



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio
de las personas
y las naciones

Evaluación de los efectos del cambio climático en el sector turismo en México

Informe Final

2017

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por:

Alejandro Islas Camargo

Serie

2

Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: Alejandro Islas Camargo.

Citar como:

PNUD México-INECC. 2017. *Evaluación de los efectos del cambio climático en el sector turismo en México*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 85 pp. Alejandro Islas Camargo. México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

Contenido

Contenido	3
1. Resumen Ejecutivo	6
2. Presentación	8
3. Introducción	10
4. Revisión de la literatura	15
4.1 Cambios físicos	19
4.2 Índice de clima	21
4.3 Demanda de turismo	23
5. Modelo para la demanda de turismo en México	28
5.1 Las variables	28
5.2 El modelo	30
6. Resultados de la estimación	32
6.1 Estimación de la demanda por estados.	36
7. Pronóstico del costo debido al cambio climático	40
7.1 Escenarios de cambio climático para el área de estudio.	41
7.2 Pronósticos nacionales	43
7.3 Pronósticos por estados	49
7.3.1 Quintana Roo	49
7.3.2 Baja California Sur.	51
7.3.3 Sinaloa	53
7.3.4 Colima	54
4.3.1 Oaxaca	56
4.3.2 Veracruz	58
4.3.3 Guerrero	59
4.3.4 Jalisco	61
8. Conclusiones y recomendaciones	64
9. Bibliografía	65
10. Anexos	70
10.1 Anexo A. Pruebas sobre los residuales de los modelos estimados para los estados.	70
10.2 Anexo B. Series de tiempo de los escenarios de cambio climático para los estados	71

10.3	Anexo C. Descripción de las bases de datos	76
10.3.1	Nombres de las variables	76
10.3.2	Base de datos nacional con información trimestral: "NAC_TRIM"	77
10.3.3	Base de datos estatal con información mensual: "MENSUALESESTADOS"	79
10.3.4	Base de datos de los escenarios a nivel nacional con periodicidad mensual: "ESC_NAC_MES"	83
10.3.5	Base de datos de los escenarios a nivel nacional, con periodicidad trimestral: "ESC_NAC_TRIM"	83
10.3.6	Base de datos de los escenarios a nivel estatal, con periodicidad mensual: "ESC_ESTADOS_MES"	83

Lista de Tablas

Tabla 3-1	Principales efectos del cambio climático e implicaciones para destinos turísticos ..	12
Tabla 4-1	Determinantes económicos de la demanda de turismo.	17
Tabla 6-1	Resumen de la información utilizada para estudiar los efectos del cambio climático en la demanda de turismo hacia México durante el período de 1980-I a 2015-IV.....	32
Tabla 6-2	Estimación de la demanda de turismo a nivel nacional. Datos trimestrales durante el periodo que comprende 1980-I a 2015-IV.....	34
Tabla 6-3	Estimación de la demanda de turismo a nivel estatal. Datos mensuales durante el periodo que comprende 2012-1 a 2015-12.....	38
Tabla 7-1	Proyección del cambio en la temperatura media global del aire en la superficie para mediados y finales del siglo XXI en relación con el periodo de referencia 1985-2005.....	41
Tabla 7-2	Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SRES.....	44
Tabla 7-3	Valor presente de la ganancia acumulada en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los a los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SSP.	46
Tabla 7-4	Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SSP.....	48
Tabla 7-5	Quintana Roo: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	50
Tabla 7-6	Baja California Sur: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5Tabla 11.....	52
Tabla 7-7	Sinaloa: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	53
Tabla 7-8	Colima: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	55
Tabla 7-9	Oaxaca: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	57
Tabla 7-10	Veracruz: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	58
Tabla 7-11	Guerrero: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.....	60
Tabla 7-12	Jalisco: Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.	62
Tabla 10-1	Tabla A1. Pruebas sobre los residuos de los modelos estimados para los estados.	70

Lista de Figuras

Figura 3-1 Principales actividades generadoras de divisas.....	11
Figura 5-1 Temperatura anual promedio nacional y su tendencia.....	30
Figura 5-2 Precipitación anual acumulada nacional y su tendencia.....	31
Figura 6-1 Logaritmo natural del gasto del turismo de internación hacia México a precios de 2010 (US\$). Datos trimestrales durante el periodo de 1980-I a 2015-IV.....	33
Figura 6-2 Estimadores secuenciales de los parámetros de la demanda de turismo.....	35
Figura 6-3 Intensidad de turismo de internación por estado durante los años de 2012 a 2015.....	37
Figura 7-1 Series de temperatura media y precipitación acumulada con datos observados para el clima presente (1980-I a 2015-IV), histórico de referencia (1985-I a 2005-IV) y futuro (2016-I a 2100-IV).....	42
Figura 7-2. Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley, y en el escenario A2-SRES del PIB de Estados Unidos.....	45
Figura 7-3 Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley con el escenario SSP del PIB de Estados Unidos.....	47
Figura 7-4 Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	48
Figura 7-5 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Quintana Roo en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	51
Figura 7-6 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Baja California Sur en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	52
Figura 7-7 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Sinaloa en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	54
Figura 7-8 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Colima en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	55
Figura 7-9 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Oaxaca en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	57
Figura 7-10 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Veracruz en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	59
Figura 7-11 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Guerrero en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	60
Figura 7-12 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Guerrero en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.....	61
Figura 7-13 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Jalisco en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Max-Planck Institute.....	63
Figura 7-14 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Jalisco en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Max-Planck Institute.....	63
Figura 10-1 Figura B1. Series de la temperatura media y precipitación acumulada de datos observados para el clima presente (1980-I a 2015-IV), histórico de referencia (1985-I a 2005-IV) y futuro (2016-I a 2100-IV). Se presentan los datos a futuro del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Met Office Hadley, IPSL-CM5 y del Max-Planck Institute. Series de los escenarios RCP2.6 y RCP8.5, para los estados de Baja California Sur (BCS), Colima (COL),	

Guerrero (GRO), Jalisco (JAL), Oaxaca (OAX), Quintana Roo (ROO), Sinaloa (SIN) y Veracruz (VER).....	71
--	----

1. Resumen Ejecutivo

El propósito de este informe es evaluar el impacto económico del cambio climático en la demanda de turismo de internación a nivel nacional y para cada uno de los ocho estados que, en conjunto, han recibido el 72% de estos turistas durante los últimos cuatro años: Quintana Roo, Baja California Sur, Jalisco, Sinaloa, Colima, Oaxaca, Guerrero y Veracruz. Es importante enfatizar que desde esta perspectiva, el análisis se concentra en los turistas y no en las condiciones físicas del sector. Se desarrollan estimaciones de impacto económico debido al cambio climático que se tendría en ausencia de acciones de adaptación.

Para ser válida, una estimación del impacto económico del cambio climático debe estar relacionada con un escenario específico de cambio climático. Sin embargo, los cambios futuros en el clima, tanto a nivel nacional, como en cada uno de los ocho estados considerados, son inciertos. Para considerar esta incertidumbre se especifican dos escenarios de cambio climático que contemplan los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI: un escenario en el que los esfuerzos de mitigación conducen a un nivel de forzamiento radiativo muy bajo (RCP2.6) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de Gas de Efecto Invernadero (RCP8.5).

El cambio climático tiene numerosas consecuencias que pueden tener impactos económicos. Los impactos provocados por el cambio climático se resumen en la sección 5 del documento y se expresan como impactos en la economía actual (de 2015) a pesar de que el cambio climático ocurrirá gradualmente durante los siguientes 50 a 80 años. Ésta es una práctica estándar en la literatura sobre el tema.

Las estimaciones obtenidas del impacto económico asociado con el cambio climático se deben usar con mucho cuidado, porque no reflejan las posibles estrategias de adaptación a dicho cambio y porque en la base de datos utilizada en el estudio no se puede distinguir entre los viajes por negocio, por ocio, y los realizados por viajeros que visitan a familiares o amigos. Es probable que la estimación de la demanda de turismo con información proveniente de dicha base de datos tenga cierto sesgo, pues al no poderse distinguir entre los diferentes motivos del viaje, se supone que los viajes de negocio y los de viajeros que visitan a familiares y amigos son independientes, por ejemplo, de motivos relacionados con el cambio climático.

Los resultados indican que el turismo es un bien de lujo, puesto que la elasticidad ingreso de la demanda a nivel nacional es mayor que uno, por lo que se consideraron dos escenarios del PIB de Estados Unidos para estimar los costos económicos: uno de crecimiento lento en todo el horizonte de pronóstico y otro con crecimiento rápido hasta el tercer cuarto del siglo XXI y una estrepitosa caída en el último cuarto del siglo.

A nivel nacional, si se considera una combinación de bajos ingresos de los turistas de internación y los escenarios RCP8.5 y RCP2.6, el costo acumulado en el año 2100 es de USD\$ 284,408,157

y de USD\$ 317,664,815, respectivamente. Si se da una combinación de ingresos altos de los turistas y los mismos escenarios, se tiene una ganancia acumulada en el año 2100 de USD\$ 397,272,711 y de USD\$ 333,731,369, respectivamente. Por otra parte, los efectos del cambio climático, “ceteris paribus”, provocan una pérdida promedio estimada de USD\$ 39,703,329 en el escenario RCP2.6 y una ganancia promedio estimada de USD\$ 17,4747,813 en el escenario RCP8.5.

A nivel estatal, sólo el estado de Jalisco presenta ganancias acumuladas en el año 2075 de USD\$ 52,418,427 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 2,074,792 en el escenario RCP2.6. El resto de los ocho estados presentan pérdidas, que acumuladas al año 2100, en conjunto ascienden a USD\$ 128,371,908 en el escenario RCP8.5 y a USD\$ 52,681,582 en el escenario RCP2.6

Estas estimaciones son útiles como punto de partida para la identificación y evaluación de posibles medidas de adaptación. Las medidas de adaptación pueden ser planificadas, por ejemplo, para desarrollar infraestructura en zonas en donde el efecto de cambio climático sea menor, o para promover destinos que pudieran considerarse inelásticos, puesto que se perciben como bienes únicos. Como ejemplo de estos, se tienen los sitios arqueológicos y los de condiciones culturales, pues los turistas que visitan estos lugares son insensibles al clima.

La adaptación al cambio climático es posible y, de hecho, es inevitable hacerlo. Además, las medidas de adaptación deberían implementarse donde cuesten menos que el daño producido por el cambio climático. Por lo tanto, el costo económico debería ser sustancialmente menor que la estimación alta del impacto económico, en ausencia de acciones de adaptación.

2. Presentación

En la actualidad, el planeta está teniendo diversas formas de cambios sociales, económicos, políticos y naturales a nivel mundial. Entre estos cambios, el climático además de plantear un desafío para la humanidad, pues afecta todos los aspectos de la vida humana, incluida la economía mundial, también se ha convertido en un problema global de medio ambiente. La mayoría de los gobiernos y hombres de ciencia del mundo han reconocido que el cambio climático es un problema social y ambiental grave con el que se enfrenta la población mundial y sus recursos. Entre los sectores de la economía que podrían afectarse gravemente por este fenómeno se encuentra el sector turismo, debido a que el clima es un factor altamente significativo que afecta no sólo a la infraestructura, sino también a la demanda del turismo, por su influencia sobre la viabilidad del desarrollo económico de los destinos y actividades turísticas.

El clima también influye en el comportamiento del flujo de turismo y en todas las actividades indirectas que se relacionan con éste. Sin embargo, a pesar de la importancia de este sector en la economía mundial y en casi la de cualquier país, la investigación sobre los efectos económicos del cambio climático en dicho sector, recientemente es que ha cobrado importancia.

El turismo ya no es considerado como en el pasado. Su rápido desarrollo, junto con los cambios en la estructura social y de conciencia ambiental ha derivado en una visión diferente del mismo. Hoy en día, los costos y beneficios del turismo para la economía y el medio ambiente se discuten en todo el mundo. Por esta razón es necesario impulsar su desarrollo, siempre y cuando el impacto económico beneficie a la población en la que se establece, principalmente en la forma de empleos e ingresos y sólo mientras estos beneficios sean sustentables, de manera que no afecten la calidad de vida local en el futuro.

El turismo, además de ser uno de los sectores fundamentales en la economía de la mayoría de los países, está intrínsecamente vinculado con el desarrollo económico de las comunidades en donde se establece. La redistribución de los flujos de turistas debida al cambio climático podría afectar negativamente a los países y regiones que dependen en gran medida de los ingresos del sector. Para la economía mexicana, es uno de los sectores e impulsor primordiales del desarrollo regional. Tomando en cuenta la importancia del turismo en México para lograr un crecimiento del Producto Interno Bruto, generar empleos, incrementar las exportaciones, y en general, lograr progreso y desarrollo regional, es imprescindible estudiar los posibles efectos del cambio climático y sus consecuencias de largo plazo sobre el turismo.

Debido a lo anterior, cada vez se realizan mayores esfuerzos de distintas instituciones cuyo objetivo es establecer una agenda de investigación para evaluar el impacto económico del cambio climático sobre diferentes sectores de la economía. En este sentido, el Programa de las Naciones

Unidas para el Desarrollo, emitió los términos de referencia del proyecto: “Evaluación de los efectos del cambio climático en el sector turismo en México”, que tiene como objetivo general realizar un análisis sobre los efectos del cambio climático en el sector turismo en México.

Para lograr dicho objetivo, se requiere cumplir con los siguientes objetivos específicos: 1) revisar y proponer una actualización de la metodología para la estimación del impacto económico del cambio climático en el sector turismo tanto a nivel nacional como estatal en México; 2) construcción de modelos estadísticos-econométricos que relacionen el sector turismo en México (a nivel país y estatal) con variables de clima, tomando en cuenta los efectos de variables socioeconómicas relevantes; 3) producir estimaciones de los costos de cambio climático para el sector turismo a nivel país y estatal para cuatro escenarios, que serán provistos a los consultores (uno de referencia y tres de política); 4) si el consultor decidiera utilizar estimaciones ya existentes de los impactos físicos de cambio climático para complementar su estudio, deberá proveer una valuación económica de las mismas; 5) generar las primeras estimaciones de referencia para el país, que permitan la calibración de modelos con el fin de evaluar los costos de cambio climático y la conveniencia de estrategias de mitigación para enfrentarlo.

3. Introducción

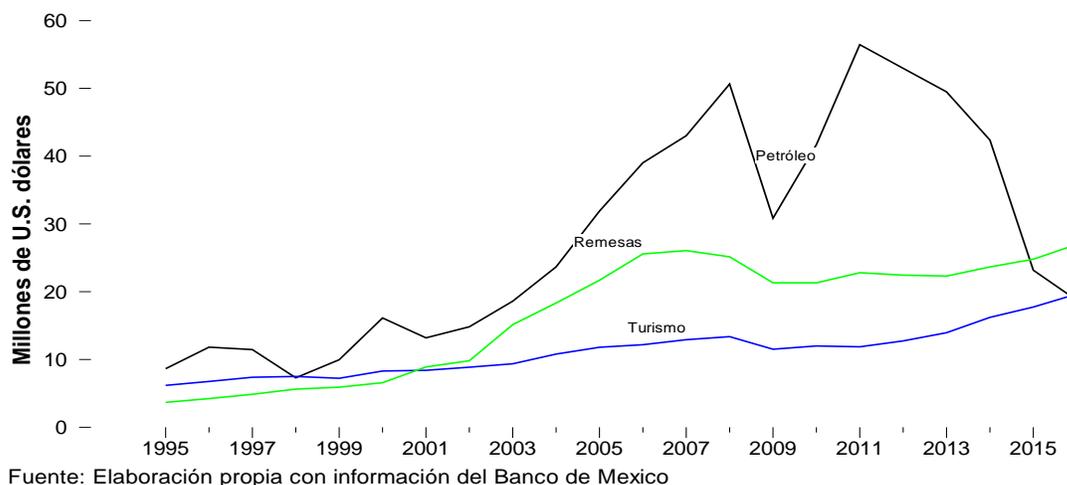
Sin duda alguna, el turismo se ha convertido en la industria más grande del mundo. Según la Organización Mundial de Turismo (ONU-OMT), el número de turistas internacionales se ha incrementado de 25 millones de arribos en 1950 a 1,235 millones en 2016, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual promedio de aproximadamente 6%. De acuerdo con el Consejo Mundial de Viajes y Turismo (WTTC), éste representa el 10.2% del PIB mundial y la contribución directa del sector de Viajes y Turismo al PIB mundial creció un 3.1% en 2016, lo que representa mayor crecimiento que el de la economía mundial en su conjunto, la cual creció un 2.5%. Esto significa que durante seis años consecutivos el crecimiento del sector de Viajes y Turismo superó el crecimiento de la economía global. Por otra parte, la contribución directa del sector de Viajes y Turismo al empleo aumentó un 1.8% en 2016, lo que significa que aproximadamente 2 millones de empleos netos adicionales se generaron directamente por este sector, y un total de aproximadamente 6 millones de nuevos empleos se crearon como resultado de la actividad total directa del sector. Esto significa que aproximadamente 1 de cada 5 nuevos empleos creados a nivel mundial en 2016 están vinculados con el sector de Viajes y Turismo (WTTC, 2017).

El turismo internacional favorece la actividad de un gran número de sectores económicos e indirectamente la explotación de los servicios. Por ello, constituye un sector estratégico para el crecimiento de la economía en casi todos los países, sobre todo en la de países emergentes. En 2015, el Producto Interno Bruto del sector turístico mexicano representó 8.7% del PIB nacional y, de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la actividad turística en México registró una variación de 3.6% con respecto a 2014, mientras que el PIB nacional creció 2.6%. De acuerdo con datos de SECTUR (2015), la llegada de turistas internacionales a México aumentó de 12.9 millones en 1980 a 32.1 millones en 2015. Estos turistas generaron una derrama económica por \$2,065 millones de dólares en 1980, mientras que dicha derrama fue de \$15,825 millones de dólares en 2015. El turismo internacional está asociado con el número de empleos que se generan en el país. Al respecto, según datos de la SECTUR, en el 2015 se emplearon 3.8 millones de personas y los empleos generados representan el 8.3% del total a nivel nacional.

En México, el sector turismo ha crecido, convirtiendo al país en uno de los destinos turísticos más importantes del mundo. De acuerdo con datos del Barómetro de la OMT, en 2016 México ocupó el octavo lugar a nivel mundial en cuanto al número de turistas que arribaron al país, mientras que al considerar los ingresos de divisas por turismo, éste alcanza el lugar número 14. En 2016 se generaron US\$ 19,645 millones de ingresos directos en divisas por turismo internacional, lo cual significa que este sector es la tercera fuente de divisas, detrás de las exportaciones de petróleo y de las remesas de los emigrantes. La Figura 1 presenta los ingresos en divisas por turismo que, salvo el periodo de 2005-2010, han mostrado una clara tendencia creciente: 12% en el periodo 1990-1995, 34% en 1995-2000, 42% en 2000-2005, 1.5% en 2005-2010 y 48% en 2010-2015. Además del valor del sector turismo en México por los ingresos de

divisas, un estudio elaborado por SECTUR, mediante el análisis de matrices insumo-producto, determinó que el sector turismo genera beneficios al resto de los sectores, de manera que de no existir, los ingresos de la economía mexicana tendrían una caída de aproximadamente el 14%, de 10% en el valor agregado de la producción nacional y de 14% en el empleo (SECTUR, 2016).

Figura 3-1 Principales actividades generadoras de divisas



Según Braun *et al.* (1999), los factores ambientales son componentes claves a la hora de elegir un destino para vacacionar. Existe suficiente evidencia científica que demuestra que el clima seguirá cambiando durante el siglo en curso a tasas de crecimiento sin precedente (Solomon *et al.*, 2007).

Las variaciones futuras en la temperatura y otros aspectos asociados con el cambio climático tendrán efectos diferenciados en las regiones del mundo y el turismo puede verse afectado de diversas maneras. La pérdida de playas, arrecifes de coral y ecosistemas forestales reduce el flujo de turistas y hace menos atractivo el destino turístico para vacacionar. La infraestructura turística se podría perder a causa de la elevación del nivel del mar, tormentas y daños causados por huracanes más frecuentes y más intensos. Los daños por huracanes o inundaciones podrían perturbar temporalmente el flujo de viajeros. La Tabla 1 muestra los principales impactos del cambio climático y las implicaciones para los destinos turísticos. Es muy probable que la mayoría de estos efectos directos del cambio climático y los efectos indirectos subsecuentes, tengan una fuerte repercusión en México, porque posee características geográficas que lo colocan como uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático. Su localización entre dos océanos, su latitud y relieves, lo hacen estar particularmente expuesto a diferentes fenómenos hidrometeorológicos extremos.

A pesar del valor económico del sector de Viajes y Turismo, sorprende la poca atención que ha tenido en la literatura de cambio climático, sobre todo cuando se compara con sectores de menor importancia económica, por ejemplo el agrícola, que de acuerdo con CIA (2017) representa el 6.3% del PIB mundial. Sin importar la razón, ya sea a través de los efectos directos del cambio

climático, como el aumento en la temperatura y la precipitación pluvial, o mediante efectos secundarios, como otros cambios ambientales, el cambio en el crecimiento del PIB y los cambios en el tamaño de la población mundial, se espera que el comportamiento temporal y espacial del flujo de turistas internacionales tenga que ajustarse. En la literatura se distinguen tres enfoques de estudios cuantitativos sobre el efecto del cambio climático en el turismo.

Tabla 3-1 Principales efectos del cambio climático e implicaciones para destinos turísticos

Impacto	Implicaciones para el turismo
Temperaturas más cálidas.	Alteración en la estacionalidad, estrés térmico para turistas, costos de enfriamiento, cambios en plantas, vida silvestre, insectos y su distribución, y enfermedades infecciosas.
Disminución de la cubierta de nieve y de los glaciares.	Carencia de nieve en los destinos de deporte invernal, altos costos en la producción de nieve artificial, temporadas de deportes invernales más cortas y reducción en la estética del paisaje.
Aumento en la frecuencia y la intensidad de las tormentas extremas.	Riesgos para instalaciones turísticas, aumento en costos de aseguramiento, pérdida de asegurabilidad y costos por interrupción de negocios.
Reducción en la precipitación pluvial y aumento de la evaporación en algunas regiones.	Escasez de agua, competencia por el agua entre el turismo y otros sectores, desertificación, aumento de incendios forestales que amenazan la infraestructura y que afectan a la demanda.
Aumento en la frecuencia de fuertes precipitaciones pluviales en algunas regiones.	Inundaciones y daños a la arquitectura histórica y cultural, daños a la infraestructura turística, alteración de la estacionalidad (playas, biodiversidad y caudales de ríos).
Elevación del nivel del mar.	Erosión de costas, pérdida de áreas de playa, incremento en los costos para proteger y mantener las fronteras marítimas.
Incremento en la temperatura de la superficie del mar.	Incremento del blanqueamiento de coral y degradación de recursos marítimos, así como de la estética en destinos de buceo y snorkel.
Cambios en la biodiversidad terrestre o marina.	Pérdida de atractivos naturales y de especies destino, mayor riesgo de enfermedades en países tropicales y subtropicales.
Incendios forestales con mayor frecuencia y de mayor impacto.	Pérdida de atractivos naturales, incremento en el riesgo de las inundaciones, daños a la infraestructura turística.
Cambios en el suelo (por ejemplo, niveles de humedad, erosión y acidez).	Pérdida de bienes arqueológicos y de otros recursos naturales, con impacto en lugares de destino.

Fuente: WTO-UNEP-WMO (2008). Cambio climático y turismo: Respondiendo a los retos globales.

Con el primer enfoque se estudia la vulnerabilidad de los destinos turísticos ante los impactos adversos derivados del cambio climático, mediante la evaluación del daño físico a la infraestructura y a los sistemas naturales y humanos. Por ejemplo, el turismo de sol y playa

depende de condiciones físicas que se requieren para las actividades, por lo que se han evaluado daños derivados del aumento del nivel del mar y sus consecuencias en la inundación de playas (Nicholls *et al.*, 2011), la afectación a la salud de arrecifes de coral (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007), la proliferación de medusas (Purcell, 2012), las floraciones de algas (Englebert *et al.*, 2008) y daños a marinas y campos de golf (Magrin y Gay, 2007).

Con el segundo enfoque se mide el atractivo turístico desde un punto de vista físico. Éste puede aplicarse al turismo de playa (Moreno y Amelung, 2009) o a las condiciones físicas generales del turismo (Amelung *et al.*, 2007). Con este enfoque, el primer paso consiste en construir un índice climático de turismo, a partir de encuestas que miden la satisfacción del turista, mientras que en una segunda etapa se extrapolan las condiciones climáticas con el objeto de medir la ganancia o pérdida de competitividad en el sector turismo, en términos de condiciones climáticas. Sin embargo, mediante el segundo enfoque, no es posible cuantificar los efectos económicos del cambio climático sobre el sector turismo y la determinación del impacto sobre su demanda es subjetiva. El tercer enfoque consiste en construir modelos estadísticos para estudiar el comportamiento del flujo de turismo en función de variables climáticas. Mediante este enfoque es posible construir modelos de elección discreta (Eugenio-Martín y Campos-Soria, 2010) y modelos de demanda agregada (Lise y Tol, 2002). Como las técnicas de estimación permiten aislar cada uno de los determinantes, se puede evaluar la contribución marginal de los factores climáticos en la demanda de turismo.

El primer enfoque se abordó para evaluar los impactos del cambio climático en el sector turismo de México en el trabajo de Bolongaro *et al.* (2000), en el que el objetivo general fue *“generar una metodología de diagnóstico sobre la vulnerabilidad ante diversos impactos adversos debidos a la variabilidad climática y el cambio climático, y proponer recomendaciones específicas para promover programas de adaptación, incluyendo el desarrollo de un sistema de alerta temprana ad hoc para el sector turístico”*. El presente proyecto complementa el análisis de los impactos del cambio climático en el sector turismo de México desde la perspectiva del tercer enfoque; esto es, mediante la construcción y estimación de una función de demanda de turismo. Cabe recordar que con esta perspectiva, el análisis se concentra en los turistas y no en las condiciones físicas del sector.

