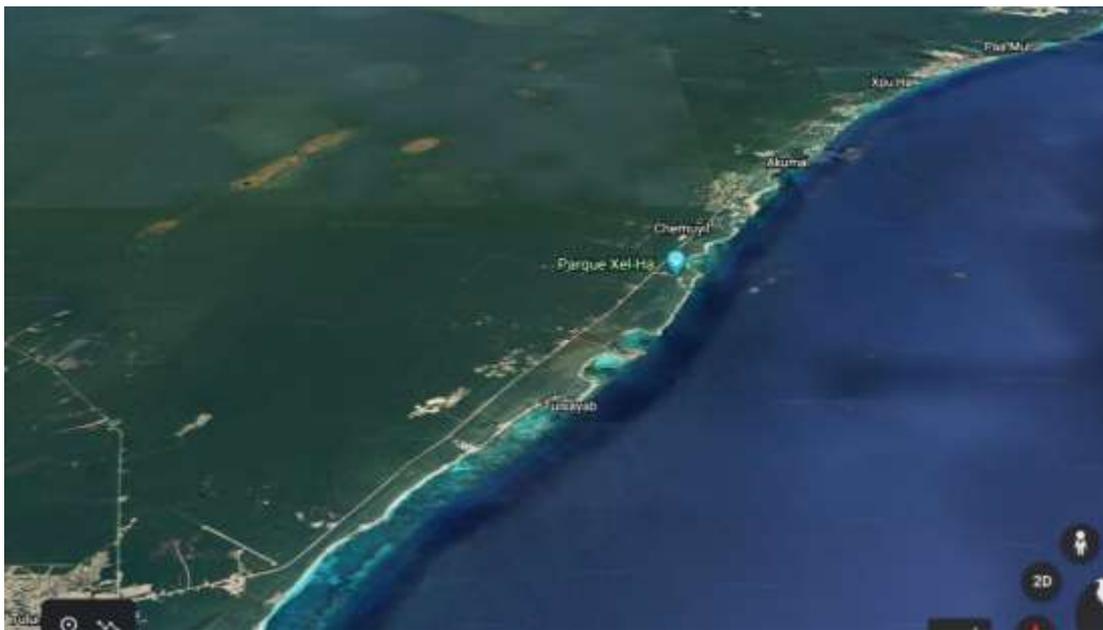
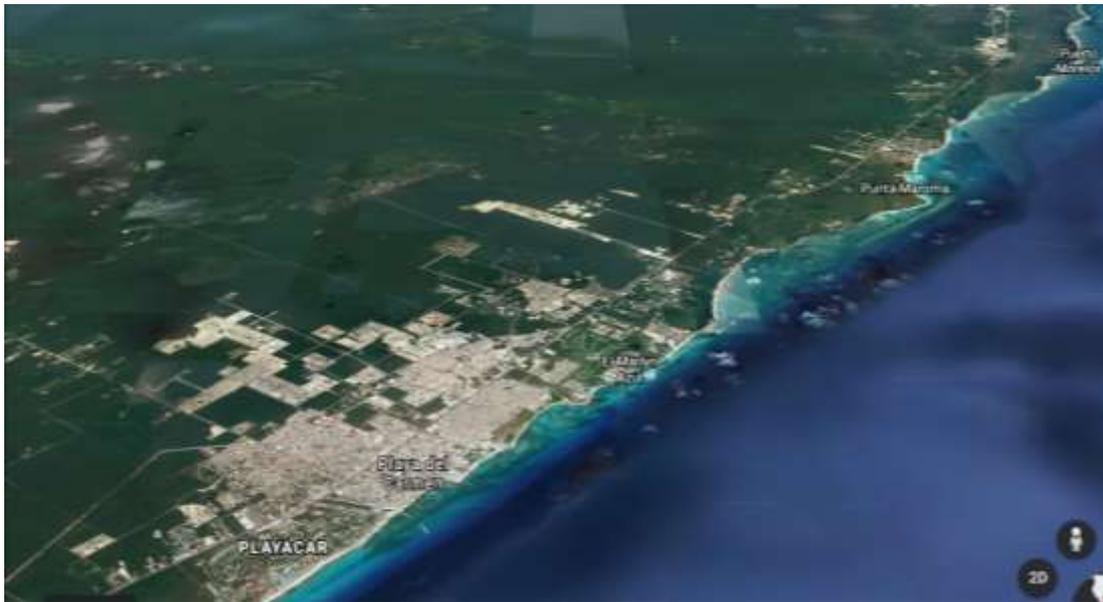


Fuente: Elaboración propia, con datos de Google Earth, 2020

Luego de casi 30 años, la Riviera Maya ha alcanzado una gran extensión y crecimiento significativo, pero trajo aparejado ciertos efectos sobre el sistema natural y principalmente en los ecosistemas marinos dada su vulnerabilidad.

La gran desventaja natural que hace vulnerable a las playas es su estrecha plataforma continental, motivo por el que los sedimentos no son retenidos por demasiado tiempo en la costa (Aldana-Guido et. al., 2009).

Figura 3.34: Desarrollo turístico y erosión costera de la Riviera Maya - 2015



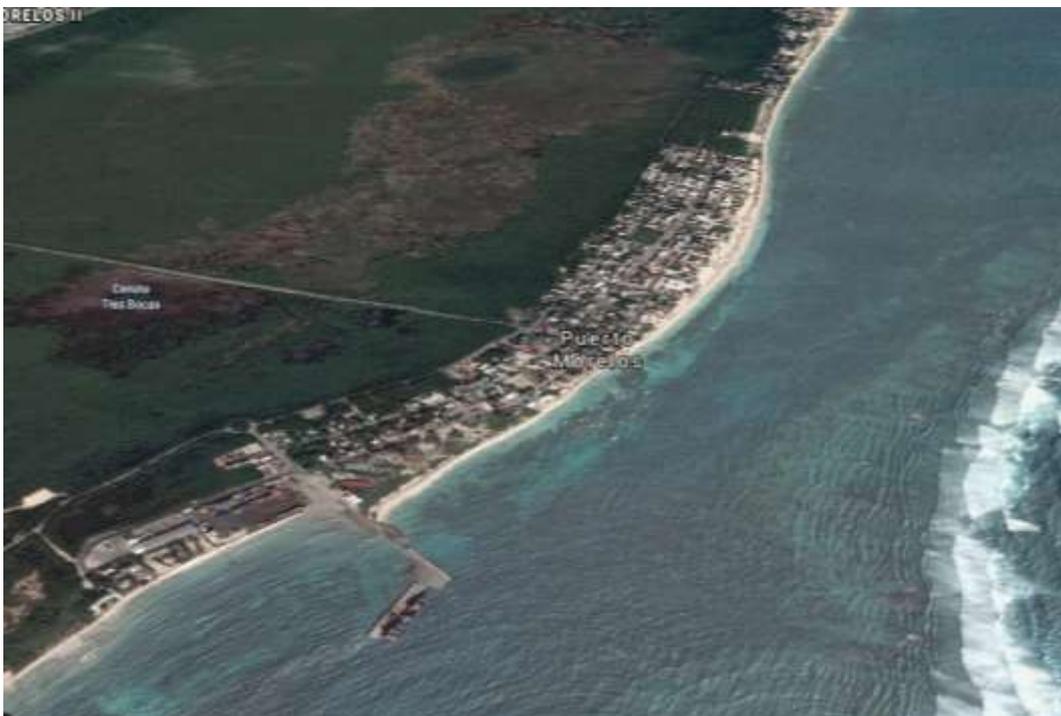
Fuente: Elaboración propia, con datos de Google Earth, 2020

Un estudio realizado por ANIDE en 2014, el cual toma de referencia tres puntos turísticos de la Riviera Maya: Puerto Morelos, Playa del Carmen y Akumal, analizó los cambios de la línea costera a través de imágenes satelitales en el periodo 2004-2012, teniendo en cuenta que el

sedimento (arena) está en constante movimiento y su posición fluctúa. Esto da lugar a dos procesos sedimentarios en las playas: depósito o acreción y erosión costera o pérdida de playa.

Luego de finalizar dicho estudio, se determinó que al norte de la Riviera Maya, en Puerto Morelos, se presentan procesos de erosión-acreción, donde existen zonas críticas con pérdidas de hasta 4,9 m/año y en las que el transporte litoral ha sido interrumpido por un muelle (ANIDE, 2014). En la Figura 3.35, se puede distinguir de manera clara, cómo ha disminuido la extensión de la playa sobre la izquierda del muelle antes mencionado.

Figura 3.35: Erosión costera en Puerto Morelos (2015)



Fuente: Elaboración propia, con datos de Google Earth, 2020

Por su parte, al sur de Playa del Carmen se localizan playas rocosas y al norte, las más desarrolladas; por lo tanto la línea de la costa es más estable al sur, donde se ha registrado la mayor erosión. Como consecuencia de ello se define a la zona como un área vulnerable porque es parte de una transición natural (Aldana-Guido et. al., 2009).

Cabe destacar que como consecuencia del turismo se han perdido o se han visto alterados los rasgos naturales de las playas y a su vez esta área estaría perdiendo más sedimentos de los

que recibe, por lo tanto la recuperación natural de la playa no se producirá (Aldana-Guido et. al., 2009).

Playa del Carmen presenta procesos de erosión-acreción y se registraron puntos críticos de erosión con pérdidas de hasta 10,8 m/año, como es el caso de la playa frente a The Reef Coco Hotel, donde el transporte litoral ha sido interrumpido por el cambio en la línea de costa, en una pequeña punta que modifica el transporte litoral causando erosión (ANIDE, 2014 ) (Figura 3.36).

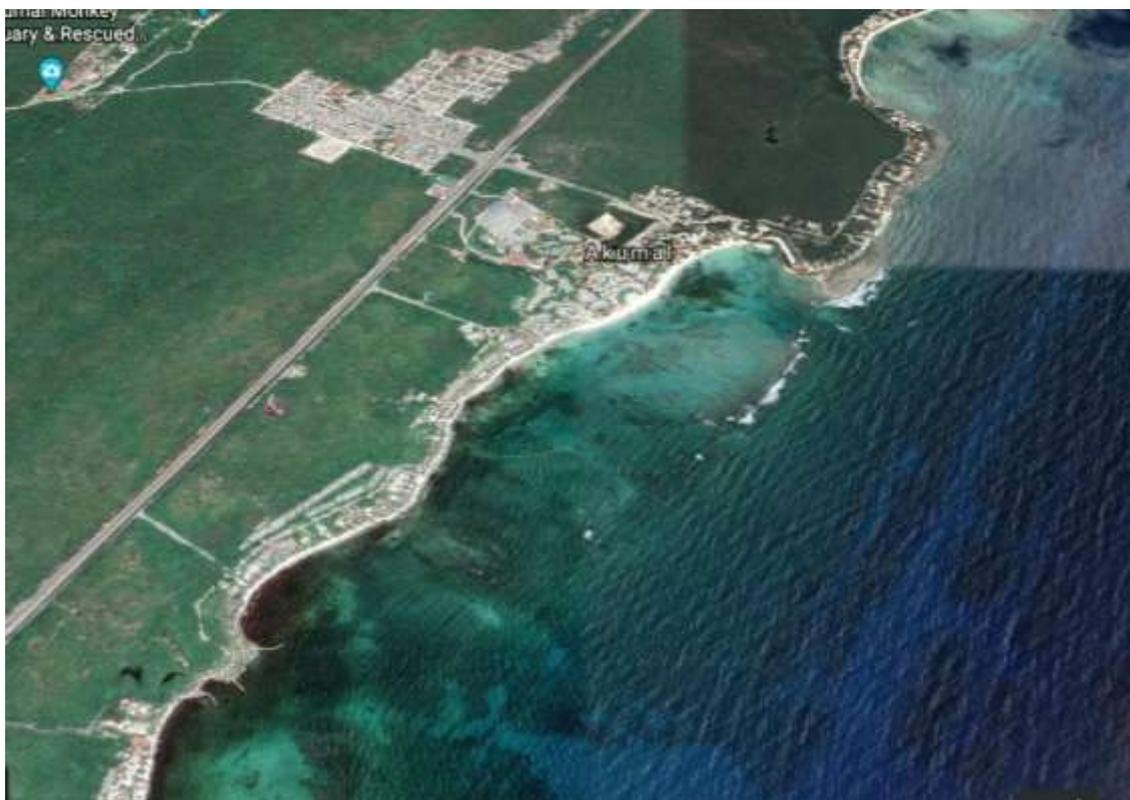
Figura 3.36: Erosión costera en Playa del Carmen (2015)



Fuente: Elaboración propia, con datos de Google Earth, 2020

Finalmente, Akumal presenta procesos de erosión-acreción ya que se registraron puntos críticos con pérdidas de hasta 11,4 m/año, como es el caso de la playa frente al Centro Ecológico de Akumal, donde el transporte litoral ha sido interrumpido por la propia forma de la línea de costa, y el arrecife que forma un canal relativamente profundo por donde el oleaje llega y erosiona en este punto (ANIDE, 2014) (Figura 3.37).

Figura 3.37: Erosión costera en Akumal (2015)



Fuente: Elaboración propia, con datos de Google Earth, 2020

Analizando de manera breve la información desarrollada anteriormente, con respecto al desplazamiento, se estableció un promedio de 9,77 m y una tasa de erosión de 1,22 m/año, posicionando a Playa del Carmen como el destino turístico más afectado (Figura 3.38).

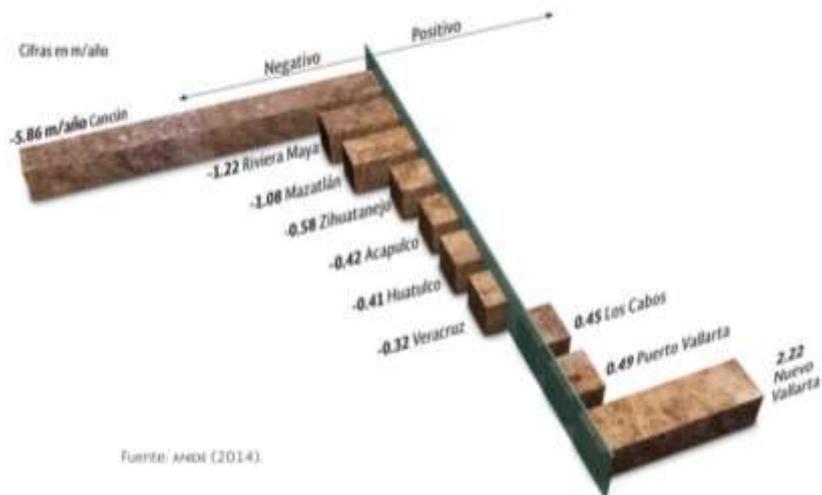
Figura 3.38: Tasa de erosión/acreción promedio anual del destino turístico de la Riviera Maya (2004-2012)

Destino Turístico	Año inicial	Año final	Intervalo (años)	Desplazamiento total promedio (m)	Tasa de erosión-acreción (m/año)
Puerto Morelos	2004	2012	8	-2.30	-0.29
Playa del Carmen	2004	2012	8	-13.56	-1.70
Akumal	2004	2012	8	-13.45	-1.68
PROMEDIO				-9.77	-1.22

Fuente: ANIDE, 2014

Analizando de manera generalizada la erosión costera de la Riviera Maya, en la Figura 3.39 se puede apreciar que es el segundo destino con mayor erosión costera en comparación con algunos destinos turísticos del territorio mexicano. El primer lugar se le acredita a Cancún, el cual no conforma la Riviera Maya, pero se encuentra próximo a la misma.

Figura 3.39: Grado de erosión costera y acreción en destinos turísticos mexicanos



Fuente: ANIDE, 2014, citado por SECTUR 2014

Otro fenómeno muy vinculado a la erosión costera es la proliferación del sargazo. El sargazo es un alga propia del Océano Atlántico, que puede hallarse en la costa nor-ecuatorial y la costa este de África. La misma aporta valor al ecosistema ya que soporta redes alimentarias de los océanos, al tiempo que proporciona refugio y forraje para tortugas juveniles, especies jóvenes de peces comercialmente importantes y aves costeras debido a los insectos que atrae. Además, evita la erosión de las playas y fertiliza las plantas en la duna costera, por lo que su presencia forma parte importante del ecosistema (ONU, 2015).

Esta alga llega a las costas a través de las corrientes marinas de las Antillas y dentro del Golfo de México, aunque también es transportada por las corrientes que vienen de América del Sur (ONU, 2015).

Sobre todo a partir del año 2015, en las playas de la Riviera Maya se ha registrado una cantidad excesiva de sargazo y la situación fue desmejorando año a año.

Por el momento se desconoce el origen científico sobre el fenómeno y la información es aún muy escasa. Sin embargo, según investigadores de la Universidad de Galveston, esto se debe a un cambio en las corrientes marinas como consecuencia del aumento de la temperatura, que afectó la distribución de la especie (ONU, 2015).

Otra hipótesis planteada por Brian Lapointe, experto en sargazo por la Universidad Florida Atlantic, sostiene que este fenómeno sucedió como consecuencia de arrojar los nutrientes contaminantes generados por la actividad humana y la agricultura industrial a través del río Misisipi, provocando un exceso de nutrientes en el mar, los cuales serían aprovechados por esta alga (ONU, 2015).

Este fenómeno ha sido un gran aspecto negativo para el turismo, porque el sargazo invadió significativamente las playas de un color café oscuro, emitiendo un olor ácido debido a su descomposición, provocando la cancelación de cientos de vuelos nacionales e internacionales y reservas en los hoteles, acarreando una gran pérdida económica y de empleos fijos y temporales en la región, además del costo de limpieza y reacondicionamiento de las playas (Aguirre-Muñoz, 2019).

Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente del estado de Quintana Roo (SEMA) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), dicho estado se vio afectado en 74,6 kilómetros de playa (10% del total de las mismas). En la Figura 3.40 queda expresado el sargazo removido en cada municipio de Quintana Roo en 2015 (Solidaridad y Tulum son los que se corresponden con el área bajo estudio, cómo se indicó en de forma previa en este Capítulo).

En Solidaridad fueron limpiados 11 Km de playas en 6 días y en Tulum, 12,5 Km. en 7 días.

Figura 3.40: Volumen de sargazo removido en las playas de Quintana Roo (agosto de 2015)

Municipio	Playa limpiada (km)	Días de limpieza	Empleados	Sargazo removido	
				Total (m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /km día (Promedio e intervalo)
Benito Juárez	36.4	12	2800	19382	208.6 (14-333)
Solidaridad	11.0	6	269	6503	184.2 (27-523)
Cozumel	11.2	2	440	1484	132.3 (130-135)
Tulum	12.5	7	670	37859	261.7 (222-312)
Othón P. Blanco	3.5	3	225	6125	1456.7 (582-3200)
Total	74.6		4404	71353	318.9 (14-3200)

Fuente: SEMA, 2015 citado en Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016

Cabe destacar que en más de 90% de las playas de Quintana Roo el sargazo no se removió. Para hacerlo, se priorizaron las playas destinadas al turismo, principalmente a aquellas que están certificadas con “Bandera Azul”<sup>37</sup> por la Fundación para la Educación Ambiental (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

En principio, los hoteles, restaurantes, vecinos y autoridades locales removieron el sargazo de la playa por sus propios medios de manera manual. En Playa del Carmen se utilizaban algas para generar dunas artificiales enterrando las mismas pero luego, ya no había espacio disponible para enterrarlas y las masas algales fueron depositadas en la selva, el manglar, basureros y camellones<sup>38</sup> (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

Cuando su volumen en la costa aumentó se comenzó a utilizar maquinaria, que solo sirvió para compactar la arena, ya que como consecuencia provocó la destrucción de nidos y crías de

<sup>37</sup> El certificado Bandera Azul es un distintivo internacional en el cual los postulantes deben cumplir y mantener durante la temporada vigente una serie de estrictos criterios ambientales, de seguridad y servicios, educación ambiental y calidad del agua (Blue Flag México, 2020).

