



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

**La sustentabilidad como estrategia para la administración del
riesgo climático en empresas mexicanas**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Maestro en Finanzas
Campo de conocimiento: Bursátiles

Presenta:

Rebeca Raquel Velázquez Boeta

Tutor:

Dr. Eduardo Villegas Hernández
Facultad de Contaduría y Administración

Ciudad de México, septiembre de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi madre por ser mi pilar en todo momento y todas las batallas que libramos juntas, este trabajo también es tuyo.

A mi hermano, por otro de mis pilares importantes en mi vida, gracias por todo el apoyo que siempre me das.

A mi padre, gracias por tus enseñanzas, donde sea que estés este trabajo también es para ti.

A mi familia, tíos, primos, abuelos, gracias por su incondicional apoyo.

A Abril, gracias por siempre apoyarme en todo momento, por ser otro pilar importante en mi vida y por hacerme siempre entrar en razón, tus grandes ideas forman parte de este trabajo.

A mis amigos de la FCA, Cari, Leslie, Itzel, Hugo, Paco, Beto, Damaso, Mike, César, Nacho, gracias por el apoyo que me brindan y por el equipo que somos ahora.

A mis amigos de la prepa, Marina, Jesús y Gael, gracias por su apoyo incondicional y por siempre estar ahí para mí.

A mis amigos de la maestría, gracias por recorrer este pesado camino conmigo y por el apoyo que me dieron en todo momento.

A Armando, por su apoyo incondicional para realizar este trabajo.

A mis profesores y síndos por la retroalimentación brindada para este trabajo.

A mi tutor el Dr. Eduardo Villegas por su apoyo incondicional para realizar este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por ser la base de mi formación profesional, gracias por tanto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado a lo largo de estos años.

A la Universidad Complutense de Madrid por el apoyo en la estancia de investigación que realicé.

A mi cotutor el Dr. Ignacio López Domínguez por su apoyo para realizar la estancia de investigación bajo su tutela.

A todas las personas que no están mencionadas pero que sin su apoyo no hubiera sido posible este trabajo.

Siempre parece imposible hasta que se hace
Nelson Mandela

Contenido

Introducción.....	8
1. Capítulo 1: Desarrollo Sustentable.....	16
1.1. El clima.....	16
1.1.1. Cambio climático.....	19
1.1.2. Escenarios del cambio climático	28
1.2. Desarrollo sustentable.....	31
1.2.2. Elemento económico del desarrollo económico	39
1.3. Beneficios del desarrollo sustentable	40
1.4. Conclusión capitular	41
2. Capítulo 2: Riesgo climático	42
2.1. El riesgo.....	42
2.1.1. Comité Basilea	43
2.1.1.1. Acuerdos Basilea	44
2.1.1.2. Administración de riesgos en México	44
2.1.2. Administración de riesgos en las empresas.....	45
2.1.2.1. Tipos de Riesgos.....	46
2.1.2.2. Métodos para medir el riesgo	48
2.1.2.2.1. Riesgos discrecionales	49
2.1.2.2.2. Riesgos no discrecionales.....	54
2.2. Riesgo climático en las empresas.....	54
2.2.1. Vulnerabilidad ante el cambio climático	55
2.2.2. Adaptabilidad al cambio climático en una empresa mexicana.....	59
2.2.3. Diferencia entre adaptación y mitigación	65
2.3. Impacto del riesgo climático en las empresas	65
2.3.1. Experiencia en las empresas mexicanas en cuanto a su percepción del riesgo climático	66
2.3.2. Ventajas de adaptar un sistema sustentable.....	68
2.4. Instrumentos financieros enfocados al desarrollo sustentable.....	69
2.4.1. Bonos	70
2.4.2. Derivado climático	71
2.4.2.1. Índices Climáticos.....	72

2.4.3.	Exchange Traded Fund sustentables	75
2.4.4.	Instrumento financiero seleccionado para la investigación.....	76
2.4.5.	La lluvia como activo subyacente	76
2.5.	Modelos Econométricos.....	77
2.5.1.	Pruebas en modelos econométricos	79
2.6.	Conclusión Capitular.....	81
3.	Capítulo 3: Metodología implementada.....	82
3.1.	Fase I: Identificación del impacto del cambio climático en las actividades económicas.....	82
3.1.1.	Identificación del riesgo climático en las empresas del subsector líneas aéreas	84
3.1.2.	Exposición y sensibilidad al riesgo climático	90
3.1.2.1.	Análisis de exposición y sensibilidad de la demanda.....	91
3.1.2.2.	Sensibilidad de costos y gastos operativos	93
3.2.	Fase II: Gestión del riesgo climático.....	94
3.2.1.	Selección de método para mitigar la exposición del riesgo.....	95
3.2.2.	Medición del impacto a través de escenarios simulados.....	95
3.2.3.	Cuantificación de pérdida potencial	100
3.3.	Fase III: Análisis de estrategias de cobertura	100
3.3.1.	Implementación de la mejor estrategia de cobertura en empresas del sector transportes subsector líneas aéreas	100
3.3.2.	Compensación de pérdidas potenciales con la estrategia de cobertura	101
3.4.	Fase IV: Retroalimentación (monitoreo)	101
3.4.1.	Beneficio por implementación de estrategia de cobertura.....	101
3.5.	Conclusión Capitular	102
4.	Capítulo 4: Resultados de la investigación.....	103
4.1.	Fase I: Identificación del impacto del cambio climático en las actividades económicas.....	103
4.1.1.	Identificación de riesgo climático empresas del sector transportes subsector líneas aéreas	104
4.1.2.	Exposición y sensibilidad al riesgo climático	107
4.1.2.1.	Análisis de exposición y sensibilidad de demanda.....	107
4.1.2.2.	Sensibilidad de costos y gastos operativos	114
4.2.	Fase II: Gestión del riesgo climático.....	114

4.2.1. Selección de método para mitigar la exposición del riesgo	115
4.2.2. Medición del impacto a través de escenarios simulados	117
4.2.3. Cuantificación de pérdida potencial	119
4.3. Fase III: Análisis de estrategia de cobertura	121
4.3.1. Implementación de derivado climático en empresas del sector transportes subsector líneas aéreas	121
4.3.2. Compensación de pérdidas potenciales con la estrategia de cobertura	122
4.4. Fase IV: Retroalimentación (monitoreo)	123
4.4.1. Beneficio por implementación de estrategia de cobertura	123
4.5. Conclusión capitular	125
Discusión y conclusión	125
Bibliografía	130
Anexo	138
Estancia de investigación	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Observaciones del estado de GEI en la atmósfera en 2016.	9
Figura 2. Esquema de los componentes del sistema climático	17
Figura 3. Concentraciones de GEI	21
Figura 4. Mapa del cambio observado en la temperatura en superficie entre 1901 y 2012.	25
Figura 5. Calentamiento Global Histórico y Proyectado a 2100	30
Figura 6. Objetivos desarrollo sostenible o sustentable.....	34
Figura 7. Modelo de Sustentabilidad.....	38
Figura 8. Proceso Administración del Riesgo	45
Figura 9. Tipos de Riesgos	48
Figura 10. Modelo Conceptual de Vulnerabilidad.	57
Figura 11. Proceso de Adaptación al Cambio Climático.....	62
Figura 12. Ciudades donde se operan Derivados Climáticos en el mundo.	73
Figura 13. Precipitación acumulada mensual (mm) 2018.....	83
Figura 14. Causas retrasos en vuelos.	94
Figura 15. Proyecciones de las Temperaturas de la Superficie.	98
Figura 16. Precipitación histórica nacional ANUAL (mm).	103
Figura 17. Precipitación histórica nacional TRIMESTRAL (mm).	104
Figura 18. Accidentes aéreos a nivel mundial.	105
Figura 19. Accidentes a nivel nacional.....	106
Figura 20. Regresión Lineal Múltiple de Demanda de vuelos.....	108
Figura 21. Prueba de Normalidad.....	109