La poca atención que ha tenido el turismo en la literatura sobre cambio climático, desde el punto de vista del estudio de su demanda, podría explicarse por las siguientes razones. Primero, las reacciones esperadas de la demanda son complejas e inciertas; al respecto, Gössling *et al.*, (2012) destacan lo complejo que es entender la percepción y la reacción de los turistas ante los impactos del cambio climático, así como lo difícil que es usar esta información para anticipar el declive o aumento de mercados específicos de turismo y los posibles cambios en la estacionalidad de la demanda. Segundo, el interés de los investigadores y planificadores por las elasticidades de los ingresos y/o las elasticidades de los precios como medio para obtener pronósticos exactos de la demanda turística, es una cuestión clave para las industrias de servicios con costos fijos relativamente altos o para evaluar los efectos de los impuestos o de las políticas cambiarias sobre la demanda de turismo. Esto también explica por qué la literatura sobre la demanda turística ha estado dominada por modelos de series de tiempo y frecuentemente vinculada a cuestiones de

pronóstico (ver por ejemplo, Song y Li, 2008; Guzmán-Soria *et al.*, 2011; Brida *et al.*, 2011; Witt, 1995). Estos autores consideran que el clima es una variable relativamente estable y que, por lo tanto, el factor climático no tiene la variabilidad requerida y no está correlacionado con las variables económicas; por ello, no se espera un sesgo en la estimación de las elasticidades.

Sin embargo, ante el creciente interés sobre los efectos del cambio climático y, más precisamente, sobre la evaluación de sus efectos en el turismo, algunos estudios han integrado factores climáticos en la estimación de la demanda (ver por ejemplo, Rosselló, 2011; Rosselló *et al.*, 2011; Álvarez y Rosselló, 2010; Sookram, 2009). En consecuencia, se supone que los consumidores revelan sus preferencias climáticas a través de hábitos de consumo. Una vez conocidas las preferencias climáticas y suponiendo que el resto de los determinantes de la demanda se mantienen constantes, es posible proyectar tendencias futuras a través de las condiciones climáticas proyectadas y, de esta forma, realizar evaluaciones de su impacto económico.

Los turistas internacionales viajan a México principalmente para escapar del clima frío de invierno entre mediados de noviembre y mediados de marzo. Los principales atractivos son el sol, el mar y los sitios culturales. El cambio climático podría reducir los viajes a México, por lo que es importante cuantificar cuántos de estos turistas potenciales visitarían el país, y qué impacto tendría el cambio climático en el número de visitantes. Como ya se ha mencionado en la literatura, existen varios estudios que abordan el tema de cómo modelar la demanda de turismo. Sin embargo, para el caso de México, los estudios sobre la estimación de la demanda son escasos y cuestionables desde el punto de vista teórico y técnico. En este trabajo se determina el impacto económico del cambio climático en México, utilizando el número de arribos de turistas internacionales, el clima (representado por la temperatura y la precipitación pluvial) y otras variables económicas, durante el periodo de 1981 a 2015. Uno de los principales objetivos del estudio es estimar el impacto económico del cambio climático sobre la demanda del turismo desde tres escenarios de cambio climático: RCP2.6, RCP8.5 y uno de referencia.

Este trabajo está organizado en siete secciones: en la segunda se revisa la literatura relacionada con el turismo y el cambio climático; en la tercera se describe la metodología del estudio; en la cuarta se presentan los resultados; en la quinta se analizan los escenarios de emisiones (RCPs), con referencia particular a los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 que se utilizan para evaluar el impacto económico del cambio climático sobre el flujo de turistas a México; en la sexta se examina alguna de las estrategias de mitigación y adaptación, y finalmente, en la séptima se presentan las conclusiones.

4. Revisión de la literatura

La Organización Mundial del Turismo (OMT) define al turismo como el “conjunto de actividades realizadas por las personas viajando hacia o quedándose en lugares fuera de su ambiente usual por no más de un año consecutivo por motivos de placer, negocios y otros propósitos”.

Si se supone que la decisión de una persona para visitar un destino turístico es el resultado de una decisión racional, entonces muchos factores relacionados con los gustos y preferencias de los individuos entran en juego para determinar la demanda de turismo en cierta región. Por lo tanto, probablemente se encuentren patrones consistentes entre los flujos de turismo y factores económicos (y no-económicos) que permitan evaluar el efecto marginal de una variable sobre la demanda de turismo. Entre los factores no-económicos, se consideran las características propias del destino (Rosselló-Nadal, 2014), como la diversidad de *hábitats* y de cultura, bienes únicos como los museos y/o sitios arqueológicos, etc..

La demanda de turismo se refiere a aquellas personas que llegan a un destino para satisfacer sus necesidades, motivados por diversos factores, como negocios, recreación y ocio, visita a familiares, amigos y otros. En efecto, el motivo de visita del turista que llega a un destino tiene un impacto significativo sobre cómo reaccionará ante cambios en los determinantes del turismo. Por ejemplo, aquellos que estén en el país por negocios probablemente sean insensibles ante incrementos en las tarifas aéreas o en los precios de hospedaje; por el contrario, los que llegan por motivos de ocio serán más proclives a tomar medidas ante cambios en dichas variables.

Debido a que la demanda de turismo se puede evaluar como cualquier otra función de demanda, el proceso de racionalidad de los agentes implica que los flujos son sensibles no sólo ante cambios en factores económicos, sino también sobre los no-económicos, los cuales son más difíciles de cuantificar, pues de la misma forma que se trata de modelar el comportamiento humano, se basan sobre todo en percepciones de variables cuantificables, que a veces no son observables fácilmente o que pueden llegar a ser subjetivas. Por ejemplo, es posible imaginar que por el inicio de la guerra contra el narcotráfico en México, en la que los índices de criminalidad aumentaron significativamente, se originara en la población extranjera una percepción de inseguridad y/o temor, desmotivándola a visitar el país. Sin embargo, los flujos de turistas extranjeros aparentemente no disminuyeron, hasta el inicio de la crisis económica global en 2008. Esto no implica que no exista alguna relación, sino más bien que es más complicada de identificar. Otro factor no-económico que ha ido adquiriendo importancia en la literatura sobre el turismo es el cambio climático.

Si se define el cambio climático como la “variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, asociado a procesos naturales internos o a cambios por fuerzas externas” (IPCC, 2012) y a su vez se define el clima como el “estado medio del tiempo, descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante varios períodos. Las cantidades aludidas son casi siempre variables de la superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación pluvial o viento),

aunque en un sentido más amplio, el ‘clima’ es una descripción (incluso una descripción estadística) del estado del sistema climático (la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la superficie terrestre y la biósfera, y las interacciones entre ellas)” dichas definiciones implican que la manera más sencilla de evaluar el cambio climático es a través de la temperatura, no sólo porque es una medida que se registra prácticamente diario, sino también porque es una variable de fácil acceso para cualquier país o región, por lo menos en la mayoría de los casos.

El análisis de demanda de turismo no es nuevo, tradicionalmente el análisis de ésta se ha tratado como de cualquier otro bien o servicio; específicamente, la demanda de turismo se establece como una demanda Marshalliana, o sea, una función del ingreso y los precios de los bienes. Este tipo de análisis, dominante en la literatura, está fuertemente basado en el principio de la preferencia revelada, en otras palabras, dada la conducta del agente o dado que elige cierto destino y sus características económicas, se puede inferir sus preferencias, que se supone no varían en el corto plazo.

La forma estándar en la que la literatura estima la demanda de turismo es:

$$DT_i = f(Y_j, P_{ij}, e_{ij}, C_{ij}, Z_i)(1)$$

En donde:

- DT_i : Es la demanda de turismo para el destino i
- Y_j : Es el ingreso del país j
- P_{ij} : Son los precios relativos del país i con respecto al país j
- e_{ij} : Es el tipo de cambio nominal indirecto, en unidades monetarias del país i por una unidad monetaria del país j
- C_{ij} : Son los costos relacionados por trasladarse al país i desde el país j
- Z_i : Son otros factores propios del país i

Este modelo muestra que los factores económicos son los dominantes en el análisis del turismo, por ejemplo, las revisiones exhaustivas de Witt y Witt (1995), y posteriormente de Lim (1997) y de Song y Li (2008), muestran que los factores tradicionales de la demanda, como el ingreso y los precios del turismo, así como los precios de bienes sustitutos (turismo doméstico) son los principales determinantes de la demanda de turismo. Una omisión de los mencionados factores probablemente llevaría a una estimación sesgada, muestra de ello es que en la literatura reciente siguen siendo frecuentemente utilizados, véase la tabla 2.

En cuanto a la manera de determinar la variable dependiente, la literatura muestra que la variable preferida es el flujo de turistas; no obstante, esto debe depender de los objetivos específicos de la investigación. Si se desea tener una medida monetaria del turismo, entonces el gasto de los turistas en términos reales debería ser una variable dependiente adecuada. Parte de la razón para la preferencia por el flujo de turistas como variable dependiente está relacionada con la intención de predecir la demanda futura de turismo; por ello, la investigación, basada en gasto es deficiente para examinar los patrones de gasto en algunas regiones (Ong, 1995).

Referente a los factores no económicos, hay que mencionar que la mayoría de estos trabajos presentan una forma agregada de estimar la demanda, por lo que las preferencias individuales con respecto al vector Z_i pueden estar sesgadas, es decir, pueden existir atributos del destino que pueden preferirse de manera heterogénea por los individuos que deciden visitar el destino i ; Lim (1997) apunta que entre estos factores pueden incluirse un sinnúmero de variables, como el atractivo del destino en términos de clima, la cultura o el ambiente natural.

Tabla 4-1 Determinantes económicos de la demanda de turismo.

Determinantes	Autores	Variables Utilizadas	Característica
Ingreso	(Brida, Risso y Sánchez Carrera, 2007) (Martins, Gan y Ferreira-Lopes, 2017) (Valdés, 2015)	PIB per cápita Ingreso per cápita	Un ingreso alto permite adquirir mayor cantidad de bienes y servicios, incluidos los servicios o bienes de turismo. Se considera al turismo un bien de lujo, así que el ingreso adquiere mayor importancia.
Precios	(Dogru, Sirakaya-Turk y Grouch, 2017)	Precios relativos Índice de precios al consumidor	El costo de la vida en el país de destino es fundamental para turistas, pues deben analizar su paridad de compra a través de precios relativos e índices de precios.
Tipo de cambio	(Prideaux, 2005) (Bonham, Gangnes y Zhou, 2009)	Tipo de cambio nominal Tipo de cambio real	A los turistas les importa su capacidad de compra, una moneda débil atraerá a turistas de países con una moneda más fuerte.
Costos de transporte	(Chatziantonious, Filis, Eeckels y Apostolakis, 2013) (Becken y Lennox, 2012)	Tarifas aéreas Precio del petróleo	El costo del transporte influye de manera negativa en el turismo, alzas en el precio del petróleo afectan el costo aéreo e impactan la demanda.
Actividad económica	(Chang y Aguayo, 2003) (Sookram, 2009)	PIB del país destino	La actividad económica, en el país receptor se supone que afecta positivamente porque explicaría el turismo por negocios y/o trabajo.
Inversión	(Fernández-Morales, Cisneros-Martínez y MacCabe, 2016) (Brida <i>et al.</i> , 2007)	Gasto en turismo Inversión en turismo	Sobre todo, la inversión que ayude a aumentar la oferta en servicios de turismo tiene un impacto positivo.
Factores intangibles	(Wilson, 2008) (Soria, Rebollar, Salazar, de la Garza Carranza y Martínez, 2011)	Variables binarias	Eventos internacionales, percepción de seguridad, catástrofes naturales, guerras o algún otro fenómeno de coyuntura.

Fuente: Elaboración propia, en base a la bibliografía consultada.

México es un país que siempre se ha preferido como destino turístico en comparación con Canadá, sin embargo, en cuanto al nivel de precios, Estados Unidos y Canadá son muy homogéneos, por lo que es probable que el precio relativo Estados Unidos – Canadá sea prácticamente igual al tipo de cambio nominal. En relación con este tipo de cambio, si bien tiene mayor poder de compra el dólar estadounidense que el canadiense, la diferencia no es muy alta; el tipo de cambio promedio en el periodo de 1980 a 2016 fue de 1.2 dólares canadienses por dólar americano. Por otra parte, México tiene un nivel de precios menor que el de los otros dos países, con un tipo de cambio muy débil; en el mismo periodo, el tipo de cambio promedio fue de 7.27 pesos por dólar americano. Esto propicia que los precios relativos sean bajos. En otras palabras, para turistas de Estados Unidos es más barato viajar a México que a Canadá, pero visitar Canadá es también más barato que viajar internamente. Entonces, suponer que la decisión de elegir a México como destino sólo se debe a las relaciones de precios (o a factores económicos) es arriesgado.

Si se considera la calidad de los bienes, probablemente, exista mejor servicio turístico en Canadá que en México, mejor infraestructura y menor pobreza. En palabras de Sookram (2009), “los turistas prefieren visitar un país con un nivel de ingreso mayor, pues esto se traduce en un mayor nivel de alojamiento y mejores instalaciones turísticas; también se prefieren países con bajos niveles de pobreza”, entonces ¿por qué se elige a México? La respuesta es clara, existen otros factores no económicos, cuyas fuerzas de atracción son importantes, como son las características propias del país. Los datos parecen respaldar estos hechos, pues entre los destinos que prefieren los turistas en México, están las playas. Esto implica que los turistas tienen preferencias sobre las características del destino; en suma, estos destinos de sol y arena son una característica propia de México y lo convierten en un destino más atractivo que otros.

Así pues, es evidente que el comportamiento de los agentes ante la elección de este tipo de servicios no depende sólo de factores económicos, lo cual muestra evidencia de la complejidad del comportamiento del turismo, su volatilidad y su capacidad de adaptarse ante cambios en sus determinantes. El mecanismo sobre cómo afecta al turismo el cambio climático está muy relacionado con la ubicación geográfica y las características propias de los destinos turísticos. Si, por un momento, se dejan de lado los factores económicos, un destino se elige en función de las actividades que se quiera realizar, y a su vez dichas actividades requieren de cierto ambiente climatológico específico. Por ejemplo, aquellos turistas que realizan deportes de invierno, como esquiar o practicar *snowboard*, se verán atraídos por lugares de gran altitud, fríos y con precipitación de nieve de manera constante; mientras que los que busquen un lugar cálido para disfrutar de su tiempo de ocio, se sentirán atraídos por las playas, aunque el cambio climático afecta a ambos ambientes.

El cambio climático podría generar un aumento en la temperatura o un cambio en el patrón de precipitación, que provocaría que los centros de esquí no tuvieran suficiente nieve para realizar sus actividades de manera cotidiana. De manera similar, un cambio en el nivel del mar, provocado por el cambio climático, puede reducir la extensión territorial de las playas o provocar

que la sensación térmica sea “demasiado caliente”, lo que impactaría de manera negativa al turismo.

A pesar de la dificultad por encontrar patrones consistentes y aislar los efectos entre los flujos de turismo y el cambio climático, la literatura existente muestra resultados de este esfuerzo, puesto que establece relaciones entre la demanda de turismo y el clima. Se debe tener en cuenta que aún existen limitaciones importantes en las estimaciones de estas relaciones, debido a que la información disponible es de calidad pobre o porque algunos enfoques requieren que se tenga información demasiado desagregada, que muchas veces no está disponible, o porque no se toman en cuenta factores que también se ven afectados por el clima y que los turistas consideran; no obstante, algunos resultados son consistentes. A continuación, se resumen los principales resultados encontrados en la literatura.

La mayoría de los trabajos de investigación utilizan series de tiempo o panel de datos y, en menor proporción, alguna otra metodología para identificar en qué medida el clima afecta al turismo. Posteriormente, estos estudios evalúan cómo se modificarían los flujos de turismo ante diferentes escenarios de cambio climático. En esta revisión se sigue a Rosselló-Nadal (2014) y se clasifica la literatura de acuerdo con el enfoque utilizado para evaluar el impacto: 1) cambios físicos, 2) índices de clima y, por último, 3) demandas de turismo con base en las preferencias reveladas.

4.1 Cambios físicos

Con este enfoque, se cuantifican todas las características o atributos ambientales que estén relacionados con el turismo y sus efectos marginales. Es decir, dado cierto destino, existen actividades turísticas que requieren de condiciones climáticas específicas. El mejor ejemplo de esta situación es el turismo de invierno. Posiblemente, se puede estimar la cantidad de precipitación necesaria y la temperatura adecuada para que los centros de esquí tengan suficiente nieve y permitan desarrollar sus actividades de manera normal. Además, dado que existe un deterioro generalizado en las condiciones propicias para la nieve en algunas zonas montañosas del mundo, se puede establecer un vínculo entre las proyecciones de cambio climático y las condiciones ambientales óptimas para determinar su impacto sobre la demanda de turismo; ejemplo de ello son los trabajos de Falk (2013) y Damm *et al.*, (2016).

El primer trabajo pretende estudiar los determinantes climatológicos de la demanda de turismo de invierno en los centros de esquí de Austria, distinguiendo entre turismo doméstico e internacional; ese trabajo encuentra que los turistas no sólo reaccionan a las variables de clima, sino también, que el efecto es inmediato o de corto plazo y es diferenciado. Los resultados muestran que los turistas domésticos son más sensibles ante los déficits de nieve, mientras que los turistas internacionales son más sensibles a factores económicos, como el ingreso. Si bien el autor señala que la magnitud de las variables climáticas sobre la demanda es relativamente pequeña, lo atribuye a que en esa zona la industria turística ha realizado fuertes inversiones para la creación de nieve artificial. Sin embargo, la relación negativa existe y fue posible establecer una

relación de largo plazo entre el clima, específicamente la profundidad de la capa de nieve y la demanda de turismo.

Como consecuencia se encontró que, de seguir el deterioro en la cantidad de nieve por las temperaturas más cálidas, la demanda de turistas doméstica e internacional se verá reducida, tanto en el corto, como en el largo plazo, aunque en una magnitud pequeña. Aunado a esto, la sensibilidad del turismo a la temperatura mostró ser negativa sólo en el corto plazo, mientras que en el largo plazo es positiva; no obstante, hay que tomar en cuenta que la duración de la nieve depende de la temperatura, en otras palabras, con un incremento de las temperaturas, la capa de nieve se derretiría más rápido y esto afecta en mayor medida al turismo en el largo plazo, en tanto que la temperatura es más importante en el corto plazo (en términos de los coeficientes estimados) que la profundidad de la capa de nieve.

De manera similar, Damm *et al.* (2016), analizan el impacto de un aumento de dos grados centígrados en la temperatura sobre la demanda de turismo en Europa. Utilizando modelos de series de tiempo, evalúan el impacto del clima sobre el turismo, de manera similar a como se ha hecho en la literatura. Esto es, estimando el efecto de la capa de nieve sobre el flujo de turistas se encuentra que los resorts de esquí europeos son sensibles a la cantidad de nieve de manera positiva. Si se analiza el escenario de un aumento de dos grados centígrados en la temperatura, se estima que las noches de alojamiento se reducirían hasta en 10 millones por temporada, situación que se traduciría en una pérdida de 780 millones de euros para Europa.

Dado que el cambio climático está muy relacionado con el aumento de la temperatura y ésta con la duración de la nieve, los aumentos extremos en la temperatura podrían perjudicar la industria del turismo de invierno, pues no sólo afecta la decisión de los turistas para elegir un destino, sino que con este enfoque, se analiza el impacto del cambio climático sobre las condiciones físicas de los destinos. Por ello, en un escenario extremo, el aumento de la temperatura puede reducir la oferta de destinos turísticos, aumentando los precios y afectando al turismo no solamente por el clima, sino a través de factores económicos. Esto obedece a que en la actualidad en algunos destinos de invierno, el uso de nieve artificial es tal que representa más del 60% del área de nieve para uso recreativo.

Una vez expuestas estas ideas, es evidente que el cambio climático no sólo es una amenaza para el turismo de invierno, sino que este enfoque se puede utilizar para destinos, como playas o parques nacionales o al turismo de verano, de manera más general. Por ejemplo, las visitas a parques nacionales para actividades de camping, senderismo u otras actividades de esa naturaleza, se pueden afectar si el cambio climático genera un mayor número de incendios forestales y la estructura física de playas se puede alterar si el nivel del mar aumenta demasiado. Este enfoque se utilizó en la investigación de Bolongaro *et al.* (2000) para estudiar el caso de México.

4.2 Índice de clima

Otra forma de analizar el efecto del clima sobre el turismo es a través de una evaluación más general sobre el atractivo de un destino en términos de su clima, ya que se sabe que la elección de un destino turístico por los turistas no depende sólo de factores económicos, sino de otros factores intangibles y de preferencias sobre el clima. El ambiente en general depende de diversas variables climáticas, por lo que identificar y cuantificar las preferencias sobre cada variable podría ser una tarea complicada, suponiendo que se tuviera toda la información necesaria. Una herramienta sencilla y poderosa para resolver este problema es utilizar un índice de clima que resuma las preferencias sobre el mismo o el confort humano. Las principales propiedades o aspectos del clima son los aspectos térmicos, físicos y estéticos (De Freitas, 1990), puesto que estos tres aspectos engloban las preferencias fisiológicas y de percepción de los individuos sobre el ambiente en general.

Los aspectos térmicos son meramente fisiológicos, es decir, afectan directamente la sensación térmica, se refieren al confort del turista e incluyen variables como la temperatura, el viento y la humedad. El aspecto físico determina si es posible realizar algunas actividades turísticas específicas en un destino, incluye variables como el viento y la lluvia. El aspecto estético se refiere a la percepción del turista sobre la apariencia del cielo e incluye variables como la luz de día, los días nublados y la contaminación del aire (Goh, 2012). Con este enfoque se puede elaborar un índice que indique el atractivo de un destino en términos del clima y que incluya un grupo de variables importantes. Aquellos lugares con mejores resultados en el índice son los que tendrán mayor flujo de turistas, y viceversa. Un índice que ha mostrado buen desempeño sobre este tema es el Índice Climático del Turismo o TCI (por sus siglas en inglés), desarrollado por Mieczkowski (1985), el cual abarca variables climáticas esenciales para el ejercicio de actividades turísticas comunes. Si bien el trabajo original incluye doce variables, en la práctica se ha adoptado una versión más sencilla, que incluye sólo cinco subíndices: índice de confort térmico durante el día, índice de confort térmico diario, índice de luz de día, índice de precipitación e índice de viento.

Este enfoque se ha aplicado para estimar la preferencia sobre el clima a través del índice, así como para simular los posibles impactos del cambio climático sobre el turismo, al analizar cómo sería la evolución del índice desde ciertos escenarios. El índice toma un valor entre -20 a 100 y se clasifica de la siguiente manera.

Índice	TCI > 90	80 < TCI < 90	70 < TCI < 80	60 < TCI < 70	50 < TCI < 60	TCI < 50
Confort	Ideal	Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Desfavorable

Se pueden ver algunos ejemplos de aplicaciones de este índice en Hein, Metzger y Moreno (2009). Estos autores analizan los flujos de turistas en siete regiones de Europa, principalmente en España y utilizan el TCI para estimar el clima idóneo para el turismo en la región. Ellos encuentran que se registran valores altos del índice durante el verano, en general para toda

Europa, mientras que en el invierno el valor del índice es bajo en general. También demuestran que existe un patrón estacional con relación al clima idóneo para el turismo y el espacio. Esto se refleja debido a que, durante la primavera y el otoño, se registra un índice alto para las regiones del Mediterráneo, mientras que en el resto de Europa, el índice es apenas aceptable. Esto implica que las regiones más atractivas cambian, dependiendo de la estación del año.

Al aplicar diferentes escenarios de cambio climático, se identifica un tipo de inversión en el patrón antes descrito, durante el invierno las zonas costeras del Mediterráneo son aceptables y algunos lugares del sur de España llegan a tener un índice en condición de muy bueno. En las épocas de primavera y otoño, gran parte de Europa tiene un índice alto, mientras que durante el verano se registra el mayor cambio; ahora es el norte de Europa el que registra un valor del índice más alto, en condiciones de bueno y muy bueno, comparado con la zona del Mediterráneo, donde el índice es menor y adquiere la condición de aceptable. Las proyecciones indican que los flujos de turistas en España se pueden reducir entre un 5% y un 14%, por lo que el cambio climático traería consecuencias económicas negativas.

Es necesario señalar que estos resultados son congruentes con los de Amelung, Nicholls y Viner (2007), quienes identificaron con anterioridad el patrón estacional de los flujos de turismo. Los destinos cálidos que ofrecen turismo de sol y arena, como la zona del Mediterráneo, pueden volverse muy calientes durante el verano (en un escenario de cambio climático A1) y, por lo tanto, son menos atractivos, mientras que durante la primavera y el otoño son más atractivos. Esto no implica que los flujos de turistas sean bajos durante el verano y altos en el resto de las estaciones, debido que existe un fuerte componente estacional por factores institucionales (por vacaciones escolares) que lleva a pensar que, en efecto, los flujos de turismo tenderían a modificarse a otras regiones y no a otras estaciones. En este contexto de cambio climático, los países más fríos se verían beneficiados, pues se volverían más atractivos, mientras que el futuro de los actuales destinos calificados como atractivos es incierto; probablemente sean menos atractivos y los turistas busquen otro destino o, dependiendo de otras características intrínsecas del destino, los turistas preferirían visitarlo durante otra estación del año más agradable.

Algunos estudios más recientes resaltan la necesidad de ser cautelosos al utilizar escenarios de cambio climático basados en los TCI, puesto que éstos sólo reflejan el cambio en el confort de un destino y no se deberían utilizar para predecir los cambios futuros en los patrones de turismo, ni cómo se podrían redistribuir (Amelung y Nicholls, 2014). Sin embargo, son buenas herramientas para explicar los flujos de turismo actuales, véase por ejemplo Goh (2012), quien incluye un TCI como variable independiente para estimar una demanda de turismo, de esta manera percibe que es un factor muy significativo. Además, muestra evidencia que sugiere que el confort con respecto al clima es relativo, al distinguir el flujo de turismo por país de origen, hacia Hong Kong en este caso, y que el coeficiente estimado del índice es mayor para Estados Unidos comparado con el estimado para el de los países cercanos a Hong Kong. Con ello alude a que la distancia geográfica magnifica las diferencias percibidas sobre el clima y, por lo tanto, los cambios climáticos en los países cercanos estarán sincronizados y serán menos sensibles ante un cambio en el TCI.

Esto último da pie a que se debe analizar el índice no sólo de manera agregada, sino también segmentar los flujos de turismo por origen y por tipo de turismo al que va dirigido (Scott, Daniel, Gössling y Hall, 2012) para ser más precisos al evaluar el factor climático sobre la demanda de turismo. En este sentido, un TCI es útil porque incorpora un grupo de variables y resume de manera muy sencilla la percepción sobre el ambiente en general.

4.3 Demanda de turismo

Este enfoque consiste en estimar la demanda de turismo con base en preferencias reveladas; en efecto, los modelos son una modificación de la ecuación 1 antes presentada. De esta manera se supone que si un individuo elige un destino, éste revela su preferencia de clima a través de su decisión o de sus hábitos de gasto. Esta es una manera sencilla de aislar el efecto de las variables climáticas sobre la demanda de turismo y de cuantificar su efecto parcial. Este enfoque también es el más popular en la literatura sobre el tema (Witt y Witt, 1995); Lim, 1997; Song y Li, 2008). Así pues, las características socioeconómicas de los individuos toman relevancia porque su decisión de viajar depende también de su restricción presupuestaria, por lo que incluir factores económicos es fundamental también para realizar una correcta evaluación.