<sup>38</sup> Espacio que se encuentra en una autopista o autovía para separar los sentidos de circulación. Este espacio puede estar en forma de zanja o pared baja.

tortugas marinas además de la erosión costera, ya que cerca de 60% del volumen removido por las máquinas era arena (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

Otro impacto muy importante, que podría ser más relevante que el económico, es el efecto del sargazo sobre los ecosistemas costeros actuales, principalmente en el Sistema Arrecifal Mesoamericano, los pastos marinos, los manglares y en general los humedales (Aguirre-Muñoz, 2019).

La descomposición de la gran acumulación de las algas fue tan significativa que provocó que el agua de la orilla modificara su color convirtiéndose en café. También en algunas zonas de la Riviera Maya se encontraron animales muertos entremezclados con el sargazo en descomposición, incluyendo peces, tortugas, pepinos de mar, poliquetos y langostas, los cuales se considera que murieron por anoxia<sup>39</sup> (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

Con respecto a los ecosistemas marinos, debajo del agua color café, se registró mortandad de pastos marinos. Esto posiblemente sucedió como consecuencia de la reducción de luz, a la acumulación de materia orgánica y al crecimiento prolífico de epífitas. En algunas playas, durante las tormentas el sargazo en descomposición fue regresado al mar, aumentando la coloración café del agua por decenas de metros durante varios días (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

“La llegada masiva de sargazo también pudiera haber provocado eutrofización”<sup>40</sup> (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016, p. 360).

Se considera que en un metro cúbico de sargazo pesa 84 Kg seco y que por cada gramo de sargazo seco, hay aproximadamente 16,9 mg de nitrógeno (Hanson, 1977, citado en (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016), por lo tanto se estima que la cantidad anual de nitrógeno que ingresó al mar por kilómetro de costa fue entre 9,3 y 27,8 x 10<sup>3</sup> Kg aproximadamente (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016).

Las oleadas de sargazo comenzaron a mediados del 2015 y en el 2016 solo se reportaron algunos arribos de algas en algunas playas de Cancún y Playa del Carmen. Las playas que no fueron limpiadas ni de manera manual o con maquinaria, se limpiaron por la acción del viento y

---

<sup>39</sup> Ausencia casi total de oxígeno.

<sup>40</sup> Crecimiento desmedido de algas debido al aumento de nutrientes inorgánicos en el agua, generado por causas naturales o artificiales (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, 2020).

el oleaje, principalmente durante tormentas (Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek & Jordán-Dahlgren, 2016)

Figura 3.41: Evolución del sargazo en la Riviera Maya



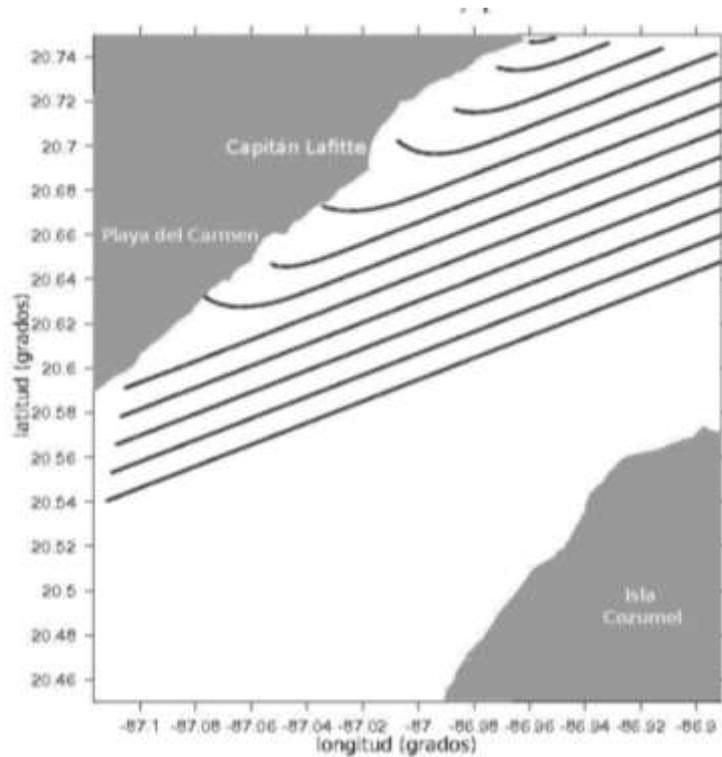
Fuente: Rodríguez-Martínez, Van Tussenbroek. & Jordán-Dahlgren, 2016

Finalmente, con respecto a la refracción del oleaje, considerando el estudio de ANIDE (2014), la refracción del oleaje representa una amenaza que se intensifica con el cambio climático inducido, ya que, dependiendo de la ubicación de la playa la refracción puede ocasionar mayor erosión costera. Cabe destacar que este fenómeno repercute en la estabilidad de la infraestructura costera y en la seguridad de la zona hotelera, habitacional y de comercio, abasto y servicios (SECTUR, 2014).

Se ha analizado que en la Riviera Maya los oleajes con procedencia del noreste se aproximan de manera paralela a la costa a través del canal norte de Cozumel con períodos de 4, 5, 6, 8 y 12 segundos. Frecuentemente se aproximan por esta dirección las olas generadas por los nortes

o por huracanes, sin embargo entran con un ángulo aproximado de 45°, lo cual es el principal motivo por el cual se genera el máximo transporte litoral (Pedrozo, 2011, citado por ANIDE, 2014) (Figura 3.42).

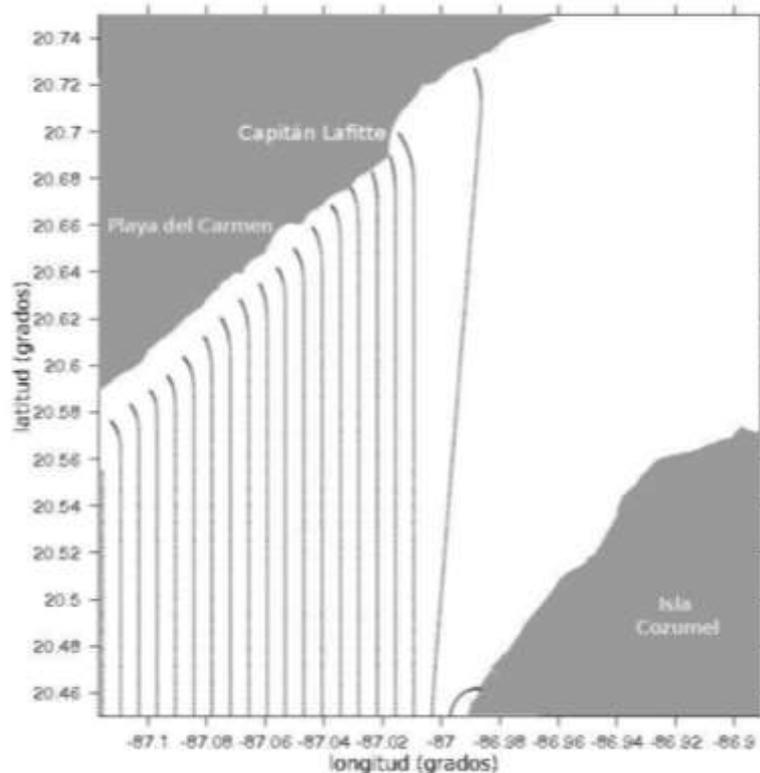
Figura 3.42: Comportamiento del oleaje en la Riviera Maya proveniente del noreste



Fuente: ANIDE, 2014

Los oleajes provenientes del sur también son categorizados de baja frecuencia al igual que el oleaje del noreste. Los mismos se aproximan a la Riviera Maya con poca energía, por lo tanto no son de altura considerable y no representan un riesgo para la estabilidad de la playa y la infraestructura turística (Figura 3.43).

Figura 3.43: Comportamiento del oleaje en la Riviera Maya proveniente del sur



Fuente: ANIDE, 2014

Cabe destacar que en algunos destinos turísticos, las zonas hoteleras se encuentran resguardadas del oleaje por la geografía del lugar, ya que cuentan con la presencia de puntas, islas y bahías, etc. (SECTUR, 2014).

Tanto la erosión costera como el fenómeno del sargazo y la refracción del oleaje, están estrechamente vinculados con el aumento del nivel del mar, lo que conlleva a un impacto en el sistema ocasionando la pérdida de objetos arqueológicos, cambios en la flora y fauna del lugar, desequilibrio ecológico, cambios en la paisaje, lo que correspondería a un impacto indirecto en la actividad turística (Gladin & Simpson, 2008 & Ivanova, 2012, citado por SECTUR, 2014).

### 3.4.7 Blanqueamiento de corales

Los arrecifes de coral son ecosistemas marinos los cuales albergan una gran variedad y diversidad de especies biológicas y son muy importantes para el ambiente ya que representan solo el 0,2% del total de los océanos pero en ellos se encuentran un tercio de las especies marinas conocidas (Alva, 2015).

Estos ecosistemas marinos cumplen un papel fundamental ya que brindan muchos beneficios al sistema ambiental dada su capacidad de construir un hábitat mediante la acumulación de carbonato de calcio, es decir, que estos al crecer producen un seno de roca caliza que es proporcionado al entorno físico y a todas las especies que habitan en él. Algunos de los beneficios que otorgan son: protegen las costas y reducen la fuerza y los efectos de las tormentas, los huracanes y la erosión costera, generan recursos pesqueros, sirven como grandes redes alimentarias para otros organismos superiores y hacen que la arena de las playas se mantenga blanca (Alva, 2015).

Actualmente se pueden encontrar tres tipos de arrecifes. Uno de ellos es el arrecife de coral, la cual su estructura está conformada por pólipos de coral. Según su ubicación pueden categorizarse como arrecifes costeros, de barrera, de plataforma y atolones. A su vez, los otros dos tipos de arrecifes hacen referencia a los arrecifes rocosos, los cuales están conformados por bloques de rocas que emergen del suelo marino, y luego se encuentran los artificiales, los cuales son generados a través de planes de preservación y mantenimiento para disminuir los daños del hombre (Tierras Mayas, 2020).

El territorio mexicano cuenta con tres áreas de arrecifes coralinos, que corresponden a la costa del Pacífico e incluye a estados costeros como Islas María y Revillagigedo; las costas del Golfo de México de Veracruz y Campeche y la costa este de la Península de Yucatán. En su totalidad, representan el 0,63% del área total de los arrecifes coralinos y se expanden a través de 1780 kilómetros cuadrados (Spalding et. al., 2001, citado en Alcolado, 2010).

Una de las principales amenazas que actualmente enfrentan los arrecifes de coral a escala planetaria es el efecto negativo que tiene el cambio climático inducido en la estabilidad de la simbiosis en corales, lo cual se traduce como “blanqueamiento de corales”. Este fenómeno se manifiesta a través de la pérdida de su coloración, es decir, que se rompe la relación simbiótica entre los corales y los dinoflagelados<sup>41</sup> (Iglesias-Prieto, 2007).

Según el NOAA (2016), los corales pueden encontrarse en tres condiciones: saludables, cuando trabajan en simbiosis el coral con el alga; estresados, cuando el alga abandona al coral; y blanqueados, se encuentra en esta situación límite y vulnerable como consecuencia del abandono del alga.

---

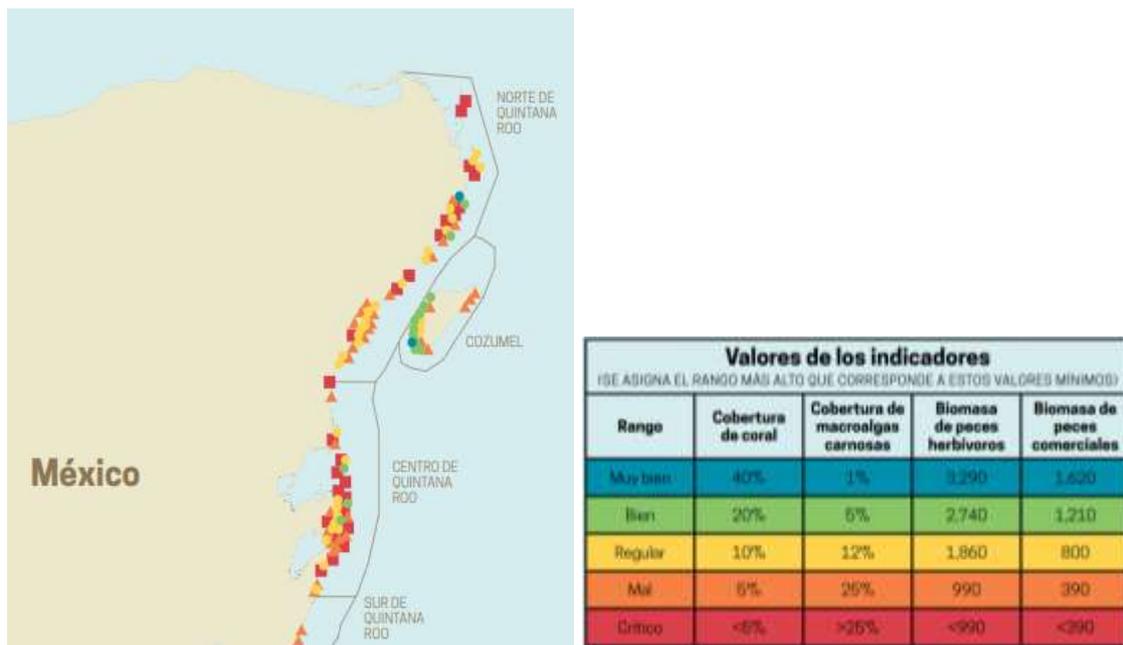
<sup>41</sup> Animales microscópicos, en su mayoría unicelulares y caracterizados como protistas. Su tamaño varía entre 50 y 500  $\mu\text{m}$ , por lo que se les ubica dentro del microplancton (EcuRed, 2020).

Las principales causas que provocan el blanqueamiento de los corales son el aumento de la temperatura del océano, escorrentías y contaminación vinculadas a las tormentas y huracanes y al exceso de nutrientes en el agua, sobre exposición a la luz solar, y las mareas bajas extremas. La mayoría vinculadas al cambio climático, ya que a medida que el mismo se acentúa, se intensifican dichos fenómenos (NOAA, 2016).

Teniendo en cuenta el caso de análisis, se examinará la evaluación de salud del arrecife Mesoamericano (2018), el cual forma parte de las costas de la Riviera Maya.

Según el reporte publicado en 2018 por la Organización Healthy Reefs se puede apreciar - considerando los valores de referencia- que solo el 1% del arrecife Mesoamericano correspondiente a México se encuentra en muy buen estado (en color azul), el 11% se encuentra bien (en color verde), el 18% de manera regular (en color amarillo), el 38% se encuentra mal (en color naranja), y el 22% está en estado crítico (en color rojo) (Figura 3.44).

Figura 3.44: Salud del arrecife Mesoamericano correspondiente a México (2016)



Fuente: Healthy Reefs Organization, 2018

Analizando detalladamente la subregión de Quintana Roo, en términos generales la parte del arrecife correspondiente al estado se encuentra en mal estado y la Riviera Maya es una de las áreas afectadas, ya que su Índice de Salud Arrecifal es de 2,5%, lo que significa una cobertura de corales vivos del 17% y una cobertura de macroalgas carnosas del 22%. Con respecto a los

peces comerciales, el arrecife en dicha área cuenta con 665 g por 100 m, y con 2.521 g por 100 m.

Figura 3.45: Análisis subregional de la salud arrecifal en la Riviera Maya



Fuente: Healthy Reefs Organization, 2018

El mayor daño se registró en aquellos arrecifes que se encuentran cerca a la costa, esto se debe al impacto de los huracanes (Emily y Wilma en 2006; Dean en 2007), encontrándose particularmente las crestas de arrecifes muy deterioradas, y en menor grado por causas antropogénicas. A su vez, el fenómeno El Niño también indirectamente afecta a estos fenómenos (Pérez de la Fuente & Alcolado, 2009). La recuperación tras estos impactos depende de procesos físicos y biológicos muy complejos (Alcolado, 2010).

Un estudio realizado por el Instituto Mexicano para la Competitividad (2013) afirma que los destinos turísticos del territorio mexicano han perdido competitividad ante la oferta mundial. Entre una de las causas pertinentes -las cuales se desarrollarán en el apartado 3.6- se encuentra el blanqueamiento de los arrecifes de coral.

“La construcción de grandes complejos hoteleros a lo largo de su litoral ha causado la sobresaturación del suelo, la erosión de las playas y el deterioro de los sistemas arrecifales” (Vargas et. al., 2011, p. 185). También la pérdida de calidad en el agua marina se atribuye directamente al rápido desarrollo y crecimiento costero y la alta demanda de recursos que genera la industria turística en el Caribe mexicano (Alva, 2015).

Con el desarrollo del turismo y el cambio climático inducido en la Riviera Maya se esperan mayores daños adicionales a los que ya son producidos por la mayor frecuencia e intensidad de huracanes y la continuación del aumento de la temperatura y de la acidificación del mar a causa

del cambio climático. La sinergia de las actividades humanas con los cambios climáticos es ya una amenaza real (Pérez de la Fuente & Alcolado, 2009).

#### 3.4.8 Acidificación del océano

Como se mencionó anteriormente en el apartado 2.3.4, la acidificación del océano es una problemática global, por lo tanto, no es un fenómeno que alcance solamente a la Riviera Maya.

“Más del 90% del exceso de energía que se acumula en el sistema climático como resultado del aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero son absorbidos por el océano” (OMM, 2019, p. 6), lo cual representa un aumento del 30% en la acidez.

En la Riviera Maya, es un efecto que induce -entre otras causas- la pérdida de los arrecifes de coral y otros animales del mundo acuático. Este proceso disminuye significativamente la capacidad de los corales y otros calcificadores de producir sus esqueletos, reduciendo la tasa de crecimiento y la habilidad que estos ecosistemas tienen de mantener un balance positivo entre la construcción y la erosión (Healthy Reef Organization, 2012).

A su vez, la reducción de los valores de pH en el agua de mar provoca la mortalidad en los ecosistemas marinos mediante la generación de altos niveles de ácido carbónico en los mismos, un proceso conocido como acidosis (Alva, 2015).

Los cambios en las condiciones ambientales comienzan a exceder la tolerancia de estos ecosistemas, lo cual genera vulnerabilidad en las zonas costeras, efectos perjudiciales sobre las pesquerías costeras y sobre los usos sociales y económicos de los recursos arrecifales (Alva, 2015).

Por ejemplo, las langostas y los camarones, los cuales son especies importantes para la economía del Caribe, están padeciendo un nuevo proceso: su tamaño es cada vez más pequeño, y su presencia se reduce (ONU, 2013).