Figura 22. Prueba de heteroscedasticidad datos cruzados.....	109
Figura 23. Prueba de Heteroscedasticidad datos no cruzados	110
Figura 24. Prueba Autocorrelación	111
Figura 25. Prueba de estabilidad	112

Índice de tablas

Tabla 1. Ciudades donde se realizan transacciones de Derivados Climáticos	74
Tabla 2. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de 1 a 2 horas.....	86
Tabla 3. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de 2 a 4 horas.....	87
Tabla 4. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de más de 4 horas	88
Tabla 5. Empresas analizadas	90
Tabla 6. Datos Históricos	92
Tabla 7. Resumen de resultados Pruebas regresión	113
Tabla 8. Estructura del derivado climático (futuro).....	115
Tabla 9. Disminución de la demanda, escenario 1	117
Tabla 10. Demanda escenario 2	118
Tabla 11. Aumento en la demanda, escenario 3.....	119
Tabla 12. Pérdida Potencial, escenario 1 en miles de pesos.....	120
Tabla 13. Pérdida Potencial, escenario 3 en miles de pesos.....	121
Tabla 14. Valor del contrato climático	122
Tabla 15. Contratos de derivados climáticos, escenario 1	122
Tabla 16. Contratos de derivados climáticos, escenario 3	123
Tabla 17. Porcentaje de pérdida sobre ingresos escenario 1	124
Tabla 18. Porcentaje de pérdida sobre ingresos escenario 3	124

Introducción

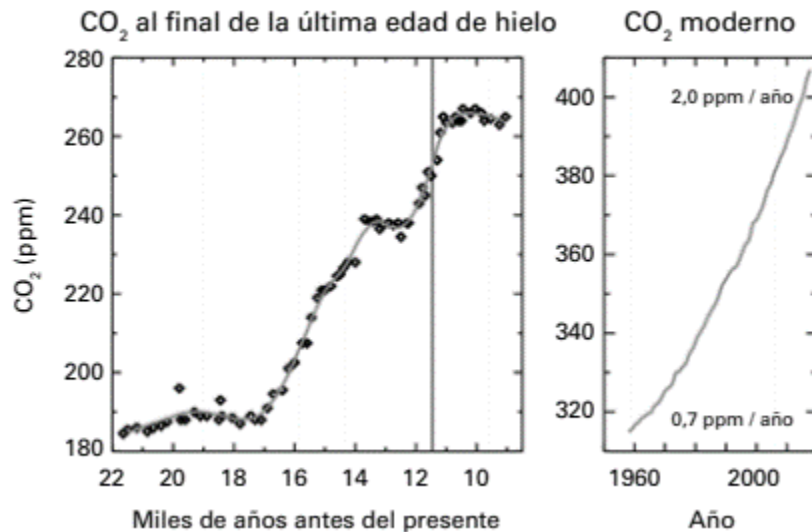
En la atmósfera terrestre existe gran cantidad de gases, entre los cuales se encuentran: dióxido de carbono (CO_2), oxígeno, nitrógeno, helio, hidrógeno, metano, vapor de agua, entre otros. Estos gases son conocidos como gases de efecto invernadero (GEI) ya que permiten equilibrar la temperatura de la tierra haciendo soportable la vida en ella. Sin embargo, durante los últimos años, gracias al desarrollo industrial, han aumentado las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), lo que genera el aumento de la temperatura en la tierra, creando el fenómeno conocido como calentamiento global (Landa, Ávila, & Hernández, 2010).

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés, 2014), el calentamiento global deriva del incremento en la emisión de dióxido de carbono (CO_2), propiciado naturalmente y por la actividad humana. El desarrollo industrial, ha traído como consecuencia la explotación de los bosques, las tierras, recursos naturales, entre muchos más; estos excesos han transformado la conducta del clima en el planeta debido a la alta concentración de gases efecto invernadero (GEI), lo que a su vez ha originado una atmósfera más caliente respecto a registros de años anteriores, generando eventos meteorológicos más intensos, aumentando el nivel del mar y agravando los fenómenos naturales como los huracanes, las lluvias, heladas, nevadas, etc. (Landa et al., 2010).

Estas consecuencias impactan negativamente las actividades de la sociedad y de la economía perturbando la calidad de vida (Organización Meteorológica Mundial, 2016). Dado que los gases de efecto invernadero han aumentado, los fenómenos naturales también se han incrementado. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, durante los últimos años, la temperatura del planeta se elevó considerablemente respecto a años anteriores (ver figura 1), provocando sequías, lo que trae como consecuencia el estrés en la vegetación, lo cual limita la capacidad de fotosíntesis, es decir que las plantas reducen su capacidad de absorber carbono de la atmósfera, lo que produce la acumulación de carbono en la misma. La Organización Meteorológica Mundial reitera que, durante los últimos 70 años, el aumento de CO_2 , es 100 veces mayor que en la última edad de hielo. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

Al respecto, el aumento sostenido de la concentración de GEI en la atmósfera desde 1960 hasta la actualidad es coherente con el aumento observado de la temperatura media mundial en el mismo período, con un valor récord registrado en 2016. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

Figura 1. Observaciones del estado de GEI en la atmósfera en 2016.



Fuente: Boletín de la Organización Meteorológica Mundial, 2016, http://ane4bf-datap1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/wmocms/s3fs-public/ckeditor/files/GHG_Bulletin_13_ES_0.pdf?YBlfazyk.Xi_7L2Oc02Xh46Nt1g4TfOo

El rápido aumento de los niveles atmosféricos de CO_2 y otros gases de efecto invernadero (GEI) podrían provocar cambios impredecibles en los sistemas climáticos, lo que conllevaría a graves perturbaciones ecológicas y económicas. Así mismo, dichos cambios influirán negativamente en la sociedad y en la economía, incluyendo los sectores primarios, secundarios y terciarios, relevantemente en cualquier forma de transporte, incluyendo la aviación. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

El desarrollo económico ha mejorado la calidad de vida logrando avances industriales y tecnológicos, reduciendo tiempos de producción y generando más empleo a nivel mundial. Dicho desarrollo es el motor para crecer como sociedad, brindando ventajas extraordinarias pues implica el incremento en los ingresos de la industria y de las familias, además de contar con servicios de calidad para la sociedad como en educación, salud, vivienda, entretenimiento, esparcimiento y por supuesto a cubrir todas las necesidades básicas como la alimentación y el vestido. En tal sentido, lo anterior ha provocado el crecimiento de la población y de la industria generando el uso excesivo de recursos financieros, sociales y naturales. La continúa búsqueda del crecimiento económico no siempre produce efectos positivos en la sociedad pues actualmente se enfrenta a una serie de crisis financiera, crisis económica, crisis industrial y crisis ambiental. Todas ellas son el

resultado de un modelo de desarrollo insostenible que está basado en el mal uso de los recursos sociales y naturales. (N. Sánchez, 2012).

Las nuevas tendencias en el mundo y en los mercados del siglo XXI estimulan la implementación de otro componente como parte de los nuevos modelos de negocios y de innovación: el desarrollo sustentable. (Carro-Suárez, Sarmiento-Paredes, & Rosano-Ortega, 2017). El desarrollo sustentable no pone en debate ni discute sobre sistemas políticos ni económicos, sino que, a partir del ambiente, postula un cambio social pacífico y gradual, que de manera organizada y planificada modifique nuestra relación con la naturaleza, con nosotros mismos y con la sociedad. (Ramírez, Sánchez, & García, 2004).