El trabajo pionero de Maddison (2001) permite concluir que la diferencia entre los flujos turísticos puede explicarse a través del clima, específicamente a través de la temperatura y la precipitación pluvial, por ser variables clave para explicar o representar el atractivo de un destino para las personas que buscan un clima más cálido. El trabajo de Maddison (2001) consiste en estudiar los determinantes de la demanda de turistas británicos en diferentes destinos, incluyendo las variables antes mencionadas. Se encuentra que, en general, esta población considera que una temperatura es cómoda si al día llega como máximo alrededor de los 30° centígrados; sin embargo, no es una relación lineal, pues se prefieren temperaturas cálidas o una temperatura máxima tolerable, pero hasta cierto “límite”. Más allá de esa temperatura, aunque el aumento sea marginalmente pequeño, se produciría una caída de los flujos de turistas. Al establecer un “trade-off” entre el clima y el gasto de vacaciones, es posible utilizar la temperatura óptima para predecir el impacto desde diferentes escenarios de cambio climático sobre los destinos analizados.

Con base en el trabajo de Maddison (2001), ha surgido literatura que permite encontrar una relación consistente entre la demanda de turismo y el clima, con los posibles impactos del cambio climático. Mediante un método simple de MCO, Lise y Tol (2002) encuentran la temperatura óptima para el turismo de los países miembros de la OCDE, indicando que se prefiere una temperatura promedio de 21°C, con una desviación estándar de 3°C para el mes más cálido del año, aunque resaltan que el nivel óptimo varía según el país de origen de los turistas y aún más cuando se consideran las actividades turísticas. Esto tiene mucho sentido, porque diferentes actividades requieren de distintas condiciones climáticas; por ejemplo, para el turismo de invierno o deportes de nieve, la temperatura más adecuada debe ser baja, mientras que los autores deducen que existen destinos a los que los turistas se sentirían atraídos, a pesar de la temperatura, como las playas; aun así, con escenarios de cambio climático, los turistas cambiarían sus destinos actuales por otros.

Si bien existen ciertos destinos que se podrían considerar como inelásticos, puesto que se perciben como bienes únicos, la mayoría de los turistas son sensibles al clima y buscan, en efecto,

un clima agradable al momento de decidir dónde disfrutar sus vacaciones. Específicamente, al modelar demandas agregadas de turismo, se infiere con mayor facilidad el posible impacto del cambio climático. Un modelo agregado de turismo a nivel global fue desarrollado por Hamilton, Maddison y Tol (2005), quienes estiman dos ecuaciones, una con los flujos de entrada de turistas y la otra de salidas de 207 países, compensando la falta de información de salidas de turistas con la de entradas; de esta forma se convierte en un sistema de turismo bilateral. El objetivo del modelo es evaluar cómo el patrón de turismo se ve afectado por diferentes escenarios, incluido el cambio climático y conocer los determinantes de los flujos de turismo actuales.

Los resultados muestran que el cambio climático puede alterar el atractivo de los destinos. Si bien el turismo seguirá creciendo, siempre y cuando el ciclo económico sea favorable, el cambio climático afectará la distribución de los turistas. Asimismo, estos resultados al igual que los del trabajo de Maddison (2001), incluyen la variable temperatura al cuadrado, por lo que identifican que la temperatura óptima para atraer turistas es alrededor de 14° centígrados promedio diario, y de 18° para mantener el turismo doméstico. Ante un escenario de cambio climático, los flujos de turistas se modificaron y prefirieron los países que actualmente son cálidos, dejando de lado los países que actualmente son más fríos. Sin embargo, estos cambios en los patrones son menores que los producidos por otros *shocks*, como el de la población y el crecimiento económico. Estos resultados han sido consistentes con otros trabajos posteriores; por ejemplo, Berritella, Bigano, Roson y Tol (2006) demuestran, a través de simulaciones, que el cambio climático en el corto plazo no creará contracciones en la industria del turismo, pero sí generará que el patrón de los flujos cambie en el futuro, produciendo países ganadores y perdedores durante la transición.

El tamaño o la magnitud de cómo se verán afectados los países por cambios en los flujos de turismo ocasionados por el cambio climático no se puede generalizar fácilmente, pues depende de las condiciones actuales, de sus proyecciones con los escenarios de cambio climático para el futuro y del destino *per se*. Aún más, si el destino no cuenta con otros atractivos fuertes, como son los culturales, arqueológicos o de algún otro tipo, los efectos del cambio climático sobre el turismo podrían ser mayores para estos destinos que para los que tengan otros atributos más fuertes.

Como ejemplo de lo descrito, véanse los trabajos de Sookram (2009) y Liu (2016). En el primero, se encuentra que en algunos países de la zona del Caribe, la temperatura y la precipitación son factores importantes para estimar la demanda de turismo. Por situarse cerca de la línea del Ecuador, tal vez los turistas sean propensos a aceptar temperaturas un tanto más altas a las óptimas encontradas en otros estudios; sin embargo, esta cercanía los vuelve (probablemente) más vulnerables a los cambios climáticos. Los resultados muestran que un aumento de un 1% en la temperatura de la región reduciría el flujo de turistas en 6.6%, un efecto parcial mucho mayor al de las variables económicas; mientras que en la literatura, la magnitud de la temperatura es generalmente pequeña. A partir de estos escenarios de cambio climático, los costos estimados para esta zona ocasionarían un daño profundo a sus economías.

En Liu (2016) se encuentra que en la demanda de turismo de los parques nacionales de Taiwán, la precipitación es mucho más importante que la temperatura y nuevamente los coeficientes

estimados de estas variables son muy pequeños; no obstante, es una evidencia que apoya la idea de que el mecanismo de cómo afecta el cambio climático al turismo varía según el destino, las actividades por realizar y, en general, de la sensación de confort con el ambiente. Con estos escenarios de cambio climático, se generará un cambio en los patrones de turismo de países fríos a países cálidos, pero existen ciertas limitaciones sobre estas especificaciones basadas en modelos agregados, pues son muy generales. Dada la heterogeneidad de las preferencias de los individuos, aun dentro del mismo país de origen, las temperaturas óptimas representadas en la literatura pueden ser inadecuadas para evaluar o predecir los flujos futuros de turistas, aunque sirvan para explicar los flujos actuales y su relación con el clima.

Se debe tener presente que el turismo sigue siendo un bien de lujo y, por lo tanto, la percepción de confort es fundamental. Evidentemente, la temperatura es una variable clave para decidir un destino, a pesar de que así como la racionalidad de los agentes permite considerar los precios relativos para tomar una decisión, probablemente la temperatura tenga un efecto similar sobre el razonamiento de los consumidores, con la característica de que ésta es un factor intangible. Dicho factor se puede medir, pero no se puede estandarizar lo que un individuo considera como una temperatura cálida, fría o agradable; estos adjetivos dependen de la percepción personal y, por este motivo, modelar el comportamiento de los individuos ante escenarios de cambio climático, se convierte en una tarea tan complicada como son las personas mismas.

La percepción de los individuos tampoco es estática a través del tiempo o de la edad. Es lógico pensar que, así como la facilidad para realizar alguna actividad física se deteriora con el tiempo (los jóvenes son más activos, mientras que los adultos mayores van perdiendo habilidad motriz), la percepción de una temperatura agradable o de confort puede variar según las características de los individuos. También es posible imaginar que los jóvenes soportan mejor los climas extremos, a pesar de considerarlos no confortables. Todo esto implica que para una mejor evaluación, se necesita contar con mayor desagregación de información para estimar las preferencias de manera más directa; además, habría que buscar relaciones entre los diferentes destinos que eligen los individuos, de acuerdo con perfiles socioeconómicos similares, y de esta forma tratar de explicar las diferencias a través de variables climatológicas, así como de los atributos únicos que tengan los destinos.

Para tratar de resolver este problema, en años recientes se ha utilizado un enfoque microeconómico o de elección discreta, como lo ha llamado la literatura. Entonces, se puede modelar la demanda de turismo desde esta perspectiva e identificar los determinantes a nivel individual, a través de una función de utilidad indirecta, y controlar por variables socioeconómicas, así como por variables exógenas, de manera desagregada. No obstante, obtener información a nivel individual sobre turismo puede ser una gran limitante.

Estos modelos de elección discreta se basan en la teoría del consumidor y la utilidad que se recibe depende del bien que se consume, en este caso, el destino; pero no del destino *per se*, sino más bien de las características y atributos que definen al destino; de esta forma se identifican las preferencias heterogéneas de los individuos cuando eligen un bien dentro de un conjunto de bienes que son mutuamente excluyentes.

La función de utilidad indirecta se establece de la siguiente forma:

$$U_{ni} = \beta' x_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

Donde U_{ni} es la utilidad recibida por el turista n al elegir el destino i , x_{ni} son las características observadas de los destinos por el turista, β' es el coeficiente estimado de cada característica en x_{ni} , y por último, dado que la utilidad no es observable, se incorpora un elemento estocástico ε_{ni} , que captura la variación en las preferencias de los turistas, lo que permite que individuos muy similares elijan destinos muy diferentes. La racionalidad de los individuos llevaría a que se eligiera el destino que les proporciona la mayor utilidad. La probabilidad π_{ni} de elegir un destino i está dada por:

$$\pi_{ni} = \Pr(\beta' x_{ni} + \varepsilon_{ni} > \beta' x_{nj} + \varepsilon_{nj}) \quad \forall j \neq i$$

Una vez estimados los coeficientes β , es posible simular cambios en las probabilidades de elegir un destino, al introducir *shocks* en las variables independientes que determinan la elección del destino, por ejemplo, el interés en el cambio climático.

Uno de los primeros esfuerzos por aplicar este enfoque puede verse en Correia, Santos y Barros (2007); si bien su objetivo principal no es evaluar el efecto del clima sobre el turismo, lo incluyen como una variable independiente. Ellos argumentan que, a pesar de que el proceso de elección de un destino es complejo e influyen muchos factores de este tipo, la desagregación es importante para identificar específicamente las variables que afectan la probabilidad de elegir un destino, reconociendo que los factores más relevantes son los atributos del destino, como son la cultura, el clima, la vida nocturna y la gastronomía, entre otros.

En el contexto del cambio climático, se reconoce entonces que el clima es un factor importante, pero la forma en cómo afecta al turismo es diferente para cada individuo o unidad de observación; específicamente, depende de la percepción relativa de las variables climáticas o de manera más general, de contextos diversos. Por ejemplo, la percepción depende del tipo de vacaciones que vayan a realizar, la época del año en que se viaje, del perfil socioeconómico, de la publicidad y también de las condiciones climáticas en el lugar de origen (Gössling, Scott, Hall, Ceron y Dubois, 2012; Rosselló-Nadal, 2014).

Utilizando este mismo enfoque, Bujosa, Bestard y Rosselló-Nadal (2011) demuestran que existe un “*trade-off*” entre la temperatura y el efecto de atracción de las costas de España, porque la relación no-lineal ya identificada anteriormente muestra que existe un umbral ante el que un aumento de la temperatura, más allá de éste, generará un cambio en la utilidad de los individuos y, por lo tanto, en la probabilidad de elegir tal destino. Ante un escenario de cambio climático, las zonas costeras, que registran temperaturas más altas, verán reducida su participación en el mercado, mientras que las zonas con temperaturas más bajas se verán beneficiadas.

Estos resultados se pueden traducir en términos económicos como una posible pérdida de competitividad de los destinos más cálidos. Se encontraron relaciones similares en otros trabajos más complejos que utilizaron una agregación con este enfoque microeconómico. En un contexto de cambio climático global, el patrón de turistas cambiaría de los tradicionales hacia lugares con mayor altitud (Rosselló y Santana, 2012), aunque si se propiciara una redistribución, los turistas preferirían recorrer distancias cortas para encontrar un sustituto ante estos escenarios, por lo que el turismo doméstico también se puede beneficiar.

5. Modelo para la demanda de turismo en México

Desde mediados de la década de 1970 se ha criticado que el análisis de la demanda de turismo se base en teorías económicas tradicionales, aunque se reconozca ampliamente que la demanda está determinada también por factores sociales, políticos y tecnológicos. Lipsey y Stein (1981) señalan que factores distintos de los precios y del ingreso representan aproximadamente el 30% de la variación en la demanda de productos y servicios. Por su parte, Song et al. (2000) afirman que la decisión de los turistas al elegir un destino particular está influida por factores sociales y psicológicos como el estatus social del turista, intereses personales y nivel cultural, así como características geográficas del país de destino. En un esfuerzo por proporcionar un marco teórico apropiado para construir una función de demanda para el turismo, Goh (2012) propone un marco teórico combinado para explicar que el origen de la demanda del mercado turístico podría encontrarse tanto en la teoría económica como en la socio-psicológica y que dicha demanda podría derivarse de los factores que sustentan ambas teorías. Esto es, de la teoría de elección de destino y de la teoría de la demanda de mercado.

Siguiendo la propuesta de Goh (2012), la construcción de la función de demanda del turismo en México no sólo incluirá variables económicas sino que también incluirá una variable socio-psicológica, a saber, el clima. El factor climático se eligió entre otras variables socio-psicológicas, por su importancia en diversas actividades económicas, en particular aquellas que dependen de recursos naturales como el turismo. Además, como se mencionó en la revisión de literatura, los factores que determinan la elección de un destino turístico son muchos y entre ellos destaca el clima (Boniface y Cooper, 1994). Igual que en Gogh (2012), se parte de la función de demanda representada en la ecuación 1 para construir la correspondiente al mercado mexicano, agregándole factores socio-psicológicos del clima, lo que permite construir una función de demanda para el turismo mexicano que integra factores más allá de los que se consideran en el marco económico convencional.

5.1 Las variables

La extensa y densamente poblada frontera que comparten México y Estados Unidos propicia más de 200 millones de visitas internacionales al año. La mayoría de estos viajes son de un día y se catalogan como llegadas de turistas internacionales, ya que los visitantes pasan la noche en México. La característica principal de este turismo, clasificado como fronterizo, es que las personas no se internan más allá de la franja fronteriza que comprende aproximadamente 30 kilómetros. El flujo de este tipo de turismo es muy volátil porque responde a un gran número de causas, que van desde variaciones en la paridad del tipo de cambio peso-dólar y los precios relativos de bienes como medicina y gasolina, hasta el endurecimiento de los controles migratorios, y una serie de factores que afectan la vida cotidiana de ciudades con lazos comerciales y culturales que están separadas por una línea divisoria. No está por demás afirmar que un gran número de estos flujos fronterizos son para visitar amigos y familiares.

Por todas estas razones, los turistas fronterizos integran un grupo claramente diferenciado de los no fronterizos o de internación. Los turistas de internación generalmente llegan a las ciudades

o destinos turísticos por vía aérea. Las características principales de este grupo de turistas son las siguientes: tienen una mayor estadía, hacen mayor gasto y un uso prolongado de los servicios turísticos. Mientras que el gasto promedio de un turista fronterizo fluctúa entre 50 y 60 dólares, el de uno de internación es de aproximadamente 600 dólares. De acuerdo con datos de SECTUR, 2015, de los 32.1 millones de turistas internacionales que visitaron México en el año 2015, 18.3 millones fueron de internación y 13.8 millones fueron fronterizos, representando el 57% y 43% del total de turistas, respectivamente. De la misma fuente de información, se observa que de los \$15 mil 825 millones de dólares que ingresan al país, los turistas de internación gastaron \$15 mil 035 millones de dólares mientras que los turistas fronterizos gastaron solamente \$ 790 millones de dólares, lo cual representa el 95% y 5% del gasto total, respectivamente. El país que más genera turismo internacional hacia México, es Estados Unidos. En el periodo que comprende de 1980 a 2015, los visitantes de este país representan aproximadamente el 85% del total de turistas de internación.

Se consideran dos variables endógenas para aproximar la demanda. La variable $TurMex_t$ representa el número de turistas de internación hacia México al tiempo t , expresada en miles de personas. La variable $GrTurMex_t$ representa el gasto real de los turistas de internación en México al tiempo t , expresado en miles de millones de dólares. Ambas variables se obtuvieron de la base de estadísticas del Banco de México (BANXICO). Sistema de información económica. Cuenta de viajeros internacionales.

La selección de las variables económicas para explicar la demanda se realizó con los siguientes criterios. Debido a que en este estudio se construye una demanda agregada, se consideran ingresos agregados y no per-cápita. La variable $PIBRUS_t$ representa el Producto Interno Bruto real de estados unidos en el tiempo t , expresado en miles de millones de dólares a precios del año 2010, y constituye un indicador de la evolución económica de los principales países de origen del turismo de internación mexicano. Esta variable influye de manera positiva sobre la demanda, pues a mayores ingresos se cuenta con mayores recursos para el consumo de bienes que podrían considerarse de lujo, como es el caso del turismo. Esta información se obtuvo de las estadísticas del Banco Mundial.

La variable $PIBRMex_t$ representa el Producto Interno Bruto real de México en el tiempo t , expresado en miles de millones de dólares a precios del año 2010, y constituye un indicador de la evolución económica del país de destino. Se supone que esta variable afecta positivamente a la demanda, ya que los turistas prefieren visitar países con altos ingresos dado que esto se traduce en mejor infraestructura turística; además de que los turistas prefieren visitar países con bajos niveles de pobreza. La información se obtuvo de las estadísticas del Banco Mundial

La variable PR_t representa los precios relativos al tiempo t , es calculada como el recíproco del tipo de cambio real y representa el costo de oportunidad de obtener una unidad de bien en el extranjero, en términos de unidades de bienes domésticas, en caso de un menor costo de oportunidad, el país gana competitividad antes sus países clientes y la demanda de turismo de esos países aumenta. El tipo de cambio real fue calculado como el producto del tipo de cambio nominal peso-dólar por el cociente entre el Índice de Precios al Consumidor de Estados Unidos

(INPCUS) y el Índice de Precios al Consumidor de México (INPCM). Tanto el INPCM como el tipo de cambio nominal se obtuvieron de las estadísticas de BANXICO, mientras que el INPCUS se extrajo del Banco de la Reserva Federal de San Luis.

Las variables que se usarán para evaluar los efectos del cambio climático sobre la demanda de turismo hacia México son la temperatura promedio y la precipitación pluvial acumulada del lugar de destino. Las Figuras 2 y 3 muestran la temperatura promedio y la precipitación pluvial acumulada anual de México con sus respectivas tendencias¹. Como puede observarse, la tendencia en ambas variables va en aumento. Se ha mencionado que la preferencia por un destino para vacacionar está fuertemente determinada por la temperatura, sobre todo para aquellos turistas que buscan escapar de los crudos inviernos de sus países de origen, prefiriendo lugares más cálidos. Sin embargo, esta relación no es lineal y con escenarios de cambio climático, el aumento sostenido de la temperatura puede reducir el atractivo de lugares que actualmente cuentan con una temperatura óptima volviéndose menos deseables, mientras que los lugares que actualmente son más fríos serían más atractivos para los turistas. El cambio climático tendrá como consecuencia una redistribución de los flujos de turistas. La variable $Dest_Temed_t$ representa la temperatura promedio del lugar de destino durante el periodo t , expresada en grados centígrados. La variable $Dest_Pcpacu_t$ representa la precipitación pluvial acumulada del lugar de destino durante el periodo t , expresada en milímetros cúbicos. Ambas variables se obtuvieron de la base de datos creada por el grupo de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM).

5.2 El modelo

El modelo propuesto para evaluar los efectos del cambio climático sobre la demanda de turismo de internación o no fronterizo hacia México es el siguiente

$$\ln(GrTM_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(PIBRUS_t) + \beta_2 \ln(PIBRMex_t) + \beta_3 \ln(PR_t) + \beta_4 Dest_Temed_t + \beta_5 Dest_Temedp_t^2 + \beta_6 Dest_Pcpacu_t + \beta_7 Dest_Pcpacu_t^2 + \varepsilon_t$$

En donde $\ln(.)$ es la función logaritmo natural y ε_t representa el termino estocástico de la demanda.

Figura 5-1 Temperatura anual promedio nacional y su tendencia.

¹ Las series de tendencia y sus respectivos intervalos de confianza de dos desviaciones estándar, fueron obtenidos de manera simultánea mediante el Filtro Bivariado de Hodeick-Prescott con suavizamiento controlado del 85% (Guerrero et al., 2017)

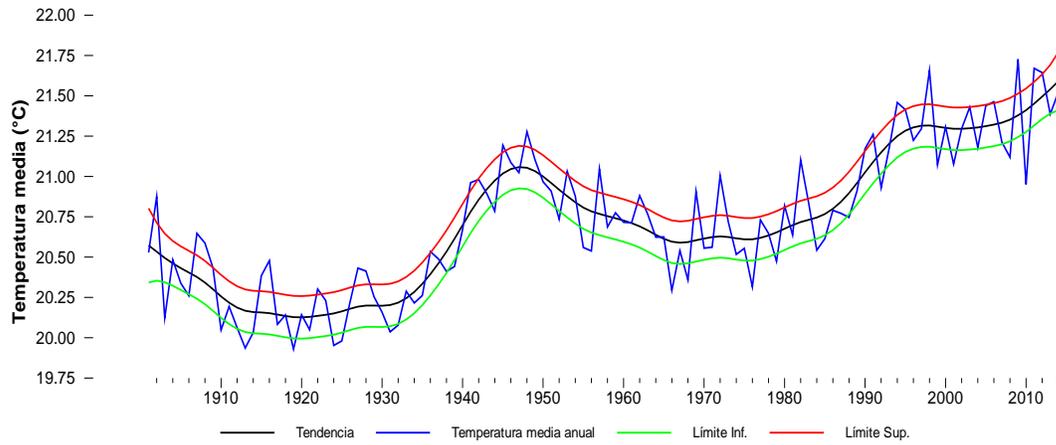
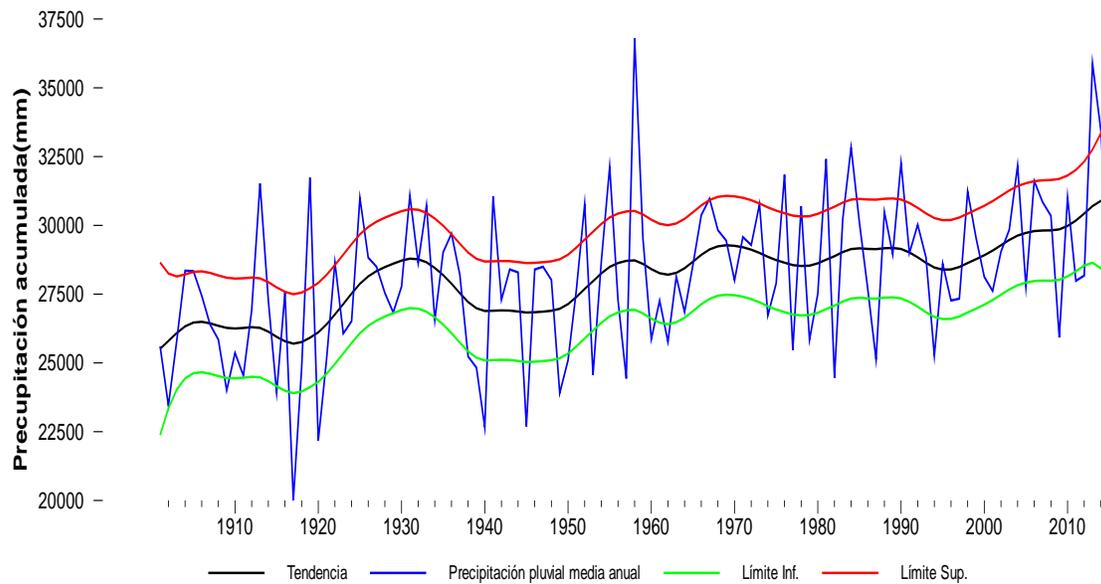


Figura 5-2 Precipitación anual acumulada nacional y su tendencia.



6. Resultados de la estimación

La información de las variables se resume en la Tabla 3. Los datos indican que durante el periodo que va del primer trimestre de 1980 al cuarto trimestre de 2015, el turismo de internación ha crecido en 346% mientras que el gasto de éstos ha crecido en 150.4%. El Producto Interno Bruto de Estados Unidos ha crecido en 153.6% mientras que el de México 140.5%. El promedio del tipo de cambio real fue de 14.1 pesos por dólar y la temperatura promedio experimentada fue de 21°C. En su trabajo, Lise y Tol (2000) encontraron que la temperatura preferida por los turistas varía en un rango que va de 21°C a 24°C y que la temperatura óptima para los turistas de Estados Unidos y del Reino Unido es de 23°C. Los datos muestran que la temperatura promedio en el periodo de análisis está en el rango de mayor confort para los turistas que mayormente demandan el servicio en México. Esto es, los turistas procedentes de Estados Unidos.

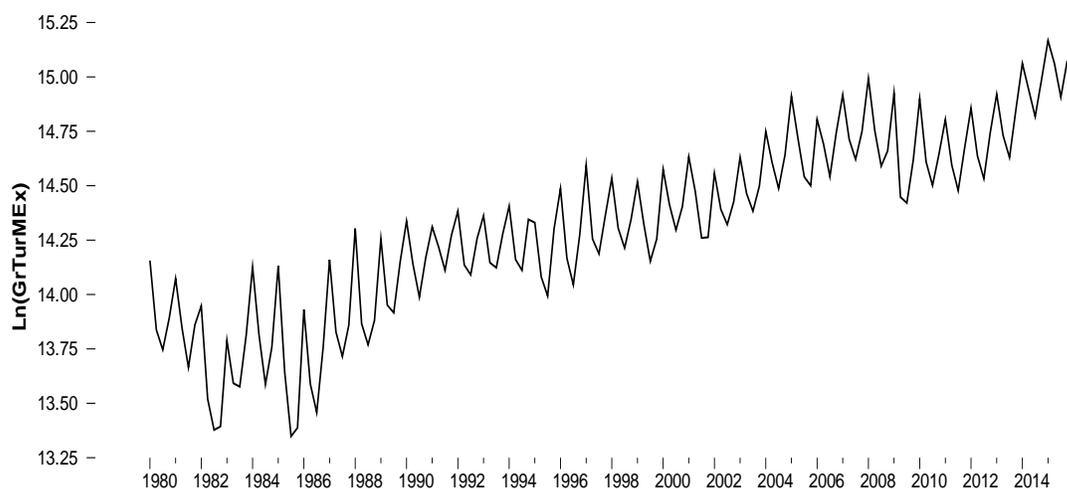
Tabla 6-1 Resumen de la información utilizada para estudiar los efectos del cambio climático en la demanda de turismo hacia México durante el periodo de 1980-I a 2015-IV

Variable	Crecimiento	Mínimo	Máximo
Turistas no fronterizos (M)	346%	885	5,133
Gasto de turistas a precios de 2010 (USM)	150.4%	6,26590	38,63485
PIB de México a precios de 2010 (USB)	140.5%	0.83	2.01
PIB de U.S. a precios de 2010 (USB)	153.6%	6.38	16.5

M denota miles de personas; USM denota miles de millones de dólares de Estados Unidos y USB denota billones de dólares de Estados Unidos.