En la Figura 3.46 se puede observar la saturación de aragonito<sup>42</sup> de 1989 y 2012, lo cual es una consecuencia de la acidificación oceánica y de la absorción de CO<sub>2</sub>. En el año de 1989 los valores de CO<sub>2</sub> eran muy bajos, solamente se registraban rasgos de acidificación oceánica en las costas de Estados Unidos y en gran parte del Caribe las condiciones eran óptimas para el

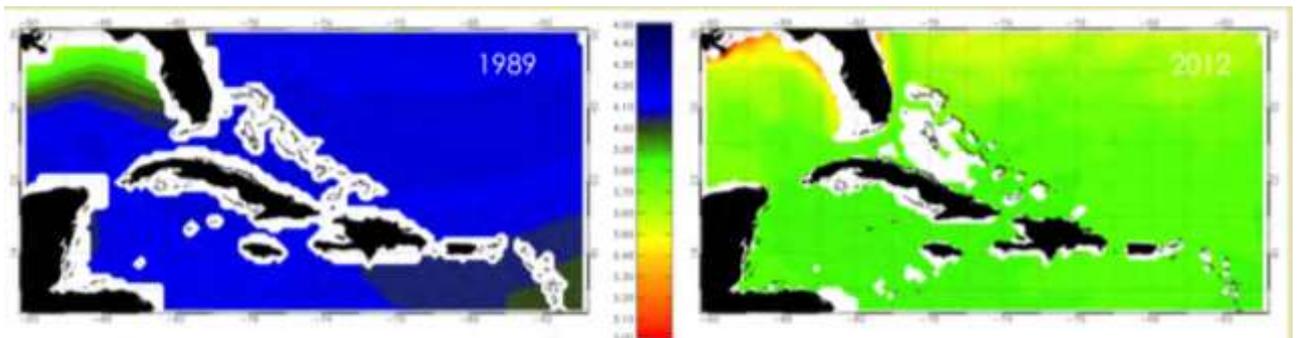
---

<sup>42</sup> “Una de las formas naturales del carbonato cálcico [...] Posee brillo nacarado y cuando es puro es incoloro” (RAE, 2020).

crecimiento y el desarrollo de arrecifes. En la Riviera Maya, en el año 1989 no se registraba saturación de aragonito (Healthy Reef Organization, 2012).

En 2012, luego de varios años y emisiones naturales y antropogénicas, las condiciones difieren demasiado en comparación del 1989, ya que la absorción de CO<sub>2</sub> fue mayor, por lo tanto la acidificación oceánica es más alta, y las condiciones para los arrecifes es marginal (Healthy Reef Organization, 2012).

Figura 3.46: Saturación de aragonito en el Mar Caribe (1989-2012)



Fuente: Healthy Reef Organization, 2012

#### 3.4.9 Pérdida de biodiversidad

Entre las principales causas de la pérdida de biodiversidad ocasionada por las actividades antropógenas se encuentran la transformación, degradación y fragmentación de los ecosistemas naturales derivadas de la expansión de la agricultura y la ganadería, la urbanización, la construcción de infraestructura y la apertura de minas y canteras. A su vez, debe incluirse la sobreexplotación de las poblaciones silvestres de muchas especies a través de la pesca, caza y recolección para autoconsumo, y las actividades ilegales, la introducción de especies exóticas y el cambio climático inducido (SEMARNAT, 2018).

A medida en que se presentan mayores efectos por el último fenómeno mencionado, el agua, los suelos y la biodiversidad se deterioran aún más. Un ambiente natural dañado cuenta con menos capacidad de mantener ecosistemas vulnerables y se reducen los servicios ambientales asociados. También “la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales [...] puede provocar alteraciones en la distribución y abundancia de especies” (Delgado et. al., 2013, p. 144).

En México, tan sólo en los últimos 30 años se han perdido 50 especies de animales y 40% de ellas se encuentra en peligro de extinción. En la actualidad, 10% de las aves, 25% de los

mamíferos y 30% de los anfibios se encuentran en peligro de extinción, los mismos fueron mencionados en el apartado 3.2.4 (World Wildlife Fund, WWF, 2010).

A su vez, la falta de agua, las inundaciones y pérdida de fertilidad del suelo por malas prácticas agropecuarias han generado procesos de desertificación<sup>43</sup> (Safriel & Adeel, 2006), lo que ha llevado al deterioro de la biodiversidad (CONABIO, 1998, 2010) (Delgado et. al., 2013).

En la Riviera Maya, una de las especies más vulnerables son los manglares y los arrecifes de coral. En los apartados 3.4.7 y 3.4.8 se hizo referencia a las causas que llevan a cabo el blanqueamiento de los segundos. Cabe destacar que se ha visto un incremento lento y constante en la cobertura de coral desde el año 2005 pero el tiempo de recuperación es tan extenso que no ha alcanzado a cubrir los valores de años anteriores (Healthy Reef Organization, 2018).

La tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) es una de las especies que se encuentra en peligro de extinción dado el blanqueamiento de los corales. Su población total mundial ha disminuido hasta un 80% y en México se alberga principalmente en el Golfo de México en playas continentales e insulares de los estados de Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, CEDRSSA, 2020).

Por su parte, la tortuga verde (*Chelonia mydas*) también se encuentra en peligro de extinción por la pesca y la erosión costera ya que anidan y entierran sus huevos en varias playas que se pierden (CEDRSSA, 2020).

La biomasa de peces comerciales ha registrado fluctuaciones, y ha disminuido un 23% en el arrecife Mesoamericano. Los peces grandes enfrentan mayores riesgos como por ejemplo el pargo de aleta amarilla (*Lutjanus argentiventris*), cubera (*Lutjanus cyanopterus*), el mero Graysby (*Cephalopholis cruentatus*) el mero negro (*Microperca bonacci*) (Healthy Reef Organization, 2018). México por su parte mostró un aumento, especialmente en pargos y como se mencionó en el apartado anterior, las langostas y los camarones también padecen un nuevo proceso, ya que su tamaño cada vez es menor y su presencia se reduce (ONU, 2013).

Por su parte, “las macroalgas carnosas<sup>44</sup> continúan siendo un problema con un acelerado crecimiento en los últimos dos años” (Healthy Reef Organization, 2018, p. 4). Las mismas han duplicado su extensión en toda la región, con incrementos significativos en los 4 países que

---

<sup>43</sup> “Degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre” (Organización Green Facts, 2020).

<sup>44</sup> Hace referencia al sargazo (ver apartado 3.4.6).

conforman el Arrecife Mesoamericano. Dado su rápido crecimiento, pueden cubrir rápidamente un arrecife coralino (Healthy Reef Organization, 2018).

Con respecto a los manglares, cada año a nivel mundial están desapareciendo entre un 1-2% de los mismos, debido principalmente a la urbanización, la construcción de carreteras, la contaminación, el turismo y la acuicultura (Hirales-Cota et. al., 2010, citado por Ruíz-Ramírez et. al., 2018). “México ocupa el quinto lugar con mayor extensión de manglares a nivel mundial, lo que representa un 5% de cobertura total mundial” (CONABIO, 2017; García-López, 2018; Valderrama-Landeros et. al., 2017, citado por Ruíz-Ramírez et. al., 2018, p. 29).

A pesar de que éstos se encuentran protegidos bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, en México se estima una pérdida del 65% en manglares (Olivera, 2008). Si bien la pérdida de manglares no está directamente relacionada con el cambio climático inducido, su disminución está vinculada al modelo de desarrollo turístico que resulta contradictorio, ya que es la misma infraestructura la que afecta a estos ecosistemas, y la que será vulnerable ante las amenazas naturales (Palafox & Gutiérrez, 2013).

El crecimiento turístico ha ocasionado y ocasiona beneficios económicos, y al ser uno de los principales sectores, ha provocado un aumento de población considerable a la zona y un desarrollo de infraestructura mayor para el turismo, por ende esto ha generado un desarrollo socioeconómico desigual de la zona, y también se vio presionado y afectado el ambiente natural por el mal uso de suelo, invadiendo predios y ejidos selváticos.

#### 3.4.10 Aumento del consumo energético y de agua potable

El crecimiento del sector turístico ha sido inaugurado como una de las industrias más consumidoras de electroenergía y de agua en el país. Con las tecnologías actuales y la alta demanda, es una industria que consume agua dulce<sup>45</sup> a nivel local, regional y mundial y altos niveles de energía (Santacruz de León & Santacruz de León, 2020)

Los turistas utilizan el agua para aseo personal, pero también se requiere dicho recurso y la energía para las instalaciones hoteleras como por ejemplo regar jardines o campos de golf, llenado de piscinas, lavado de blancos, aire acondicionado e iluminación. A mayor consumo energético, las emisiones de GEIs que emite el sector turismo aumentarán.

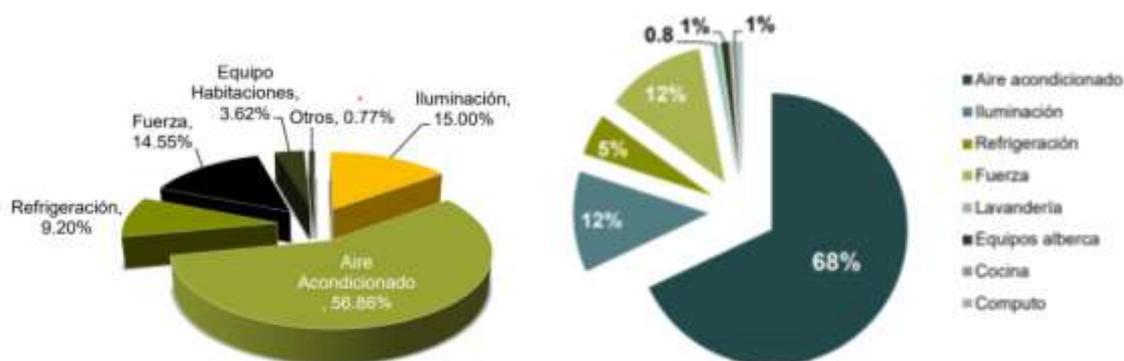
---

<sup>45</sup> Actualmente el 75% del planeta es agua. Si a ese 75% lo extrapolamos al 100%, el 97% del agua es salada y del 3% que es dulce, solamente el 0,02 a 0,06% está accesible (La Energía del Cambio, 2015).

El consumo eléctrico en el sector hotelero, se puede calcular en función de la región climática, de la categoría del hotel, de sus metros cuadrados, de la tarifa eléctrica o la cantidad de habitaciones.

Según el estudio realizado por el Centro Mario Molina “Hacia una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética para las Edificaciones de Hoteles y Restaurantes” (2015), en la Figura 3.47 se puede apreciar el consumo de energía del año 2013 en hoteles 5 y 4 estrellas (izquierda) y hoteles pequeños y medianos (derecha) en México.

Figura 3.47: Consumo energético en hoteles de México (2013)



Fuente: Centro Mario Molina, 2015

La mayor demanda de energía eléctrica en un hotel se encuentran principalmente en la iluminación y aire acondicionado; en donde el porcentaje de consumo en conjunto llega a ser incluso mayor al 75% del total del consumo en algunos casos (Mundo Hvacr, 2009).

Según el estudio antes mencionado, el consumo eléctrico por habitación por noche, considerando la energía eléctrica y térmica es la siguiente (Figura 3.48):

Figura 3.48: Consumo energético por habitación por noche en hoteles de México (2013)

	Promedio 4 y 5 (kWh/hab-noche)	Promedio 3 y menos (kWh/hab-noche)
Promedio eléctrico	45	25
Promedio térmico	36.82	20.45

Fuente: Centro Mario Molina, 2015

Dicho estudio determinó cuál fue el consumo energético y de combustibles en todos los alojamientos de México y la cantidad de emisiones de GEIs totales ocasionadas, cuyos valores quedan expresados en la Figura 3.49.

Figura 3.49: Consumo de energía y emisiones totales en hoteles de México (2013-2014)

Año	Consumo electricidad en hoteles	Consumo de combustibles en hoteles	Consumo total energía en hoteles	Emisiones totales de hoteles
Unidad	TWh	TWh	TWh	MtCO <sub>2</sub>
2013	4.8	3.9	8.7	4.0
2014	4.9	4.0	9.0	4.1

Fuente: Centro Mario Molina, 2015

Actualmente, el sector está siendo monitorizado por altos consumos energéticos y su aporte al calentamiento global (Molina-González et. al., 2017).

Con respecto al consumo de agua, según un estudio efectuado durante el período 2000-2015, se estima que se requieren 550 litros por turista en zonas como Cancún y la Riviera Maya. Los resultados de los tres escenarios planteados del 2015 afirman que el estado de Quintana Roo demanda el 30,32 % del volumen total del agua usada por el sector turismo en México y efectúa el mayor consumo de agua en el 23% de sus establecimientos hoteleros, a pesar de que representa aproximadamente el 12% del número de cuartos de hotel (Ruiz & Amador, 2018, citado en Santacruz de León & Santacruz de León G., 2020).

En relación con el consumo total anual del sector turístico en México, se registró que en 2015 fue de 202,03 millones de metros cúbicos. Dicho consumo ha variado durante el periodo de estudio, pero se observa que la tendencia apunta a un crecimiento sostenido del uso del agua.

Los tres escenarios descritos muestran que el consumo de agua en los establecimientos hoteleros es creciente, las políticas hídricas son omisas al respecto y las políticas turísticas no contemplan líneas de acción tendientes a resolver el problema. Los establecimientos hoteleros restringen sus acciones a motivar actitudes de ahorro entre los turistas (Santacruz de León & Santacruz de León, 2020, p. 132).

Cabe destacar, que a pesar de que el INEGI reporta que la Riviera Maya cuenta con un alto abastecimiento de agua, en los últimos años se han reportado quejas y denuncias relacionadas con este servicio; esto se debe principalmente al incremento de infraestructura

turística, que requieren volúmenes significativos de agua para su funcionamiento (Meza-Villegas, 2018).

#### 3.4.11 Mayor demanda de cobertura de seguros

Como se ha analizado a lo largo del Capítulo 3, los efectos del cambio climático inducido cada vez son más significativos y más frecuentes, por lo tanto, las comunidades y los diferentes sectores deben estar cubiertos tanto económicamente como estructuralmente ante estos impactos.

Según la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) (2020) solamente el 6,7% de los hogares en México están asegurados, a pesar de que el 41% del territorio se encuentra vulnerable ante fenómenos naturales y cerca del 31% son vulnerables, ya que muchas personas viven en lugares de alto riesgo como son volcanes, fallas geológicas y costas.

En el año 2017, según la AMIS (2020) se registró un mayor crecimiento en la contratación de seguros para vivienda y daños. Algunas aseguradoras como por ejemplo AXA o BBVA registraron una alza de hasta el 200%.

Considerando los datos que ha brindado la AMIS (2020) se determinó que es habitual que luego de que se ocasionen desastres, la demanda de contratación de seguros aumente drásticamente, pero que después de 2 o 3 años, cancele la contratación, esto se debe a que se reduce el miedo a sufrir efectos por desastres, y que las comunidades mexicanas no poseen una cultura de prevención a largo plazo.

Con respecto a los hoteles:

Según el reglamento, el monto mínimo de la suma asegurada que debe contratar un hotel debe ser el que resulte de multiplicar el 25 por ciento del total del número de habitaciones instaladas por establecimiento por 790 días de salario mínimo general vigente en la Ciudad de México y la cual debe ser reinstalable para eventos subsecuentes. Es decir que un hotel que tenga 300 habitaciones tiene la obligación de contratar una póliza con una suma asegurada de 4.3 millones de pesos (El Financiero, 2016).

### **3.5 Efectos proyectados 2050 - 2080**

Los efectos proyectados globales del cambio climático inducido fueron detallados en el apartado 2.3.5. A continuación, se desarrollarán aquéllos relacionados con el área de estudio de este TFC, tomando en cuenta los fenómenos más significativos y los escenarios planteados sobre las emisiones de GEIs planteados por el IPCC (2007).

Para dichos escenarios, se tomaron períodos de 30 años a los efectos de establecer las proyecciones correspondientes, usando como referencia al año 1990. Los períodos proyectados son los siguientes: 2020s (2010-2039); 2050s (2040-2069) y 2080s (2070-2099) (ANIDE, 2014).

De este modo, el escenario A2 se caracteriza por ser el más caluroso, con altas emisiones de GEIs. También se puede observar que los índices de natalidad tienden a disminuir, al igual que el volumen de población. El desarrollo económico está orientado por regiones, en tanto que el crecimiento per cápita como los cambios tecnológicos están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios (ANIDE, 2014).

A comparación del escenario A2, el A1B se caracteriza por un futuro con un crecimiento económico de manera rápida; la población mundial alcanzará su tope más alto y luego disminuirá, produciéndose una rápida introducción de tecnologías más eficaces, logrando el equilibrio entre todas las fuentes energéticas (combustibles de origen fósil y no fósil) (ANIDE, 2014).

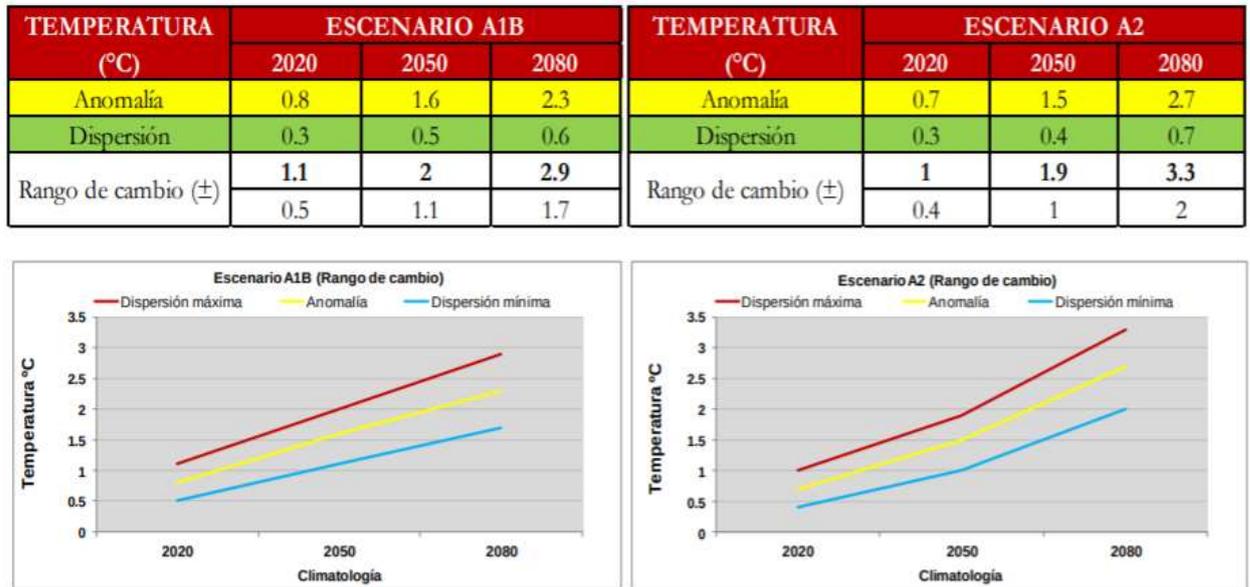
#### *Aumento de la temperatura media anual*

De acuerdo con el análisis realizado en la Riviera Maya, para las climatologías 2020, 2050 y 2080 se proyectan aumentos de la temperatura media anual de entre 0,4 y 3,3° C (ANIDE, 2014).

Tal como se puede observar en la Figura 3.50, el escenario A1B, determina la probabilidad de que la temperatura media anual aumente hasta 1,1°C para el 2020, el cual podría ser progresivo y alcanzar los 2,9°C para el 2080. A su vez, el escenario climático A2 también muestra un incremento de la temperatura media anual, pudiendo alcanzar hasta 1°C más para el 2020, y continuar aumentando hasta 3,3 °C más para el 2080 (ANIDE, 2014).

Con respecto a la probabilidad de estas proyecciones, la confianza de que estos modelos se cumplen es alta, ya que la diferencia entre uno y otro es mínima (de 0,3 a 0,6°C en el escenario A1B y de 0,3 a 0,7° C en A2) (ANIDE, 2014).