Por otro lado, el sector de transportes subsector de aviación (líneas aéreas) presenta gran vulnerabilidad debido al cambio climático, ya que, al aumentar la temperatura podría tener serias consecuencias en las maniobras de despegue en aeropuertos situados a gran altitud o con pistas de aterrizaje cortas, limitando la carga o la utilización del combustible, (Organización Meteorológica Mundial, 2016). Además, los fenómenos naturales una vez agravados podrían provocar vientos altos y bajos, granizo, descargas eléctricas, turbulencia en aire claro, ondas de montaña, turbulencia en la cima de las tormentas, engelamiento (congelación atmosférica), baja visibilidad o altura del techo de nubes. Además, los cambios en el clima podrían poner en peligro la seguridad de los pasajeros debido a las condiciones impredecibles del comportamiento del clima.

Finalmente, a medida que el clima cambia se vuelve más probable encontrar problemas para despegar, el aumento en el uso de combustible, retrasos en vuelos, etc., se vuelva más frecuente y podría ocasionar que los viajes aéreos sean más caros y menos predecibles, con un mayor riesgo de lesiones para los pasajeros por el aumento de las turbulencias.

De acuerdo con (Storer, Williams, & Joshi, 2017), profesores del Departamento de Meteorología en la Universidad de Reading, Inglaterra, las aerolíneas han buscado ser más eficientes, sin embargo, no cuentan con la suficiente preparación para los efectos a largo plazo del cambio climático. Dicho de esta manera, debido a los cambios repentinos ocasionados por el cambio climático algunos de los aviones más pesados en los vuelos más largos ya no podrán despegar durante ciertas horas, implicando que no volar durante algunas horas en un aeropuerto específico podría tener un efecto dominó en todas las operaciones aéreas, que además reduciría aún más los márgenes de ganancia de las aerolíneas. (New York Times, 2017).

Debido a lo anterior, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha investigado sobre la mejora en la seguridad aérea, probando con motores de baja combustión con el fin de reducir el número de dióxido de carbono en la superficie. Además, esta misma organización investiga sobre las medidas de adaptación y la gestión de riesgos, centrándose en fortalecer la infraestructura aérea para asegurar mecanismos de rescate eficaces y sostenibles, pensando en la seguridad de sus pasajeros, los costos de las empresas aeronáuticas y los gases de efecto invernadero que éstos generan. Es por esta razón que realizar un análisis del comportamiento del clima ayudaría a comprender las vulnerabilidades existentes por la acumulación excesiva de GEI, así como la corrección de afectaciones en el sector de aviación o de transporte aéreo debido al alto impacto que presenta este sector ante el comportamiento del clima. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

Para afrontar un fenómeno tan diverso y complejo como lo es el cambio climático es indispensable la colaboración multidisciplinaria de actores sociales, administraciones, empresas, organizaciones y, por supuesto, ciudadanos. Para resolverlo se podría actuar sobre la búsqueda de soluciones como desde la prevención. Lograr estas metas requiere de un trabajo económico, social y ambiental en conjunto fomentando la innovación, el aprendizaje, la colaboración, la tenacidad, la adaptabilidad, la responsabilidad y el compromiso, mismos que ayudan a contribuir a la mejora de la calidad de vida de los seres vivos del planeta. (Simón & Rueda, 2015).

El desarrollo de estrategias ambientales permite transferir el riesgo climático ya sea a través de seguros contra catástrofes o a través de diferentes estrategias financieras pues han generado un creciente interés en los mercados de seguros meteorológicos, formando oportunidades de innovación tanto en los modelos de negocio como en distintos sectores como la salud y la seguridad, que no han sido explotadas en su totalidad y que de hacerlo cambiaría el modo de combatir al cambio climático sin quitarle la importancia debida, sino al contrario, incrementando la concientización de frenar el cambio climático.

Las estrategias que se pueden implementar podrían ser tomando como base el desarrollo sustentable a fin de concientizar a las generaciones actuales, cuidando la calidad de vida de las generaciones futuras, ayudando a implementar una cultura sustentable tanto en la sociedad como en la economía. Así, esta investigación propone aplicar instrumentos enfocados a la administración de riesgos climáticos generados por el cambio climático. En otras palabras, se propone implementar instrumentos financieros sustentables que permita cubrir o transferir el riesgo climático y mejore las condiciones económicas, sociales y ambientales del planeta.

Esto es posible a través de instrumentos o herramientas que permitan frenar el impacto del cambio climático y mejorar la vida en el planeta.

Matriz de Congruencia

Pregunta principal de investigación	Objetivo principal	Hipótesis
¿De qué manera el comportamiento del clima impacta en los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas?	Precisar de qué manera el comportamiento del clima impacta los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas.	El comportamiento del clima afecta de manera directa los costos y gastos de operación de las empresas del subsector líneas aéreas.
Pregunta secundaria de investigación	Objetivo secundario	Hipótesis secundaria
¿Con la utilización de derivados climáticos se logrará minimizar la exposición que tienen los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas al comportamiento del clima?	Precisar si con la utilización de derivados climáticos se logrará minimizar la exposición que tienen los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas.	Con la utilización de derivados climáticos se logra minimizar la exposición que tiene el clima en los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas.

Objetivo general

Esta investigación tiene como objetivo principal precisar de qué manera el comportamiento del clima impacta los costos y gastos de las empresas mexicanas del subsector líneas aéreas.

Objetivos particulares

El objetivo secundario consiste en analizar si con la utilización de derivados climáticos como cobertura se logra minimizar la exposición que tienen los costos y gastos de las empresas mexicanas del subsector líneas aéreas al comportamiento del clima.

Así mismo, se realizó una investigación documental para la obtención del marco teórico a través de bases de datos como Biblioteca Digital de la UNAM, (Bidi UNAM), Scopus, así como *Business Source Complete*. Además, se realizó una revisión de literatura de manera sistemática, pues se encontró información especializada debido a que se investigó sobre el sector líneas aéreas en las cuales se sustraen datos históricos sobre multas y sanciones, así como datos estadísticos sobre vuelos para líneas aéreas, recolectadas de la página de la dirección de Aeronáutica Civil correspondiente a la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como de la página del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM).

Adicionalmente, se realiza una investigación experimental, la cual se explica en el capítulo 3, a través de la recolección de datos sobre las empresas aéreas, datos estadísticos sobre meteorología y sobre vuelos realizados durante los años 2011 al 2018. Todos los datos se obtuvieron directamente de la información financiera de las empresas aéreas, además de los datos estadísticos de las diferentes instancias gubernamentales que se utilizaron (Comisión Nacional Del Agua, Servicio Meteorológico Nacional).

Finalmente, se implementó la metodología estadística denominada mínimos cuadrados con la ayuda del software estadístico Eviews, en las cuales se desarrollan las estimaciones de las demandas de vuelos y la relación entre el clima y las actividades de las empresas del subsector líneas aéreas.

Justificación

Las empresas se enfrentan a una nueva paradoja en la cual actúa el cambio en el comportamiento del clima, obligándolas a tomar retos en sus operaciones como la falta de insumos debido a nevadas severas o inundaciones. Es así como la empresa reconoce la vulnerabilidad que tienen sus actividades ante cambios en el clima. (Smit, Ford, & Wandel, 2006). De esta forma, las empresas podrían enfocarse en el mercado que origina la incertidumbre y podrían tomar medidas preventivas para poder hacer frente a dichas situaciones, además podrían desarrollar estrategias enfocadas a cubrirse de los riesgos a las que están expuestas.