Como se puede observar en la Figura 4, el flujo de turistas de internación hacia México muestra una gran estacionalidad: los arribos se elevan mucho durante el primero y el cuarto trimestre de cada año. La estacionalidad de la demanda surge con la sincronización de las preferencias y las instituciones sociales con el calendario. En cuanto a las preferencias, es claro que los turistas prefieren un clima más cálido durante el invierno y por este motivo viajan a México. Con respecto a la parte institucional, el periodo coincide con el de vacaciones. Se tomó el logaritmo del gasto real de los turistas para estabilizar la varianza. La dinámica del turismo de internación también muestra marcados efectos de tendencia hacia arriba y parece ser no lineal, a pesar de estar en logaritmos.

Figura 6-1 Logaritmo natural del gasto del turismo de internación hacia México a precios de 2010 (US\$). Datos trimestrales durante el periodo de 1980-I a 2015-IV



La tabla 4 muestra los resultados de la estimación de la demanda a nivel nacional con datos trimestrales durante el periodo que va de 1980-I a 2015-IV. Los coeficientes se estimaron por el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) haciendo uso del Software RATS9.2. Se consideran errores estándar robustos para evitar los efectos dañinos que pudieran causar los problemas de auto correlación y heteroscedasticidad de los errores del modelo.

Debido a que el modelo estimado se usará para realizar pronósticos de la demanda, la cual presenta una componente estacional que podría evolucionar con el cambio climático, es necesario evaluar la estabilidad de los parámetros a través de un análisis secuencial. Los procedimientos secuenciales de estimación permiten evaluar y rastrear los parámetros que podrían cambiar en el tiempo, y en consecuencia, son útiles para valorar el uso del modelo en el pronóstico.

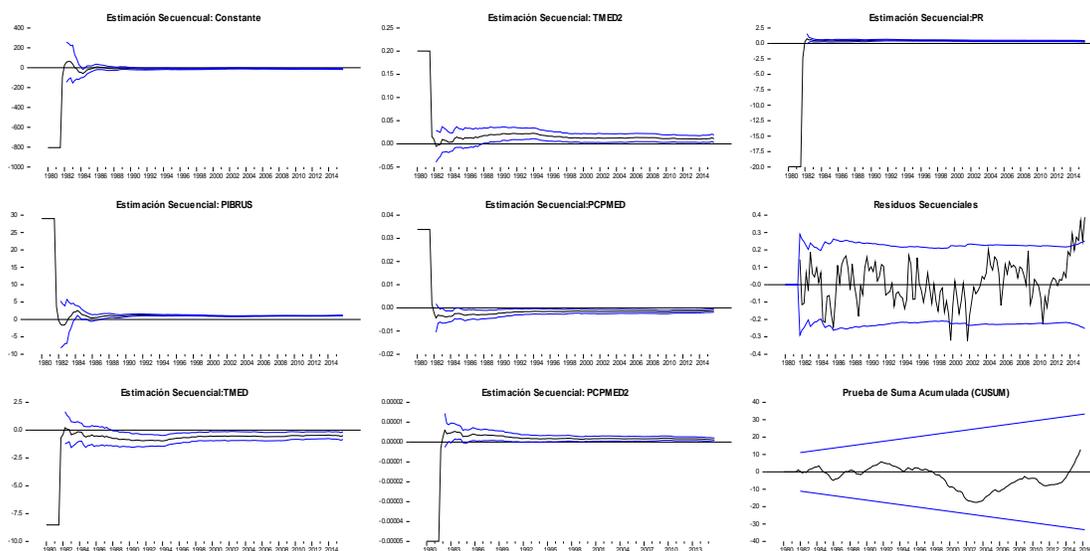
Tabla 6-2 Estimación de la demanda de turismo a nivel nacional. Datos trimestrales durante el periodo que comprende 1980-I a 2015-IV

Variablen	$\ln(\text{GrTM})$	Intervalo de confianza del 95%
Constante	-14.198657 (2.610460)	(-19.36066, -9.03665)
$\ln(\text{PIBRUS})$	1.158783 (0.075354)	(1.00977, 1.30779)
$\ln(\text{PR})$	0.333499 (0.096094)	(0.14348, 0.52352)
Mex_Temed	-0.485299 (0.143303)	(-0.76867, -0.20193)
Mex_Temed^2	0.011108 (0.003389)	(0.00441, 0.01781)
Mex_Pcpacu	-0.000034 (0.000012)	(-0.00005, 0.00001)
Mex_Pcpacu^2	0.000001 (0.000005)	(0.00000, 0.00000)
R^2	0.906	

Desviaciones estándar robustas entre paréntesis, de acuerdo con el método de Newey y West (1987).

En la figura 5 se presentan graficados los resultados del análisis secuencial de la función de demanda, que inicia en 1982-IV. En la figura se observan los residuales secuenciales y sus bandas de dos desviaciones estándar, bajo la hipótesis nula de especificación correcta y de parámetros constantes. Los residuales secuenciales rara vez rebasan bandas de 95%. También se observan los estimadores secuenciales de los parámetros, junto con las desviaciones estándar calculadas secuencialmente. Todos los estimadores de los parámetros y sus varianzas parecen estabilizarse a medida que el tamaño de muestra aumenta. Finalmente, la gráfica de la suma acumulada de los residuales secuenciales no revela evidencia en contra de la hipótesis de especificación correcta y estabilidad estructural; la suma acumulada ni siquiera se aproxima al límite de 5% de significancia. El ajuste logrado con el modelo estimado es relativamente bueno, de acuerdo con el coeficiente de determinación $R^2 = 0.906$, 90% de la variación en la demanda es explicada por las variables económicas y de cambio climático.

Figura 6-2 Estimadores secuenciales de los parámetros de la demanda de turismo



Al ser un modelo doble logarítmico, los coeficientes estimados, asociados a las variables explicativas, son directamente sus elasticidades económicas; exceptuando las variables de temperatura y precipitación, aunque cabe mencionar que sus coeficientes tienen una interpretación en términos porcentuales. Los resultados indican que el turismo es un bien de lujo puesto que la elasticidad ingreso de la demanda es mayor que uno²(1.158), y la demanda aumenta más que proporcionalmente a un cambio en los ingresos. Es decir, ante un incremento de uno por ciento en el Producto Interno Bruto real de los Estados Unidos la demanda de turismo de internación hacia México registraría una variación positiva del orden de 1.15 puntos porcentuales (si todo lo demás permanece constante)

En lo que se refiere a la sensibilidad del gasto de los turistas frente a los precios relativos, los resultados indican que la demanda responde de manera inelástica al costo de oportunidad en México (0.333); es decir que ante un cambio porcentual en el tipo de cambio real, la demanda de turismo de internación aumentará en 0.333 por ciento. La baja elasticidad y su signo positivo reflejan, en parte, la competitividad del sector turístico mexicano en comparación con los destinos turísticos de Centro y América del sur.

Respecto de las variables de interés; esto es las variables de cambio climático, todas resultaron estadísticamente significativas y sus coeficientes presentan el signo esperado. Los coeficientes de los términos lineal y cuadrático de la temperatura son negativos y positivos, respectivamente. La

² Los bienes de lujo son los elementos de los que podemos prescindir durante periodos de recesión económica y de pérdida de confianza del consumidor. Durante periodos de expansión económica y de aumento en la confianza del consumidor, la demanda de bienes de lujo se incrementa. Por el contrario, durante una desaceleración económica, estos gastos discretivos son las primeras víctimas en las decisiones de los consumidores para poder controlar sus gastos y reconstruir los balances financieros y de ahorro del hogar.

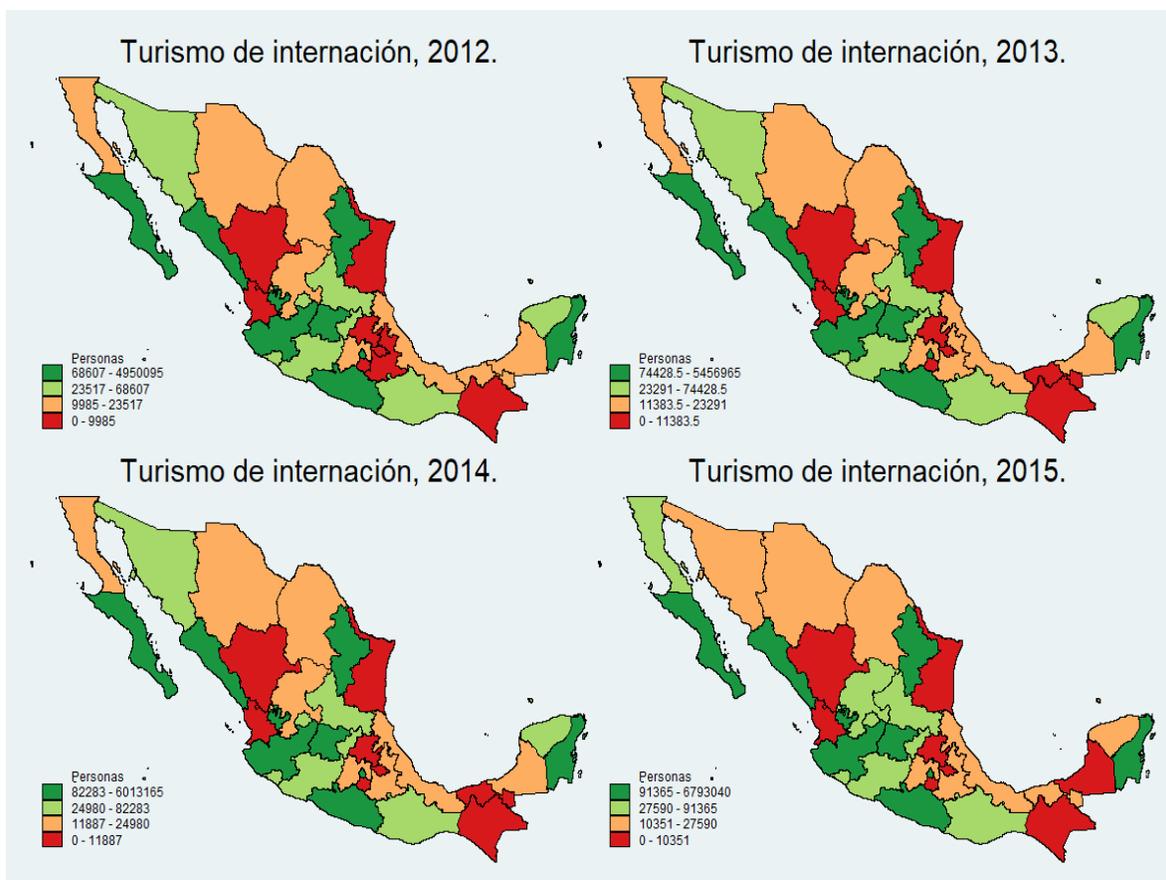
inclusión de la temperatura y la temperatura al cuadrado en la función de demanda implica que existe una temperatura óptima de invierno para los turistas. La temperatura óptima está determinada por $T^{opt} = \frac{-\beta_4}{2\beta_5}$, mientras que su varianza (aproximada mediante una expansión de Taylor de primer orden) está dada por $\sigma_{T^{opt}}^2 \approx \frac{1}{4\beta_5^2} \sigma_4^2 + \frac{\beta_4^2}{4\beta_5^2} \sigma_5^2 - \frac{\beta_4}{2\beta_5^2} \sigma_{\beta_4\beta_5}$. Resulta que la temperatura óptima es de 22°C con un intervalo de más menos 1°C. Esta temperatura corresponde a la encontrada por Lise y Tol (2002), que varía en un rango de 21°C a 24°C, con una temperatura óptima para los turistas de Estados Unidos de 23°C; también corresponde a las temperaturas actuales que se encuentran en el norte de España, el sur de Francia y el norte de Italia, los cuales son centros turísticos muy reconocidos.

La precipitación presenta el signo esperado y se infiere que los turistas prefieren lugares secos sobre lugares húmedos, pero no hay una cantidad óptima de precipitación. Entonces, “ceteris paribus” los turistas que visitan México, cuyos países de origen son en su gran mayoría Estados Unidos y Canadá, tienen una temperatura óptima de 22°C para seguir eligiendo a México como destino turístico. Sin embargo, como el turismo de internación hacia México es un bien de lujo, la percepción de confort es fundamental y por lo tanto una variación en la temperatura óptima podría afectar gravemente a la demanda. Por ejemplo, un incremento en la temperatura más allá de la óptima, con inviernos más cálidos en los países de origen, generaría un cambio en la utilidad de los turistas y, por lo tanto, en las probabilidades de seguir eligiendo a México como destino para vacacionar.

6.1 Estimación de la demanda por estados.

Durante los últimos años, el desarrollo turístico se ha basado en criterios relacionados con atractivos fisiográficos, de recursos naturales y de belleza escénica. Los principales núcleos de este tipo se ubican en los estados de Quintana Roo, Jalisco, Guerrero, Baja California Sur, Oaxaca, Veracruz, Sinaloa y Colima. La Figura 6 muestra el flujo de turistas de internación por estado de 2012 a 2015; como se observa, estos estados se ubican entre los que tienen mayor demanda, sobre todo porque en ellos se encuentran los destinos de playa más visitados. De acuerdo con información de DATATUR, estos ocho estados han recibido el 72% del turismo de internación durante el periodo de 2012-2015. La importancia de estos estados radica en que el cambio climático podría afectar la distribución del flujo de turistas y, en algunos casos, dañar la economía de la región.

Figura 6-3 Intensidad de turismo de internación por estado durante los años de 2012 a 2015



Fuente: Elaboración propia con información de DTATUR.

No se cuenta con información del gasto de turistas por estado; así, el número de turistas de internación se utilizó como variable para explicar la demanda. La Tabla 5 muestra los resultados de cada uno de los estados considerados. Se observa que, salvo en los estados de Jalisco, Quintana Roo y Colima, en los demás la demanda no depende de las variables económicas, sino que responde a la variación en la temperatura y la precipitación pluvial. La medida de bondad de ajuste (R^2) indica que en todos los estados, un alto porcentaje en la variación de la demanda se explica por las variables de cambio climático. Los parámetros estimados de mayor interés (para temperatura y precipitación) son robustos entre todos los estados y en concordancia con el resultado a nivel nacional. Además, se consideran errores estándar robustos (entre paréntesis) para evitar los efectos dañinos que pudieran causar la autocorrelación y heteroscedasticidad.

Tabla 6-3 Estimación de la demanda de turismo a nivel estatal. Datos mensuales durante el periodo que comprende 2012-1 a 2015-12

	GRO	SIN	OAX	BCS	JAL	ROO	COL
	$Ln(Tur_{GRO})$	$Ln(Tur_{SIN})$	$Ln(tur_{OAX})$	$Ln(Tur_{BCS})$	$Ln(Tur_{JAL})$	$Ln(Tur_{ROO})$	$Ln(Tur_{COL})$
Constante	81.6927* (10.1955)	12.5879* (0.2527)	13.8631* (0.7235)	8.3878* (1.8881)	-2.5892 (5.3724)	-31.1144** (13.9814)	
$Ln(PIBRUS_t)$					5.5603* (1.0806)		6.7419* (1.9320)
$Ln(PIBRUS_{t-1})$						6.3869* (0.8585)	
$Ln(PR)$					-1.1926** (0.49289)		
$Dest_Tmed_t$		-0.1394* (0.0106)	-0.2290** (0.0339)		-0.4193** (0.2098)		-1.4417** (0.7042)
$Dest_Tmed_{t-1}$	-5.6686* (0.7908)			0.3188*** (0.1791)	-0.9817* (0.2430)		
$Dest_Tmed_{t-2}$						1.3078* (0.3339)	
$Dest_Tmed_{t-3}$						-0.3072** (0.1372)	
$Dest_Tmed_{t-4}$						1.0414** (0.4142)	
$Dest_Tmed_{t-6}$						-0.8446** (0.4164)	
$Dest_tmed_t^2$					0.0084*** (0.0049)		0.0200 (0.013)
$Dest_tmed_{t-1}^2$	0.1106* (0.0153)						
$Dest_tmed_{t-2}^2$						-0.0271* (0.0066)	
$Dest_tmed_{t-3}^2$						0.0071** (0.0029)	

$Dest_tmed_{t-4}^2$				- 0.0080*** (0.0042)	0.0250* (0.0060)	-0.0215** (0.0081)	
$Dest_tmed_{t-6}^2$						0.0167** (0.0078)	
$Dest_Pcpac_t$	-0.0113** (0.0025)		-0.0126* (0.0016)	0.0159** (0.0074)	-0.0059* (0.0020)		-0.0061** (0.0021)
$Dest_Pcpac_{t-1}$		-0.0026* (0.0007)		0.0105*** (0.0057)			
$Dest_Pcpac_t^2$	0.000018** (0.000008)		0.000019* (0.000003)	- 0.00017** (0.00006)	0.00001 (0.000007)		0.000004 (0.000004)
$Dest_Pcpac_{t-1}^2$				- 0.00016** (0.00006)			
R^2	8.02	0.856	0.773	0.664	0.734	0.713	0.873
\overline{R}^2	0.783	0.850	0.758	0.614	0.678	0.613	0.861

Regresión del logaritmo natural del número de llegadas de turistas de internación a un estado. Las desviaciones estándar robustas se dan entre paréntesis. *** $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.001$

El modelo para Veracruz contiene los rezagos 4, 6, 8, 11 y 12 que son estadísticamente significativos en la temperatura y precipitación. Cabe notar que el parámetro estimado del rezago 11 de la temperatura y de la precipitación toma los valores -1.2287 (con desviación estándar de 0.3846) y 0.0245 (con desviación estándar 0.0079, respectivamente).

7. Pronóstico del costo debido al cambio climático

Los modelos estimados para la demanda de turismo de internación hacia México satisfacen la teoría propuesta por Goh (2012), además pasaron las diversas pruebas que los validan y ahora serán usados para realizar pronósticos para el resto del siglo XXI. Los datos pronosticados de la demanda se usarán para realizar la evaluación del impacto económico del cambio climático en el año 2100, bajo los escenarios de clima CPR2.6 y CPR8.5. En el quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) se definieron 4 nuevos escenarios de emisión, las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2.6 y 8.5 W/m^2 .

Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), dos escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de Gas de Efecto Invernadero (RCP8.5). A diferencia de los Escenarios de emisión utilizados en el IPCC del Cuarto Reporte: Cambio Climático 2007 (AR4), los nuevos CPR contemplan los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI.

De acuerdo con la información proporcionada en el AR5, para fines del siglo XXI es probable que la temperatura global en la superficie sea superior en 1.5°C con respecto a la del período entre 1850 y 1900 para todos los RCPs, salvo el RCP2.6. Es probable que esa temperatura sea superior en 2°C para los escenarios RCP2.6 y RCP8.5, y aún más probable que sea superior en 2°C para el escenario RCP8.5. Se espera que el calentamiento continúe después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP2.6. El calentamiento continuará mostrando una variabilidad entre interanual y decenal, y no se espera que sea uniforme entre las regiones (IPCC, 2013). Los cambios que se podrían producir en el ciclo global de agua, en respuesta al calentamiento, no serán uniformes. Es probable que se acentúe el contraste en las precipitaciones entre las regiones húmedas y secas, y entre las estaciones húmedas y secas, con excepciones regionales. Los cambios estimados en las temperaturas medias globales para los distintos RCP se muestran en la Tabla 6.

Tabla 7-1 Proyección del cambio en la temperatura media global del aire en la superficie para mediados y finales del siglo XXI en relación con el periodo de referencia 1985-2005.

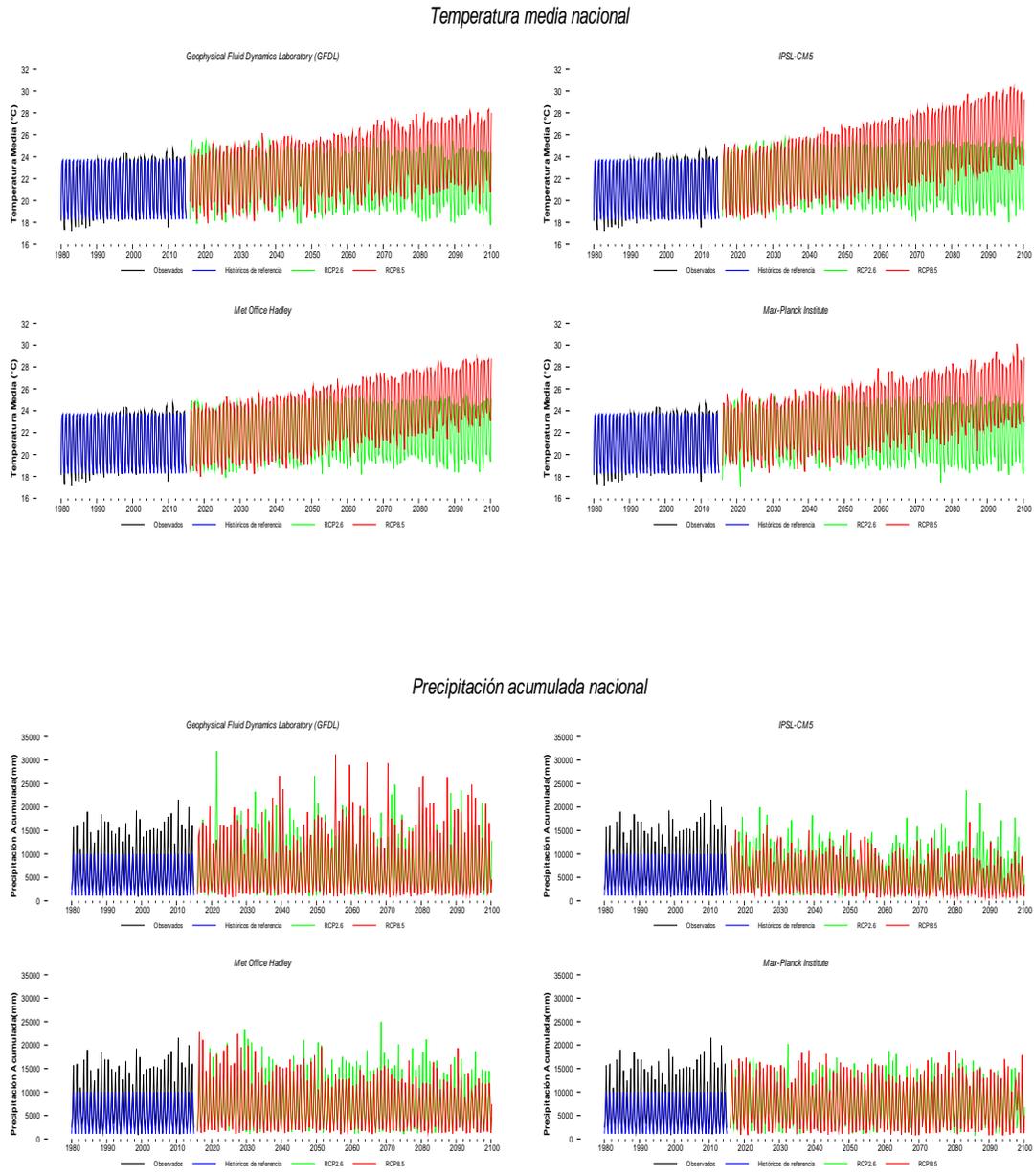
Escenario	Período		Período	
	2046-2065		2081-2100	
	Media	Rango Probable	Media	Rango Probable
RCP2.6	1.0	0.4-1.6	1.0	0.3-1.7
RCP4.5	1.4	0.9-2.0	1.8	1.1-2.6
RCP6.0	1.3	0.8-1.8	2.2	1.4-3.1
RCP8.5	2.0	1.4-2.6	3.7	2.6-4.8

7.1 Escenarios de cambio climático para el área de estudio.

El área de estudio corresponde a todo el territorio mexicano y en particular los ocho estados antes mencionados. El clima de referencia o clima presente que se generó en este estudio, para la temperatura media y la precipitación acumulada, correspondió al periodo comprendido entre 1985 y 2005. Para dar una idea de los cambios en las series de temperatura y precipitación pluvial acumulada a través del tiempo bajo los escenarios RCP2.6 y RCP8.5, las Figura 7 y B1 presentan las proyecciones de la temperatura promedio del aire y de la precipitación acumulada de forma trimestral para el análisis nacional y mensual para los estados, desde 2016 hasta el 2100. Los datos de estos escenarios se obtuvieron de la base de datos creada por el grupo de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM). Los datos se encuentran en una escala mensual y por estados.

Se puede apreciar que los posibles aumentos de temperatura media se dan gradualmente a través del tiempo, en donde para los primeros años a futuro, el RCP2.6 y RCP8.5 proyectan un aumento de temperatura muy uniforme entre ambos, pero aproximadamente después del año 2050, el RCP8.5 presenta temperaturas mayores que las del RCP2.6.

Figura 7-1 Series de temperatura media y precipitación acumulada con datos observados para el clima presente (1980-I a 2015-IV), histórico de referencia (1985-I a 2005-IV) y futuro (2016-I a 2100-IV)



Los datos a futuro son del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), Met Office Hadley (MOH), IPSL-CM5 y del Max-Planck Institute (MPI). Series a nivel nacional de los escenarios RCP2.6 y RCP8.5.

Respecto al PIB de Estados Unidos, se consideran dos escenarios. El primero está basado en las proyecciones socioeconómicas a nivel país dentro del escenario de cambio climático A2³. Los datos están en \$USD de 1990 y se encuentran disponibles en <http://ciesin.columbia.edu/datasets/downscaled>. El segundo escenario se obtuvo de la base de datos “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (Shared Socioeconomic Pathways, SSP). Esta base de datos tiene como objetivo la documentación cuantitativa de proyecciones de las llamadas trayectorias socioeconómicas compartidas. Las SSP son parte de un nuevo marco de referencia que ha adoptado la comunidad de investigadores dedicados a estudiar los efectos del cambio climático para facilitar el análisis integral de sus efectos, la vulnerabilidad, la adaptación y la mitigación.

Para cada SSP se proporciona un escenario de población y urbanización único desarrollado por el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica. Para el PIB, se dispone de tres interpretaciones alternativas de los SSP por parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, El Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas y el Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático. Se optó por el uso del PIB proporcionado por la OCDE (PIB-SSP3⁴) por considerar que su trayectoria es compatible con los escenarios RCP2.6 y RCP8.5.