Figura 3.50: Cambio de temperatura media anual (°C) en la Riviera Maya (2020, 2050, 2080)



Fuente: ANIDE, 2014

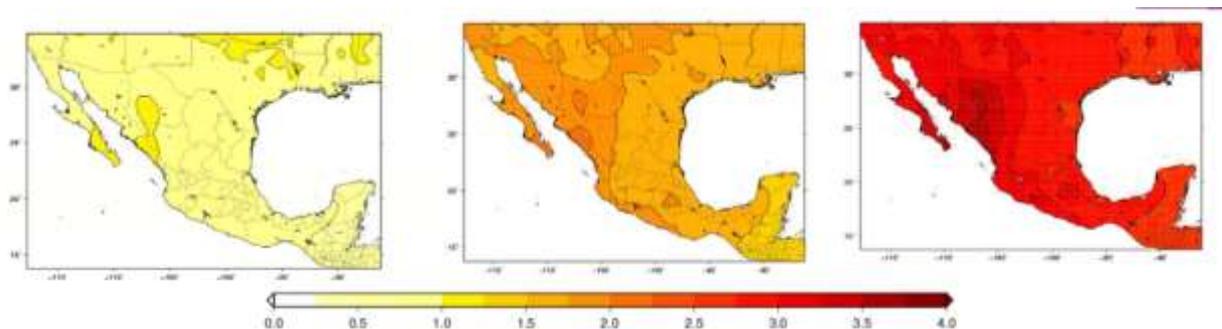
En la Figura 3.51 se puede apreciar las proyecciones correspondientes, utilizando como herramienta de regionalización Climate Predictability Tool (CPT), desarrollada por el International Institute for Climate and Society (IRI) (SEMARNAT, 2010).

Figura 3.51: Promedio de las proyecciones del aumento de la temperatura anual (%) regionalizadas en la Riviera Maya bajo los escenario A1B y A2

Escenario A1B: 2020 - 2050 - 2080



Escenario A2: 2020 - 2050 - 2080



Fuente: Bando-Murrieta, 2010

Junto con la temperatura del aire, la de los mares nacionales también será mayor en el futuro: en el Caribe, Golfo de México y Pacífico podría aumentar entre 1 y 2°C a partir de 2020. Como consecuencia, es muy probable que los huracanes aumenten en intensidad y, con ello, sus efectos sobre las poblaciones humanas y los ecosistemas cercanos a las costas (IPCC, 2013).

Las proyecciones para el año 2100 indican consistentemente que el incremento de la temperatura hará que aumente globalmente la intensidad media de los ciclones tropicales entre 2 y 11% (Bender et. al., 2010; Knutson et. al., 2010, citado por SEMARNAT, 2012).

*Cambio en los patrones de precipitaciones*

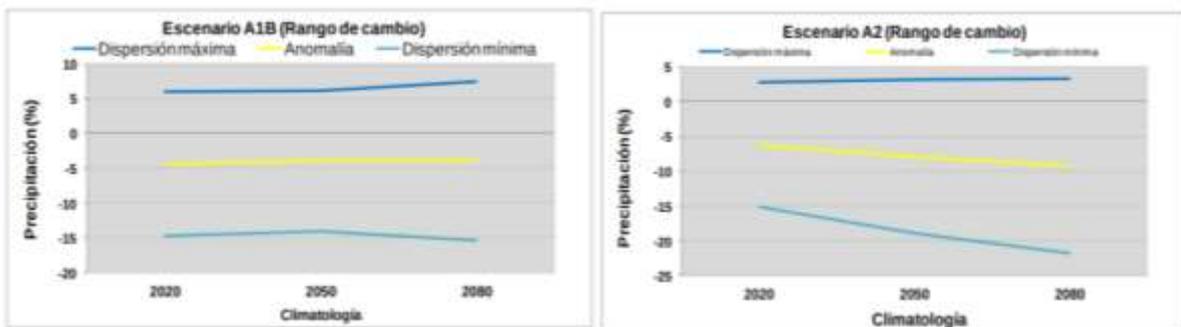
Sobre este particular, las proyecciones analizadas muestran una tendencia a la disminución de las lluvias en ambos escenarios analizados (ANIDE, 2014).

El escenario A1B mostró que es probable que la precipitación media anual disminuya hasta en un 15,4% para 2080, mientras que en el A2, esta disminución podría ser de hasta 21,9% para ese mismo período. Igualmente, es un fenómeno el cual sus proyecciones generan incertidumbre

en cuanto a la vulnerabilidad del destino, ya que el rango de cambio tiene una variabilidad muy amplia (ANIDE, 2014) (Figura 3.52).

Figura 3.52: Cambio de la precipitación media anual (%) en la Riviera Maya

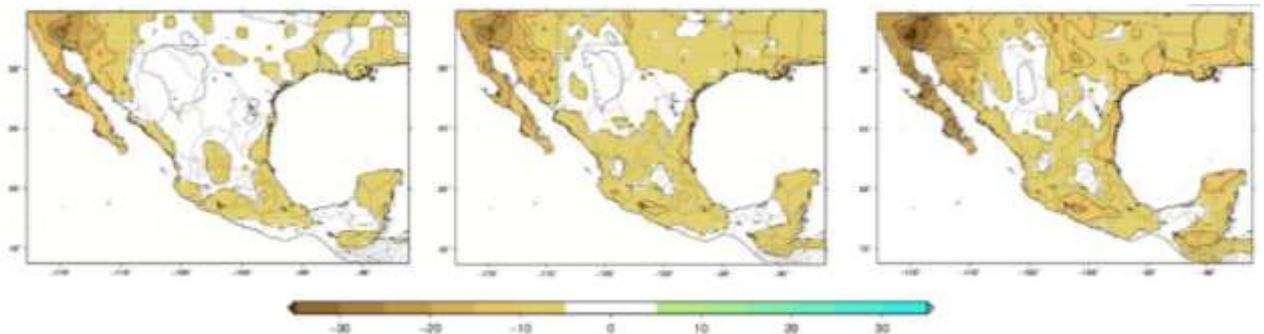
Precipitación (%)	ESCENARIO A1B			Precipitación (%)	ESCENARIO A2		
	2020	2050	2080		2020	2050	2080
Anomalia	-4.4	-3.9	-3.9	Anomalia	-6.2	-7.9	-9.2
Dispersión	10.4	10.2	11.5	Dispersión	9	11.1	12.7
Rango de cambio (±)	6	6.2	7.5	Rango de cambio (±)	2.8	3.2	3.4
	-14.7	-14.1	-15.4		-15.2	-19	-21.9



Fuente: ANIDE, 2014

En la Figura 3.53 se establecen las proyecciones correspondientes en la Riviera Maya, utilizando como herramienta de regionalización a CPT (SEMARNAT, 2010).

Figura 3.53: Promedio de las proyecciones de cambio en precipitación anual (%) bajo el escenario A2 (2020 - 2050 - 2080)



Fuente: Bando-Murrieta, 2010

Según el Banco Mundial (2013) es probable que el clima de México se vuelva más seco a causa de la disminución de precipitaciones. A su vez, los componentes del ciclo hidrológico sugieren que el aumento en la temperatura provocará que aumente la evapotranspiración y que la humedad en el suelo disminuya.

Por otro lado, las sequías y las inundaciones son dos fenómenos que van de la mano; por lo tanto, si éstos se modifican, los periodos de sequías se volverían más extensos, ya que las precipitaciones no estarían distribuidas dentro de la temporada de lluvias y al producirse luego las precipitaciones en grandes volúmenes, produciría inundaciones en las zonas más vulnerables, las cuales fueron detalladas en el apartado 3.4.3.1.

#### *Aumento del nivel medio del mar*

Según el estudio de análisis de vulnerabilidad llevado a cabo por el ANIDE (2014) el aumento del mar en la zona de la Riviera Maya, se producirá cada 3 mm/año, alcanzando 3 m más para 2100. Como resultado, las tierras costeras bajas, especialmente en la península de Yucatán, estarán más expuestas a la inundación permanente.

En la Figura 3.54 se observan los estados que se verían más afectados si el aumento del nivel del mar llega a ser de 2 m. Entre ellos se encuentra Quintana Roo, donde se verían afectados 5.050 Km de superficie, lo que representaría casi el 12% del estado, posicionándose como el segundo más afectado a nivel nacional (SEMARNAT, 2012).

Figura 3.54: Zonas afectadas ante un escenario de incremento de dos metros del nivel del mar en México



Fuente: SEMARNAT, 2012

Para complementar lo antes indicado, en la Figura 3.55 se pueden apreciar aquellas áreas de la Riviera Maya que se verían afectadas por inundaciones a causa del aumento del nivel medio del mar.

Figura 3.55: Proyecciones de inundaciones en Quintana Roo por el aumento del nivel del mar (2020 - 2050 - 2080)



Fuente: SEMARNAT, 2009

Tanto el aumento del nivel del mar como el de la intensidad y frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos son impactos que a su vez ocasionan efectos y aumentan los procesos de erosión costera, ocasionando pérdida de playas, de manglares, entre otros (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, CONACYT, 2011). Por lo tanto si los fenómenos principales se intensifican a lo largo de los años y sus efectos son mayores, lo mismo sucederá con los efectos sobre las playas y la biodiversidad.

En el apartado correspondiente a efectos observados ya se detalló cómo ha disminuido la extensión de las playas. Este fenómeno se intensificará y se podrán ver sus efectos con el correr de los años, por lo que se podrá notar en algunas playas tramos de zonas costeras que sufrirán serias reducciones, como hoy en día ya se está notando (Campos-Cámara, 2011).

Por otro lado, la infraestructura y el equipamiento orientado al turismo, ubicados cerca del mar también se verán afectados negativamente (Campos-Cámara, 2011).

El impacto más visible para los turistas estará vinculado con la pérdida de paisaje, ya que muchos destinos turísticos pasarán del bioma “verde” al árido. Esto implicará la pérdida de biodiversidad y ciertos desequilibrios asociados, como el incremento de enfermedades transmitidas por vectores (Campos-Cámara, 2011).

## Biodiversidad

Según las proyecciones del IPCC (2007) para el año 2050 en varias zonas tropicales de América Latina, se prevé una significativa pérdida de biodiversidad como consecuencia de ciertos fenómenos climáticos.

El análisis de la Figura 3.56 permite visualizar que el área de la Riviera Maya, se posiciona como un lugar donde la diversidad biológica será severamente amenazada. Los fenómenos más acuciantes son los relacionados con la pérdida de arrecifes de coral y de mamíferos, aves, mariposas, ranas y reptiles (IPCC, 2007, citado por SEMARNAT, 2012).

Figura 3.56: Proyecciones previstas sobre la biodiversidad de América Latina para el 2050



Fuente: IPCC, 2007, citado por SEMARNAT, 2012

Con respecto a los arrecifes, los mismos se verán afectados por el aumento progresivo del nivel del mar. Al persistir dicha problemática y si se alcanzan los niveles proyectados, se generarán mayores procesos de erosión y acreción, produciendo el incremento del blanqueamiento de los mismos y su vulnerabilidad al impacto de los huracanes y tormentas (Ruiz-Ramírez, 2016).

A su vez, el aumento de las inundaciones y el efecto de las mismas impactará negativamente en la calidad del agua, por lo tanto causaría efectos en estos ecosistemas marinos, ya que los corales sólo pueden subsistir si las tasas de calcificación son mayores que las de erosión por períodos prolongados. Este desequilibrio comprometerá el balance de carbonato de los arrecifes,

generando como consecuencia la pérdida de biodiversidad y servicios a la sociedad (Blanchon, et. al., 2011, citado por Ruiz-Ramírez, 2016).

En cuanto a los manglares, su permanencia dependerá de la tasa del incremento del nivel el mar en comparación con la acreción y el espacio para la migración horizontal del manglar, es decir, que se espera que por el aumento del nivel del mar, los manglares se desplacen tierra adentro pero el mismo puede estar limitado por el desarrollo urbano y el turismo en zonas costeras (Ponce-Vélez et. al., 2011, citado por Ruiz-Ramírez, 2016). En caso de que los manglares cuenten con el espacio para expandirse, la distribución dependerá de varios factores, como por ejemplo la topografía, el tipo de costa y la combinación de las características climáticas regionales (Flores-Verdugo et. al., 2011, citado por Ruiz-Ramírez, 2016).

En otro orden, los pastos marinos se verán afectados por la disminución de la cantidad de luz solar disponible en el fondo como consecuencia del incremento del nivel del mar. También se dificultará el proceso de fotosíntesis, habrá cambios en su productividad y su estructura, beneficiando el desplazamiento horizontal hacia nuevas áreas someras, ocasionadas por las inundaciones costeras (Ruiz-Ramírez, 2016).

Si la proyección de aumento del nivel del mar es de 50 cm en este siglo, esto puede reducir en 50% la disponibilidad de luz y ocasionar una reducción de 30-40% en el crecimiento de los pastos marinos (Gallegos-Martínez, 2011; Liceaga et. al., 2011, citado por Ruiz-Ramírez, 2016).

Con respecto al sargazo, por el momento no hay proyecciones concretas, pero se espera que siga avanzando sobre las costas de la Riviera Maya.

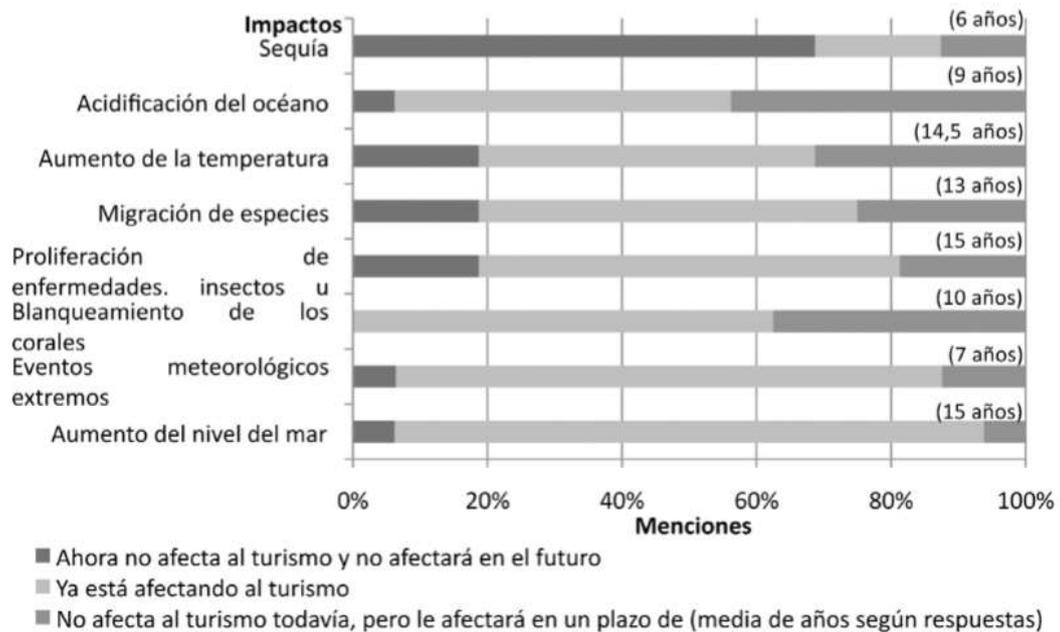
### *Turismo*

Un estudio realizado por Santos- Lacueva & Saladié (2016) sobre las percepciones de los stakeholders<sup>46</sup> en la Riviera Maya determinó los siguientes resultados con respecto a los efectos del cambio climático inducido (Figura 3.57).

---

<sup>46</sup> Personas y/u organizaciones involucradas en la actividad turística, entre los cuales se incluyen empleados, clientes, proveedores, accionistas, inversores, entes públicos, organizaciones no gubernamentales, sindicatos, organizaciones civiles, la comunidad y la sociedad en general (incluyendo a potenciales visitantes).

Figura 3.57: Proyecciones para el turismo según la percepción de los stakeholders



Fuente: Santos- Lacueva & Saladié, 2016

Con respecto a los resultados obtenidos, los involucrados en la actividad turística consideran que los impactos más graves son la pérdida de calidad de las playas, principalmente debido al aumento del nivel del mar, y el incremento de la percepción del riesgo de los turistas interesados en viajar a la Riviera Maya, tanto una mayor incidencia en la frecuencia como en la intensidad de los fenómenos climáticos extremos ya indicados en el apartado 3.4 de efectos observados.

Luego de analizar las proyecciones esperadas para los próximos años, solo queda tomar decisiones reales e impactantes para estabilizar la situación y quizás revertirla a largo plazo. Por su parte, la actividad turística se encuentra en momento de recuperación como consecuencia de la pandemia de COVID-19, pero en los próximos años se reactivará y seguramente regresará a los niveles previos el porcentaje de visitantes que se traslada, la ocupación en los alojamientos turísticos, el consumo energético y las emisiones de GEIs del sector. Por lo tanto, esta recesión es un momento más que propicio para comenzar y/o seguir trabajando en las medidas de mitigación y adaptación antes indicadas.

### 3.6 Estrategias de Mitigación y Adaptación Turística

Según Delgado (2013) para que una estrategia de lucha contra el cambio climático inducido sea efectiva deben considerarse acciones de adaptación y mitigación, reducción de vulnerabilidad, investigación y monitoreo continuo de los fenómenos climáticos.

Dicho autor sostiene que se debe iniciar por reducir las emisiones de GEIs lo antes posible, porque luego las medidas de adaptación serán cada vez más costosas, e incluso mientras más se demoren las acciones de mitigación, más exigentes deberán ser las medidas para estabilizar las concentraciones de GEIs.

Como se analizó a lo largo de este TFC, los impactos causados por el cambio climático inducido varían en cada región, país o localidad; por lo tanto, las medidas de adaptación se tienen que diseñar y planificar a nivel local/regional. En cambio, las medidas de mitigación pueden pensarse de una manera más generalizada.

Con respecto al caso de análisis... ¿Qué se ha logrado en materia de mitigación a nivel nacional?

El 6 de junio de 2012, el Congreso Nacional mexicano aprobó la Ley General de Cambio Climático (LGCC). La misma se reformó en 2018 debido a la presentación de la Contribución Nacional Determinada<sup>47</sup> del país y la entrada en vigor del Acuerdo de París.

Según el artículo 1 “ [...] es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico”.

La misma prioriza la implementación de medidas de adaptación y, a su vez, establece las metas en relación a las emisiones de GEIs, comprometiendo a México a reducir para 2020 un 30% de sus emisiones con respecto a la línea base (año 2000), y para 2050 un 50% (Comisión Europea, 2019).

La LGCC da lugar al Instituto Nacional de Ecología en el INECC y al Registro Nacional de Emisiones (RENE), los cuales permiten obtener datos e información sobre GEIs de los diferentes sectores productivos, incluido el turismo (Comisión Europea, 2019).

---

<sup>47</sup> Hace referencia a un compromiso de la comunidad internacional para reducir las emisiones de GEIs, acorde con la CMNUCC para no exceder los 2°C de aumento de temperatura en el planeta respecto a la era preindustrial. México fue el primer país latinoamericano en presentarlo.

Asimismo, en el año 2013 se creó la Estrategia Nacional de Cambio Climático: Visión 10-20-40 (ENCC), diseñada como instrumento de planificación y orientación de las políticas nacionales en la temática. Describe los ejes estratégicos y líneas de acción para orientar las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, establecidas en la LGCC y fomenta la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad (Comisión Europea, 2019).

En la Figura 3.58 se detallan los pilares de la ENCC antes indicada.