Como ya se ha mencionado, las emisiones de CO_2 producidas por los seres humanos contribuyen en gran parte al cambio climático, y este a su vez vulnera las actividades económicas. El sector de aviación es un sector que desempeña sus operaciones interactuando directamente con el ambiente y es precisamente por esta razón por la que sus actividades tienen un alto grado de vulnerabilidad. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

La base de esta línea de investigación se sitúa sobre los estudios relacionados con

la posible mitigación del riesgo climático en las actividades económicas, a través del desarrollo de herramientas financieras enfocadas a la cobertura de dicho riesgo con el fin de minimizar la incertidumbre en costos y gastos imprevistos que son provocados por el cambio climático. Sin embargo, aunque esta investigación se basa en el sector de líneas aéreas, se realiza una búsqueda de investigaciones con metodologías y marcos teóricos similares. La relación existente entre el clima y las actividades económicas en diferentes zonas geográficas, medido a través de la sensibilidad de dichas actividades al comportamiento del clima, además de apoyarse en modelos econométricos para sustentar el impacto negativo existente, así como la cobertura de su impacto mediante derivados climáticos ya fue analizada por (Blom, 2009), (Hsiang, 2016) y (Hong, Weikai, & Xu, 2016). Un estudio de profundidad de las consecuencias de los cambios en el clima en diferentes sectores económicos fue desarrollado por (Monjas, 2010), (Oberst, 2017), (Schlenker & Taylor, 2019), (Wang, Ball, Nehring, Williams, & Chau, 2017), (Štulec, 2017) y (Cabrera, Odening, Ritter, & Cabrera, 2013). Todos ellos concluyen que el riesgo es menor si se utilizan derivados climáticos frente a la alternativa de no hacerlo, afirmando que la cobertura puede ser realizada con un derivado valuado con información histórica.

(Sánchez, 2011), realiza un estudio sobre la literatura de los derivados climáticos, analizando sus beneficios sobre los contratos de seguros convencionales y climáticos. Adicionalmente, (Whalley & Yuan, 2009), realizaron un análisis sobre las implicaciones del calentamiento global a mediano y largo plazo para la evolución de las estructuras financieras globales, las cuales generan innovaciones en el mercado financiero sobre todo la expansión del mercado de seguros climáticos, la facilidad de acumulación de activos, y un enfoque de diversificación de riesgos asociados al cambio climático.

Finalmente, la relación existente entre la vulnerabilidad y la adaptación fueron analizadas a través de un proceso sustentable desarrollado por (Smit, Ford, et al., 2006), siendo la base para implementar instrumentos financieros enfocados a la mitigación de riesgo climático. Adicionalmente, (Storer, Williams, & Joshi, 2017), afirma que la vulnerabilidad que presentan las líneas aéreas es principalmente en el aumento de la turbulencia debido a cambios en la temperatura del planeta derivando en cambios en la productividad o en la demanda del mercado, es decir que, culminan en pérdidas económicas para las empresas debido a su sensibilidad al clima.

Los antecedentes mencionados en esta sección hacen referencia al impacto del comportamiento del clima o del cambio climático en las actividades económicas de diferentes sectores económicos; además de la implementación de estrategias

contra riesgos climáticos. Sin embargo, se analizaron las precedentes investigaciones con el fin de conocer las metodologías utilizadas y poder crear un marco de referencia sobre trabajos pasados. De esta forma, se fortalece la idea de la posible vulnerabilidad existente en las líneas aéreas y la posible implementación del derivado climático como estrategia para la administración del riesgo.

1. Capítulo 1: Desarrollo Sustentable

Este capítulo se enfoca a establecer un marco conceptual sobre el clima y el término desarrollo sustentable y todas las variables que conforman dicho término, además de describir los antecedentes respecto al desarrollo sustentable y el cambio climático a nivel internacional y a nivel nacional.

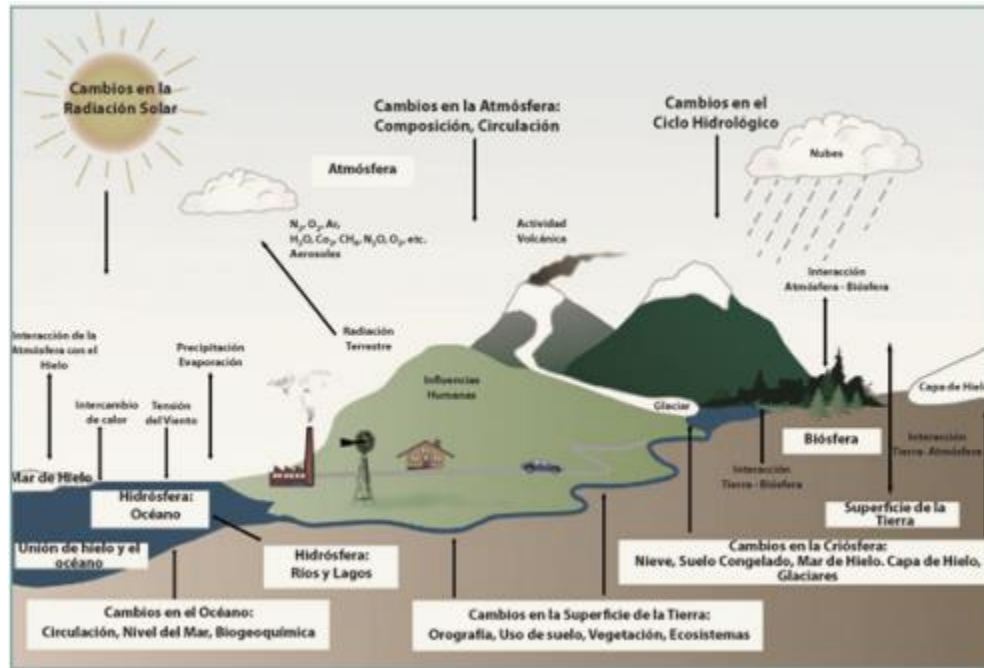
1.1. El clima

El clima se define como el estado promedio del tiempo¹, también como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período habitual promedio es de 30 años, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Es decir que, es un conjunto de condiciones atmosféricas existentes en una región determinada.

El tiempo y el clima son estados de la atmósfera que resultan de la combinación de diferentes procesos físicos del planeta y dependen de un gran número de factores como la temperatura del aire, la precipitación, la humedad (vapor de agua en el aire), presión atmosférica, nubosidad, viento y radiación solar. Sin embargo, es importante resaltar que los factores anteriores varían en gran medida de acuerdo a cada región como altitud, viento dominante, distancia del mar, corrientes oceánicas, topografía, vegetación y tipo de zona (urbana o rural). (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018). De modo que a esta interrelación de factores climáticos se conoce como sistema climático y se describe en la figura 2.

¹ El tiempo es el estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos (OMM/UNESCO, 2011). El estado del tiempo se observa en lapsos de horas y días en cada localidad, región o país.

Figura 2. Esquema de los componentes del sistema climático



Fuente: IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2007.

“El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos (resultante de la actividad de los seres humanos o producto de ésta), como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

El clima es uno de los elementos que determina el éxito o el fracaso de muchas actividades económicas. Fenómenos naturales como sequías, inundaciones, granizadas, heladas, ondas de calor u otros tipos de condiciones extremas, pueden provocar con frecuencia los siguientes impactos (Landa et al., 2010):

- Disminución en el agua disponible.
- Inundaciones.
- Incendios en bosques y selvas.
- Pérdidas de cultivos.

A consecuencia de lo anterior, el conocer las estaciones climáticas y su duración permite planificar actividades para obtener alimento o ingreso económico; como planificar cuándo sembrar alimentos, cuando iniciar un servicio turístico, cuando volar en avión, etc. Sin embargo, el retraso o el adelanto del periodo de lluvias, así

como su falta o exceso, causan problemas tales como las sequías o inundaciones que afectan el ritmo del sistema climático, alterando el orden de los ecosistemas (ambiente, sociedad y economía). Es sustancial conocer cuáles son las variaciones en el clima, cómo impactan hoy en día y qué podría pasar en el futuro, para prepararse ante ello. (Landa et al., 2010).

Si bien, de acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), la variabilidad del clima “denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima”. Por lo tanto, debido a su variabilidad el clima es incierto y difícil de predecir; además de ser un factor importante para las actividades de las empresas debido a que el clima cambia constantemente de forma natural y a consecuencia de actividades humanas. Por esta razón, el clima ha presentado cambios cada vez más constantes a lo largo de varias décadas, diferente a lo que conocemos como estaciones del año, debido al uso masivo de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas o el carbón, la descomposición de residuos urbanos o ganaderos y los cambios en el uso de la tierra, por consiguiente, provoca altas concentraciones de gases en la atmósfera, conocido como “efecto invernadero”.