Es importante mencionar que los datos en el primer escenario se proporcionan cada cinco años a partir de 1990 y hasta el 2100, mientras que en el segundo escenario se proporcionan sólo para los años 2005 y a partir del 2010 cada diez años, hasta el 2100 y están en \$USD de 2005. Recordemos que los datos que se usaron para estimar la función de demanda están a precios de 2010. Para empalmar los datos, se calcularon las tasas de crecimiento del PIB con base 1990 en el primer escenario y con base 2005 en el segundo escenario y éstas se aplicaron a los datos con base 2010. Posteriormente, se hizo una interpolación lineal a datos anuales y para interpolar a datos trimestrales se usó el procedimiento @disaggregate del Software RATS 9.2

7.2 Pronósticos nacionales

Los resultados en la estimación de la demanda indican que el turismo es un bien de lujo puesto que la elasticidad ingreso de la demanda es mayor que uno y, por lo tanto, la demanda aumenta más que proporcionalmente a un cambio en los ingresos. Es decir, ante un incremento de uno

³En el escenario A2 del Informe Especial Sobre Escenarios de Emisiones (SRES) se prevé que para el año 2100 la población habría alcanzado una cifra de 15 mil millones, con un desarrollo económico y tecnológico generalmente lento. También se contemplan emisiones de gases de efecto invernadero ligeramente más bajas que en otros escenarios.

⁴En el escenario SSP3 se supone que se enfrentarían grandes desafíos tanto en mitigación como en adaptación. También se contemplan altas emisiones de contaminantes atmosféricos asociados con la aplicación deficiente de la legislación de calidad del aire y un alto nivel de dependencia del carbón (Fujimori S. et al, 2017).

por ciento en el PIB real de los Estados Unidos la demanda de turismo de internación hacia México registraría una variación positiva del orden de 1.15 puntos porcentuales (si todo lo demás permanece constante). En este contexto es importante destacar que las tasas de crecimiento del PIB en el escenario del A2-SRES para los periodos de 2016-2025, 2026-2050, 251-2075 y 2076-2100 son 33.9%, 93.3%, 74.02% y 54.9%, respectivamente; mientras que para el escenario del SSP son 67.2%, 295%, 14.4% y -53.3%, respectivamente.

En las tablas 7 y 8 se reporta el valor presente de los costos acumulados del cambio climático debido a cambios en la temperatura y precipitación pluvial en los escenarios RCP2.6, RCP8.5; para el del PIB dentro del escenario A2 del SRES y para el obtenido del SSP, respectivamente. Por su parte, la Tabla 9 muestra los resultados que consideran solamente los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial; esto es, el resto de las variables en la función de demanda permanecen constantes en el nivel que tenían en 2015. El costo acumulado a nivel nacional se muestra en cuatro años del siglo XXI, en 2025, 2050, 2075 y 2100. El valor presente es con respecto al año 2015 y fue calculado con una tasa de interés compuesto de 4%.

Tabla 7-2 Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SRES

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-4,091,941	52,975,029	-156,038,777	- 315,120,223
	RCP8.5	-6,540,704	-51,571,884	-147,309,553	-293,946,195
MOH	RCP2.6	-6,555,563	-56,553,906	-160,957,900	-320,892,566
	RCP8.5	-6,596,702	-53,045,862	-149,079,436	-290,142,631
IPSL	RCP2.6	-6,054,038	-53,537,755	-154,391,530	-312,205,896
	RCP8.5	-4,341,468	-45,762,609	-126,808,243	-247,322,908
MPI	RCP2.6	-6,843,693	-58,153,053	-163,951,771	-322,440,575
	RCP8.5	-7,834,752	-54,891,449	-148,787,564	-290,220,894

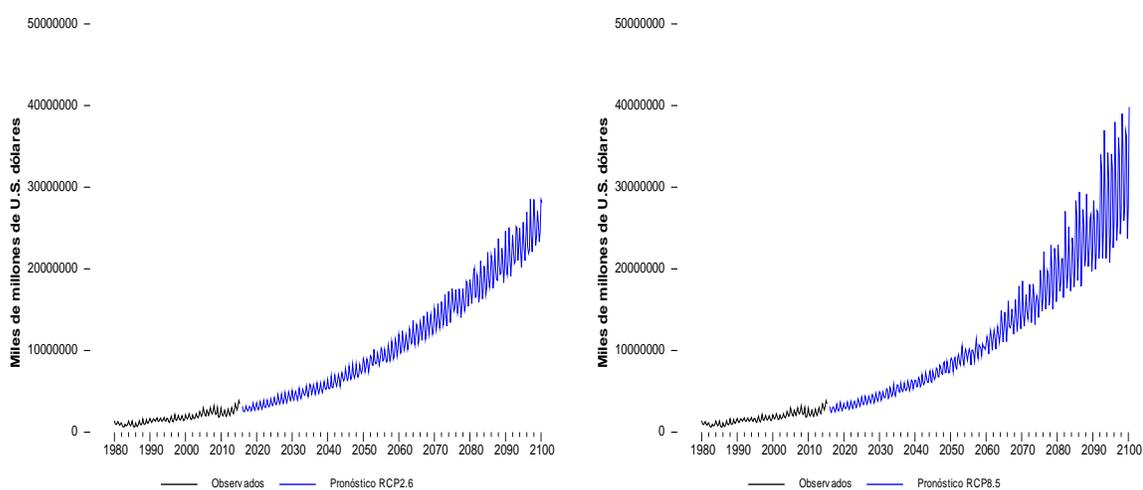
Costos estimados como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010. Tasa de interés compuesto para el cálculo del valor presente de 4%.

La Tabla 7 muestra que en los dos escenarios de cambio climático se estiman pérdidas considerables en el sector turismo. En total para el año 2100, la pérdida promedio estimada con los resultados de los cuatro institutos es de USD \$317, 664,815 en el escenario RCP2.6 y de USD \$284, 408,157 en el escenario RCP8.5. La combinación de una tasa de crecimiento moderada del PIB y una menor temperatura durante el periodo de mayor demanda tiene como consecuencia

un aumento en el costo acumulado, comparado con los mismos niveles de ingresos, pero con una mayor temperatura en el mismo periodo.

La Figura 8 ilustra la evolución de los pronósticos en ambos escenarios. A inicios de los años 2060 se puede observar el efecto del incremento en la temperatura en el escenario RCP8.5 comparado con una menor temperatura en el escenario RCP2.6. Los inviernos más cálidos (periodo de mayor demanda) combinados con ingresos altos en el país de origen de los turistas, incrementa considerablemente los ingresos por turismo de internación a nivel nacional.

Figura 7-2. Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley, y en el escenario A2-SRES del PIB de Estados Unidos.



Periodo del pronóstico, primer trimestre de 2016-cuarto trimestre de 2100.

La Tabla 8 muestra que, ante un escenario de mayores ingresos en el país de origen de los turistas, la ganancia promedio acumulada para el año 2075, estimada con los resultados de los cuatro institutos, es de USD \$528,154,753 en el escenario RCP8.5 y de USD \$485,096,849 en el escenario RCP2.6. Sin embargo, la caída en el ingreso de los turistas durante los últimos 25 años del siglo XXI reduce las ganancias a USD \$397,272,711 y a USD \$333,731,369, respectivamente.

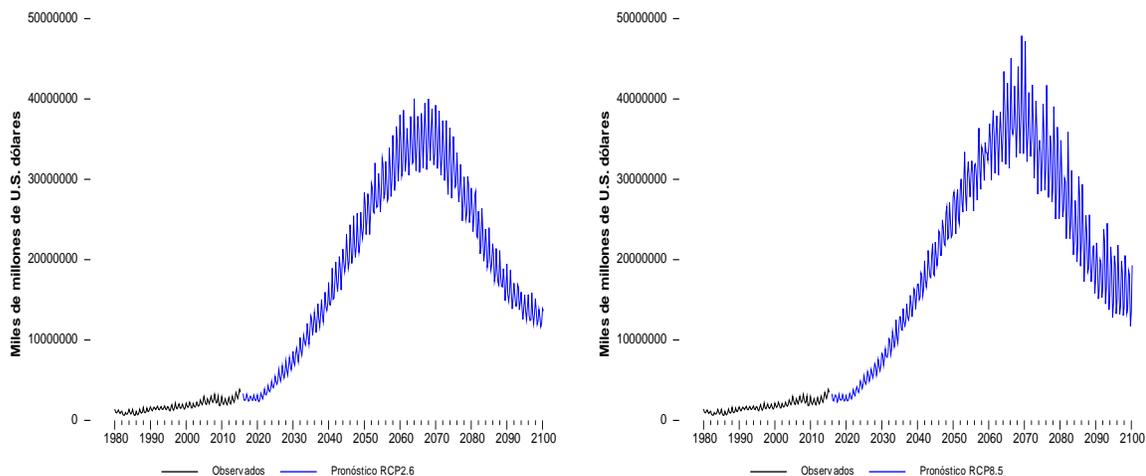
Tabla 7-3 Valor presente de la ganancia acumulada en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SSP.

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-1,394,085	266,146,602	490,045,071	338,328,112
	RCP8.5	-3,426,526	272,571,897	515,281,232	376,109,795
MOH	RCP2.6	-3,616,573	259,380,017	479,128,548	326,413,839
	RCP8.5	-3,617,901	269,795,862	512,340,602	378,152,545
IPSL	RCP2.6	-3,049,620	267,092,922	496,731,380	346,220,007
	RCP8.5	-1,390,410	285,285,828	569,169,527	454,203,779
MPI	RCP2.6	-3,823,929	258,404,335	474,482,398	323,963,517
	RCP8.5	-4,986,619	267,644,217	515,827,650	380,624,726

Ganancias estimadas como la diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010. Tasa de interés compuesto para el cálculo del valor presente de 4%.

En la Figura 9 se ilustra con bastante claridad la dependencia que tiene la demanda de turismo de internación de los ingresos de los turistas. En ambos escenarios se observa una tendencia ascendente de la demanda y alcanza su nivel máximo a finales de los años 2060, periodo en el que el PIB de los Estados Unidos mantuvo altas tasas de crecimiento. A inicios de los años 2070 la demanda comienza a descender rápidamente como consecuencia de una reducción considerable en los ingresos de los turistas, el PIB se reduce en 53% en los últimos 25 años del siglo XXI. Nuevamente se observan los efectos de la temperatura a inicios de los años 2060. El incremento de la temperatura en el escenario RCP8.5 favorece a la demanda al mantener inviernos más cálidos, mientras que las temperaturas más bajas del escenario RCP2.6 aumenta las pérdidas provocadas por la reducción en los ingresos.

Figura 7-3 Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley con el escenario SSP del PIB de Estados Unidos.



Periodo del pronóstico, primer trimestre de 2016 - cuarto trimestre de 2100.

Finalmente, la Tabla 9 muestra que los efectos del cambio climático, “*ceteris paribus*”, provocan una pérdida promedio estimada con los resultados de los cuatro institutos es de USD \$ 39,703,329 en el escenario RCP2.6 y una ganancia promedio estimada de USD \$ 17,474,813 en el escenario RCP8.5.

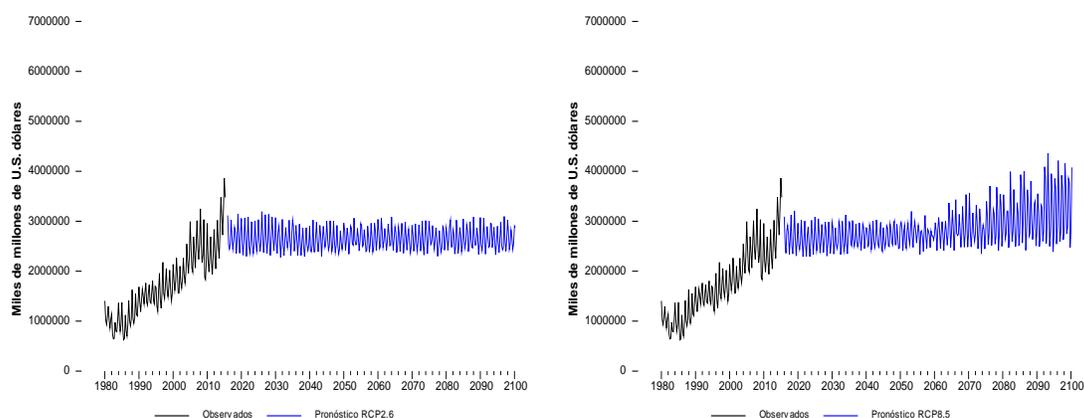
La Figura 10 muestra la evolución de la demanda de turismo en ambos escenarios de cambio climático. La demanda pronosticada en el escenario RCP2.6 parece permanecer en los mismos niveles del año 2015 durante todo el periodo de pronóstico, lo mismo ocurre con la demanda en el escenario RCP8.5, pero sólo hasta mediados de los años 2060. A partir de la segunda mitad de la década de 2060, la demanda se incrementa como consecuencia del aumento de la temperatura, lo que explica la ganancia obtenida en el escenario RCP8.5

Tabla 7-4 Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 y PIB del SSP

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-2,355,087	-14,453,840	-23,994,039	-34,205,707
	RCP8.5	-4,793,715	-12,510,499	-9,789,797	9,488,149
MOH	RCP2.6	-4,841,728	-18,484,824	-29,960,029	-42,023,644
	RCP8.5	-4,881,208	-14,149,489	-12,181,258	20,783,694
IPSL	RCP2.6	-4,316,961	-14,898,499	-20,804,333	-27,880,455
	RCP8.5	-2,574,406	-5,764,369	20,066,285	102,587,207
MPI	RCP2.6	-5,129,399	-19,990,711	-33,714,457	-42,877,604
	RCP8.5	-6,136,353	-15,995,253	-10,546,819	22,071,596

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010. Tasa de interés compuesto para el cálculo del valor presente de 4%. Costos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial, el resto de las variables en la función de demanda permanecen constantes en el mismo nivel que en 2015.

Figura 7-4 Pronósticos a nivel nacional de los ingresos por turismo de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial, el resto de las variables en la función de demanda permanecen constantes en el mismo nivel que en 2015. Periodo del pronóstico, primer trimestre de 2016 - cuarto trimestre de 2100.

Tomando en cuenta que México, como país de destino para los turistas de internación posee lugares que podrían considerarse inelásticos puesto que se perciben como bienes únicos, por ejemplo, sitios arqueológicos y condiciones culturales, esta clase de turistas son insensibles al clima. Entonces, los efectos del clima sobre el turismo podrían ser menores comparados con el efecto en otros destinos que carecen de estos atributos. En este contexto se considera importante mencionar que en la base de datos usada en el estudio no se puede distinguir entre los viajes por negocio, de ocio y de aquellos que visitan a familiares o amigos. En cambio, los datos se refieren a “arribos internacionales de turistas por país de residencia”, “arribos por nacionalidad”, “arribos en todos los establecimientos” y “arribos de turistas en hoteles”. Es probable que la estimación de la demanda de turismo con información proveniente de dicha base de datos tenga cierto sesgo debido a que, al no poder distinguir entre los diferentes motivos del viaje, se pueda suponer que los viajes de negocio y los que visitan a familiares y amigos son independientes, por ejemplo, de motivos relacionados con el cambio climático.

Además, la información agregada a nivel nacional es inapropiada para generalizar y detallar el flujo de turistas entre y dentro regiones que podrían ser afectadas de manera distinta por el cambio climático. Es por esto que se considera importante evaluar dichos efectos en la demanda de turismo de internación a nivel estatal, en particular en los estados con destinos de playa en el que el turismo podría ser muy sensible a los efectos del cambio climático.

7.3 Pronósticos por estados

En la sección 6.1 se ha documentado que los estados de Quintana Roo, Jalisco, Guerrero, Baja California Sur, Oaxaca, Veracruz, Sinaloa y Colima se ubican entre los que tienen mayor demanda de turismo, sobre todo porque en ellos se encuentran los destinos de playa más visitados. De acuerdo con información de DATATUR, estos ocho estados han recibido el 72% del turismo de internación durante el periodo de 2012-2015. La importancia de estos estados radica en que el cambio climático podría afectar la distribución de este flujo de turistas y, en algunos casos, dañar la economía de la región.

En la misma sección se menciona que no se cuenta con información del gasto de turistas por estado; así, el número de turistas de internación se utilizó como variable para explicar la demanda. Por lo tanto, en el análisis a nivel estatal se pronostica el número de turistas de internación en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5. Posteriormente se multiplica el número de casos acumulados por el gasto promedio de los turistas de internación en el 2015 que fue de \$ USD 753.80.

7.3.1 Quintana Roo

En Quintana Roo predomina el clima tropical con lluvias en verano, excepto en el suroeste y el sureste, donde predomina una temperatura tropical con intensas lluvias periódicas en invierno, seco en las comarcas del norte. En síntesis, el clima mayoritario en las regiones centro y este, es tropical con lluvias en otoño. Al oeste también es tropical, pero con lluvias intensas en verano. Al norte, el clima es de sabana con lluvias periódicas e invierno seco. La temperatura media anual en el estado es de 26°C. La época de secas comprende de febrero a

mayo, y la de lluvias de mayo a octubre, aunque con frecuencia se prolonga hasta enero, en forma de chubascos procedentes del norte.

Entre las principales actividades económicas del estado sobresale el turismo, el cual se concentra en balnearios y las playas de Cancún, uno de los centros turísticos más visitados del mundo. También se encuentra la Riviera Maya, que abarca desde Puerto Morelos hasta Tulum y la isla de Cozumel, que cuenta con diversos arrecifes para bucear, y que tiene como ciudad principal a Playa del Carmen. A 6 kilómetros al sur de Playa del Carmen se encuentra Xcaret donde se pueden practicar diversas actividades acuáticas y conocer la cultura, flora y fauna de la región. En términos de arribos de turistas de internación en los ocho estados considerados, Quintana Roo es el de mayor demanda, en el año 2015 arribaron 6, 740,340 turistas.

La Tabla 10 muestra que, en los dos escenarios de cambio climático, se estiman pérdidas considerables en el sector turismo. En total para el año 2100, el costo promedio estimado con los resultados de los cuatro institutos es de USD \$40, 406,401 en el escenario RCP2.6 y de USD \$107, 380,145 en el escenario RCP8.5. En la actualidad la temperatura promedio de Quintana Roo es 3°C más alta que la temperatura optima de confort para los turistas que tienen como país de origen Estados Unidos o Canadá; esto explica que un incremento en la temperatura bajo el escenario RCP8.5 (ver figura B1, en el anexo B) provoque grandes pérdidas al sector turismo a partir de la segunda mitad del siglo XXI.

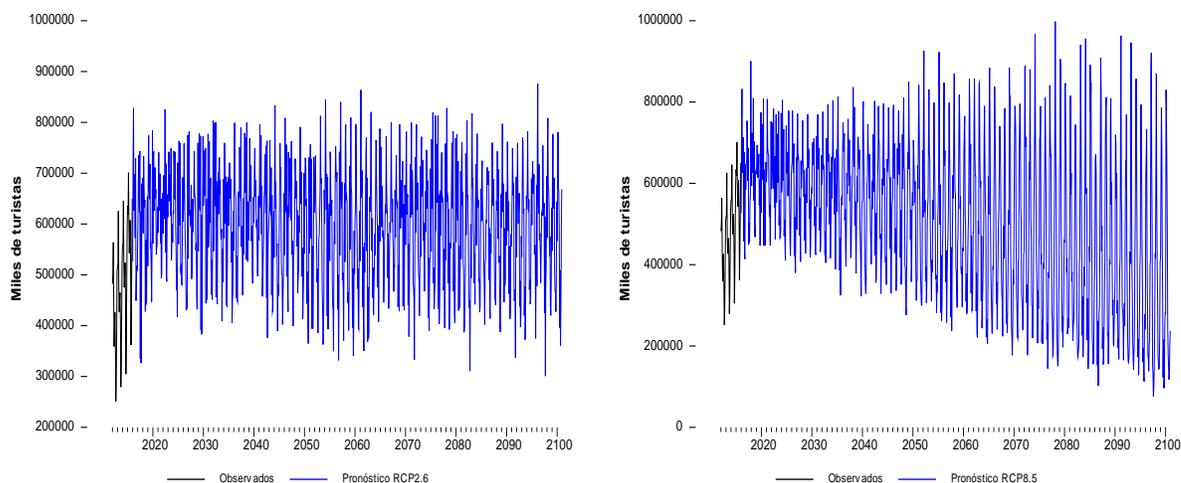
Tabla 7-5 Quintana Roo: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-3,622,732	-16,351,055	-29,492,673	-40,130,659
	RCP8.5	-5,354,850	-23,311,936	-49,364,885	-89,096,769
MOH	RCP2.6	-2,474,240	-10,372,888	-22,391,518	-34,616,712
	RCP8.5	-2,607,033	-17,774,776	-50,575,362	-102,530,185
IPSL	RCP2.6	-4,823,564	-19,128,851	-33,520,934	-49,539,724
	RCP8.5	-3,700,886	-24,004,245	-62,113,363	-117,956,004
MPI	RCP2.6	-3,648,295	-15,680,127	-26,584,825	-37,337,070
	RCP8.5	-4,952,411	-22,887,463	-61,138,064	-119,937,623

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el año 2015 (\$USD 753.80). Costos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial, el resto de las variables en la función de demanda permanecen constantes en el mismo nivel que en 2015.

La Figura 11 ilustra la evolución de los pronósticos en ambos escenarios. A inicios de los años 2040 se puede observar el efecto que tiene sobre la demanda un mayor incremento en la temperatura en el escenario RCP8.5 comparado con el del escenario RCP2.6.

Figura 7-5 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Quintana Roo en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial, el PIB de Estados Unidos permanece constante en el mismo nivel que en 2014. Período del pronóstico, enero de 2016-cuarto diciembre de 2100.

7.3.2 Baja California Sur.

El estado de Baja California Sur limita al norte con el estado de Baja California situado por encima del paralelo 28°N, al este con el mar de Cortés y al sur y oeste con el océano Pacífico. El clima es seco desértico en las partes bajas; la temperatura máxima sobrepasa los 40°C en verano y la mínima es menor que cero en el invierno; sólo en la región de Los Cabos el clima es cálido subhúmedo, influido por los ciclones. Vientos dominantes en primavera, provenientes del Oeste y Sur; en verano, del Sur y Suroeste; en otoño, del Noroeste; y en invierno, del Norte y Noroeste.

El estado de Baja California Sur tiene en los Cabos uno de los destinos turísticos más importantes del país, las playas y el eco-turismo son las principales fuentes de ingresos para la zona. En el año 2015 arribaron al estado 1,322,145 turistas de internación. La Tabla 11 muestra que los efectos del cambio climático en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 comienzan a diferenciarse en el año 2075 y, para el año 2100, el efecto de un incremento de temperatura provoca una pérdida

promedio de USD\$ 15,870,611 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 9,754,050 en el escenario RCP2.6

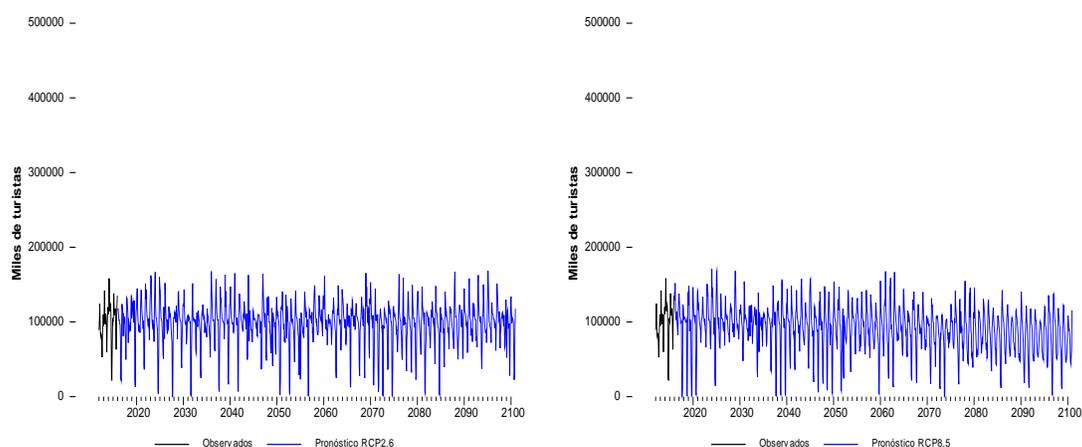
Tabla 7-6 Baja California Sur: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5 Tabla 11.

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-870,900	-3,641,771	-6,840,323	-9,442,201
	RCP8.5	-994,773	-4,106,602	-8,609,212	-14,396,470
MOH	RCP2.6	-990,550	-4,374,970	-8,063,548	-11,301,300
	RCP8.5	-1,188,496	-4,990,364	-9,920,702	-16,623,724
IPSL	RCP2.6	-780,688	-3,752,169	-7,196,827	-9,628,579
	RCP8.5	-757,399	-4,178,682	-9,938,595	-19,063,773
MPI	RCP2.6	-922,210	-3,544,048	-5,984,529	-8,644,156
	RCP8.5	-1,189,979	-3,680,075	-8,001,848	-13,398,479

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el año 2015 (\$USD 753.80)

La Figura 12 muestra la evolución de la demanda de turismo en ambos escenarios de cambio climático. La demanda pronosticada en el escenario RCP2.6 parece permanecer en los mismos niveles del año 2015 durante todo el periodo de pronóstico, lo mismo ocurre con la demanda en el escenario RCP8.5, pero sólo hasta el año 2070. A partir de la segunda mitad de la década de 2070, la demanda disminuye como consecuencia del aumento de la temperatura.

Figura 7-6 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Baja California Sur en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo del pronóstico, enero de 2016 - diciembre de 2100.

7.3.3 Sinaloa

El estado de Sinaloa limita al norte con Sonora y Chihuahua, al este con Chihuahua y Durango, al sur con Nayarit y al oeste con el Golfo de California y el Océano Pacífico. El 48% del estado presenta clima cálido subhúmedo, localizado en una franja noreste-sureste que abarca desde Choix hasta los límites con Nayarit, el 40% es clima seco y semiseco presente en una franja que va desde El Fuerte hasta Mazatlán, el 10% es muy seco y se localiza en la zona de Los Mochis, el restante 2% es clima templado subhúmedo localizado en las partes altas de la Sierra Madre Occidental. La temperatura media anual del estado es de alrededor de 25°C, las temperaturas mínimas promedio son de alrededor de 10.5°C en el mes de enero y las máximas promedio pueden ser mayores a 36°C durante los meses de mayo a julio.