Figura 3.58: Pilares de la ENCC - Visión 10-20-40 (2013)



Fuente: SEMARNAT, 2013

Luego, se elaboró el Programa Especial de Cambio Climático 2013-2018 (PECC) y el Programa Sectorial de Turismo, ambos bajo el Plan de Desarrollo Nacional 2013-2018, como instrumentos de la LGCC que definen el accionar del Gobierno Federal a corto plazo, con respecto a la disminución de emisiones de GEIs, respuesta ante modificaciones en el clima y eventos extremos (Comisión Europea, 2019).

Los objetivos, las estrategias, las acciones y las metas del PECC y el Programa Nacional de Turismo se llevan a cabo definiendo las prioridades en materia de adaptación, mitigación, e investigación, considerando los tiempos de ejecución, coordinación de acciones y de resultado y estimación de costos, de acuerdo con la ENCC (Comisión Europea, 2019).

Por su parte, la Secretaría de Turismo de México, en cumplimiento a las líneas de acción establecidas en el Programa Especial de Cambio Climático 2013-2018, ha llevado a cabo las siguientes acciones (SEMARNAT, 2018):

- Realizó diferentes estudios de vulnerabilidad y creó programas de adaptación ante el cambio climático en 23 destinos turísticos estratégicos, entre los cuales se encuentra la Riviera Maya.
- Llevó a cabo la Guía Local de Acciones de Alto Impacto en Materia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Destinos Turísticos Mexicanos. La misma le permite a los municipios diseñar su propio plan de acción con estrategias a corto, mediano y largo plazo para mitigar las emisiones de GEIs, como así también aumentar su resiliencia y disminuir la vulnerabilidad.
- Promovió acciones de eficiencia energética en medianas y pequeñas empresas turísticas, principalmente en hoteles y restaurantes, con el objetivo de reducir su huella de carbono.
- Elaboró el Inventario Nacional de GEIs en el marco de la estrategia 5.2 del Plan de Acción 2013-2018, enfocado en identificar las principales fuentes emisoras de GEIs en el sector turístico y llevar a cabo medidas de mitigación para su reducción.
- Desarrolló un "Programa Marco para Fomentar Acciones para Restablecer el Balance del Ciclo del Agua en Destinos Turísticos Prioritarios", con el fin de promover el uso racional y eficiente de la misma.

A su vez, en el 2016 se establecieron los Lineamientos para la Dictaminación de las Zonas de Desarrollo Turístico Sustentable, los cuales están relacionados con criterios en las dimensiones ambiental, social y económica, tales como, conservación de la biodiversidad, eficiencia energética, emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, uso eficiente del agua, entre otros (SEMARNAT, 2018).

Con respecto al uso de la energía, en 2017 se llevó a cabo una nueva reforma energética en la industria hotelera de México, que se encuentra incluida en la ley de Transición Energética (TecnolInteligente, 2017).

Esta reforma representa algunos cambios en la industria, ya que le permitirá a los establecimientos hoteleros alcanzar la meta del 35% de capacidad para generación eléctrica con tecnologías limpias establecida en la Estrategia Nacional de Energía para el año 2024 (TecnolInteligente, 2017).

Los requisitos mínimos de generación de energía a partir de fuentes alternativas correspondiente a la Norma de Requisitos y Especificaciones de Desempeño Ambiental de Establecimientos de Hospedaje (NMX-AA-171-SCFI-2014) aplican para establecimientos situados en lugares con disponibilidad a la red eléctrica, los cuales deben generar al menos el 10% de su consumo a través de una fuente alternativa. Y para los establecimientos que no tienen acceso a una conexión, les corresponde el 50% de su consumo total de energía (TecnoInteligente, 2017).

Al cierre de 2017, México contaba con 35 establecimientos hoteleros con un sistema de calentamiento solar de agua (Secretaría de Energía de México, SENER, 2017).

#### *Logros a nivel nacional*

Los logros en materia de turismo y cambio climático del Plan de Desarrollo Nacional y el Programa Sectorial de Turismo fueron los siguientes:

- Bajo el Programa Nacional de Infraestructura se llevaron a cabo estudios de recuperación de playas, invirtiendo 30,7 millones de pesos en las playas de Cancún Norte, Cozumel, Isla Mujeres, Riviera Maya y Holbox (Quintana Roo), así como en Los Cabos, Baja California Sur y Mazatlán (Sinaloa) (SECTUR, 2014)

Luego de los estudios realizados se implementaron acciones que permitieron restituir las condiciones morfológicas de las playas, y acciones que permitirán su conservación en un futuro para lograr la rehabilitación de los atractivos turísticos y del destino.

- Se realizó el Protocolo para el establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las Zonas de Desarrollo Turístico Sustentable (ZDTS), para establecer procedimientos que se deberá llevar en esas zonas antes, durante y después.
- Se elaboró la Estrategia e Instrumentación del Programa de Ordenamiento Turístico General del Territorio (2016), donde se definieron líneas de acción en materia de sistemas de integración turística, desarrollo urbano, identificación de proyectos de infraestructura, equipamiento turístico y conectividad, así como el establecimiento de los mecanismos para la ejecución, seguimiento y evaluación del Programa (SEMARNAT, 2018).
- En 2017 se inició el trabajo con el proyecto de cooperación entre México y Alemania ADAPTUR, con el objetivo de contribuir en el sector turístico a la adaptación del cambio climático. Dicho proyecto concluirá en 2021.

El fin de ADAPTUR es disminuir el riesgo para las empresas turísticas, conservar su biodiversidad, playas, arrecifes, selvas y proteger los servicios que brindan los ecosistemas, suministro de agua, protección contra huracanes, inundaciones, deslaves, etc.).

Este proyecto es financiado por el Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Protección de Naturaleza y Seguridad Nuclear y forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima, pero es implementado por la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable, SECTUR, la SEMARNAT, la CONANP y el INECC (ADAPTUR, 2017).

A nivel nacional se está trabajando en los siguientes ejes (ADAPTUR, 2017):

- Asistencia para que México cumpla con sus compromisos internacionales de adaptación al cambio climático las cuales hacen referencia a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas.
- Desarrollo de un Plan de Adaptación del Sector Turismo como parte del Plan Nacional de Adaptación.

Dentro del Plan de Adaptación del sector turismo, se están enfocando los objetivos en el turismo de naturaleza, principalmente en el ecoturismo y la adaptación basada en ecosistemas (SECTUR, 2017).

En 2017, la SECTUR elaboró la Estrategia para el Impulso y Desarrollo del Turismo de Naturaleza en México, la cual cuenta con una visión a mediano plazo y actualmente se encuentran trabajando -en términos generales- en:

- Identificar y desarrollar integralmente el producto de turismo de naturaleza.
- Promover el financiamiento e inversión verde.
- Promocionar y comercializar estratégica y responsablemente el producto de turismo de naturaleza, así como la riqueza natural y cultural del país.
- Crear y/o fortalecer empresas sociales productivas para su incorporación a la cadena de valor del producto y ampliar la atención de la demanda.
- Generar conocimiento nuevo e información estadística estratégica actualizada.

- Diseñar e implementar una Política Pública Integral de Largo Plazo de Turismo de Naturaleza en México.

Considerando la Adaptación Basada en Ecosistemas (ABE), lo cual implica la protección y restauración de los sistemas naturales, el Gobierno de México (2017) en materia de políticas públicas creó Instrumentos y estrategias para la conservación y la adaptación al cambio climático, realizó evaluaciones de los mismos desde la perspectiva de cambio climático, desarrolló instrumentos de política ambiental, y logró el posicionamiento del tópico en las agendas nacionales e internacionales.

A su vez, diseñó e implementó estrategias y medidas piloto ABE junto al Banco Mundial a través del Proyecto de Adaptación ante el Impacto del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México (Gobierno de México, 2017).

A lo largo del periodo de duración (2011-2016), el proyecto a través de la implementación de medidas piloto en tres estados (Veracruz, Tabasco y Quintana Roo) contribuyó a promover la adaptación a los efectos del cambio climático en los humedales costeros del golfo de México. Los logros del proyecto serán detallados en el apartado de Quintana Roo.

#### *¿Qué se logró en materia de mitigación en Quintana Roo?*

Como se mencionó en la sección de medidas de mitigación a nivel nacional, se llevó a cabo la elaboración del Inventario Nacional de GEIs, iniciativa que luego se implementó a nivel estatal. El Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI) comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 2005-2010 considerando las siguientes actividades: energía, procesos industriales, agricultura, uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura y desechos (Gobierno de Quintana Roo, 2020).

También desde el 2010 se lleva a cabo la Iniciativa por y para un Turismo Bajo en Carbono, liderada por WWF junto al gobierno, compañías privadas, asociaciones y agencias de promoción y universidades y ONGs. El objetivo es generar, en conjunto una estrategia con metas a corto, mediano y largo plazo para disminuir las emisiones del turismo en Quintana Roo.

Las líneas de acción se basan en la investigación, capacitación y comunicación y los logros alcanzados fueron los siguientes:

Figura 3.59: Logros de la iniciativa del turismo bajo en carbono 2010-2014

Línea del tiempo 2010 - 2014				
2010	2011	2012	2013	2014
Hora del Planeta 2010, organizada por WWF	Hora del Planeta 2011 con compromisos de las empresas turísticas	Hora del Planeta 2012 con involucramiento del Gobierno de Quintana Roo	Hora del Planeta 2013	Hora del Planeta 2014
Definición de objetivos y lanzamiento de la ITBC	Reuniones para definir enfoque y objetivos de la ITBC	Estudio de Emisiones de GEI del Turismo en Quintana Roo (Amigos de Sian Ka'an)	Lanzamiento de la plataforma web de la Iniciativa	Posicionar a Quintana Roo como líder en Turismo y Cambio Climático
Reuniones mensuales de planeación para COP16	Taller Diagnóstico Hacia un Turismo Bajo en Carbono para Quintana Roo	Incidencia en las medidas de mitigación y adaptación planteadas en el Programa de Cambio Climático de Qroo	Implementación de energías renovables en el sector turismo	Documentación del modelo y los beneficios, riesgos y resultados y socialización de la información
Primer Seminario Turismo y Cambio Climático	Reuniones para definir Planeación a 3 años con actividades y responsabilidades		Consolidar los links entre turismo y conservación mediante esquemas de pago por servicios ambientales ligados al carbono	
Exhibición de fotografías de Quintana Roo (en COP 16)				

Fuente: WWF, 2015

Cabe destacar que una de las líneas de acción en materia de investigación era la elaboración del inventario de emisiones de GEIs en el sector turístico. Por el momento el sector turismo no posee un inventario GEIs, sin embargo sus emisiones están consideradas en algunas categorías del inventario nacional (SECTUR, 2015).

Las fuentes que se consideran para la creación de dicho análisis son: móviles, por transporte; uso de energía eléctrica en sitio (hoteles, restaurantes, museos, agencias, etc.); combustión en sitio (hoteles, restaurantes, museos, agencias, etc.); generación de residuos sólidos urbanos y aguas residuales; uso de gases refrigerantes en equipos de aire acondicionado y/o refrigeración (SECTUR, 2015).

Por otra parte, en el año 2006, se originó la Iniciativa de Turismo del Arrecife Mesoamericano (MARTI), junto a la Asociación de Hoteles de la Riviera Maya (AHRM), en conjunto con diferentes organizaciones, empresas privadas, y establecimientos hoteleros, la cual ayuda a los alojamientos a disminuir su huella ambiental sobre los arrecifes (Mesoamerican Reef Organization, 2020).

A través de esta iniciativa se implementó el Sistema de Manejo Ambiental, el cual alcanza diferentes puntos para disminuir el consumo del agua, alcanzar la eficiencia energética y realizar de manera correcta el manejo de desechos sólidos a las aguas residuales. A un año del comienzo del Sistema de Manejo Ambiental, 17 hoteles lo implementaron, y actualmente (2020) hay 130 hoteles, que representan 36.000 habitaciones (41% del total de Quintana Roo) (Mesoamerican Reef Organization, 2020).

Con respecto a los logros de este sistema, a lo largo del 2020, MARTI midió los logros en materia ambiental utilizando una muestra de 20 hoteles y en promedio se ha reducido el consumo de agua en un 17%, el de energía en un 13% y el uso de gas es casi 8% menor, gracias a estas mejores prácticas ambientales (Mesoamerican Reef Organization, 2020).

Finalmente, en 2013 el estado publicó su “Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo” (PEACCQROO), realizado en coordinación con la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente y sectores académicos, empresariales y sociedad civil organizada, en cumplimiento con la Ley de Acción de Cambio Climático de dicho Estado (Gobierno de Quintana Roo, 2013).

#### *¿Qué se logró en materia de adaptación en Quintana Roo?*

En materia de adaptación y protección civil se han llevado a cabo acciones, las cuales algunas alcanzan al sector turismo, principalmente aquellas vinculadas con huracanes, daños en infraestructura, sequías (Gobierno de Quintana Roo, 2013):

- Deslaves<sup>48</sup>: Relleno de terreno para aumentar su nivel (terraplenes) y construcción de pasos de agua para proteger la infraestructura carretera.
- Huracanes:
  - Fortalecimiento de sistemas de alerta temprana, construcción y refuerzo de refugios anticiclónicos.
  - Elaboración de mapas de riesgo de la población en situación de vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático inducido.
  - Realización de campañas para reubicar a la población antes mencionada.
  - Control, monitoreo y pronóstico climático, considerando diferentes escenarios y la alerta temprana de sus efectos.

---

<sup>48</sup> Erosión o pérdida progresiva de tierra de la ribera de los ríos por acción de la corriente de agua.

- Inundaciones: Aumento de campañas contra “desastres” hidrometeorológicos:
  - Olas de calor: Refuerzo de campañas de prevención respecto a enfermedades en las temporadas de calor.
  - Sequías: Construcción de infraestructura hidráulica para la captación de agua.
- Daños de infraestructura:
  - Elaboración de normas y reglamentos específicos adaptados a los efectos del cambio climático inducido para llevar a cabo estudios, proyectos, construcción e instalación de infraestructura.
  - Creación de programas para restaurar y mantener la infraestructura en caso de contingencias hidrometeorológicas en las principales ciudades y vías de comunicación.
  - Promoción del uso de buenas prácticas ambientales para la planificación, diseño y construcción.
- Degradación de ecosistemas:
  - Promoción de un esquema de incentivos fiscales, reconocimientos o certificaciones, en lo municipal y estatal, para aquellas empresas que implementaran técnicas y adecuaciones que disminuyeran sus emisiones de GEIs.
  - Elaboración de estudios para calcular la huella de carbono de los turistas.
  - Diseño de procedimientos para la compra/venta de bonos de carbono<sup>49</sup>.

Considerando que la actividad turística en Quintana Roo es un sector muy significativo a nivel económico, en el marco del PEACCQROO se está trabajando y se seguirá trabajando en (Gobierno de Quintana Roo, 2013):

- Implementación de reglamentos y normas existentes en cuestiones ambientales y turismo.
- Uso de modelos y materiales específicos en construcción de alojamientos y/o infraestructura orientada al turismo.
- Prohibición de venta de productos no biodegradables.
- Disminución de residuos sólidos en los destinos insulares.
- Diversificación de la economía, expansión del turismo y de actividades en zonas no costeras.
- Actualización de reglamentos de ordenamiento urbano.
- Protección de ecosistemas costeros, en especial manglares y arrecifes.

---

<sup>49</sup> Se trata de una de las medidas internacionales para reducir las emisiones de GEIs. Estos bonos se venden a empresas privadas y/o entidades gubernamentales con el fin de “compensar” sus emisiones de carbono y que así -además- éstos puedan promover proyectos que contribuyan a la calidad ambiental (Iluminet, 2019).

- Construcción de infraestructura adaptada para huracanes.

También, como se mencionó anteriormente en las estrategias nacionales se está incursionando en la adaptación basada en ecosistemas junto a la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas 2015-2020 elaborada por CONANP y SEMARNAT. Es una iniciativa nacional que en Quintana Roo se lleva a cabo a través del control de especies exóticas e invasoras en el Caribe Mexicano y Golfo de México.

Algunos avances fueron los siguientes:

- Guía para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático -PACC- en ANP (CONANP- The Nature Conservancy (TNC) - Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C (FMCN).
- Herramientas para el análisis de vulnerabilidad social a los impactos del cambio climático (CONANP- La Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ).
- Herramienta de Diagnóstico Rápido de Vulnerabilidad (CONANP-GIZ-Alianza Carlos Slim-WWF, México).
- Publicación de nueve PACC en varias regiones del país y dos en proceso de formulación.
- Programa de subsidio enfocado a la Adaptación al Cambio Climático (PROACC).
- Implementación de distintas medidas de adaptación al cambio climático entre las cuales se encuentran:
  - Disminución de las poblaciones de pez león en sitios donde se realiza la pesca comercial<sup>50</sup>.
  - Identificación de presas depredadas por el pez león.
  - Promoción y creación de mercado nacional e internacional de pez león para consumo humano.
  - Cooperación entre el sector privado y público federal, estatal y municipal para atender la problemática.
  - Cooperación internacional para elaborar estrategias de control.

---

<sup>50</sup> El pez león (*Pterois volitans*) se introdujo de manera accidental/deliberada en las aguas cálidas del Océano Atlántico e invadió la región del Caribe. Tiene el potencial de alterar la composición y estructura de las comunidades de peces en los arrecifes coralinos y provocar graves trastornos a las comunidades marinas autóctonas. También reducen la diversidad biológica, causan la disminución de especies de importancia ecológica y dificultan el repoblamiento de otras de importancia económica. El cambio climático inducido puede magnificar los efectos que esta especie provoca (Gómez Lozano et. al., 2013).

- Creación de una cultura entre la comunidad sobre el pez león.

El cambio climático inducido puede magnificar los efectos que esta especie provoca en los arrecifes, no sólo por ser depredadores de diferentes especies y alterar las redes tróficas sino también, por eliminar varias especies herbívoras, las algas invasoras tendrán una mayor oportunidad de invadir los corales.

- Norma NMX-AA-157-SCFI-2011: Requisitos y especificaciones de sustentabilidad para la selección del sitio, diseño, construcción, operación y abandono del sitio de desarrollos inmobiliarios turísticos en la zona costera de la Península de Yucatán.

La cual rige la construcción de desarrollos turísticos, impidiendo la destrucción de las especies nativas y evitando la urbanización en masa, la cual como consecuencia generaría emisiones que contribuyen al cambio climático inducido por el mayor uso de energía, más cantidad de residuos, etc.

A su vez, como se mencionó anteriormente, en 2017 la Riviera Maya y otros dos destinos seleccionados (Riviera Nayarit-Jalisco y San Miguel de Allende) comenzaron a trabajar con el proyecto ADAPTUR.

A lo largo del período de implementación, la Riviera Maya cuenta con un asesor técnico, quien lleva a cabo la coordinación de las diferentes actividades del proyecto y brinda asistencia a los actores locales. El proyecto también facilita el acceso a un “know-how” de nivel internacional (estudios, conceptos, metodología, etc.) e intercambio con otros proyectos en América Latina (ADAPTUR, 2017).

A nivel estatal, en Quintana Roo se están llevando a cabo las siguientes acciones (ADAPTUR, 2017):

- Análisis económicos sobre el impacto del cambio climático inducido para el sector turístico.
- Asistencia en la integración de criterios y medidas de adaptación en planes y procesos sectoriales (por ejemplo, programas de inversión).
- Facilitación del diálogo público-privado.

En la Riviera Maya (ADAPTUR, 2017):

- 10 proyectos de adaptación al cambio climático en cooperación con empresas turísticas, hoteles, ONGs, operadores turísticos, etc, principalmente trabajando en la ABE.
- Sensibilización de los actores.
- Facilitación del diálogo intersectorial.