Las consecuencias de cambios en el clima afectan tanto a la sociedad, a la economía como al propio ambiente. A pesar de las consecuencias que propician los cambios en el clima existen fenómenos que no son provocados por las actividades del hombre, es decir que dichos fenómenos son naturales, este es el caso del fenómeno del niño. Este fenómeno también es conocido como “Oscilación del Sur” (*ENSO* por sus siglas en inglés), es una variación natural en la temperatura de la superficie del mar que se presenta en varias regiones del océano pacífico en períodos que tienen una duración de entre doce y dieciocho meses consecutivos, presentándose de manera periódica en lapsos que fluctúan entre 2 y 7 años, es decir, que la ocurrencia de este fenómeno no es frecuente. En México, el fenómeno del niño tiene serias repercusiones pues, a consecuencia de las variaciones de la temperatura del mar, se presentan lluvias menos intensas durante el invierno y lluvias intensas en el verano, es decir, que tienen una variación ya sea al alza o a la baja respecto a su promedio histórico; lo mismo sucede con los frentes fríos y las sequías, se incrementan respecto al promedio de los últimos años. (Alva, 2011).

El niño no sólo afecta a México, sino también afecta al resto de países colindantes con el océano pacífico, por lo que el impacto de dicho fenómeno se propaga en el resto del mundo, afectando consecuentemente con pérdidas económicas dentro de los sectores económicos como por ejemplo en la industria agrícola, pesquera y ganadera.

En los últimos 30 años, los eventos más intensos de “el niño” se han presentado entre 1983 y 1987 y entre 1997 y 1998, y se han relacionado con sequías severas en varias partes de México y Centroamérica. (Landa et al., 2010).

La parte opuesta de “el niño”, se conoce como “la niña”, dicho fenómeno consiste en un enfriamiento anormal también de las aguas del océano pacífico del este. Las condiciones anómalas de la temperatura superficial del mar durante “el niño” o “la niña” producen cambios en la circulación de la atmósfera que resultan en variaciones de los patrones de temperatura y precipitación. (Landa et al., 2010). Cabe mencionar que en años recientes se han observado cambios anómalos a los históricos sobre estos fenómenos. Por más menores que sean están afectando al planeta son sus consecuencias sobre la vida en el planeta, lo que propicia el calentamiento global o cambio climático.

El clima es un elemento importante para esta investigación debido a que es una de las principales causas de pérdidas en las empresas porque afectan considerablemente los procesos productivos, operativos y los servicios prestados; también debilitan y disminuyen los insumos, trayendo como consecuencia incrementos en los costos y gastos de las empresas. Tomando en cuenta que las empresas están expuestas a lluvias, huracanes, inundaciones, y más fenómenos meteorológicos, la principal cuestión es cómo mitigar estos riesgos, para ello se podrían implementar estrategias específicas para resolver estos problemas. Sin embargo, es necesario entender el funcionamiento del clima, las causas y consecuencias que tiene el calentamiento global y las acciones para reducir el daño causado por los efectos de este fenómeno.

1.1.1. Cambio climático

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) define el cambio climático como “todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo”. Para esta investigación se utiliza como definición del cambio climático como todo cambio o variación de la temperatura de la tierra, cuyos efectos son a largo plazo. En efecto, el cambio climático sucede por el aumento en la temperatura de la tierra cuyo efecto influye en los patrones normales del planeta, tales como la lluvia, la nieve, neblina, entre otros. (Landa et al., 2010).

Los cambios en el clima asociados a “el niño” y otros fenómenos hidrometeorológicos son naturales, sin embargo, las actividades humanas han modificado la composición de la atmósfera al aumentar la concentración de Gases

Efecto Invernadero (GEI), lo que a su vez ha originado una atmósfera más caliente respecto a registros de años anteriores, generando la retención de vapor de agua en exceso, además de generar eventos más intensos y con mayor frecuencia de lo habitual, debido a que al aumentar la temperatura de los polos éstos sufren derretimiento de hielo, aumentando el nivel de los mares; además de provocar eventos meteorológicos extremos como huracanes, olas de calor² y sequías. De ahí la razón por la cual existe la extinción masiva de muchas especies de plantas y animales que habitan el planeta. (Landa et al., 2010).

El cambio climático existe de forma natural y por actividad del ser humano. El clima suele cambiar por el movimiento de traslación y rotación de la tierra en su órbita. Del mismo modo, la tierra mantiene el calor compatible que permite la vida, a través de una capa de gases que se encuentran en la atmósfera. Sin embargo, estos cambios naturales en el clima se han potencializado por la actividad del hombre ya que la industria por medio de la quema de combustibles fósiles, entre ellos el carbón y el petróleo, ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado desde mediados del siglo pasado, siendo que, sin la actividad humana, la tierra se encargaba de equilibrar las emisiones. Con este aumento de gases la temperatura de la tierra presenta niveles anormales y a un ritmo sin precedentes. A este efecto se le conoce como “efecto invernadero”. Dicho lo anterior, si no existiera este efecto invernadero, la temperatura del planeta sería mucho más baja (alrededor de -13°C), (Hermosa, 2017).

Entre los gases que se encuentran en la atmósfera se observan el dióxido de carbono, el ozono, el vapor de agua, clorofluorocarbonos y el metano, que en grandes cantidades pueden contribuir al aumento de la temperatura de la tierra, generando un sobrecalentamiento conocido como “calentamiento global”. (Hermosa, 2017). Los gases que provocan el efecto invernadero hacen posible la vida en la tierra, sin embargo, la raíz del problema sobre el cambio climático es que, con las actividades humanas, sobre todo industriales, esta problemática hace más fuerte el “efecto invernadero” y genera el calentamiento global. El efecto invernadero es el responsable de la temperatura actual de nuestro planeta. Estos gases de efecto invernadero (GEI) pueden retener parte del calor del sol que el planeta utiliza para mantener una temperatura soportable para que exista vida. Los gases atrapan la energía que calienta la parte baja de la atmósfera y mantiene un equilibrio entre

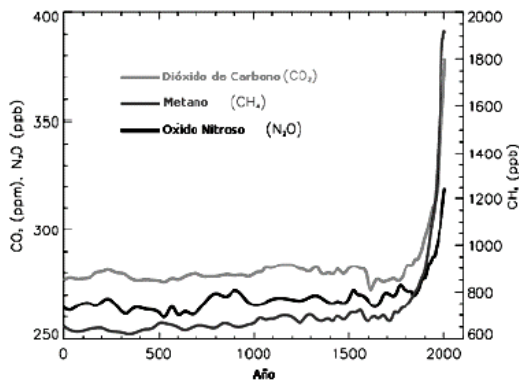
² De acuerdo con el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), una ola de calor es un periodo prolongado de tiempo excesivamente cálido, que puede ser también excesivamente húmedo. El término depende de la temperatura considerada "normal" en la zona, así que una misma temperatura que en un clima cálido se considera normal puede considerarse una ola de calor en una zona con un clima más templado.

la energía que llega del sol y la que la tierra deja salir al espacio, lo que ayuda a mantener una temperatura promedio de 15° C. (Landa et al., 2010).