Sinaloa cuenta con 656 km de litoral, de los cuales el 90% se encuentra en las aguas del Golfo de California y el resto en el Océano Pacífico, ubicándose como el **quinto destino turístico de playas más importante del país**, después de Cancún, Acapulco, Puerto Vallarta y Los Cabos. En la Tabla 12 se observa que el costo acumulado en el escenario RCP8.5 casi duplica el costo acumulado en el escenario RCP2.6 a partir del año 2075 y para el año 2100 es un poco más del doble. El costo promedio acumulado en 2100 es de USD\$ 2, 137,156 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 880,391 en el escenario RCP2.6

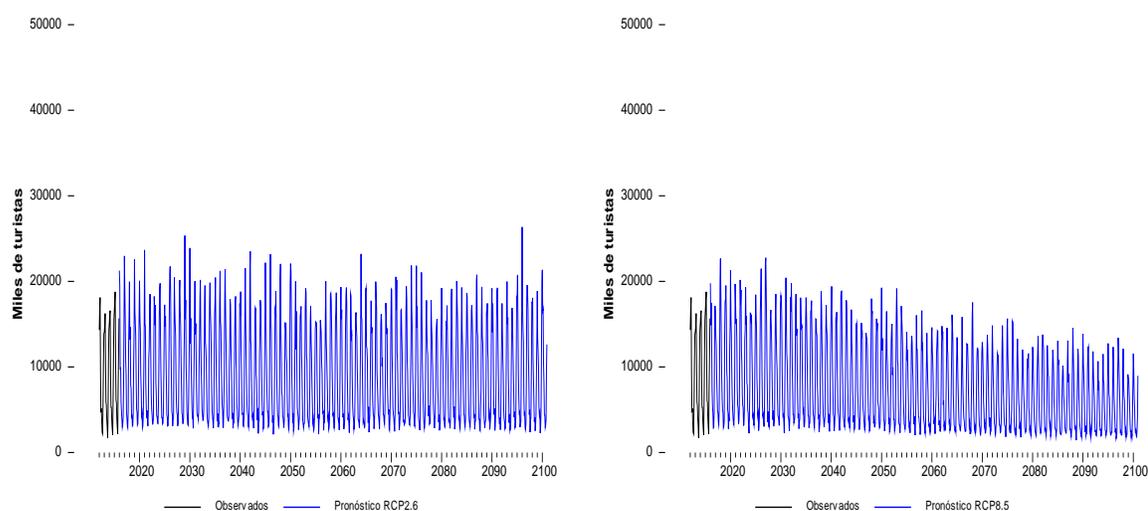
La Figura 13 ilustra claramente los resultados de los costos acumulados presentados en la Tabla 11, pues mientras los pronósticos en el escenario RCP2.6 parecen permanecer en los mismos niveles de 2015, los del escenario RCP8.5 disminuyen considerablemente a partir de la segunda mitad del siglo XXI y ponen de manifiesto los efectos negativos de un aumento de temperatura sobre el flujo de turistas de internación hacia Sinaloa.

Tabla 7-7 Sinaloa: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-78,308	-337,720	-578,200	-812,298
	RCP8.5	-72,131	-397,170	-971,944	-1,773,945
MOH	RCP2.6	-85,251	-309,097	-642,910	-951,290
	RCP8.5	-68,639	-426,519	-1,189,874	-2,244,692
IPSL	RCP2.6	-93,913	-427,471	-710,448	-941,760
	RCP8.5	-65,824	-461,364	-1,263,795	-2,470,241
MPI	RCP2.6	-94,911	-372,113	-612,629	-816,216
	RCP8.5	-112,624	-478,210	-1,148,043	-2,059,748

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80)

Figura 7-7 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Sinaloa en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo del pronóstico, enero de 2016 - diciembre de 2100.

7.3.4 Colima

Colima se localiza en la región centro occidente de México. Limita al norte, este y oeste con el Estado de Jalisco; al sureste con el Estado de Michoacán y al sur con el océano Pacífico. El estado cuenta con un litoral de 157 kilómetros y un mar territorial de 2 mil 133 kilómetros cuadrados. El archipiélago de Revillagigedo perteneciente a Colima está formado por las islas Benito Juárez, Clarión, San Benedicto y Roca Partida.

El clima de Colima puede ser muy variado, aunque predomina la humedad. En el norte del estado el clima es cálido sub-húmedo, mientras que en las sierras se presenta un clima semicálido subhúmedo. La temperatura promedio anual en el estado es de 28°C y oscila entre una máxima de 38°C y una mínima de 12°C. Uno de los mayores atractivos de Colima es la benignidad de su clima. La precipitación pluvial anual media es de 983 milímetros. Igual que en el caso de Sinaloa, la Tabla 13 muestra que el costo acumulado para Colima en el escenario RCP8.5 casi duplica al

costo acumulado en el escenario RCP2.6 a partir del año 2075 y para el año 2100 es un poco más del doble. El costo promedio acumulado en 2100 es de USD\$ 1,778,736 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 899,058 en el escenario RCP2.6

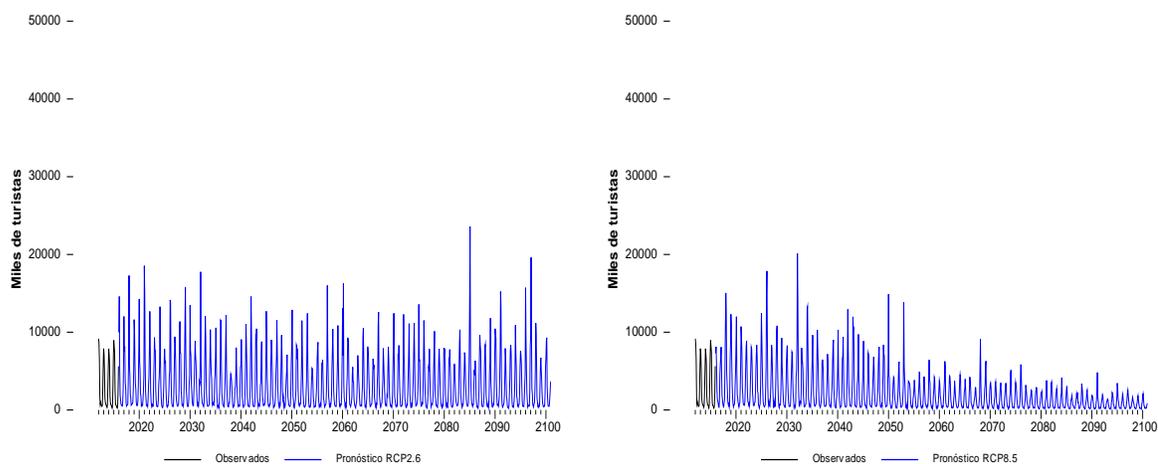
Si consideramos que en la actualidad la temperatura promedio de Colima es 5°C más calurosa que la temperatura óptima de confort para los turistas de internación, esto explicaría el comportamiento de la demanda pronosticada a partir de 2050 en el escenario RCP8.5 que se muestra en la Figura 14, en donde se observa una disminución considerable con respecto a la pronosticada en el escenario RCP2.6

Tabla 7-8 Colima: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-71,835	-321,467	-599,397	-824,504
	RCP8.5	-90,701	-428,464	-972,330	-1,645,995
MOH	RCP2.6	-47,581	-240,566	-493,067	-718,702
	RCP8.5	-57,139	-301,849	-884,503	-1,610,661
IPSL	RCP2.6	-96,189	-446,489	-791,836	-1,092,842
	RCP8.5	-56,355	-484,944	-1,128,739	-1,905,922
MPI	RCP2.6	-72,426	-394,767	-705,592	-960,185
	RCP8.5	-154,051	-558,493	-1,187,582	-1,952,365

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80).

Figura 7-8 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Colima en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo del pronóstico, enero de 2016 - diciembre de 2100.

4.3.1 Oaxaca

El estado de Oaxaca está localizado en la región sur oeste del pacifico mexicano: limita al norte con Puebla y Veracruz, al este con Chiapas y al Oeste con Guerrero.

Oaxaca presenta gran variedad de climas, de manera que en su territorio hay climas cálidos, semi-cálidos, templados, semi-fríos y semi-secos.

Los climas cálidos en conjunto abarcan poco más de 50% de la superficie total de la entidad, se producen en las zonas de menor altitud, se caracterizan por sus temperaturas medias anuales que varían de 22°C a 28°C y su temperatura media del mes más frío es de aproximadamente 18°C.

Cerca de 20% de la entidad se encuentra bajo la influencia de climas semi-cálidos, en los que se presentan temperaturas medias anuales de 18°C a 22°C, o son mayores de 18 °C.

Los climas templados, sub-húmedo con lluvias en verano en mayor proporción y con abundantes lluvias en verano en áreas más reducidas, cubren aproximadamente 19% de la superficie del estado.

Un dato a destacar es que en enero de 2007 se registró una inusual nevada en la Sierra Juárez que afectó a 8 municipios oaxaqueños. En el centro-sur y norte-noroeste se localizan las zonas con climas semi-secos, las cuales representan casi el 10% del territorio estatal, e inmersas en ellas están las áreas de climas secos, que no llegan a cubrir el 1%.

Oaxaca cuenta con sitios arqueológicos, ciudades coloniales y destinos de playa. La ciudad de Oaxaca es una ciudad colonial catalogada como una de las más hermosas del país y es patrimonio cultural de la humanidad. Junto con el resto de los valles centrales, es el centro turístico más

importante del estado. Posee zonas arqueológicas, conventos del siglo XVI, templos barrocos, edificios civiles de la época colonial y museos; así también un importante acervo de manifestaciones culturales.

En el año 2015, el número de turistas de internación que visitaron el estado fue de 56,928. Cabe mencionar que en el periodo de 2012-2015 el 80% de los arribos internacionales registrados llegaron al aeropuerto internacional de Bahías de Huatulco, lo que nos hace suponer que visitaron ese destino de playa.

La Tabla 14 muestra que el costo promedio acumulado en 2100 es de USD\$ 1, 019,095 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 216,052 en el escenario RCP2.6. La Figura 15 ilustra la evolución de los pronósticos en ambos escenarios, en donde se observa que los pronósticos en el escenario RCP2.6 parecen permanecer en los mismos niveles de 2015, mientras que los del escenario RCP8.5 presentan una tendencia descendente a partir de la segunda mitad del siglo XXI, como consecuencia del incremento en la temperatura.

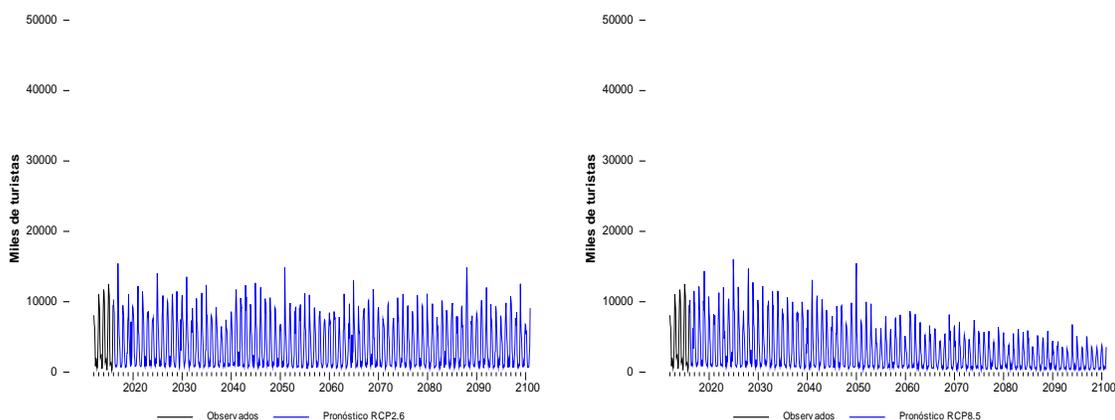
Tabla 7-9 Oaxaca: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6				
	RCP8.5	-13,643	-152,664	-428,880	-813,191
MOH	RCP2.6	-14,559	-100,031	-251,302	-391,021
	RCP8.5	5,419	-124,469	-535,461	-1,112,925
IPSL	RCP2.6				
	RCP8.5	10,562	-129,160	-439,616	-905,825
MPI	RCP2.6	-59,164	-230,116	-371,060	-473,186
	RCP8.5	-85,023	-294,822	-684,064	-1,244,438

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80).

NOTA: Los pronósticos de la demanda en el escenario RCP2.6 proporcionado por el IPSL-CM5y GFDL (ver figura B1) arroja valores extremos que no son consistentes con los datos históricos.

Figura 7-9 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Oaxaca en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 - diciembre de 2100.

4.3.2 Veracruz

Veracruz limita al norte con Tamaulipas; al este con el Golfo de México; al oeste con San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla; al sur y suroeste con Oaxaca; y al sureste con Tabasco y Chiapas. Comprende seis regiones naturales: Llanura Costera del Golfo (norte y sur), Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Cordillera Centroamericana y Sierras de Chiapas y Guatemala. El clima es muy variado y va desde el tropical en las extensas zonas costeras, hasta el frío en las zonas serranas y de montaña, pasando por el templado en la zona montañosa central. La temperatura media anual es de 23°C, la temperatura máxima promedio es de alrededor de 32°C y se presenta en los meses de abril y mayo; la temperatura mínima promedio es de 13°C y se presenta en el mes de enero. La precipitación media estatal es de 1500 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre; en la región colindante con Tabasco se presentan todo el año.

En Veracruz el turismo es una alternativa para el desarrollo económico y social, cuenta con sitios arqueológicos, ciudades coloniales y una gran biodiversidad, sin embargo, no es un estado que tenga una gran demanda en los turistas de internación, en 2015 arribaron al estado sólo 14,963 turistas, cifra considerablemente menor comparada con los arribos que registraron Quintana Roo y Baja California Sur. La Tabla 15 muestra que el costo promedio acumulado en 2100 es de USD\$ 129,994 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 68,722 en el escenario RCP2.6. La figura 16 ilustra la evolución de los pronósticos en ambos escenarios, en donde se observa que los pronósticos en el escenario RCP2.6 parecen permanecer en los mismos niveles de 2015, mientras que los del escenario RCP8.5 presentan una tendencia descendente a partir de la segunda mitad del siglo XXI.

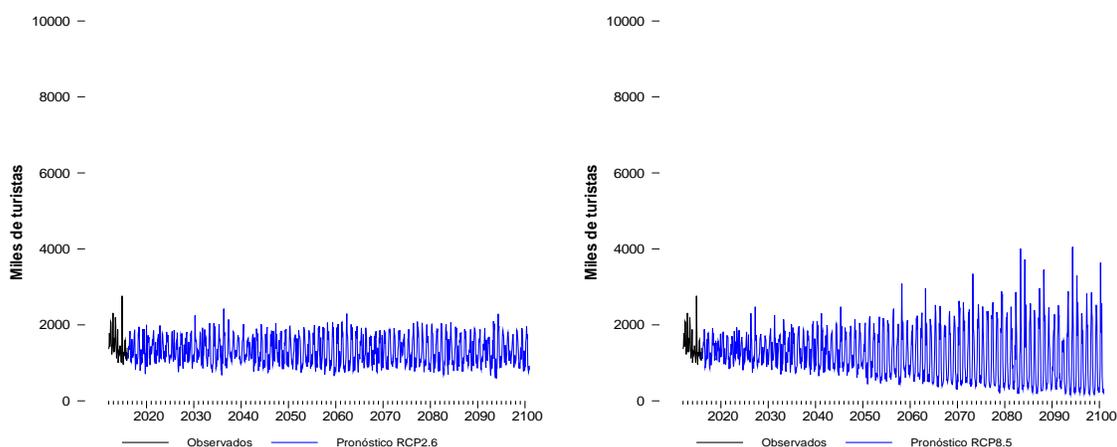
Tabla 7-10 Veracruz: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.

Agencia	Escenario	Años
---------	-----------	------

		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	-6,305	-22,773	-42,200	-56,886
	RCP8.5	-5,625	-27,896	-69,018	-116,492
MOH	RCP2.6	-4,348	-21,158	-44,396	-68,565
	RCP8.5	-5,928	-31,079	-80,555	-148,501
IPSL	RCP2.6	-7,772	-30,173	-57,327	-87,162
	RCP8.5	-7,586	-39,529	-81,989	-108,362
MPI	RCP2.6	-5,836	-26,039	-44,286	-62,276
	RCP8.5	-9,692	-38,584	-86,854	-146,620

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80).

Figura 7-10 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Veracruz en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 - diciembre de 2100.

4.3.3 Guerrero

El estado de Guerrero se encuentra situado en la región meridional de la República Mexicana. Limita al norte con el estado de México, al noroeste con el estado de Puebla, al este con el estado de Oaxaca y al sur con el Océano Pacífico. Cuenta con un litoral de aproximadamente 500 km, desde la desembocadura del río Balsas en el noroeste, hasta el límite con Oaxaca en el municipio de Cuajinicuilapa, al sureste. El 82% de del estado, presenta clima cálido subhúmedo, el 9% es seco y semiseco, el 5% templado subhúmedo, el 3% cálido húmedo y el 1% es templado húmedo. La temperatura media anual es de 25°C, la mínima promedio es de 18°C y la máxima de 32°C.

Las lluvias se presentan en verano, en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de **1200 mm** anuales.

El turismo es la actividad económica que más recursos deja al estado y emplea a miles de personas. Durante el año 2015, 114,224 turistas de internación visitaron el estado. Los principales centros turísticos en el estado son Taxco, Zihuatanejo, Ixtapa Zihuatanejo y Acapulco. Los pronósticos de la demanda en el escenario RCP8.5 después del año 2050 y sobre todo los de los últimos 25 años del siglo XXI, son poco creíbles pues se alejan considerablemente del promedio histórico mensual que es de 11,000 visitantes. En la Figura 17(a) se observa que los pronósticos al final del siglo alcanzan valores mayores a los 500,000 visitantes por mes y esto pasa con la información de las cuatro agencias. La Tabla 16 muestra que el costo promedio acumulado en 2050 es de USD\$ 56,171 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 207,725 en el escenario RCP2.6, mientras que el costo acumulado en el año 2100 para este mismo escenario es de USD\$ 457,529.

La Figura 17 muestra la evolución de los pronósticos en ambos escenarios durante el periodo de enero de 2016 a diciembre de 2050; se observa que los pronósticos en el escenario RCP2.6 parecen permanecer en los mismos niveles de 2015, mientras que los del escenario RCP8.5 presentan valores ligeramente mayores que los de dicho periodo.

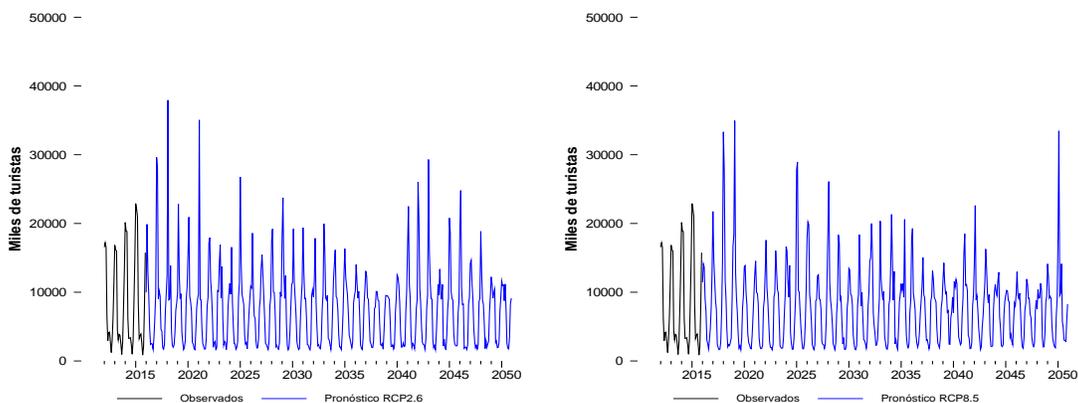
Tabla 7-11 Guerrero: Costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GFDL	RCP2.6	95,664	158,057	294,033	395,490
	RCP8.5	28,304	443,502		
MOH	RCP2.6	-35,223	-299,182	-537,516	-775,886
	RCP8.5	-36,188	-229,188		
IPSL	RCP2.6	-31,716	-296,984	-402,692	-588,873
	RCP8.5	-29,275	-145,506		
MPI	RCP2.6	-43,726	-392,791	-689,172	-859,766
	RCP8.5	-99,402	-239,159		

Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80).

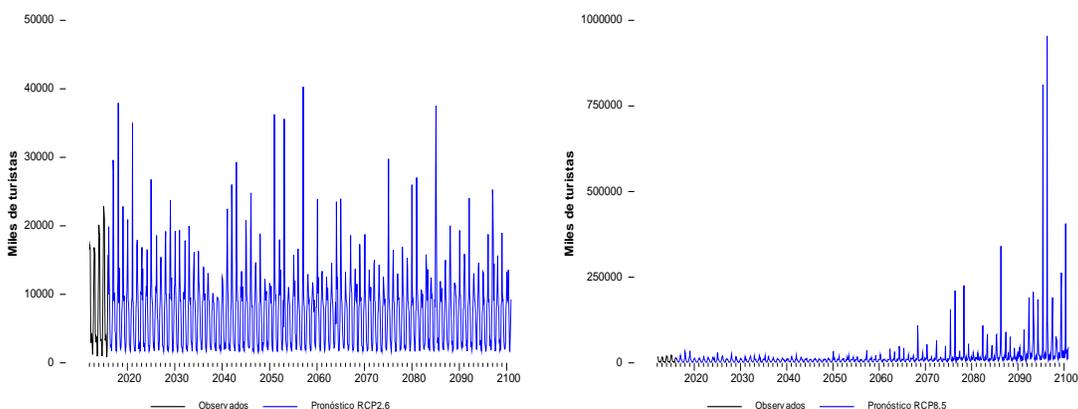
NOTA: Los pronósticos de la demanda en el escenario RCP8.5 proporcionado por los cuatro institutos arroja valores extremos en la segunda mitad del siglo XXI que no son consistentes con los datos históricos.

Figura 7-11 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Guerrero en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 a diciembre de 2050.

Figura 7-12 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Guerrero en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Met Office Hadley.



Pronósticos que considerando sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 - diciembre de 2100.

4.3.4 Jalisco

Jalisco tiene colindancia al norte con Nayarit, Zacatecas y Aguascalientes, al este con Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y Michoacán de Ocampo, al oeste con el Océano Pacífico y Nayarit, y al sur con Michoacán de Ocampo, Colima y el Océano Pacífico. El 68% de la superficie del estado presenta clima cálido subhúmedo, hacia lo largo de la costa y zona centro, el 18% es templado subhúmedo en las partes altas de las sierras, el 14% seco y semiseco en el norte y

noreste del estado. La temperatura media anual es de 20.5 °C, la temperatura más fría se presenta en el mes de enero, es de **7.0°C** y la más alta, de **23°C**, se presenta en los meses de mayo a septiembre. La precipitación total anual media del estado es de alrededor de 850 mm anuales; en las zonas costeras la precipitación es de más de **1000 mm** anuales.

Jalisco es uno de los estados más productivos de México, ha experimentado un importante crecimiento en su actividad económica y comercial durante los últimos años. Entre los principales productos que forman parte de la comercialización del estado destacan los cosméticos, aparatos electrónicos, textiles, tabaco, alimentos, bebidas y artículos deportivos. Asimismo, el sector de servicios del estado también ha crecido, al igual que el sector turístico y el financiero. Este desarrollo intensivo del sector comercial en la entidad revela una gran supremacía dentro del total de ingresos captados a nivel nacional, siendo superado únicamente por la Ciudad de México, el Estado de México y Nuevo León.

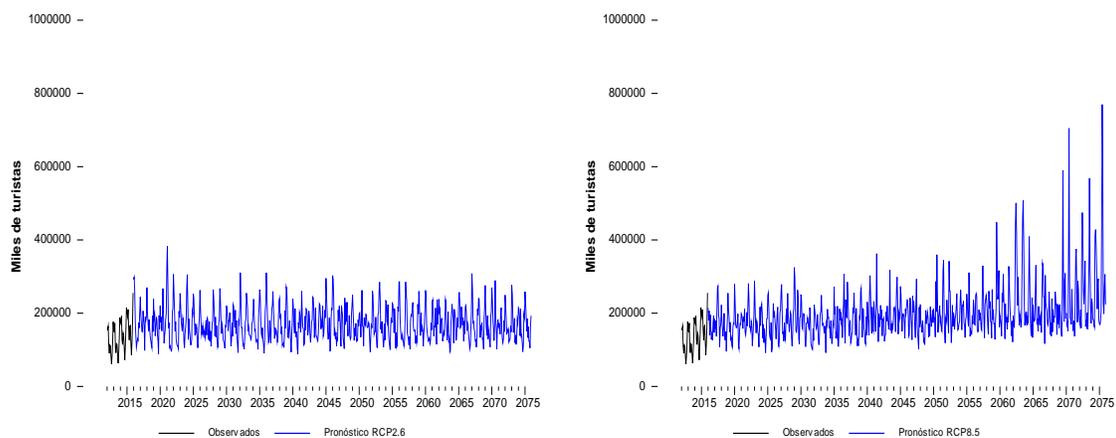
Los pronósticos de la demanda en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 de las agencias GDFL, MHO, IPSL-CM5 prácticamente no son compatibles con los de la demanda histórica pues se alejan considerablemente del promedio histórico mensual, que es de 150,000 visitantes, esta imprecisión en los pronósticos ni siquiera es robusta pues como se observa en la Tabla 17, los costos calculados difieren entre los institutos. Los únicos resultados que son compatibles con los datos históricos son los pronosticados en los escenarios de la agencia MPI, pero sólo hasta el año 2075. En la Figura 19 se observa que los pronósticos después del año 2075 alcanzan valores mayores a los 500,000 visitantes por mes y al final del siglo llegan a pronosticarse hasta 2,500,000 visitas por mes. Entonces, usando los escenarios de la agencia MPI y considerando que en la actualidad la temperatura promedio de Jalisco es 0.5°C menos calurosa que la temperatura óptima de confort para los turistas de internación, la ganancia acumulada en el año 2075 es de USD\$ 52,418,427 en el escenario RCP8.5 y de USD\$ 2,074,792 en el escenario RCP2.6.

Tabla 7-12 Jalisco: Valor presente del costo acumulado en los años 2025, 2050, 2075 y 2100 ante los escenarios RCP2.6, RCP 8.5.