Quintana Roo junto a ADAPTUR ha llevado a cabo acciones de adaptación basadas en ecosistemas en Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.

Las partes involucradas fueron la CONANP, el INECC, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), la organización Amigos de Sian Ka'an, Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable (ADAPTUR, 2017).

Las problemáticas a solucionar se encontraban relacionadas con el aumento la frecuencia y la intensidad de tormentas tropicales, la disminución de la calidad de los servicios ecosistémicos que proveen los manglares, la salinización de agua dulce y el deterioro del hábitat de especies de importancia económica (ADAPTUR, 2017).

Las acciones de adaptación que se implementaron en la reserva fueron las siguientes (ADAPTUR, 2020):

- Rehabilitación de ecosistemas.
- Restablecimiento del flujo hídrico de manglares para mantener el balance entre agua dulce y salada (limpieza, apertura y rectificación de canales).
- Reforestación y restauración del manglar.
- Recolección de desechos.

Cabe destacar que se contó con la participación de habitantes locales en las actividades de rehabilitación del ecosistema, generando un fortalecimiento en la economía local reduciendo la presión sobre los recursos.

A su vez, se brindó asesoría para la diversificación de actividades productivas y formas de producción de especies de importancia económica y a grupo de mujeres para emprender negocios de ecoturismo (ADAPTUR, 2017).

Con respecto al proyecto de Adaptación ante el Impacto del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México junto al Banco Mundial (2011–2016), en Quintana Roo se lograron rehabilitar al menos 70 hectáreas de flujos de agua en el ecosistema manglar de El Playón en

Sian Ka'an y los arrecifes de coral en Sian Ka'an fueron repoblados en seis áreas con genotipos de coral resistente a la temperatura (Banco Mundial, 2018).

#### *Desafíos a futuro*

En términos de mitigación, México se comprometió voluntariamente en 2015 a reducir en un 25% las emisiones de GEIs para 2030 y un 50% para el 2100, en el marco del ODS 13 "Acción por el clima" (PNUD, 2015).

Según el último reporte de la plataforma "Climate Action Tracker" (2019), México no va a cumplir con la meta 2020, ya que las acciones que han llevado a cabo han sido insuficientes, y el gobierno actual ha iniciado la construcción de una nueva refinería de petróleo en el estado de Tabasco y ha beneficiado a centrales eléctricas con una nueva asignación presupuestaria para la modernización de las mismas.

También, cabe destacar que por el momento no se ha desarrollado ni anunciado el tercer Programa Especial sobre Cambio Climático (PECC 2019-2024) que se requiere en virtud del Artículo 66 de la Ley General de Cambio Climático de México, por lo tanto queda en evidencia que México, no es un país que se encuentre interesado en la mitigación de los efectos del cambio climático inducido, a pesar de que en este último año ha incursionado en los bonos de carbono.

Considerando la actividad turística y lo antes planteado, queda mucho por hacer con respecto a la eficiencia energética, ya que si bien se han logrado avances en la materia, los esfuerzos no alcanzan a la mayoría de los alojamientos, por lo tanto, por el momento no se puede considerar a la Riviera Maya un destino amigable con el ambiente.

Teniendo en cuenta el estudio de competitividad mencionado en el apartado del blanqueamiento de los corales realizado por el Instituto Mexicano para la Competitividad (2014) los destinos mexicanos han perdido competitividad frente a la oferta mundial, por no adaptarse a las tendencias actuales ni a los efectos del cambio climático inducido.

Una de las estrategias en consideración para revertir esta situación es la liberación de la política aeronáutica, al igual que el proyecto del aeropuerto en Tulum para el 2021 y la nueva ruta del Tren Maya<sup>51</sup> en el sureste del país y así proveer una mayor conectividad y diversificación de

---

<sup>51</sup> Proyecto llevado a cabo por el Gobierno de México con el objetivo de recuperar el sistema ferroviario y conocer las diferentes zonas arqueológicas del sureste mexicano trabajando en la equidad social y el desarrollo regional. La ruta del Tren Maya está conformada por siete tramos, los cuales bordean a la Península de Yucatán. El tramo 5 es el que atraviesa a la Riviera Maya

turistas, lo que provocaría mayores emisiones de una fuente, que ya es una problemática en el sector. A su vez, esta idea no es complementaria con las acciones que han llevado a cabo para lograr un turismo bajo en carbono.

Por su parte, las medidas de adaptación han sido más relevantes y significativas en el sector turismo, vinculadas a la biodiversidad, infraestructura, etc. Igualmente aún queda trabajar en algunas líneas de acción de las estrategias planteadas anteriormente, promoviendo el uso de seguros, incorporando información climática en la planeación y construcción de infraestructura en zonas turísticas, garantizando el funcionamiento y acceso a las autopistas, aeropuertos y puertos en situaciones de emergencia, y gestionando una coordinación intersectorial en emergencias.

También quedan retos bajo la Estrategia de Integración para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en el Sector Turístico (2016-2022) y el Programa Sectorial de Turismo 2020- 2024, los cuales sus objetivos se basan en el turismo sostenible, la innovación, fortalecer la diversificación de mercados, impulsar un desarrollo equilibrado y mejorar la imagen urbana, certificación de competencias laborales y garantizar un enfoque social en el sector turístico.

Sin duda, este nuevo enfoque orientado al turismo de naturaleza y nuevas líneas de turismo como el turismo de negocio, se fortalecerán a lo largo de los próximos años, ya que los efectos del cambio climático inducido serán mayores, y las nuevas generaciones serán los consumidores de dichos productos y servicios, por lo que el conocimiento y la conciencia ambiental serán aún mayor. (SECTUR, 2017).

---

desde Tulum a Cancún, el cual comenzó a construirse en mayo de 2020. Se espera que la obra esté finalizada para el 2024 (Tren Maya México, 2020).

## Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

A lo largo de este TFC, se han desarrollado los efectos observados y los efectos proyectados con respecto al cambio climático inducido en general y en la Riviera Maya en particular. Por lo tanto, se puede afirmar que es un fenómeno que está sucediendo y va a seguir afectando a nuestro planeta en tanto y en cuanto no se tomen medidas drásticas y eficientes para estabilizar las emisiones de GEIs.

A pesar de que la respuesta mundial está presente y se llevaron a cabo varios encuentros internacionales vinculados, los países que realmente toman medidas de mitigación son aquellos cuyo aporte a las emisiones globales de GEIs es bajo.

Por otro lado, los principales emisores de GEIs no toman la situación seriamente, omitiendo la situación actual frente al cambio climático inducido, ya que priorizan y ponen por encima sus intereses económicos, sin tener en cuenta que solo contamos con un planeta para vivir.

A su vez, hay que reconocer que los destinos turísticos se ven y se verán afectados por todos los efectos ya mencionados, principalmente los destinos insulares y costeros.

También hay que analizar detenidamente la otra cara de la moneda... ¿Cuál es el lugar que ocupa el sector turístico frente a esta problemática? ¿Acaso es una relación víctima-verdugo? El desarrollo turístico actual aumenta la vulnerabilidad de la actividad ante determinados efectos del cambio climático inducido.

Tanto los turistas como la infraestructura y todos los ejes que conforman el sector también cuentan y son contabilizados frente a esta cuestión, por lo tanto el desafío actual a nivel global es optimizar la actividad turística en materia de transporte, alojamiento, construcción de infraestructura, experiencias y destinos, procesos, etc. La actividad turística se puede llevar a cabo de manera responsable, se requiere de inversiones monetarias importantes, pero principalmente de voluntad e interés en crear un futuro mejor.

¿Por qué no sucede esto en su totalidad? Lamentablemente hay negocios que dejarían de existir, principalmente el negocio de la quema de combustibles fósiles y la energía eléctrica.

Por su parte, México y Brasil son los principales emisores de GEIs de América Latina, posicionándose dentro los 15 a nivel mundial (British Broadcasting Corporation, BBC, 2019). Ambos países dependen de un sector turístico muy significativo. Cabe destacar que con respecto a la mitigación de los efectos del cambio climático inducido, México no alcanzará sus meta 2020; por lo tanto, se genera una gran controversia entre su compromiso para mitigar los efectos y los

planes de acción que se han realizado, frente a las acciones que se han llevado a cabo con respecto a las emisiones de GEIs.

Considerando el caso de análisis, quedó en evidencia que los impactos más notorios en el área, están vinculados de manera directa o indirecta con fenómenos hidrometeorológicos, ya sea huracanes y tormentas, cambios en los patrones de precipitaciones, sequías, inundaciones, erosión costera, blanqueamiento de corales, etc. y al ser un destino costero el peligro ante estos fenómenos es indiscutibles, el cual disminuye si se llevan a cabo acciones para reducir su vulnerabilidad frente a estos efectos.

Analizando la información detallada a lo largo de este TFC, queda en evidencia que la Riviera Maya, aun sigue siendo muy vulnerable ante estos fenómenos. Si bien en materia de sistemas de monitoreo y respuesta rápida de parte de los alojamientos se han notado avances muy significativos, no se observó una planificación en materia de gestión de riesgo, es decir, que aún queda trabajar de manera coordinada con las diferentes localidades y estados para responder de manera unificada y así evitar que se vean afectadas ciertas infraestructuras, como el acceso a aeropuertos, las telecomunicaciones, el servicio de energía eléctrica, servicio de agua etc. Y a su vez, queda trabajar en el refuerzo de los mismos.

Si se tiene en cuenta la cronología de huracanes que azotaron la zona, tanto Gilbert (1988) como Wilma (2005) entre otros, han sido devastadores para la zona ya que ocasionaron grandes daños materiales y un número importante de muertos, ya que los sistemas de monitoreo y alerta en ese momento no eran los adecuados para prevenir esos efectos y los fenómenos no se manifestaban de la misma manera. Pero si se analiza el último huracán que tocó tierra en octubre del 2020, Delta, en tan solo 24 horas el huracán de categoría 1 se convirtió en huracán categoría 4. Por lo tanto, la planificación y la respuesta ante el mismo, no será de la misma manera y el destino tiene que estar preparado para esas fluctuaciones.

Si bien en términos políticos se han llevado a cabo acciones, políticas, estrategias y lineamientos para la adaptación de la actividad al cambio climático inducido, no se han registrado demasiados logros concretos y no se podría hablar en -términos generales- sobre un destino “sustentable”, por lo tanto, hay que realizar un seguimiento con respecto a los nuevos enfoques que se plantean.

La Riviera Maya es un destino turístico que se ha planificado y se ha desarrollado para la explotación turística de sol y playa con fines netamente económicos, concentrando toda la actividad en diferentes puntos del país, sin tener en cuenta a los fenómenos que se exponía y las consecuencias que esta actividad podría provocar en la zona, por lo tanto el daño al sistema

ambiental es un efecto que desde hace algunos años, perjudica a la actividad turística ya que ha generado la pérdida de competitividad frente a otros destinos turísticos. El sargazo y el blanqueamiento de los corales solo son algunos ejemplos.

Considerando los nuevos lineamientos de turismo de naturaleza, la diversificación del turismo en áreas no costeras y los últimos anuncios realizados por el presidente de México con respecto a las nuevas construcciones en materia de transporte, haciendo referencia al nuevo aeropuerto de Tulum y el Tren Maya hacen referencia a medidas para impulsar la actividad turística, pero acciones para destruir el sistema ambiental y seguir contribuyendo al cambio climático inducido junto a la construcción desmedida de desarrollos inmobiliarios que extinguen la biodiversidad local.

Solo se necesita un momento para detenerse a pensar la cantidad de emisiones de GEIs que podrían generar estos dos nuevos desarrollos vinculados al transporte y al traslado de turistas.

¿Acaso es una estrategia de “greenwashing” los nuevos lineamientos sobre la Riviera Maya?

A través de una comunicación telefónica con Laura Fabbro en octubre de 2020, Licenciada en Hotelería por la Universidad Abierta Interamericana (Buenos Aires, Argentina) y residente de la Riviera Maya desde hace 11 años, sus declaraciones afirmaron esta interrogación planteada.

Según lo expresado por dicha profesional, se llevaron a cabo pequeñas acciones para adaptarse a los efectos del cambio climático inducido, pero la construcción desmedida sobre las costas sigue avanzado, al igual que la deforestación de la selva, lo que lleva a potenciar los impactos.

Tampoco existe una comunicación eficiente entre los entes federales y el sector turístico con respecto al cambio climático inducido y los logros al respecto. Incluso, cada alojamiento y cada establecimiento independientemente del sector, cuenta con su propio programa de respuesta ante eventos meteorológicos extremos en función del tipo de alerta.

Por su parte, todos los alojamientos están adheridos al Programa “Reciclatón”, que busca evitar generar la menor cantidad de residuos termine en los vertederos y así contribuir menos al cambio climático inducido, pero no hay información al respecto con lo que se logra con todos esos residuos. Si no cumplen con el calendario estipulado, los hoteles son multados.

A su vez, los establecimientos hoteleros utilizan productos de limpieza biodegradables, pero en su mayoría no trabajan en la eficiencia energética y vierten las aguas residuales al mar.

Con respecto al blanqueamiento de los corales en los últimos años, se han cerrado por diferentes periodos de tiempo los arrecifes para llevar a cabo actividades acuáticas como buceo y snorkel, pero al poco tiempo estos centros han vuelto a abrir para continuar con las actividades turísticas, sin pensar en acciones de mitigación para disminuir las emisiones y así evitar y reducir el blanqueamiento de los mismos.

Esto no quiere decir que no se lleven a cabo acciones, pero tampoco se reconoce un compromiso real en mitigación y adaptación y se percibe que quieren mostrarse como un destino “verde” con una gran variedad de actividades al aire libre conservando sus ecosistemas, pero explotan y exigen al máximo la zona, contribuyendo al cambio climático inducido a través del mayor consumo energético de los alojamientos, el aumento del uso del transporte tanto aéreo como terrestre, generando más residuos y deforestando.

Considerando la investigación realizada, como conclusión final con respecto al caso de análisis, si se tiene en cuenta lo sucedido en el desarrollo turístico de Cancún y Playa del Carmen, para los próximos años es muy posible que al urbanizar a altos niveles algunos de los destinos de la Riviera Maya, estos destinos pierdan competitividad por su falta de atractivos naturales, y se continúe explotando y expandiendo la actividad a través de otros destinos vírgenes, y estos centros urbanos serán utilizados como punto de conectividad y de llegada.

Ahora bien... ¿Cuáles son los desafíos a futuro para la actividad turística a nivel global para mitigar los efectos del cambio climático inducido?

Tal como se mencionó a lo largo de este TFC, el transporte aéreo es la principal fuente que contribuye a dicha problemática ambiental global. Airbus, una de las principales empresas fabricantes de aeronaves, considera que para fines del 2025 pueden llegar a estar volando aviones híbridos, el mismo sería 50% eléctrico y 50% con combustible. De esta manera, considerando una ruta de longitud promedio, reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta en un 50% (BBC, 2019).

Con respecto a los aviones totalmente eléctricos, Airbus sostiene que por el momento es muy complejo de llevar a cabo, debido al peso de la batería y duración de los vuelos (BBC, 2019).

A su vez, una investigación hecha por un equipo de la Universidad de Illinois, afirma que el 12,5% del proceso de hibridación es accesible a corto plazo ya que las tecnologías actuales de baterías están lejos de poder lograr el 50% (Híbridos y Eléctricos, 2019). Igualmente afirman que las tecnologías seguirán evolucionando y se continuará proporcionando mejoras.

Teniendo en cuenta la alternativa del biocombustible, hechos de plantas o desechos animales, actualmente no existe ninguna planta que pueda satisfacer la demanda actual, considerando que cualquiera de las principales aerolíneas puede consumir más de 4.000 millones de galones de combustible al año (BBC, 2019).

También se acopla la problemática vinculada a la regulación y certificación de los biocombustibles considerando la seguridad de la industria aeronáutica, ya que estos pueden degradarse con el tiempo y hasta pueden afectar los componentes de los motores de los aviones (BBC, 2019).

Cabe destacar que los biocombustibles son más caros que los combustibles fósiles y seguirán siéndolo hasta que haya economías de escala (BBC, 2019).

En caso de que no se consideren estas alternativas, se puede disminuir la frecuencia de los vuelos.

Otra acción para llevar a cabo en un futuro cercano, está vinculada con la implementación de energías renovables en la hotelería. Es una alternativa que ya muchos alojamientos la están utilizando ya que reduce el número de emisiones, es más individualizada pero requiere de una inversión la cual no todos los alojamientos podrían afrontar (Lastra-Bravo et. al, 2015).

Finalmente, se debe reflexionar desde “el otro lado”, sobre el lugar que ocupa el turista y de qué manera se hace turismo. También el turista debe ser responsable y llevar a cabo acciones para mitigar los efectos del cambio climático inducido, junto a acciones de mitigación.

Algunos ejemplos son los siguientes:

- Elegir transportes en el destino de bajo nivel de emisión de GEIs.
- Efectuar una gestión responsable de los residuos generados.
- Seleccionar alojamientos con prácticas ambientalmente amigables.

Con respecto a las futuras líneas de investigación considerando lo analizado a lo largo de este TFC las mismas podrían ser las siguientes:

- Causas del sargazo en el Caribe y Riviera Maya: En el apartado 3.4.6 se ha desarrollado este tema, y como se mencionó, por el momento se desconocen las causas del exceso de sargazo en las costas. Si bien se cree que es por un cambio en las corrientes marinas como consecuencia del aumento de la temperatura que modificó la distribución del alga,

existe otra hipótesis la cual consiste en que esto se debe a los nutrientes contaminantes generados por la actividad humana que son arrojados y desechados al mar.

Por el momento la información es muy escasa por lo que se debería continuar investigando al respecto.

- Síndrome blanco en los corales: Con respecto a dicha problemática y las acciones que algunas entidades están llevando a cabo generando arrecifes de manera artificial, se podría investigar futuras alteraciones genéticas en estos arrecifes y así evitar el su blanqueamiento, a través de la adaptación de los mismos a las altas temperaturas.
- Investigación con respecto a los logros de las estrategias planteadas por el Gobierno de México: Tal como se planteó en la conclusión, no se han observado logros concretos en materia de mitigación y adaptación con respecto al cambio climático inducido y turismo, por lo que se debe realizar un seguimiento cercano a las acciones que se llevan a cabo y si las mismas se contradicen o no con las políticas planteadas anteriormente. A su vez, se debe investigar el cumplimiento de lineamientos actualizados a la fecha.

Finalmente, considerando las posibles acciones de mitigación planteadas anteriormente que se podrían implementar a nivel mundial, aún queda investigar y crear nuevas tecnologías para poder desarrollar los aviones totalmente eléctricos, y así disminuir notablemente las emisiones de GEIs.