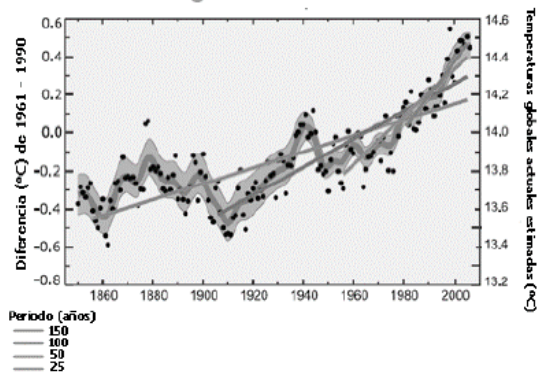
Por supuesto, si se generan más gases efecto invernadero (GEI) de lo que la propia atmósfera puede absorber, mayor será el grado de alteración en la temperatura de la tierra, volviéndose extremos los ciclos naturales del planeta. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) afirma que, el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera incrementará la temperatura sobre la superficie de la tierra (ver figura 3), dependiendo de la región es la afectación que tendrá, provocando cambios en diferentes procesos naturales, en el ciclo del agua, del oxígeno, del carbono, cambios en la distribución y tiempos de reproducción de algunas plantas y animales, elevación del nivel mar, cambios drásticos en la forma de llover y la cantidad de lluvia, entre otros.(Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2014).

Figura 3. Concentraciones de GEI

Concentraciones de los principales GEI en la atmósfera



Cambios en la temperatura del siglo XIX al comienzo del siglo XXI



Fuente: IPCC, 2007, http://cambio_climatico.ine.gob.mx/

Estos cambios en la atmósfera pueden tener impactos en la disponibilidad de agua, disminución del tamaño de los bosques y selvas, cambio en la distribución de plantas y animales, o bien, migración de especies a otras regiones geográficas, así como problemas en la producción de alimentos y materias primas, al afectarse los cultivos. Debido a lo anterior, se vuelve esencial realizar acciones para equilibrar los GEI en la atmósfera, también para disminuir los riesgos ante los posibles impactos del cambio climático en distintos lugares. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

Debido a los cambios que ha sufrido el comportamiento del clima, la Organización de las Naciones Unidas inició la concientización de frenar el cambio climático con ayuda de la cooperación internacional. Desde el año 1988, fue creado el Grupo

Intergubernamental sobre el Cambio Climático, (IPCC por sus siglas en inglés), por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En 1990 este grupo presentó un primer informe de evaluación en el que se reflejaban las investigaciones de 400 científicos. En él se afirmaba que el calentamiento atmosférico de la tierra era real y se pedía a la comunidad internacional que tomara cartas en el asunto para evitarlo. También esta organización ha examinado las investigaciones científicas y ofrecido a los gobiernos resúmenes y asesoramiento sobre los problemas climáticos. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) es la referencia clave del marco legal internacional ambiental en esta materia. Esta Convención se adoptó en 1992 en el marco de la Cumbre de la tierra de Río de Janeiro, en Brasil. El principal objetivo de esta Convención fue: (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014):

“Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sustentable” (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992).

Esta nueva etapa sobre la concientización del cambio climático fomentó acciones para reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a los aumentos de la temperatura que dañen la calidad de vida del planeta y de los habitantes, tomando en consideración que para lograr dicha estabilización deben controlarse las actividades industriales y todo tipo de actividades que emitan dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor pues estas actividades son las que más gases generan y las que más impacto tienen en la atmósfera. Así mismo, la Convención Marco sobre el Cambio Climático, establece una estructura general donde los esfuerzos intergubernamentales se vean encaminados a resolver el desafío del cambio climático, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

Algunos de los compromisos que se plantearon para los países involucrados fueron la acumulación y comunicación de la información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas nacionales y las prácticas climáticas óptimas tanto en la sociedad, la economía como en el ambiente. También, la puesta en marcha de estrategias para abordar el problema de las emisiones de gases de efecto

invernadero y adaptarse a los efectos previstos, incluido el apoyo financiero y tecnológico a los países en desarrollo pues el fin es prepararse y adaptarse a los efectos del cambio climático siendo los más sensibles al cambio climático ya que no es tan fácil para éstos la adaptación al cambio climático por la tecnología que es requerida y que brinda una gran ventaja. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

Para reforzar los compromisos de reducción de emisiones por parte de los países desarrollados, se adoptó en 1997 el Protocolo de Kioto, celebrado en la ciudad de Kioto, Japón. En este Protocolo, fue ratificado en el año 2005, donde se acordó que 38 países desarrollados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en un 5% por debajo de los volúmenes que emitían en 1990, durante el periodo 2008-2012, para los países en desarrollo no se acordaron compromisos sobre reducción de emisiones; sin embargo, comparten los compromisos aplicables a todas las partes de la Convención, entre los que figuran actividades de planeación, implementación de acciones y educación y difusión del conocimiento. Además, se establecieron mecanismos para facilitar el cumplimiento de los compromisos cuantitativos de las naciones desarrolladas. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015). El segundo período de compromiso empezó el 1 de enero de 2013 y terminará en 2020.

La principal herramienta que se utilizó en el Protocolo de Kioto es la implementación conjunta y mecanismo para un desarrollo limpio, siendo este último (MDL), el único instrumento que permite la realización de proyectos de reducción de emisiones entre países desarrollados y países en desarrollo. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

A partir de la firma de la Convención y para evaluar los avances, periódicamente se reúnen los países involucrados en sesiones que se conocen como Conferencias de las Partes sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas. También existe un movimiento organizado para considerar en el foro internacional temas como cambios climáticos, agotamiento de la capa de ozono, contaminación de mares, destrucción de los bosques tropicales, sus consecuencias para la diversidad biológicas, lluvias ácidas y cambios en la calidad del agua. Durante la vigésima primera conferencia en París en 2015, las Partes en la CMNUCC establecieron el objetivo de combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sustentable con bajas emisiones de carbono, denominado el Acuerdo de París. Este acuerdo, por primera vez, agrupa a todas las naciones bajo una causa común: realizar esfuerzos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos, con mayor apoyo para ayudar a los países en desarrollo a que lo hagan. De esta manera, define un nuevo camino en el esfuerzo climático a nivel mundial ya que refuerza la acción mundial a la amenaza del cambio

climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Hoy en día, el IPCC tiene una función claramente establecida. En vez de realizar sus propias investigaciones científicas, examina las investigaciones realizadas en todo el mundo, publica informes periódicos de evaluación y elabora informes especiales y documentos técnicos. Si esto continua, el cambio climático tendería a reducirse a mediano y largo plazo ya que se está realizando un gran esfuerzo por parte de los países desarrollados y en desarrollo, garantizando la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

De acuerdo con información obtenida del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), nuestro planeta ha presentado el siguiente comportamiento:

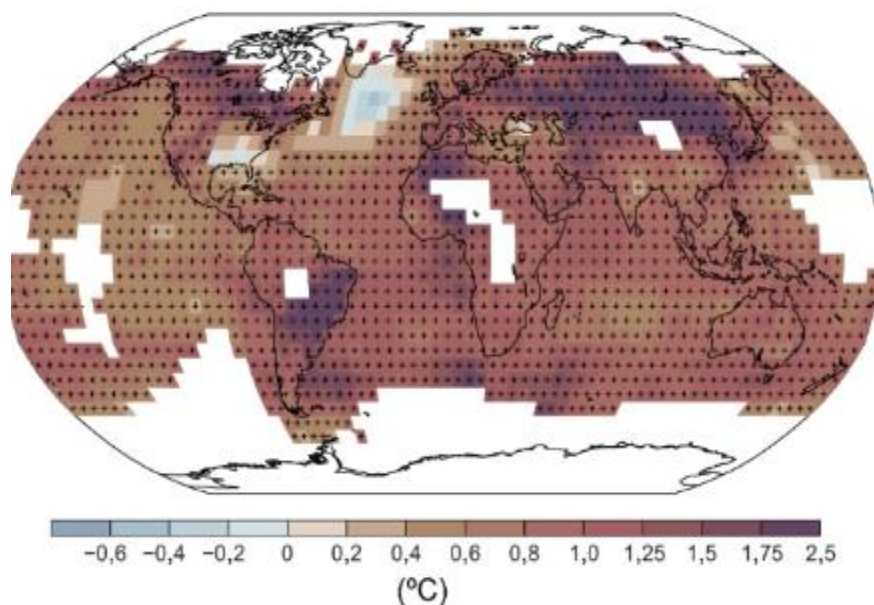
- Los datos de la temperatura media global de la superficie terrestre y oceánica muestran un calentamiento de 0.85 °C durante el periodo comprendido de 1880-2012. Además, el mayor calentamiento ha sucedido en los últimos 35 años, y cinco de los años más calurosos se han dado después de 2010.
- La capa superior del océano (los 75 m superiores) se ha calentado 0.11 °C por década en el periodo 1971 y 2010 aunado al aumento de la acidificación de los océanos por las actividades industriales (revoluciones industriales)
- Desde mediados del siglo XX, el nivel del mar ha presentado una elevación superior a la media de los dos milenios anteriores. Durante el periodo 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0.19 cm debido a que las capas de hielo en la Antártida y Groenlandia han disminuido en masa. Groenlandia en promedio perdió 281 mil millones de toneladas de hielo por año entre 1993 y 2016, mientras que en la Antártida se perdieron 119 mil millones de toneladas.
- Desde 1950 existen evidencias de cambios en algunos eventos extremos tales como, a escala global, descenso en la temperatura, presentando días y noches más frías; así como el incremento en la temperatura, presentando días y noches más cálidas.³