Agencia	Escenario	Años			
		2025	2050	2075	2100
GDFL	RCP2.6	1,567,553	4,168,525	7,356,840	10,766,288
	RCP8.5	489,877	5,218,427	16,700,279	43,120,683
MOH	RCP2.6	255,397	878,778	1,723,912	2,754,124
	RCP8.5	7,746,026	61,711,792	516,341,425	4,195,495,865
IPSL	RCP2.6	21,182,193	94,138,792	145,891,298	200,501,129
	RCP8.5	17,191,275	174,138,052	1,523,468,235	22,145,114,451
MPI	RCP2.6	379,385	309,443	401,549	2,074,792
	RCP8.5	106,163	2,889,442	15,405,235	52,418,427

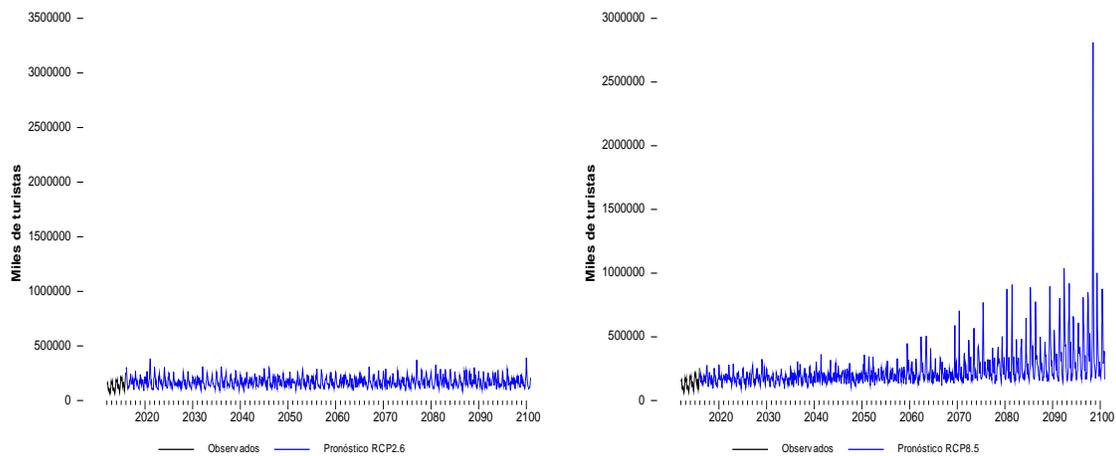
Costo estimado como diferencia entre los gastos en el escenario de cambio climático y los del histórico de referencia. Valores en miles de millones de \$USD de 2010 y estimados a partir del gasto promedio por turista de internación en el 2015 (\$USD 753.80).

Figura 7-13 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Jalisco en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Max-Planck Institute.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 a diciembre de 2075.

Figura 7-14 Pronósticos del número de turistas de internación hacia Jalisco en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 proporcionados por el Max-Planck Institute.



Pronósticos que consideran sólo los efectos de los cambios en la temperatura y la precipitación pluvial. Periodo, enero de 2016 a diciembre de 2100.

8. Conclusiones y recomendaciones

En este estudio, la demanda del turismo de internación se modeló a nivel nacional y para cada uno de los ocho estados que, en conjunto, han recibido el 72% de estos turistas durante los últimos cuatro años. Las demandas estimadas fueron utilizadas posteriormente para pronosticar el flujo de turistas en el periodo que va de 2015 a 2100. Los valores pronosticados se utilizaron para evaluar el impacto económico en tres escenarios de cambio climático (RCP2.6, RCP8.5 e histórico de referencia). Los resultados de esta investigación proporcionan evidencia de que el turismo de internación se vería profundamente afectado por el cambio climático y que dicha afectación sería más grave si se combina con una disminución de los ingresos de los turistas. Por lo tanto, es muy importante que el gobierno federal y los gobiernos estatales adopten medidas de mitigación contra el inminente cambio climático, para promover y tratar de mantener un crecimiento sostenido del sector turismo. Para poder llevar a cabo esta tarea, los gobiernos de los estados, particularmente aquellos cuya oferta se basa en destinos de playa, en los que el turismo podría ser muy sensible a los efectos del cambio climático, deben unirse para formular políticas que aseguren que el sector siga siendo sostenible y de esta forma evitar daños a la economía de la región.

Es esencial que los gobiernos, tanto federal como local, y los responsables de la formulación de políticas participen en el proceso desde en una etapa muy temprana, ya que el cambio climático es un problema ambiental y, en última instancia, un problema de desarrollo. Una clara ventaja de la participación de estos interesados es el reconocimiento y conocimiento de que los investigadores deberían generar estimaciones más precisas de los costos, para lo cual se deben generar bases de datos que permitan distinguir entre los viajeros por negocios, los de ocio y aquellos que visitan familiares y amigos. Es probable que la estimación de la demanda de turismo con información proveniente de las bases de datos actuales tenga cierto sesgo, debido a que no

se puede distinguir entre los diferentes motivos del viaje. Es muy probable que se confundan los viajes de negocio con los viajes de visita a familiares y amigos, que son independientes, por ejemplo, de los motivos relacionados con el cambio climático. Los viajes por motivos de negocios están relacionados con otros factores, por ejemplo con la línea de pobreza/riqueza, pues es más probable que haya un mayor número de operaciones comerciales entre países más ricos y, por lo tanto, más viajes entre ellos. Generar bases de datos con mayor nivel de desagregación y ponerlas a disposición de los profesionales en el campo, es una tarea que no se debe postergar.

Es necesario que el trabajo adicional en esta área conduzca a una investigación exhaustiva de estrategias de adaptación y mitigación, así como de los costos de implementación de tales estrategias a nivel nacional y por estados. Es de esperar que con la formulación de estrategias de mitigación y adaptación, y con las políticas apropiadas, el sector turismo pueda desempeñar un papel clave en el tratamiento del cambio climático y promueva el fomento del crecimiento sostenible en el sector, que permita potenciar el desarrollo regional.

9. Bibliografía

- Álvarez, M. & Rosselló, J. (2010). Forecasting British tourist arrivals to Balearic Islands using meteorological variables. *Tourism Economics*, 16, 153-168.
- Amelung, B., Nicholls, S. & Viner, D. (2007). Implications of global climate change for tourism flows and seasonality. *Journal of Travel Research*, 45, 285-296.
- Amelung, B. & Nicholls, S. (2014). Implications of climate change for tourism in Australia. *Tourism Management*, 41, 228–244.
- Becken, S. & Lennox, J. (2012). Implications of a long-term increase in oil prices for tourism. *Tourism Management*, 33(1), 133–142.
- Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R. & Tol, R. S. J. (2006). A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism. *Tourism Management*, 27(5), 913–924. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.05.002>
- Brida, J., G., Risso, W. A. & Sanchez, C. E. (2008). A Long-Run Equilibrium Demand Function: The Mexican Tourism (September 1, 2007). *TOURISMOS: An International Multidisciplinary Journal of Tourism*, Vol. 3, No. 1, pp. 66-82.
- Brida, J. G., Risso, W. A. & Sanchez-Carrera, E. J. (2007). A long-run equilibrium demand function: the Mexican tourism. Recuperado a partir de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1016062
- Braun, O. L. *et al.* (1999). Potential impacts of climate change effects on preferences for tourism destinations. A psychological pilot study, *Climate Research* 11: 247–254.

- Bonham, C., Gangnes, B. & Zhou, T. (2009). Modeling tourism: A fully identified VECM approach. *International Journal of Forecasting*, 25(3), 531–549.
<https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.11.014>
- Bolongaro, C. R. A. (2000). Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos, Informe técnico final. Proyecto 165452 fondo sectorial SECTUR CONACYT.
- Boniface, C. B. & Cooper, C. (1994). *The geography of travel and tourism*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Bujosa Bestard, Á. & Rosselló Nadal, J. (2011). Cambio climático y estacionalidad turística en España: Un análisis del turismo doméstico de costa. *Estudios de economía aplicada*, 29(3). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/301/30122405011/>
- CIA (2017). *The World Factbook*. Central Intelligence Agency, Washington, DC. Retrieved from: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>.
- Correia, A., Santos, C. M., & Barros, C. P. (2007). Tourism in Latin America A Choice Analysis. *Annals of Tourism Research*, 34(3), 610–629. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2007.01.007>
- Chang, S. & Aguayo, E. (2003). Modelo econométrico de la demanda turística internacional en China. *Estudios Económicos Regionales y Sectoriales*, 3(2), 93–106.
- Chatziantoniou, I., Filis, G., Eeckels, B. & Apostolakis, A. (2013). Oil prices, tourism income and economic growth: A structural VAR approach for European Mediterranean countries. *Tourism Management*, 36, 331–341.
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2012.10.012>
- Damm, A., Greuell, W., Landgren, O. & Prettenthaler, F. (2016). Impacts of +2°C global warming on winter tourism demand in Europe. *Climate Services*.
<https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.07.003>
- De Freitas, C. R. (1990). Recreation climate assessment. *International journal of climatology*, 10(1), 89–103.
- Dogru, T., Sirakaya-Turk, E. & Crouch, G. I. (2017). Remodeling international tourism demand: Old theory and new evidence. *Tourism Management*, 60, 47–55.
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.11.010>
- Englebert, E. T., McDermott, C. & Kleinheinz, G. T. (2008). Effects of the nuisance algae, *Cladophora*, on *Escherichia coli* at recreational beaches in Wisconsin. *Science of the Total Environment*, 404, 10-17.
- Eugenio-Martín, J. L. & Campos-Soria, J. A. (2010). Climate in the region of origin and destination choice in outbound tourism demand. *Tourism Management*, 31, 744-751

- Fernández-Morales, A., Cisneros-Martínez, J. D. & McCabe, S. (2016). Seasonal concentration of tourism demand: Decomposition analysis and marketing implications. *Tourism Management*, 56, 172–190. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.04.004>
- Falk, M. (2013). Impact of Long-Term Weather on Domestic and Foreign Winter Tourism Demand: Long-Term Weather and Winter Tourism. *International Journal of Tourism Research*, 15(1), 1–17. <https://doi.org/10.1002/jtr.865>
- Goh, C. (2012). Exploring impact of climate on tourism demand. *Annals of Tourism Research*, 39(4), 1859–1883. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2012.05.027>
- Gössling, S., Scott, D., Hall, C. M., Ceron, J. P. & Dubois, G. (2012). Uncertainties in predicting tourist flows under scenarios of climate change. *Annals of Tourism Research*, 39, 36–58.
- Guerrero, V. M., Islas, C. A. & Ramírez, R. L. L. (2017). Trend estimation of multivariate time series with controlled smoothness. *Communications in Statistics – Theory and Methods*, Vol. 46, No. 13, 6704–6726. DOI: 10.1080/03610926.2015.1133826
- Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M., Rebollar-Rebollar, J., Hernández-Martínez, J. & García-Salazar, J. A. (2011). Factores determinantes de la demanda internacional del turismo en México. *Revista, Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 30–49
- Fujimori S. et al (2017). SSP3: AIM implementation of shared socioeconomic pathways. *Global environmental change*, 42, 268–283.
- Hamilton, J. M., Maddison, D. J. & Tol, R. S. J. (2005). Climate change and international tourism: A simulation study. *Global Environmental Change*, 15(3), 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.009>
- Hein, L., Metzger, M. J. & Moreno, A. (2009). Potential impacts of climate change on tourism; a case study for Spain. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.011>
- Hoegh-Guldberg, O., et al. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318, 1737–1742.
- Lim, C. (1997). Review of international tourism demand models. *Annals of tourism research*, 24(4), 835–849.
- Lipsey, R. G. & Steiner, P. O. (1981). *Economics*. New York: Harper and Row Publisher.
- Lise, W. & Tol, R. S. (2002). Impact of climate on tourist demand. *Climatic change*, 55(4), 429–449.
- Liu, T. M. (2016). The influence of climate change on tourism demand in Taiwan national parks. *Tourism Management Perspectives*, 20, 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.10.006>
- Maddison, D. (2001). In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists. *Climatic change*, 49(1), 193–208.

- Martins, L. F., Gan, Y. & Ferreira-Lopes, A. (2017). An empirical analysis of the influence of macroeconomic determinants on World tourism demand. *Tourism Management*, 61, 248–260. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.01.008>
- Mieczkowski, Z. (1985). The tourism climatic index: a method of evaluating worldclimates for tourism. *Canadian Geographer*, 29, 220e233.
- Moreno, A. & Amelung, B. (2009). Climate Change and Tourist Comfort on Europe's Beaches in Summer: A Reassessment. *Coastal Management* 37, 550-568.
- Newey, W. K. & West, K. D. (1987). A Simple, Positive Semi-Definite Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica* 55, 703-708.
- Nicholls, R. J., *et al.* (2011). Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4_C world' in the twenty first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 161e181.
- Ong, C. (1995). Tourism demand models: a critique. *Mathematics and Computers in Simulation*, 39(3–4), 367–372.
- Prideaux, B. (2005). Factors affecting bilateral tourism flows. *Annals of Tourism Research*, 32(3), 780–801. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2004.04.008>
- Purcell, J. E. (2012). Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual Review of Marine Science*, 4, 209-235.
- Rosselló, J. (2011). The impact of the NAO index on European Airline Transit. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16, 183-187.
- Rosselló-Nadal, J. (2014). How to evaluate the effects of climate change on tourism. *Tourism Management*, 42, 334–340. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.11.006>
- Rosselló, J., Riera, A. & Cardenas, V. (2011). The impact of weather variability on British outbound flows. *Climatic Change*, 105, 281-292.
- Rosselló, J. & Santana, M. (2012). Climate change and global international tourism: An evaluation for different scenarios. En *Working paper: Departament d'Economia Aplicada*. Universitat de les Illes Balears Palma.
- SECTUR (Secretaría de Turismo) (2016). *Resultados de la Actividad Turística: Enero – Julio [en línea]*. Disponible en estadísticas del sector: <http://datatur.sectur.gob.mx/>. [Consulta: 30 de agosto]
- Scott, D., Gössling, S. & Hall, C. M. (2012). International tourism and climate change: International tourism and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3(3), 213–232. <https://doi.org/10.1002/wcc.165>
- Sookram, S.** (2009). The Impact of Climate Change on the Tourism Sector in Selected Caribbean Countries. *CARIBBEAN DEVELOPMENT REPORT* 2(30): 204-225.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., *et al.* (2007). *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.

- Song, H. & Li, G. (2008). Tourism demand modelling and forecasting -A review of recent research. *Tourism Management*, 29, 203-220.
- Song, H., Romilly, P. & Liu, X (2000). An empirical study of outbound tourism demand in the UK. *Applied Economics*, 32, 611-624.
- Soria, E. G., Rebollar, S. R., Salazar, J. A. G., de la Garza Carranza, M. T. & Martínez, J. H. (2011). Factores determinantes de la demanda internacional del turismo en México. *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad de Georgetown / Universia*, 5(3).
- United Nations World Trade Organization (UNWTO), United Nations Environment Programme (UNEP) and World Meteorological Organization (WMO) (2008), “*Climate change and tourism: responding to global challenges*”, (prepared by Scott, D. and others), UNWTO, Madrid, and UNEP, Paris.
- Valdes, V. (2015). Determinants of air travel demand in Middle Income Countries. *Journal of Air Transport Management*, 42, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.09.002>
- Wilson, T. D. (2008). Introduction: The Impacts of Tourism in Latin America. *Latin American Perspectives*, 35(3), 3–20. <https://doi.org/10.1177/0094582X08315760>
- Witt, S., F. & Witt, C. A. (1995). Forecasting tourism demand: A review of empirical research. *International Journal of Forecasting*, 11, 447-475.
- WTTC (2017). Travel & Tourism Economic Impact 2017. *WTTC, World Travel and Tourism Council*. London. Retrieved from: www.wttc.org

10. Anexos

10.1 Anexo A. Pruebas sobre los residuales de los modelos estimados para los estados.

Tabla 10-1 Tabla A1. Pruebas sobre los residuos de los modelos estimados para los estados.

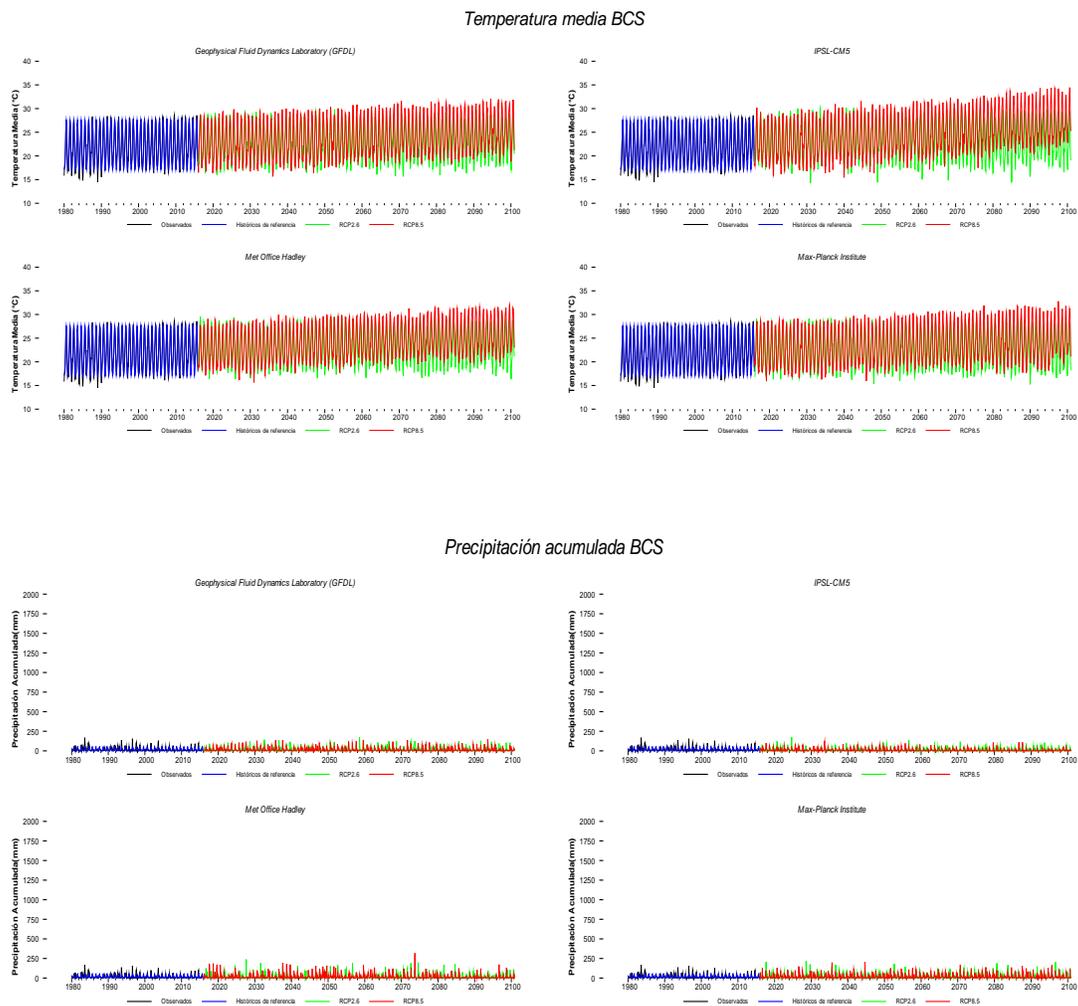
Estadístico de prueba y valor p	Estado							
	GRO	SIN	OAX	BCS	JAL	ROO	COL	VER
Autocorrelación								
Durbin-Watson	1.766	2.024	1.211	1.265	1.800	1.809	1.749	1.602
Q de Ljung-Box , Q(12)	28.592 [0.004]	28.104 [0.005]	40.088 [0.000]	9.302 [0.676]	20.992 [0.050]	19.585 [0.075]	8.081 [0.778]	9.102 [0.691]
LM(1)								
LM(6)	0.963 [0.326]	0.038 [0.844]	8.956 [0.002]	8.106 [0.004]	0.194 [0.659]	1.170 [0.279]	0.438 [0.507]	2.634 [0.104]
	3.048 [0.217]	0.011 [0.994]	9.376 [0.009]	9.514 [0.008]	4.201 [0.122]	4.491 [0.105]	1.212 [0.545]	3.500 [0.173]
Heteroscedasticidad								
White								
White (TC)	21.778 [0.040]	22.869 [0.000]	14.021 [0.081]	34.500 [0.076]	42.809 [0.393]	36.024 [0.561]	9.432 [0.802]	36.350 [0.452]
	12.987 [0.043]	20.195 [0.000]	13.167 [0.021]	24.894 [0.003]	17.836 [0.163]	12.595 [0.558]	4.302 [0.744]	19.662 [0.141]
Normalidad								
Jarque-Bera	1.110 [0.574]	3.708 [0.156]	1.401 [0.496]	0.579 [0.748]	0.083 [0.951]	1.656 [0.436]	1.403 [0.495]	3.014 [0.221]

El valor p se da entre corchetes. LM se refiere a la prueba de Breusch-Godfrey

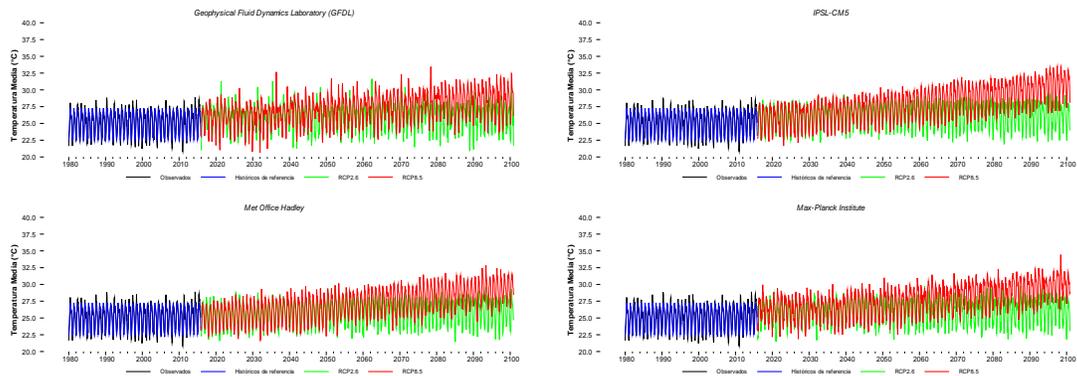
Las pruebas de autocorrelación y heteroscedasticidad muestran presencia de violaciones a los supuestos en algunos modelos, sin embargo, el estudio se robusteció al calcular las desviaciones estándar residuales con el método de Newey y West (1987), de manera que se evitan efectos nocivos sobre los resultados de la estimación. En cambio, las pruebas de normalidad no muestran inadecuación alguna.

10.2 Anexo B. Series de tiempo de los escenarios de cambio climático para los estados

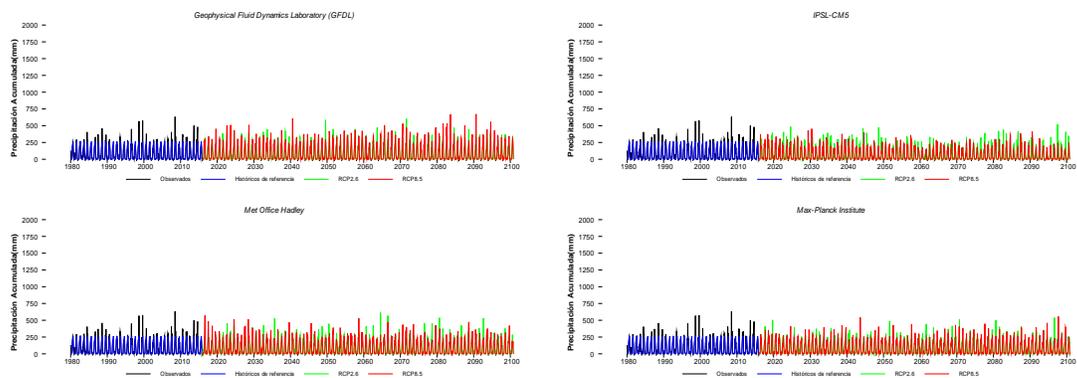
Figura 10-1 Figura B1. Series de la temperatura media y precipitación acumulada de datos observados para el clima presente (1980-I a 2015-IV), histórico de referencia (1985-I a 2005-IV) y futuro (2016-I a 2100-IV). Se presentan los datos a futuro del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Met Office Hadley, IPSL-CM5 y del Max-Planck Institute. Series de los escenarios RCP2.6 y RCP8.5, para los estados de Baja California Sur (BCS), Colima (COL), Guerrero (GRO), Jalisco (JAL), Oaxaca (OAX), Quintana Roo (ROO), Sinaloa (SIN) y Veracruz (VER)