## Bibliografía

### Libros

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2010) *Metodología de la Investigación. Quinta edición*. Ciudad de México. McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

### Publicaciones Digitales

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) (2003) *Reporte ciclón tropical. Huracán Isidore*. Recuperado de [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL102002\\_Isidore.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL102002_Isidore.pdf)

Aldana, P. et. al. (2009) Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. *Avances En Recursos Hidráulicos, (20)*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/18505/1/14330-42667-1-PB.pdf>

Aguirre-Muñoz, A. (2019) *El sargazo en el Caribe Mexicano: De la negación y el voluntarismo a la realidad*. Recuperado de <https://marfund.org/en/wp-content/uploads/2015/09/Aguirre-Munoz-2019-El-sargazo-en-el-Car-ibe-Negaci%C3%B3n-voluntarismo-y-realidad-1.pdf>

Banco Mundial (2013) *Las dimensiones sociales del cambio climático en México*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/document/web%20spa%20mexico.pdf>

Bando-Murrieta, U. (2010) *Uso de escenarios de cambio climático regionalizados para México*. Recuperado de <https://www.eird.org/encuentro-sta-marta/descargas/sesiones-tematicas/Sesion3/sesion-3-UrielB.pdf>

Barrionuevo, C., Ayuso, B., Navarro-Becerra, N. et. al. (2014) *Ministerio de Educación de la Nación. Los movimientos en el planeta tierra*. Recuperado de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005268.pdf>

Botello, V. A. et. al. (2010) *Vulnerabilidad de las costas mexicanas ante el cambio climático*. Recuperado de <http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/vulnerabilidad.pdf>

Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E., Ackerman, F. (2008) *El caribe y el cambio climático. Los costos de la inacción*. Recuperado de <http://frankackerman.com/publications/climatechange/CaribeCambioClimatico.pdf>

Caballero, M., Lozano, S., Ortega, B. (2007) Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital de la Universidad Nacional Autónoma de México* (8), 10, 2-12. Recuperado de [https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)

Campos-Cámara, B. (2011) Presión turística y urbanística: Vulnerables al cambio climático en el Caribe Mexicano. *Quivera*, (13) 2, 1-13. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/401/40119956001.pdf>

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) (2020) *Investigación: Especies marinas en extinción*. Recuperado de [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/33Especies\\_marinas\\_peligro\\_extinci%C3%B3n\\_M%C3%A9xico.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/33Especies_marinas_peligro_extinci%C3%B3n_M%C3%A9xico.pdf)

Centro de Investigación Científica de Yucatán (2008) *El clima de Cozumel y la Riviera Maya*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Roger\\_Orellana2/publication/284899592\\_El\\_clima\\_de\\_Cozumel\\_y\\_la\\_Riviera\\_maya/links/5659f0c108aeafc2aac4f517/El-clima-de-Cozumel-y-la-Riviera-maya.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roger_Orellana2/publication/284899592_El_clima_de_Cozumel_y_la_Riviera_maya/links/5659f0c108aeafc2aac4f517/El-clima-de-Cozumel-y-la-Riviera-maya.pdf)

Centro Mario Molina (2015) *Hacia una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética para las Edificaciones de Hoteles y Restaurantes*. Recuperado de <http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2018/01/II.2.4-Hacia-una-Estrategia-Nacional-de-Eficiencia-Energetica-2015.pdf>

Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) (2014) *Programa de acción específico: Prevención de Enfermedades Diarreicas Agudas y Cólera 2013-2018*. Recuperado de [http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE\\_PrevencionEnfermedadesDiarreicasAgudasColera2013\\_2018.pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE_PrevencionEnfermedadesDiarreicasAgudasColera2013_2018.pdf)

CENAPRECE (2014) *Programa de acción específico: Prevención y Control de las Enfermedades Respiratorias e Influenza 2013-2018*. Recuperado de [http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE\\_PrevencionControlEnfermedadesRespiratoriasInfluenza2013\\_2018.pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE_PrevencionControlEnfermedadesRespiratoriasInfluenza2013_2018.pdf)

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2006) *Serie 7: Impacto socioeconómico de los desastres en México. Características e impacto socioeconómico de los principales desastres en la República Mexicana en el año 2005*. Recuperado de

[http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/375/1/images/no\\_7.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/375/1/images/no_7.pdf)

CENAPRED (2014) *Serie fascículos: Sequías*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cenapred/documentos/serie-de-fasciculos-sequias>

Comisión Europea (2019). *Avances en la Acción Climática de América Latina: Contribuciones Nacionalmente Determinadas al 2019. Programa EUROCLIMA+, Dirección General de Desarrollo y Cooperación – EuropeAid, Comisión Europea, Bruselas, Bélgica*. 171p. Recuperado de [https://www.cepal.org/sites/default/files/pdf\\_estudio\\_avances\\_agosto\\_2019\\_-\\_21-8v2.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/pdf_estudio_avances_agosto_2019_-_21-8v2.pdf)

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2008) *Reseña del huracán Dolly*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2008-Dolly.pdf>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2015) *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020)*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246611/ECCAP-2015.pdf>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (2011) *Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica en Turismo*. Recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/sni/convocatorias-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-sectur-conacyt-1/convocatoria-abierta-sectur/18-02-sectur/18381-terminos-de-referencia-2018-2-sectur/file>

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (1994) Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Coordinación Nacional de Protección Civil de México (2016) *Descripción de los fenómenos hidrometeorológicos*. Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos. Recuperado de [http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/fenomenos\\_2016.pdf](http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/fenomenos_2016.pdf)

Dan Laffoley, J. et. al. (2017) *Introducción a la acidificación oceánica: Lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder*. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Rep-2017-012-Es.pdf>

Delgado, G. et. al. (2013) *México frente al cambio climático: retos y oportunidades*. Recuperado de [http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170502052756/pdf\\_1468.pdf](http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170502052756/pdf_1468.pdf)

Díaz-Caravantes, R. et. al. (2013) Mortalidad por calor natural excesivo en el noroeste de México: Condicionantes sociales asociados a esta causa de muerte. *Frontera Norte*, (25) 52.

Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722014000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722014000200007)

Duque-Escobar, G. (2018) *La Riviera Maya, un referente turístico*. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/62418/larivieramayaunreferenteturistico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Schipper, L. (2006) Historia conceptual de la adaptación en el proceso de la CMNUCC.

*RECIEL*, (15) 1. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/229561547\\_Conceptual\\_history\\_of\\_adaptation\\_in\\_the\\_UNFCCC\\_process](https://www.researchgate.net/publication/229561547_Conceptual_history_of_adaptation_in_the_UNFCCC_process)

Enciso, L. A. (2009) *El cambio climático intensificará brotes de epidemias, dice el INE*.

Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2009/05/06/ciencias/a02n1cie>

FAO (2016) *El estado de los bosques en el mundo*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5588s.pdf>

Fundación de Gestión Tecnológica e Informática Industrial (CEGESTI) (2014) *Residuos sólidos y calentamiento global*. Recuperado de

[http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_254\\_310314\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_254_310314_es.pdf)

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2004) *Meteorología y Climatología*.

Recuperado de <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>

Gobierno de México y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

(2016) *Plan Nacional de desarrollo 2013 - 2018. Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018: Logros 2016*. Recuperado de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros\\_PECC\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros_PECC_2016.pdf)

Gobierno de Quintana Roo (2017) *Programa sectorial: Desarrollo agropecuario, rural y pesca*.

Recuperado de <https://qroo.gob.mx/sedarpe2/programa-sectorial-de-desarrollo-agropecuario-rural-y-pesca/>

Gobierno de Quintana Roo & Secretaría de Turismo de Quintana Roo (SECTUR) (2020) *Cartilla*

*Turística Escolar*. Recuperado de <https://docplayer.es/180556146-Cartilla-turistica-escolar.html>

Gobierno de Yucatán (2003) *Anexo huracán Isidoro*. Recuperado de [http://www.yucatan.gob.mx/docs/transparencia/informes/2001\\_2007/2do/anexo\\_huracan\\_isidoro.pdf](http://www.yucatan.gob.mx/docs/transparencia/informes/2001_2007/2do/anexo_huracan_isidoro.pdf)

Gómez-Lozano, R. et. al. (2013) *Estrategia regional para el control del Pez León invasor en el Gran Caribe. Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos*. Recuperado de <http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/weca/c/15thsess/ref10s.pdf>

Gonzales, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, O. et. al. (2003) Cambio Climático Mundial: Origen y Consecuencias. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)*, (6) 3, 377-385 Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/402/40260313.pdf>

Grupo Consultivo de Expertos (GCE); (1996) *Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Sector de la Energía – Quema de Combustibles*. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/7-bis-handbook-on-energy-sector-fuel-combustion.pdf>

GCE (2012). *Materiales de formación para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Análisis de Incertidumbre*. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/4-uncertainty-assessment.pdf>

Healthy Reefs Organization (2018) *Reporte del arrecife Mesoamericano: Evaluación de la salud del ecosistema*. Recuperado de [https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/SmithReefs\\_RC17\\_Pages\\_SPA\\_1207\\_DIG\\_LO.pdf](https://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/SmithReefs_RC17_Pages_SPA_1207_DIG_LO.pdf)

Herrera-Serna, P. (2018) *Análisis del desarrollo y crecimiento del sector turismo como forma de desarrollo en la región Caribe de Quintana Roo, caso de estudio Playa del Carmen 1999- 2015*. Recuperado de [http://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/protocoloTM/PROTOCOLO\\_V3\\_HERRERAP\\_10092015.pdf](http://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/protocoloTM/PROTOCOLO_V3_HERRERAP_10092015.pdf)

Herrera-Serna, P. (2018) *Crecimiento Económico y Turístico para un desarrollo regional en la Riviera Maya. Caso de estudio Playa del Carmen. - Capítulo 3 Quintana Roo y Playa del Carmen en su contexto regional*. Recuperado de [http://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/cap3TM/CAPITULO3\\_V2\\_HERRERAPdocx.pdf](http://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/cap3TM/CAPITULO3_V2_HERRERAPdocx.pdf)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2015) *Inventario Nacional de Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312045/INEGYCEI6CN\\_26\\_marzo\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312045/INEGYCEI6CN_26_marzo_2018.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012) *Clasificación para actividades económicas*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/datos/clasificaciones.html>

INEGI (2014) *Censo Económico*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/>

INEGI (2015) *Encuesta Intercensal: Principales resultados*. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic\\_2015\\_presentacion.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic_2015_presentacion.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013) *Resumen para responsables de políticas*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5\\_SummaryVolume\\_FINAL\\_SPANISH.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf)

IPCC, 2013: Glosario [Plantón, S. (ed.)]. *En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)

IPCC (2014) *Quinto Informe: Cambio Climático 2014 - Informe de síntesis*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

IPCC (2014) *Anexo II: Glosario*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5\\_SYR\\_Glossary\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf)

Ruiz-Ramírez, G. D., López-Montejo, R. J., Cabrera G. (2018) *Cuadernos de Biodiversidad*. Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/85209/1/CuadBio\\_55\\_03.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/85209/1/CuadBio_55_03.pdf)

Khafash, L., Fraga, J. (2011) *Entornos naturales y mercado turístico en la Riviera Maya: Experiencias Xcaret y patrimonialización desde entramados narrativos*. Recuperado de <https://www.mda.cinvestav.mx/FTP/EcologiaHumana/profesores/Fraga/KhafashyFraga2011.pdf>

Lastra-Bravo, X. et. al. (2015) *Las energías renovables en la actividad turística. Innovaciones hacia la sostenibilidad*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6724773.pdf>

Lines-Escardo, A. (2010) *Clima y cambio climático*. Recuperado de <https://www.divulgameteo.es/fotos/lecturas/Clima-CC-Lin%C3%A9s.pdf>

- López del Pino, S., Calderón, S. (2015) *UF1811 - Manejo de equipos de medida de contaminantes atmosféricos*. Recuperado de <https://es.scribd.com/book/424097799/UF1811-Manejo-de-equipos-de-medida-de-contaminantes-atmosfericos>
- Magaña, V. et. al. (2008) *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Recuperado de <https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2017/12/agua-y-clima.pdf>
- Magaña, V. & Neri, C. (2012) *Cambio climático y sequías en México*. Recuperado de [http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/63\\_4/PDF/sequiasMexico.pdf](http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/63_4/PDF/sequiasMexico.pdf)
- Martínez, J., Fernández-Bremauntz, A. (2004) *Cambio Climático: una visión desde México*. Recuperado de [http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca\\_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-\(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado.pdf](http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado.pdf)
- Meza-Villegas, J. (2018) *El carácter estratégico del agua en la producción del espacio turístico de la Riviera Maya. Una lectura desde el agenciamiento de desarrollo*. Recuperado de <http://ru.iiec.unam.mx/3808/>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (2014) *Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Guía resumida del Quinto Informe de evaluación del IPCC. Grupo de trabajo II*. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/guia-resumida-gt2-impactos-adaptacion-vulnerabilidad-ar5\\_tcm30-177778.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/guia-resumida-gt2-impactos-adaptacion-vulnerabilidad-ar5_tcm30-177778.pdf)
- Molina-González, A. et. al. (2017) Nuevo índice de consumo energético para hoteles tropicales. *Revista Energética*, (38) 3. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012017000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300005)
- NOAA (1995) *Reporte preliminar. Huracán Roxanne*. Recuperado de [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL191995\\_Roxanne.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL191995_Roxanne.pdf)
- NOAA (2005) *Reporte preliminar. Huracán Emily*. Recuperado de [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL052005\\_Emily.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL052005_Emily.pdf)
- NOAA (2007) *Reporte preliminar. Huracán Dean*. Recuperado de [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL042007\\_Dean.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL042007_Dean.pdf)

NOAA (2009) *Reporte preliminar. Huracán Dolly*. Recuperado de [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL042008\\_Dolly.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL042008_Dolly.pdf)

Olaiz-Fernandez, G. et. al. (2019) Panorama histórico de la enfermedad diarreica aguda en México y el futuro de su prevención. *Salud Pública de México*, (62) 1, 25-35. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/338105743\\_Panorama\\_historico\\_de\\_la\\_enfermedad\\_diarreica\\_aguda\\_en\\_Mexico\\_y\\_el\\_futuro\\_de\\_su\\_prevenccion](https://www.researchgate.net/publication/338105743_Panorama_historico_de_la_enfermedad_diarreica_aguda_en_Mexico_y_el_futuro_de_su_prevenccion)

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2019) *Boletín Anual de Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10127](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10127)

Organización Mundial del Turismo (OMT) (2007) *Hacer frente a los retos comunes: Consideraciones preliminares de la OMT*. Recuperado de [https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/2015/MGTS\\_02/Unidad3/003.pdf](https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/2015/MGTS_02/Unidad3/003.pdf)

Organización Panamericana de la Salud (OPS) & Organización Mundial de la Salud (OMS) (1998) *Cambio Climático y enfermedades infecciosas: Consecuencias del fenómeno el Niño*. Recuperado de <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/3496/fep002602.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortega-Gaucin, D. (2013) *Sequías: causas y efectos de un fenómeno global*. Recuperado de <https://agua.org.mx/biblioteca/sequia-causas-y-efectos-de-un-fenomeno-global-2>

Oswald, S. U. (2012) Vulnerabilidad social en eventos hidrometeorológicos extremos: Una comparación entre los huracanes Stan y Wilma. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, (12) 2, 125-146. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/654/65429255006.pdf>

Pabon, J. D. & Zea, J. & León, G. et.al. (s/f) *La atmósfera, el tiempo y el clima*. Departamento de Geociencias, Universidad de Colombia. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/medioambiente/cap3partel.pdf>

Palafox-Muñoz, A., Gutiérrez-Torres, A., (2013) Cambio climático y desarrollo turístico. Efecto de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas. *Investigación y Ciencia*, (21) 58, 36-46. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/674/67428815005.pdf>

Pardo-Buendía, M. (2007) *El impacto social del Cambio Climático*. Recuperado en [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10448/impacto\\_pardo\\_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10448/impacto_pardo_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Perez de la Fuente, G., Alcolado, P. (2009) *Sistema de monitoreo voluntario de alerta temprana en arrecifes coralinos de la Riviera Maya, México*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/265964992\\_Sistema\\_de\\_monitoreo\\_de\\_alerta\\_temprana\\_en\\_arrecifes\\_coralinos\\_de\\_la\\_Riviera\\_Maya\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/265964992_Sistema_de_monitoreo_de_alerta_temprana_en_arrecifes_coralinos_de_la_Riviera_Maya_Mexico)

Pozo, C., Armijo-Canto, N., Calmé, S. (2011) *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 1*. Recuperado de <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000050507>

Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) (2005) *Programa de Ciudadanía ambiental*. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/Ciudadaniaambientalglobal.pdf>

Pulido-Fernández, J. I., López-Sánchez, Y. (2014) Turismo y Cambio Climático. Propuesta de un Marco Estratégico de Acción. *Revista de Economía Mundial*, (36), 257-283. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/866/86632963010.pdf>

Rodríguez-Martínez, R., Van Tussenbroek, B., Jordán-Dahlgren, E. (2016) *Afluencia masiva de sargazo pelágico a la costa del Caribe Mexicano (2014-2015)*. Recuperado de [https://www.moceyaxcuxtal.org.mx/wp-content/uploads/2019/02/2016\\_Rodri%CC%81quez-Marti%CC%81nez-et-al\\_RedFan\\_-Afluencia-Sargazo-al-Caribe-Mex.pdf](https://www.moceyaxcuxtal.org.mx/wp-content/uploads/2019/02/2016_Rodri%CC%81quez-Marti%CC%81nez-et-al_RedFan_-Afluencia-Sargazo-al-Caribe-Mex.pdf)

Rosengaus-Moshinsky, M., Sánchez-Sesma, J. (1990) Gilbert: ejemplo de huracanes de gran intensidad. *Tecnología y Ciencia del Agua*. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/641/520>

Sabino, C. (1992) *El proceso de investigación*. Recuperado de <https://hormigonuno.files.wordpress.com/2010/10/el-proceso-de-investigacion-carlos-sabino.pdf>

Santacruz De León, E. E., Santacruz De León, G. (2020) Consumo de agua en establecimientos hoteleros de México. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, (29) 1, 120-136. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7192842>

Santos-Lacueva, R., Saladié, O. (2016) Acción pública en materia de turismo y cambio climático: las percepciones de los stakeholders en la Riviera Maya (México). *Pasos*, (14) 3, 611-630. Recuperado de [http://www.pasosonline.org/Publicados/14316/PS316\\_04.pdf](http://www.pasosonline.org/Publicados/14316/PS316_04.pdf)

Scharff, H., Gronert, R. – Propietario Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial (2015) *Documento guía sobre la reducción de las emisiones de gases de*

vertedero. Recuperado de

[https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guia\\_gas\\_vertederos/es\\_def/adjuntos/guia\\_gas\\_vertederos.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guia_gas_vertederos/es_def/adjuntos/guia_gas_vertederos.pdf)

Secretaría de Energía de México (SENER) (2017) *Programa Sectorial de Energía 2013-2018: Avance y Resultados 2017*. Recuperado de

[https://transparencia.energia.gob.mx/rendicion\\_cuentas/archivos/Resultados2017\\_PRONASE.pdf](https://transparencia.energia.gob.mx/rendicion_cuentas/archivos/Resultados2017_PRONASE.pdf)

SEMARNAT (2009) *Cambio Climático: Ciencia, evidencia y acciones*. Recuperado de

[https://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/CambioClimatico\\_SEMARNAT.pdf](https://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/CambioClimatico_SEMARNAT.pdf)

SEMARNAT (2012) *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Recuperado de

[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)

SEMARNAT (2016) *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018: Logros 2016*.

Recuperado de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros\\_PECC\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros_PECC_2016.pdf)

Secretaría de Salud de México (2020) *Panorama Epidemiológico de Dengue: Semana epidemiológica 37, 2020*. Recuperado de

<https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-dengue-2020>

Secretaría de Salud de México (2016) *Panorama Epidemiológico de Dengue, 2016*.

Recuperado de <https://www.gob.mx/salud/documentos/direccion-general-de-epidemiologia-panorama-epidemiologico-de-dengue-2016-semana-epidemiologica-51>

Secretaría de Salud de México (2018) *Avances y Retos para la Eliminación de la Malaria en México*. Recuperado de

<https://www.paho.org/es/documentos/reunion-con-jefes-programa-malaria-2018-avances-retos-para-eliminacion-malaria-mexico>

Secretaría de Turismo de México (SECTUR) (2014) *Programa Sectorial de Turismo*.