Como se muestra en la figura 4, los cambios observado en la temperatura de la superficie durante el periodo de 1901 al 2012, son incuestionables las huellas del cambio climático pues muestran que la temperatura ha aumentado, así como la

³ IPCC, 2018, https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-6-2.html

intensificación de las precipitaciones; el hielo y la nieve se están derritiendo y el nivel del mar está subiendo. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014):

Figura 4. Mapa del cambio observado en la temperatura en superficie entre 1901 y 2012.



Fuente: IPCC, 2013 https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

Por otro lado, en México se han presentado los siguientes eventos debido al cambio climático, (Gobierno de la República, 2014):

- El país se ha vuelto más cálido desde la década de 1960. La temperatura ha aumentado de manera diferenciada por región, siendo el norte del país la zona con mayor incremento.
- Las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron 0.85°C y las temperaturas invernales 1.3°C.
- Se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y ha aumentado el número de noches cálidas.
- La precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo
- El norte del país es la zona con mayor incremento, de 0.25 a 0.50°C por década, entre 1960 a 2010.

La División de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas, calcula que actualmente se han emitido 24 millones de toneladas métricas de CO_2 a la

atmósfera, de las cuales 24.3% es emitido por Estados Unidos, 15.3% por la Unión Europea, 14.5% por China, 5.9% por Rusia y en todo este escenario México emite alrededor 383 millones de toneladas métricas de CO_2 a la atmósfera, es decir, 1.6% (Carrillo & Hernández, 2011). Debido a que México tiene una contribución de gases efecto invernadero (GEI) es que se vuelve sumamente relevante su participación en el problema del cambio climático, desarrollando una gestión climática y la correspondiente adaptación al cambio climático.

México realiza diversas actividades para dar cumplimiento a sus compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, entre las que se encuentran la elaboración de documentos de planeación a nivel nacional y estatal, y la elaboración de las comunicaciones nacionales de México con sus respectivos inventarios de emisiones.

México es ejemplo para muchos países de la región latinoamericana, debido a las acciones que ha realizado consistentes en: (Landa et al., 2010)

- Medir cómo contribuye al incremento de GEI en la atmósfera (en los inventarios nacionales de emisiones).
- Desarrollar estudios e investigaciones sobre el cambio climático en México y comunicar sus resultados.
- Planear cómo enfrentará los impactos del cambio climático (plasmado en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y El Programa Especial de Cambio Climático publicado en el año 2009).
- Diseñar estrategias para disminuir las emisiones de GEI a la atmósfera (a través de proyectos de reducción de emisiones).
- Diseñar un mecanismo de reporte de emisiones de GEI que hoy hacen voluntariamente varias empresas.
- Generar propuestas innovadoras de financiamiento para la adaptación al cambio climático.

Con aras de continuar con la implementación de actividades que frenen el cambio climático, México creó el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), el cual es una iniciativa del Gobierno Federal, donde se utiliza como instrumento la política transversal que compromete a las dependencias del Gobierno Federal con objetivos y metas nacionales vinculantes en mitigación y adaptación para el periodo 2009-2012. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015). Con el PECC impulsa el desarrollo sustentable, la seguridad energética, los procesos productivos limpios, eficientes y competitivos, y la preservación de los recursos naturales. El Programa incluye un capítulo de visión de largo plazo en el que se plantean trayectorias deseables de mitigación para 2020, 2030 y 2050.

La integración del PECC consideró cuatro componentes fundamentales para el desarrollo de una política integral para enfrentar el cambio climático: visión de largo plazo, mitigación, adaptación y elementos de política transversal. México se compromete a realizar acciones como: (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

- Elaborar un primer inventario de costos de adaptación para los principales sectores económicos.
- Desarrollar una propuesta correctiva a los instrumentos de políticas públicas para evitar que propicien la vulnerabilidad.
- Elaborar un primer Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el cambio climático.
- Fortalecer el desarrollo del Sistema Nacional de Protección Civil alrededor de un eje de gestión integral de riesgos.
- Incorporar previsiones de ordenamiento territorial en el sistema nacional de planeación.
- Promover mecanismos de financiamiento para la adaptación.
- Continuar la evaluación de costos sectoriales y regionales de adaptación y mitigación.
- Reforzar el tema de cambio climático en la educación formal.
- Impulsar investigación y desarrollo tecnológico en materia del ciclo del carbono, factores nacionales de emisión, tecnologías bajas o neutras en materia de carbono, meteorología, modelación climática a lo largo del tiempo y gestión integral de riesgos.

En total, este Programa involucra 294 metas: 86 de mitigación, 142 de adaptación y 66 de otros ejes transversales de política. Además de lo anterior, México ha implementado medidas climatológicas tales como: (Landa et al., 2010)

- Arancel cero y depreciación acelerada para equipo de control y prevención de contaminación.
- Pago por servicios ambientales.
- PROCAMPO Ecológico (Subsidio temporal a la producción de cereales y leguminosas).
- Financiamiento concesional y subsidios a proyectos de plantación y manejo forestal en áreas forestales devastadas.

1.1.2. Escenarios del cambio climático

El cambio en el comportamiento del clima es medido diariamente y puede ser estimado a futuro. Para medir el clima, o para saber si ha cambiado, es necesario medir diariamente las condiciones de temperatura, lluvia, humedad y viento; además de observar las condiciones de nubosidad, la trayectoria de los huracanes, las masas de aire frío que entran por el norte del país, entre otras. Para ello, se requiere conocer durante varios años el estado del tiempo, destacando que los especialistas en el clima consideran que se requiere por lo menos 30 años de datos y observaciones históricas para hablar con seguridad del clima esperado y de la historia de las variaciones posibles en el estado del tiempo de una región (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015). Por su lado, el gobierno de México realiza estas mediciones a través de estaciones climatológicas de sus diferentes instituciones tales como el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Los escenarios de cambio climático son representaciones aceptables del clima futuro, basados en un conjunto de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2015).

Estos escenarios no son pronósticos climáticos, ya que cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro con variables independientes que se modifican con el paso del tiempo. Sin embargo, es posible representar el sistema climático y su variabilidad mediante modelos con diversos grados de complejidad. Las diferencias más importantes que distinguen a los modelos son (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014):

- La cantidad de dimensiones espaciales del modelo.
- Hasta qué punto se pueden representar explícitamente los procesos físicos.
- El nivel en el que se introducen las parametrizaciones empíricas.
- Los costos computacionales de la ejecución del modelo.