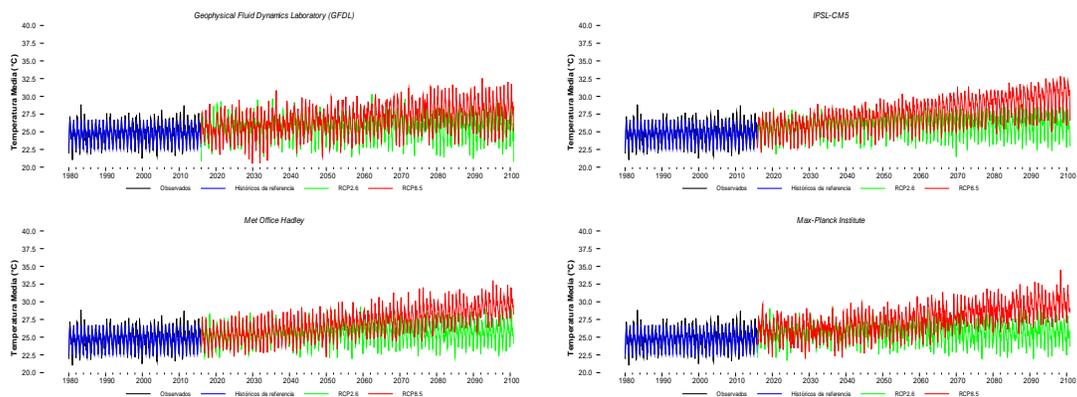
Temperatura media COL



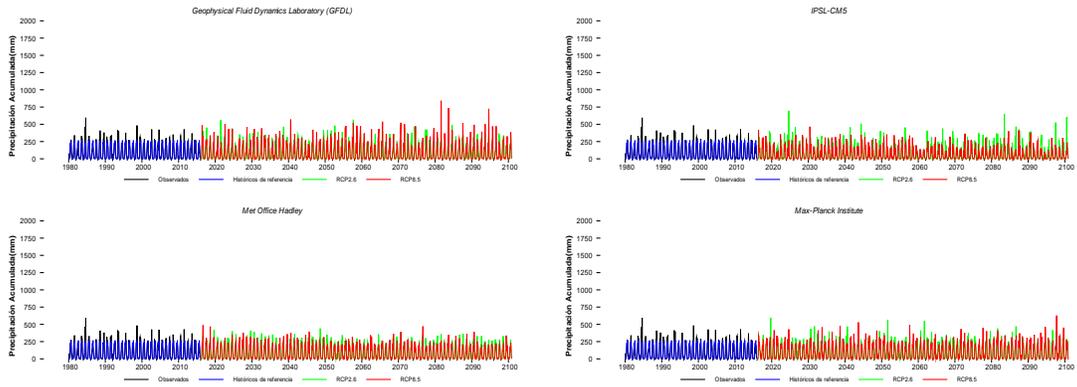
Precipitación acumulada COL



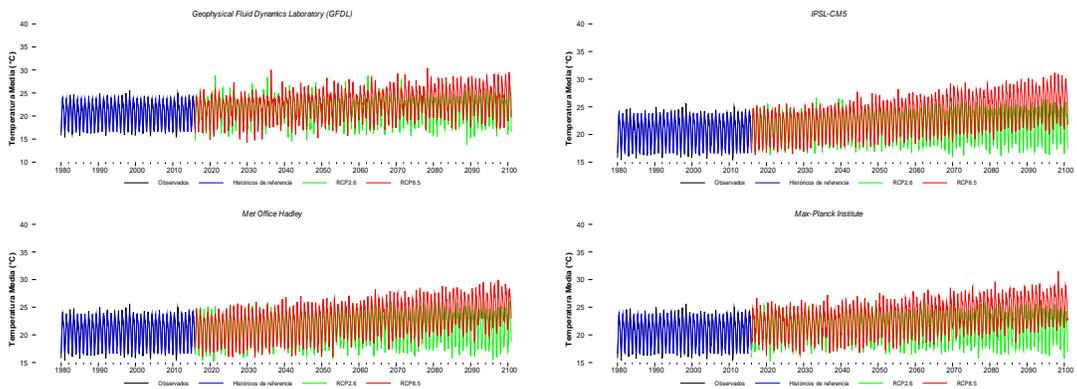
Temperatura media GRO



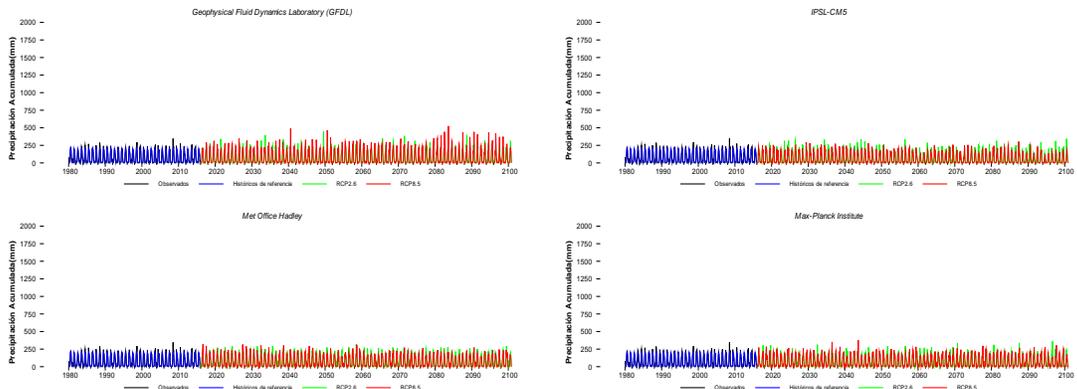
Precipitación acumulada GRO



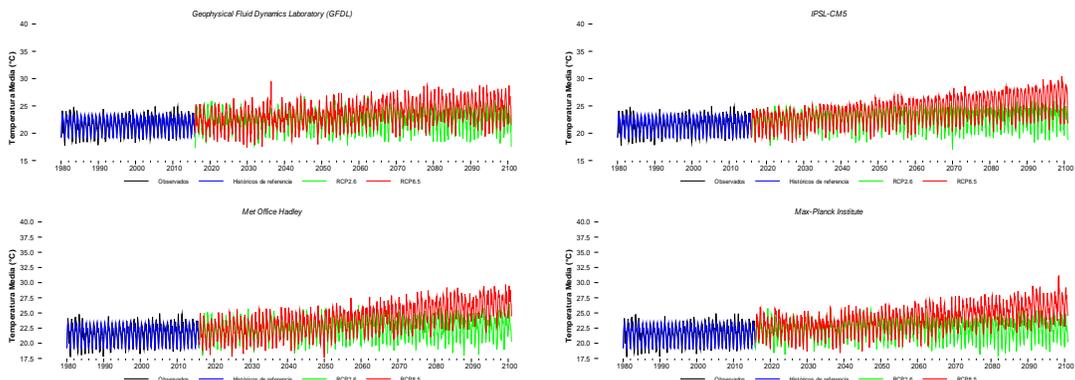
Temperatura media JAL



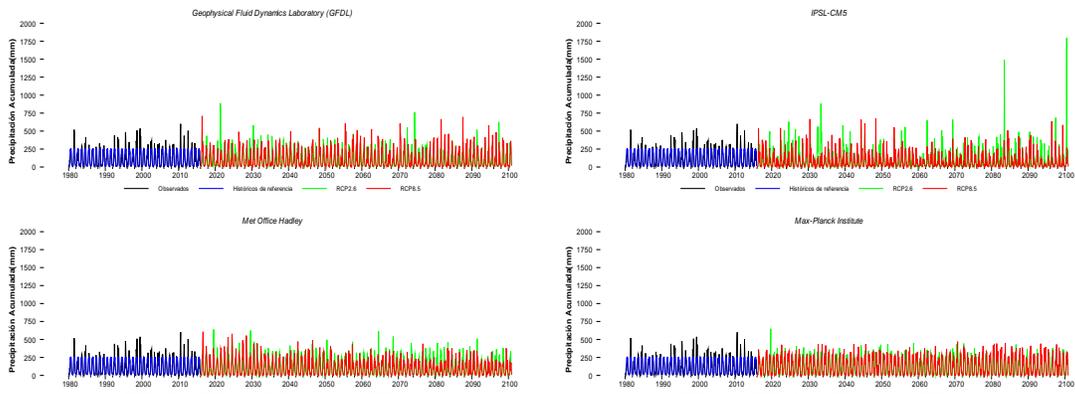
Precipitación acumulada JAL



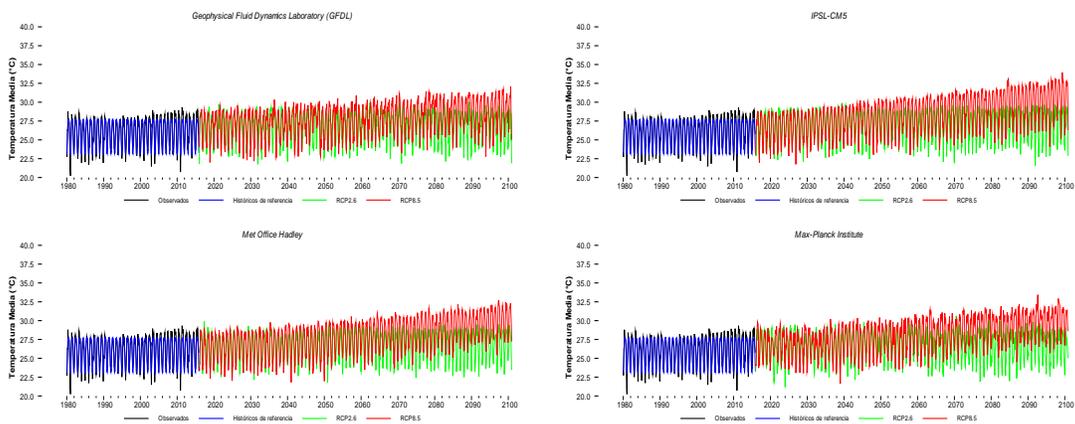
Temperatura media OAX



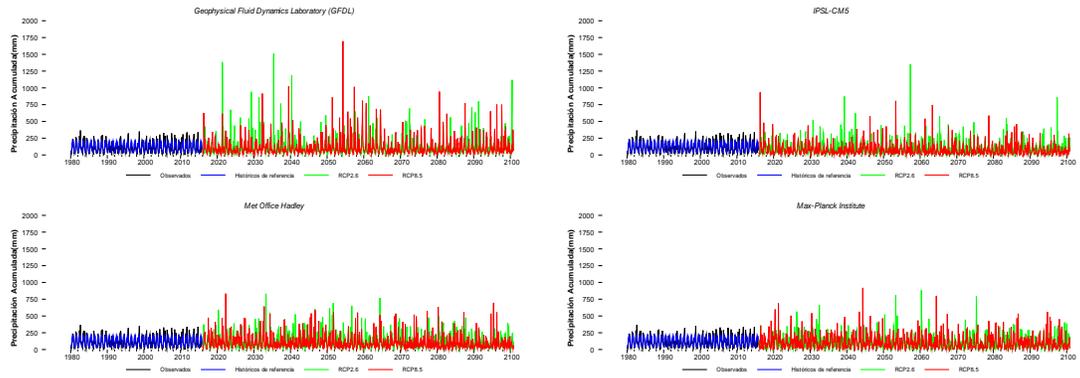
Precipitación acumulada OAX



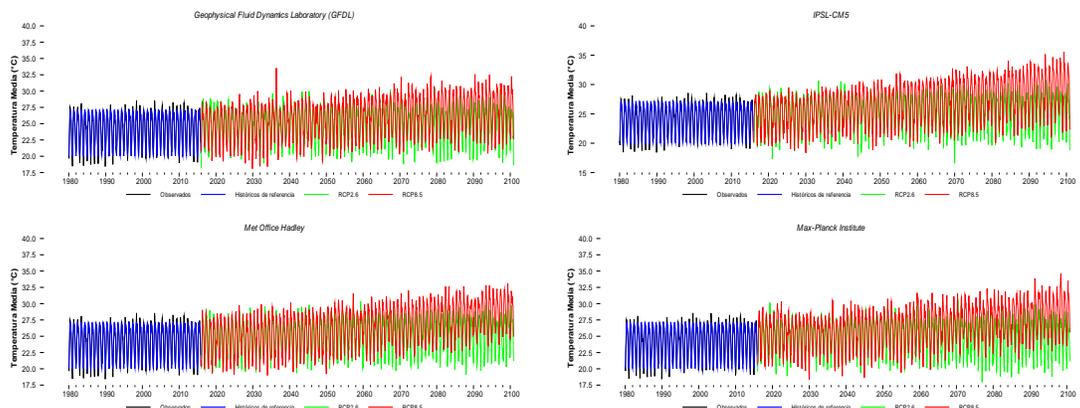
Temperatura media ROO



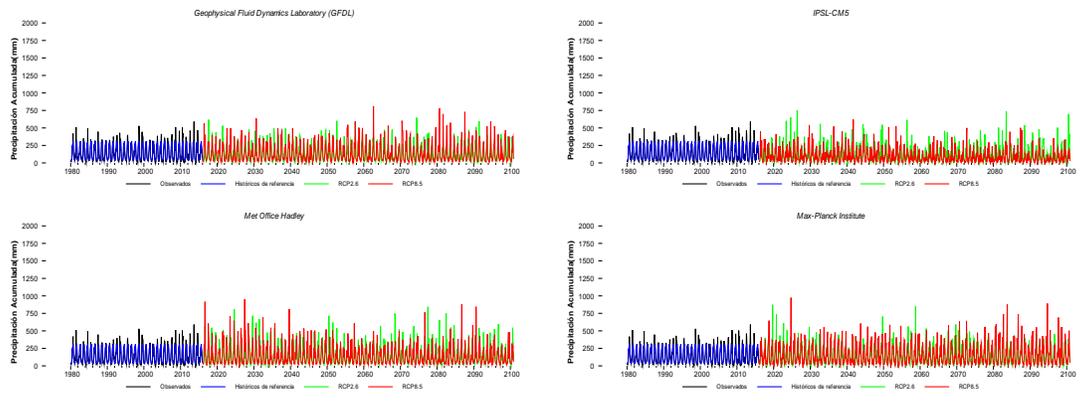
Precipitación acumulada ROO



Temperatura media VER



Precipitación acumulada VER



10.3 Anexo C. Descripción de las bases de datos

10.3.1 Nombres de las variables

Los nombres de las variables fueron homogenizados para tener un mejor control de las bases de datos, no obstante, las fuentes de información según la periodicidad pueden variar. Las fuentes de información están especificadas para cada variable en el presente documento.

A continuación, se muestran los nombres abreviados de las variables y su significado en la base de datos a nivel nacional:

- TURMEX_NF: Turistas no Fronterizos en México
- GRTURMEX_NF: Gasto Real de los Turistas no Fronterizos en México
- TCRPD: Tipo de Cambio Real Pesos por Dólar
- PR: Precios Relativos
- US_PIBR: PIB Real de Estados Unidos
- MEX_TMAX: Temperatura Máxima de México
- MEX_TMED: Temperatura Media de México
- MEX_PCPT: Precipitación Total de México
- MEX_PCPMED: Precipitación Media de México
- PPETRR: Precio Real del Petróleo
- MEX_INPC: Índice Nacional de Precios al Consumidor de México
- CAN_TME: Temperatura Media de Canadá
- US_TME: Temperatura Media de Estados Unidos
- UK_TME: Temperatura Media de Reino Unido
- ES_TME: Temperatura Media de España
- US_INPC: Índice Nacional de Precios al Consumidor de Estados Unidos
- US_DEFLA: Deflactor del PIB de Estados Unidos
- CAN_PIBPPP: PIB en Paridad del Poder Adquisitivo de Canadá
- MEX_PIBPPP: PIB en Paridad del Poder Adquisitivo de México
- ESP_PIBPPP: PIB en Paridad del Poder Adquisitivo de España
- UK_PIBPPP: PIB en Paridad del Poder Adquisitivo de Reino Unido
- TCPDN: Tipo de Cambio Pesos por Dólar Nominal
- MEX_TMED_8505: Temperatura promedio en el período de 1985 a 2005
- MEX_TMAX_8505: Temperatura máxima en el período de 1985 a 2005
- MEX_PCPMED_8505: Precipitación promedio en el período de 1985 a 2005

10.3.2 Base de datos nacional con información trimestral: “NAC_TRIM”

La base de datos con información trimestral a nivel nacional se llama “NAC_TRIM”, contiene 27 variables, más una variable de fecha que indica el período que va del primer trimestre de 1980 hasta el cuarto trimestre de 2015.

Variable	Unidades	Fuente	Descripción
FECHA	-	-	Variable de tiempo que indica el año y el trimestre
TURMEX_NF	Miles de personas	Banxico. Cuenta de viajeros internacionales	Turistas no fronterizos. Número de turistas registrados no fronterizos. Excluye a los excursionistas.
TURMEX_NF2	Miles de personas	Banxico. Cuenta de viajeros internacionales	Redondeo de TURMEX_NF
GRTURMEX_NF	Miles de dólares	Elaboración propia.	Gasto real de turistas no fronterizos. Gasto de turistas no fronterizos deflactado con el Índice de Precios de Estados Unidos.
TCRPD	Pesos por Dólar	Elaboración propia	Tipo de cambio real Elaborado con los índices de precios de Estados Unidos y México. Se utilizó la formula estándar: $TCRPD = TCPDN(US_INPC / MEX_INPC)$
PR	Precios relativos	Elaboración propia	Precios relativos / Inverso del tipo de cambio real. Se construye la variable de precios relativos con los índices de precios y el tipo de cambio nominal. $PR = \left(\frac{MEX_INPC}{TCPDN} \right) / US_INPC$
US_PIBR	Dólares	Banco de la Reserva Federal de San Luis	PIB real de Estados Unidos
MEX_TMAX	Grados Centígrados	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura Máxima
MEX_TMED	Grados Centígrados	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura Media
MEX_PCPT	Milímetros	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Total de Precipitación

MEX_PCPMED	Milímetros	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Precipitación promedio
PPETRR	Dólares por barril	Elaboración propia	Precio real del petróleo deflactado con el Índice de Precios de Estados Unidos.
MEX_INPC	Índice	INEGI	Índice Nacional de Precios al Consumidor, México
CAN_TME	Grados Centígrados	Portal de conocimiento del cambio climático del Banco Mundial	Temperatura Media de Canadá
US_TME	Grados Centígrados	Portal de conocimiento sobre el cambio climático del Banco Mundial	Temperatura Media de Estados Unidos
UK_TME	Grados Centígrados	Portal de conocimiento sobre el cambio climático del Banco Mundial	Temperatura Media de Reino Unido
ES_TME	Grados Centígrados	Portal de conocimiento sobre el cambio climático del Banco Mundial	Temperatura Media de España
US_INPC	Índice	Banco de la Reserva Federal de San Luis	Índice nacional de precios al consumidor para Estados Unidos
US_DEFLA	Índice	Banco de la Reserva Federal de San Luis	Deflactor del PIB, Índice de precios implícitos, EU
CAN_PIBPPP	Dólares constantes de 2010 Volumen a PPA	Economic Outlook - OCDE	PIB de Canadá, a Paridad del Poder Adquisitivo (PPA)
MEX_PIBPPP	Dólares constantes de 2010 Volumen a PPA	Economic Outlook - OCDE	PIB de México, a Paridad del Poder Adquisitivo (PPA)
ESP_PIBPPP	Dólares constantes de 2010 Volumen a PPA	Economic Outlook - OCDE	PIB de España, a Paridad del Poder Adquisitivo (PPA)
UK_PIBPPP	Dólares constantes de 2010 Volumen a PPA	Economic Outlook - OCDE	PIB de Reino Unido, a Paridad del Poder Adquisitivo (PPA)
TCPDN	Pesos por Dólar	Banxico, Serie histórica diaria del tipo de cambio peso-dólar	Tipo de cambio peso dólar desde 1954 Se toma el del mes final de cada trimestre, esto es, Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre.
MEX_TMED_8505	Grados Centígrados	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura promedio de México trimestral para el periodo de 1985 hasta 2005.

MEX_TMAX_8505	Grados Centígrados	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del ACDM	Temperatura máxima promedio de México trimestral para el periodo de 1985 hasta 2005.
MEX_PCPMED_8515	Milímetros	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del ACDM	Precipitación promedio de México trimestral para el periodo de 1985 hasta 2005.

Además, en el archivo de Excel “Descripción Bases de Datos.xlsx”, en la pestaña “NAC_TRIM” se agrega una columna llamada “Transformación”, en la cual se indica si se realizó algún cambio en la variable, por ejemplo, los años base de los índices de precios fueron cambiados a 2010. También algunas variables como los flujos de turistas y las variables de clima fueron agregadas a nivel trimestral, ya que la información originalmente está a nivel mensual.

Para el tipo de cambio nominal “TCPDN” que originalmente es una serie con información diaria, se promedió cada mes y se tomó el valor del último mes que compone cada trimestre, de esta manera para el primer trimestre de cada año se refiere al mes de Marzo, el segundo trimestre se refiere a Junio, el tercer trimestre a Septiembre y por último el cuarto trimestre corresponde a Diciembre.

La columna “Nombre Original” indica la clave oficial o nombre oficial con el cual pueden encontrarse las variables en sus fuentes originales, por ejemplo, en la base de datos de cuenta de viajeros internacionales del Banco de México (BANXICO) se puede encontrar la variable de turistas no fronterizos con su clave “SE6009”.

10.3.3 Base de datos estatal con información mensual: “MENSUALESESTADOS”

La base de datos estatal con información mensual se llama “MENSUALESESTADOS”. Contiene 136 variables más una variable de fecha que indica el período que va de enero de 2012 y termina en diciembre de 2015.

La base contiene datos de las siguientes entidades federativa, con claves:

- BCS: Baja California Sur
- CAM: Campeche
- CDM: Ciudad de México
- COL: Colima
- GRO: Guerrero
- GTO: Guanajuato
- JAL: Jalisco
- NLE: Nuevo León
- OAX: Oaxaca
- ROO: Quintana Roo
- SIN: Sinaloa
- YUC: Yucatán

Variable	Unidades	Fuente	Descripción
FECHA	-	-	Variable de tiempo que indica el año y el mes
TUR	Personas	DATATUR, Unidad de Política Migratoria de la Secretaría de Gobernación.	Turistas no fronterizos por llegada aérea y cruceros
TMED	Grados Centígrados	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura Máxima
TMAX	Grados Centígrados	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del ACDM	Temperatura Media
PCPMED	Milímetros	Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del ACDM	Precipitación promedio
INPC*	Índice	Banco de Información Económica. INEGI	Índice de precios al consumidor estatal
PR	Precios relativos	Elaboración propia	<p>Precios relativos a cada estado</p> $PR = \left(\frac{INPC_{it}}{TCPDN_t} \right) * \frac{1}{INPCUSA_t}$ <p>Donde $INPC_{it}$ es el índice de precios del estado i en el tiempo t, $INPCUSA_t$ es el índice de precios de Estados Unidos en el tiempo t y por último $TCPDN_t$ representa el tipo de cambio nominal el tiempo t.</p>
IMAI	Índice	Banco de Información Económica. INEGI	Indicador Mensual de la Actividad Industrial (IMAI) que mide la evolución mensual de la actividad productiva.
PPETR	Dólares por barril	Elaboración propia	Precio real del petróleo deflactado con el índice de precios de estados unidos.
TCPDN	Pesos por Dólar	Banxico, Serie histórica diaria del tipo de cambio peso-dólar	Tipo de cambio nominal, pesos por un dólar
TCPDR	Pesos por Dólar	Elaboración propia	<p>Tipo de cambio real - relativo a cada estado</p> <p>Elaborado con los índices de precios de cada estado y el de Estados Unidos</p> $TCPDR = TCPDN \left(\frac{INPCUSA_t}{INPC_{it}} \right)$ <p>Donde $INPC_{it}$ es el índice de precios del estado i en el tiempo t, $INPCUSA_t$ es el índice de precios de Estados Unidos en el tiempo t y por último $TCPDN_t$ representa el tipo de cambio nominal el tiempo t.</p>

INPCUSA	Índice	Banco de la Reserva Federal de San Luis	Índice nacional de precios al consumidor para Estados Unidos
INPIUSA	Índice	Banco de la Reserva Federal de San Luis	Índice de producción industrial de Estados Unidos
MEX_TMED_8505	Grados Centígrados	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura promedio de cada estado por mes durante el período de 1985 - 2005.
MEX_TMAX_8505	Grados Centígrados	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Temperatura máxima promedio de cada estado por mes durante el período de 1985 -2005.
MEX_PCPMED_8505	Milímetros	Elaboración propia con datos de Clima y Sociedad del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y del Atlas climático Digital de México (ACDM)	Precipitación promedio de cada estado por mes durante el período de 1985- 2005.

De esta manera, cada estado cuenta con 8 variables que se describen a continuación:

- TUR
- TMED
- TMAX
- PCPACU
- INPC
- PR
- IMAI
- TCPDR

Se les añade como prefijo la clave del estado: BCS_TUR, CAM_TMED, YUC_INPC, etc. Se encuentran además las siguientes variables que son exógenas a los estados e iguales para cada entidad.

- PPETR
- TCPDN
- INPCUSA
- INPIUSA

* INPC: INEGI publica índices de precios por zonas metropolitanas y principales ciudades. Para construir un solo índice estatal se promedió todas las ciudades disponibles en cada estado, algunos estados sólo están representados por una ciudad, mientras que otros por más de una ciudad. Se muestran a continuación que las ciudades que componen los estados.

- Baja California Sur: La Paz
- Campeche: Campeche
- Ciudad de México: Ciudad de México

- Colima: Colima
- Guerrero: Acapulco, Iguala
- Guanajuato: Cortázar, León
- Jalisco: Guadalajara, Tepatlán
- Nuevo León: Monterrey
- Oaxaca: Oaxaca, Tehuantepec
- Quintana Roo: Chetumal
- Sinaloa: Culiacán
- Yucatán: Mérida

Escenarios de cambio climático

La información sobre los escenarios de cambio climático se obtuvo de cuatro fuentes. Se trata de información mensual y por estado que se promedió para obtener información a nivel nacional.

Las proyecciones son para las variables:

- TMED: Temperatura media
- TMAX: Temperatura máxima
- TMIN: Temperatura mínima
- PCPACU: Precipitación acumulada
- PCPT: Precipitación total

Se le agrega un número de dos dígitos como sufijo para determinar el escenario:

- 26: Se refiere al Escenario RCP2.6
- 85: Se refiere al Escenario RCP8.5

Se agrega un segundo sufijo para indicar la fuente de información:

- GFDL: GFDL-ESM2M
- HadGEM2: HadGEM2-AO
- IPSL: IPSL-CM5A-LR
- MPI: MPI-ESM-MR

10.3.4 Base de datos de los escenarios a nivel nacional con periodicidad mensual: “ESC_NAC_MES”

Esta base de datos contiene proyecciones sobre la temperatura y precipitación a nivel nacional con periodicidad mensual en los escenarios RCP2.6 y RCP8.5. Contiene 28 variables más un indicador de fecha que indica el año y el mes. Inicia en enero de 2016 y termina en diciembre de 2100.

Variable	Unidades	Descripción
TMED	Grados Centígrados	Temperatura media
TMAX	Grados Centígrados	Temperatura máxima promedio
TMIN	Grados Centígrados	Temperatura mínima promedio
PCPMED	Milímetros	Precipitación media
PCPT	Milímetros	Precipitación total

10.3.5 Base de datos de los escenarios a nivel nacional, con periodicidad trimestral: “ESC_NAC_TRIM”

Esta base de datos contiene proyecciones sobre la temperatura y precipitación a nivel nacional con periodicidad trimestral en los escenarios RCP 26 y RCP85. Contiene 28 variables más una variable de fecha que indica el año y el mes. Inicia el primer trimestre de 2016 y termina en el cuarto trimestre de 2100.

Variable	Unidades	Descripción
TMED	Grados Centígrados	Temperatura media
TMAX	Grados Centígrados	Temperatura máxima promedio
TMIN	Grados Centígrados	Temperatura mínima promedio
PCPMED	Milímetros	Precipitación media
PCPT	Milímetros	Precipitación total

10.3.6 Base de datos de los escenarios a nivel estatal, con periodicidad mensual: “ESC_ESTADOS_MES”

Esta base de datos contiene 240 variables, 20 variables para cada uno de los estados antes mencionados y una variable de fecha que indica el año y el mes. Inicia en enero de 2016 y termina

en diciembre de 2100. Igual que en la base nacional, se le agrega el prefijo “XXX_” que indica la clave del estado, además del sufijo “26” o “85” que indica el escenario y otro sufijo más que indica la agencia de la cual se obtuvo la información.

Variable	Unidades	Descripción
TMED	Grados Centígrados	Temperatura media
TMAX	Grados Centígrados	Temperatura máxima promedio
TMIN	Grados Centígrados	Temperatura mínima promedio
PCPMED	Milímetros	Precipitación media
PCPT	Milímetros	Precipitación total



Plataforma de colaboración sobre
**CAMBIO CLIMÁTICO
Y CRECIMIENTO VERDE**
entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de
Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y
México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000

www.mx.undp.org

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210

www.gob.mx/inecc



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



El desarrollo
sostenible
para todos
y las mujeres