Recuperado de [http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/01/programa\\_turismo.pdf](http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/01/programa_turismo.pdf)

SECTUR (2017) *Estrategia para el Impulso y Desarrollo del Turismo de Naturaleza en México*.

Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/278215/ETNM\\_v3\\_oct17.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/278215/ETNM_v3_oct17.pdf)

SECTUR (2019) *Riviera Maya: El paraíso es para siempre. Guía del destino*. Recuperado de

<http://www.sectur.gob.mx/pdf/2017/07/31/GUIA-DE-RIVIERA-MAYA.PDF>

Tejada-Martínez, A., García-Cueto, R., Castillo-Pérez, N. (2010) *México ante el cambio climático: evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/233978259\\_Mexico\\_ante\\_el\\_cambio\\_climatico\\_evidencias\\_impactos\\_vulnerabilidad\\_y\\_adaptacion](https://www.researchgate.net/publication/233978259_Mexico_ante_el_cambio_climatico_evidencias_impactos_vulnerabilidad_y_adaptacion)

Trombottó, D., Wainstein, P., Arenson, L. (2014) *Guía Terminológica de la Geociología Sudamericana*. Recuperado de [http://globalcryospherewatch.org/reference/glossary\\_docs/Guia%20terminologica%20geociologia%20Sudamericana.pdf](http://globalcryospherewatch.org/reference/glossary_docs/Guia%20terminologica%20geociologia%20Sudamericana.pdf)

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1997) *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas*. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/spanish/cop3/kpspan.pdf>

UNFCCC (2004) *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Los diez primeros años*. Recuperado de [https://unfccc.int/resource/docs/publications/first\\_ten\\_years\\_sp.pdf](https://unfccc.int/resource/docs/publications/first_ten_years_sp.pdf)

UNFCCC (2015) *Acuerdo de París*. Recuperado de [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

Universidad de Quintana Roo (2013) *Estudio de Competitividad Turística del destino Riviera Maya*. Recuperado de <http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2015/02/PDF-Riviera-Maya.pdf>

Universidad de Quintana Roo (2017) *Diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad en salud ante el cambio climático del estado de Quintana Roo*. Recuperado de <https://qroo.gob.mx/sites/default/files/unisito2018/07/DIAGN%C3%93STICO%20Y%20EVALUACION%20DE%20LA%20VULNERABILIDAD%20EN%20SALUD%20ANTE%20EL%20CAMBIO%20CLIM%C3%81TICO%20DEL%20ESTADO%20DE%20QUINTANA%20ROO.pdf>

Useros-Fernández, J. L. (2012) *El cambio climático: Sus causas y efectos medioambientales*. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/23839/ARAMCV-2013-50-cambio-climatico.pdf;jsessionid=A0EB616B10EFDADC3B824022FBAD1726?sequence=1>

Vargas, E. et. al. (2011) *Gestión ambiental en el sector turístico mexicano. Efectos de la regulación en el desempeño hotelero. Cuadernos de Administración (42)*, 24, 183-204. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v24n42/v24n42a09.pdf>

Visit México (2016) *Riviera Maya: Mapas e Información turística*. Recuperado de <https://cedocvirtual.sectur.gob.mx/janium/Documentos/014591.pdf>

World Meteorological Organization (WMO) (2019) *Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019*. Recuperado de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10108](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10108)

World Wildlife Fund (WWF) (2010) *Impactos y vulnerabilidad al cambio climático en México*. Recuperado de [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/03\\_impactos\\_nacionales\\_e\\_internacionales\\_d\\_el\\_cambio\\_climatico.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/03_impactos_nacionales_e_internacionales_d_el_cambio_climatico.pdf)

WWF (2015) *Iniciativa por un Turismo Bajo en Carbono para Quintana Roo: Estructura, líneas de acción y proyectos*. Recuperado de [http://www.ccpy.gob.mx/archivos/documentos-agendas/tmp\\_201507173923.pdf](http://www.ccpy.gob.mx/archivos/documentos-agendas/tmp_201507173923.pdf)

#### Sitios Oficiales

Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA). *Earth Observatory: Snow Cover*. Recuperado de [https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD10C1\\_M\\_SNOW](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD10C1_M_SNOW)

ADAPTUR. *¿Qué es AbE?* Recuperado de <https://adaptur.mx/ejemplos-abe.html>

Advancing Earth and Space Science. *Radiative forcing by long-lived greenhouse gases*. Recuperado de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2008jd009944>

Agencia EFE México (11 de enero de 2019). *El 2% de los mexicanos sufre enfermedades respiratorias por cambio climático*. Recuperado de <https://www.efe.com/efe/america/mexico/el-2-de-los-mexicanos-sufre-enfermedades-respiratorias-por-cambio-climatico/50000545-3864471>

Agencia EFE. México (21 de diciembre de 2017). *El cambio climático puede facilitar el contagio de enfermedades infecciosas*. Recuperado de <https://www.efe.com/efe/america/mexico/el-cambio-climatico-puede-facilitar-contagio-de-enfermedades-infecciosas/50000545-3474005>

Alianza Clima y Desarrollo. *América Latina y el Caribe*. Recuperado de [https://cdkn.org/2014/10/opinion-el-quinto-informe-de-evaluacion-del-ipcc-que-significa-para-el-caribe/?loclang=es\\_es](https://cdkn.org/2014/10/opinion-el-quinto-informe-de-evaluacion-del-ipcc-que-significa-para-el-caribe/?loclang=es_es)

Antón, D., Pascual, V. (26 de abril de 2017) *Malaria y cambio climático: una difícil relación*. Ciencias Ambientales. Recuperado de <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/malaria-cambio-climatico-dificil-relacion-14183>

Archivo CEPAL. *Huracán Emily*. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20131014171827/http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/5/23265/Parte%20-%20pags%2011-20.pdf>

Archivo de NASA . *Aqua Project Science*. Recuperado de [https://web.archive.org/web/20090912191715/http://aqua.nasa.gov/about/instrument\\_modis.php](https://web.archive.org/web/20090912191715/http://aqua.nasa.gov/about/instrument_modis.php)

Banco Mundial. *Emisiones de CO2 del consumo de combustible gaseoso*. Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.GF.KT?locations=EU>

Banco Mundial. *Sección: Qué hacemos: Proyectos y operaciones*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/results/2018/07/25/promover-la-adaptacion-en-mexico>

Blue Flag. *Nosotros*. Recuperado de <http://www.blueflagmexico.org/programa.php>

British Broadcasting Corporation (BBC) (23 de diciembre de 2019) *Noticias Internacionales: Cambio climático: los gráficos animados que muestran los 15 países que más CO2 emitieron en los últimos 20 años*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-50811389>

Carbon Dioxide Information Analysis Center. *Ranking of the world's countries by 2014*. Recuperado de <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/top2014.tot>

Comisión Nacional de Agua de México. *Servicio Meteorológico Nacional*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2005.pdf>

Díaz, V. (26 de noviembre de 2019) *Quintana Roo prevé cerrar el año con un flujo de 23 millones de visitantes*. "El Economista" Sección Estados. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/estados/Quintana-Roo-preve-cerrar-el-ano-con-un-flujo-de-23-millones-de-visitantes-20191126-0006.html>

EcuRed (30 de septiembre de 2019) *Huracán Gilbert*. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Hurac%C3%A1n\\_Gilbert#Da.C3.B1os\\_y\\_p.C3.A9rdidas](https://www.ecured.cu/Hurac%C3%A1n_Gilbert#Da.C3.B1os_y_p.C3.A9rdidas)

EcuRed. *Página Dinoflagelados*. Recuperados de <https://www.ecured.cu/Dinoflagelados>

Excursiones Riviera Maya. *Ciudades que conforman la Riviera Maya*. Recuperado de <https://www.excursionesrivieramaya.es/ciudades-conforman-riviera-maya>

Foro de la Industria Nuclear Española. *Energía Nuclear*. Recuperado de <https://www.foronuclear.org/minisite/energia2011/cap.9/09.01.htm?ml=1&iframe=1>

GeoFix. *Geotubos*. Recuperado de <http://www.geofixsl.com/?ids=336>

Gobierno del Estado de Quintana Roo. *Secretaría de Educación*. Recuperado de <https://qroo.gob.mx/seq/mision-y-vision>

Gobierno del Estado de Quintana Roo. Secretaría de Educación. *Ley de Educación*. Recuperado de <https://qroo.gob.mx/seq/ley-de-educacion-del-estado-de-quintana-roo>

Gobierno del Estado de Quintana Roo. *Secretaría de Turismo*. Recuperado de <http://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/COMO-VAMOS-201912.pdf>

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción pesquera por estado*. Recuperado de [http://www.campomexicano.gob.mx/raw\\_pesca\\_gobmx/seccionar.php](http://www.campomexicano.gob.mx/raw_pesca_gobmx/seccionar.php)

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *Monitoreo de Sequías*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico#:~:text=El%20Monitor%20de%20Sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico%20consta%20de%20un%20Reporte,de%20la%20contabilidad%20de%20municipios>

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *CENAPRED*. Recuperado de [http://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_SERVICIOS\\_TECNICOS/SANI/PAT/2018/3er%20trimestre%202018/2832%20DI/12983/RH/Actividad%2033 Acciones%20de%20capacitaci%C3%B3n%20y%20difusi%C3%B3n julio/180713 RH Blog%20Can%C3%ADcula.pdf](http://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2018/3er%20trimestre%202018/2832%20DI/12983/RH/Actividad%2033 Acciones%20de%20capacitaci%C3%B3n%20y%20difusi%C3%B3n julio/180713 RH Blog%20Can%C3%ADcula.pdf)

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *México ante el Cambio Climático*. Recuperado de <https://cambioclimatico.gob.mx/el-cambio-climatico-y-sus-impactos-en-la-salud-humana>

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas*. Recuperado de <https://www.gob.mx/inpi/articulos/cenotes-un-paraiso-bajo-el-agua#:~:text=Cenote%20es%20un%20t%C3%A9rmino%20que,de%20comuni%C3%B3n%20los%20dioses>

Gobierno Nacional de los Estados Unidos Mexicanos. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Recuperado de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/conservacion-de-ecosistemas-y-adaptacion-al-cambio-climatico>

GreenFacts. *Desertificación*. Recuperado de <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion/l-2/1-definicion-desertificacion-desertizacion.htm>

Híbridos y Eléctricos. *Estudio de hibridación en aviones*. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/aviones-hibridos-compromiso-vuelos-comerciales-medioambiente/20190328130613026623.html>

Holcombe, M., Gray, J., Judson & J. (7 de octubre de 2020) *Huracanes: El huracán Delta toca tierra en la península de Yucatán, México*. CNN Español Recuperado de <https://cnnespanol.cnn.com/2020/10/07/huracan-delta-es-extremadamente-peligroso-mientras-se-acerca-a-mexico-y-estados-unidos>

Hotten, R. (11 de mayo de 2019) *Noticias del mundo: 3 innovaciones para que los aviones contaminen menos*. BBC Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48238334>

IKI Alliance México. *Sección Adaptación: ADAPTUR*. Recuperado de <https://iki-alliance.mx/portafolio/adaptacion-al-cambio-climatico-basada-ecosistemas-sector-turismo>

Iluminet. *Sección Verde: Eficiencia Energética*. Recuperado de <https://www.iluminet.com/bonos-de-carbono-mexico>

Info Rural. Carrusel (4 de abril de 2019) *En picada producción pesquera en Q. Roo en los últimos siete años*. Recuperado de <https://www.inforural.com.mx/en-picada-produccion-pesquera-en-q-roo-en-los-ultimos-siete-anos>

Infobae. Sección México (3 de febrero de 2020) *El fracaso ambiental de México: es el país de América Latina que emite más CO2*. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/02/03/el-fracaso-ambiental-de-mexico-es-el-pais-de-america-latina-que-emite-mas-co2/>

iProfesional. Sección Economía (5 de mayo de 2011) *Riviera Maya busca ir más allá del turismo, ¿cuál es su nueva apuesta?*. Recuperado de <https://www.iprofesional.com/notas/115568--Riviera-Maya-busca-ir-mas-alla-del-turismo-cual-es-su-nueva-apuesta>

Meteored. Noticias y ciencia. Recuperado de <https://www.meteored.mx/noticias/divulgacion/los-eventos-norte-en-el-golfo-de-mexico.html>

La Energía del Cambio. Sección: Entorno. Recuperado de <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta>

La Nación (7 de octubre de 2020) *México: Delta, el huracán más poderoso en 15 años, golpea cerca de Cancún*. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/mexico-huracan-delta-se-debilito-ligeramente-ciclon-nid2472414>

La Nueva España (22 de agosto de 2007) *El huracán «Dean» pierde fuerza después de impactar con la península de Yucatán*. Recuperado de <https://www.lne.es/sucesos/1737/huracan-dean-pierde-fuerza-despues-impactar-peninsula-yucatan/550380.html>

Marca. Trending: Nuevo huracán 2020 (8 de octubre de 2020) *Huracán Delta: Así fue el paso y la trayectoria por Cancún, Quintana Roo y Yucatán*. Recuperado de <https://www.marca.com/claro-mx/trending/2020/10/07/5f7df32746163fea388b4632.html>

MARTI. Sección: Nuestro trabajo. Recuperado de <https://mesoamericanreef.org/es/our-work/marti-helps-hotels-leave-a-lighter-and-greener-footprint/>

Mascaró-Puntí, E. (14 de julio de 2019) *Los tres retos de Cancún*. Hosteltur edición España Recuperado de [https://www.hosteltur.com/129858\\_los-tres-retos-de-cancun.html](https://www.hosteltur.com/129858_los-tres-retos-de-cancun.html)

México desconocido. *Akumal & Xpu-Ha*. Recuperado de <https://www.mexicodesconocido.com.mx/akumal-y-xpu-ha-dos-playas-sensacionales-en-la-riviera-maya.html>

Ministerio del Ambiente de Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/indcs/que-son-las-contribuciones-nacionales/#:~:text=Las%20Contribuciones%20Previstas%20y%20Determinadas,exceder%20os%202%20grados%20cent%C3%ADgrados>

Mundo HVACR. *Sectores de la industria*. Recuperado de <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/06/uso-eficiente-de-energia-electrica-en-el-sector-ho>

Naciones Unidas . *Crónicas ONU*. Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-cambio-climatico-y-la-malaria-una-relacion-compleja>

Naciones Unidas. *Cambio Climático*. Recuperado de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>.

NASA. *Vital Signs of the planet. Carbon Dioxide*. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide>

NASA. *Vital Signs of the planet. Global Temperature*. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature>

NASA. *Vital Signs of the planet. Sea Level*. Recuperado de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level>

National Geographic en español. Descargas. (s/f) *El cambio climático precipita el aumento del dengue*. Recuperado de <https://www.ngenespanol.com/fotografia/cambio-climatico-precipita-aumento-del-dengue>

National Snow and Ice Data Center. *State of the Cryosphere*. Recuperado de [https://nsidc.org/cryosphere/sotc/snow\\_extent.html](https://nsidc.org/cryosphere/sotc/snow_extent.html)

NOAA. Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL). *Ocean Acidification*. Recuperado de <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F>

NOAA. *Hurricanes in History*. Recuperado de <https://www.nhc.noaa.gov/outreach/history/#gilbert>

Noticias ONU. Cambio climático y medioambiente (26 de julio de 2019) *Las olas de calor tienen la firma del cambio climático*. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2019/07/1459821>

Noticias ONU. Reportajes (18 de septiembre de 2013) *La acidificación en el Mar Caribe*  
Recuperado de <https://news.un.org/es/audio/2013/09/1402671>

Novedades de Quintana Roo (3 de agosto de 2019) *El 99.7% del territorio de Quintana Roo, afectado por sequía*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades/sequia-afectacion-territorio-quintana-roo-ganaderos-agricultura-chetumal-340315.html>

Novedades de Quintana Roo (25 de julio de 2016) *Cuatro especies marinas registran deterioro*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades/cuatro-especies-marinas-registran-deterioro-pescadores-capacitacion-ecosistema-plan-manejo-cancun-215066.html>

Ocean Service. *Traducción de NOAA*. Recuperado de [https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/facts/Blanqueamiento-de-corales\\_NOAA%20traducida-por-DRNA.pdf](https://aamboceanservice.blob.core.windows.net/oceanservice-prod/facts/Blanqueamiento-de-corales_NOAA%20traducida-por-DRNA.pdf)

Palma, J. A (9 de abril de 2020) *Se declara oficialmente la sequía en la península de Yucatán*. Meteored. Noticias - Actualidad. Recuperado de <https://www.meteored.mx/noticias/actualidad/se-declara-oficialmente-la-sequia-en-la-peninsula-de-yucatan.html#:~:text=Finalmente%2C%20Quintana%20Roo%20registra%20sequ%C3%ADa,y%2019.7%25%20no%20presenta%20afectaci%C3%B3n.&text=En%20total%20son%2070%20municipios.en%20Quintana%20Roo%20sobresalen%202>

Parlamento Europeo. *Emisiones de gases de efecto invernadero por país y sector*. Recuperado de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Centro de prensa: Sargazo y Cambio Climático en el Caribe*. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/presscenter/articles/2015/12/10/sargassum-and-climate-change-in-the-caribbean.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *México: Objetivo 13: "Acción por el clima"*. Recuperado de <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/post-2015/sdg-overview/goal-13.html>

Real Academia Española. *Aragonito*. Recuperado de <https://dle.rae.es/aragonito>

Sala de Prensa de la FAO (2006). Recuperado de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>

Sánchez-Jiménez, N. (8 de abril de 2020) *Gráfica: abrupto crecimiento de enfermedades respiratorias no diagnosticadas como Covid-19 en plena pandemia en México*. Infobae México. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/04/08/grafica-abrupto-crecimiento-de-enfermedades-respiratorias-no-diagnosticadas-como-covid-19-en-plena-pandemia-en-mexico/>

Tierras Mayas: Wiki - México. Recuperado de <https://tierrasmayas.com/el-arrecife-mesoamericano>

Torres, Y. (15 de febrero de 2016) *AMIS contempla elevar montos de seguros para hoteles*. *El Financiero* Sección: Economía. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/amis-contempla-elevar-montos-de-seguros-para-hoteles>

Tren Maya. Recuperado de <https://www.trenmaya.gob.mx/trazo>

Turquesa News. Sección Quintana Roo (4 de junio de 2019) *Listo Quintana Roo ante temporada de huracanes 2019*. Recuperado de <https://turquesanews.mx/quintana-roo/listo-quintana-roo-ante-temporada-de-huracanes-2019>

UNFCCC. *The Convention*. Recuperado de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>

UNFCCC. *Introduction to Mitigation*. Recuperado de <https://unfccc.int/topics/mitigation/the-big-picture/introduction-to-mitigation>

UNFCCC. *Acuerdo de París*. Recuperado de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>

UNFCCC. *Acuerdo histórico sobre el cambio climático en París*. Recuperado de <https://unfccc.int/es/news/final-cop21>

UNFCCC. *¿Qué es el Acuerdo de París?* Recuperado de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>

United States Environmental Protection Agency. *Greenhouse Gas Emissions*. Recuperado de <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Country>

Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Sanchez - Salinas (2017) *Implicaciones del cambio climático en la salud humana*. Recuperado de <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/297/817>

Varela, J. L. (2014) *Principales indicadores del estado*. Recuperado de <https://realestatemarket.com.mx/capital-markets/14007-principales-indicadores-del-estado>

World Meteorological Organization. *Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global*. Recuperado de <https://community.wmo.int/activity-areas/gaw>

Xcaret. Recuperado de <https://www.xcaret.com/es/acerca-de-xcaret>