Para evaluar el desempeño regional se utilizan los Modelos de Circulación General (MCG)⁴, usando un período histórico específico, el cual brinda elementos para

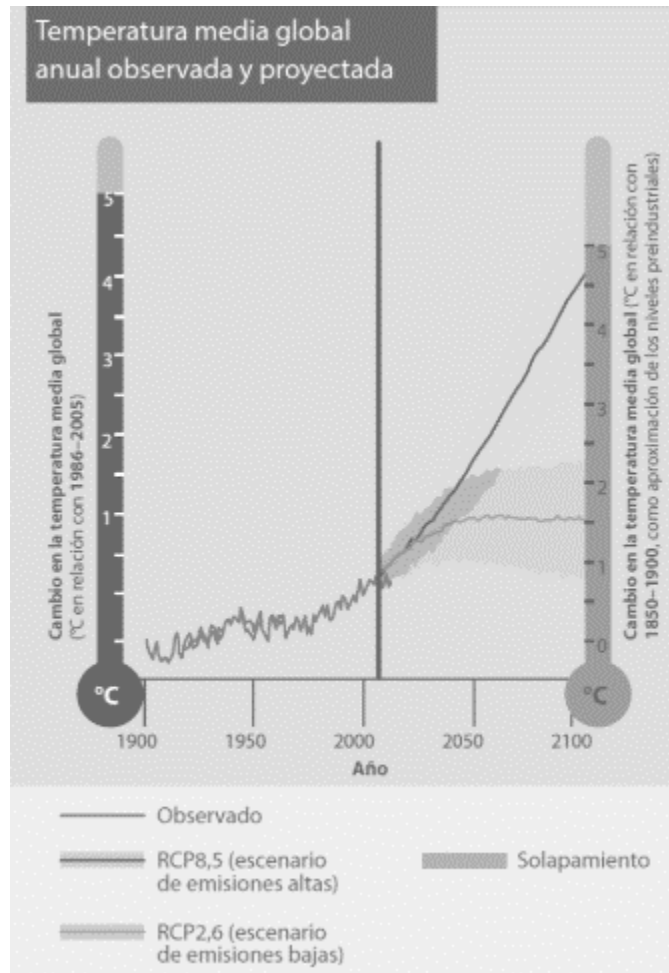
⁴ Es un modelo de tipo matemático sobre la circulación de una atmósfera u océano planetario, utilizando términos termodinámicos para las diversas fuentes de energía (radiación, calor latente). Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el clima y para fines operativos, en particular

observar la reproducción de procesos atmosféricos de importancia para México, manejando la sensibilidad climática y unos pocos parámetros que controlan la captación del calor por los océanos. La determinación de la sensibilidad climática se realiza a través de cuatro métodos independientes a partir de: a) simulaciones realizadas con MCG tridimensionales; b) observaciones directas, en las escalas temporales y espaciales de interés, de los procesos clave que determinan el amortiguamiento radiactivo hacia el espacio y, por consiguiente, la sensibilidad climática; c) reconstrucciones del forzamiento radiactivo y de la respuesta climática de los climas del pasado (paleoclimas); y d) comparaciones entre modelos climáticos oceánicos y los registros históricos de la temperatura mundial. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

Al evaluar los cambios climáticos futuros, el IPCC, en su Quinto Informe de Evaluación en el año 2014, presenta cuatro escenarios, conocidos como Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Los escenarios muestran el resultado de los diferentes niveles de emisiones de GEI, desde la actualidad hasta 2100. En todos los escenarios, las concentraciones de dióxido de carbono son más elevadas, como se muestra en la figura 5. El escenario de emisiones bajas, supone una reducción considerable y sostenida en las emisiones de GEI. El escenario de emisiones altas, supone la continuidad de las tasas de emisiones altas. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales, (IPCC, segundo informe, 2014).

Figura 5. Calentamiento Global Histórico y Proyectado a 2100



Fuente: IPCC informe 2014, <https://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/12/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>

A pesar de la implementación de las medidas de mitigación del cambio climático, de acuerdo con el informe del IPCC el año 2014: “Es posible que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando, así como el nivel medio global del mar continuará elevándose”, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014). Sin embargo, es responsabilidad de todos el desaceleramiento del cambio climático para obtener una mejor calidad de vida tanto actual como para las generaciones futuras.

1.2. Desarrollo sustentable

En la actualidad, existen problemas relativos por diferentes ámbitos que están dañando al planeta lo cual provoca la disminución de recursos y pone en peligro la calidad de vida tanto presente como futura. Es por esto por lo que cada vez más se involucra la sociedad para poder frenarlos ya sea implementando actividades para disminuir el impacto que generan o para ayudar a hacer conciencia en la población sobre la huella que dejan en el planeta. Estos problemas son ya conocidos, el cambio climático provocado por el calentamiento global, la disminución de recursos naturales en el planeta, la falta de cultura sustentable, el aumento en la pobreza y decadencia de la salud. Dicho lo anterior, las principales organizaciones han decidido hacer algo al respecto con el fin de preservar la calidad de vida actual y de las generaciones futuras. (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

A principios del siglo XX, cuando los efectos de la crisis ambiental global se hicieron más notorios, se inició un proceso de reflexión mundial mediante reuniones con expertos en desarrollo económico y ambiental sobre los problemas ocasionados por el tipo de desarrollo de algunos países o regiones, el cual afectaba de forma significativa a los recursos naturales. Se comenzó a pensar en nuevas formas de avanzar hacia una sociedad con progreso humano, que incluye el económico, y la preservación del planeta. (Landa et al., 2010). Por esta razón, en 1980, la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (UICN) planteó la necesidad de un nuevo tipo de desarrollo que enfrente los problemas ambientales hasta ahora creados y busque armonizar el desarrollo humano con la conservación de la naturaleza. (Landa et al., 2010).

En 1983, la Organización de las Naciones Unidas crea la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), la cual tiene por objetivo proponer acciones para que la creciente población del mundo pudiera resolver sus necesidades frente al deterioro del planeta. La creación de la comisión fue para ayudar a mantener el rumbo del desarrollo sustentable ya que si para llegar a tener desarrollo económico y social sustentable sería garantizando un ambiente digno. Esta Comisión elaboró el Informe conocido como: Nuestro Futuro Común (1987) o Informe Brundtland, en donde se plantea un nuevo paradigma llamado “Desarrollo Sustentable”, planteando la protección al ambiente, dónde se reconozcan las bases del desarrollo económico como el desarrollo sustentable ya que depende de la ética global que fomente cada país en sus procesos sociales y productivos. (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

El término desarrollo sustentable emitido por esta Comisión (CMMAD) en el Informe de Brundtland en 1987, define al desarrollo sustentable⁵ como: “un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras y satisfacer sus propias necesidades”. En el documento “Nuestro Futuro Común” señala que el estilo de vida de la sociedad ha generado crisis social y degradación de la naturaleza volviéndose irreversibles, sin embargo, dicha situación se puede controlar siempre y cuando la sociedad modifique su estilo de vida y sus hábitos de vida. El documento propone objetivos comunes para alcanzar un desarrollo sustentable global donde indica que con base en el ambiente se debe realizar un cambio social pacífico y gradual, de manera organizada y planificada con el fin de modificar la relación con la naturaleza y la sociedad que garanticen un bienestar y calidad de vida adecuados para ambas partes. (Landa et al., 2010).

En 1992, se realizó la Primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil; conocida como la Cumbre de la tierra, en donde casi 180 países estuvieron de acuerdo en aplicar las ideas sobre el desarrollo sustentable, ya que plasmaron su acuerdo en involucrarse en estos actos en la “Declaración de Río” y en la “Agenda XXI”. Entre los acuerdos que se firmaron en esta conferencia surgió la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, la que más adelante originó el Protocolo de Kioto. La celebración de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, generó un parteaguas en el reconocimiento y concientización para avanzar hacia un desarrollo sustentable. (Landa et al., 2010).

Considerando las acciones sobre la concientización del desarrollo sustentable a nivel global, en septiembre del 2000 en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos de América, se llevó a cabo la Cumbre del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas, donde se confirmó el compromiso de países ya involucrados y el interés de nuevos países por la adopción del pensamiento y acciones respecto al desarrollo sustentable; y además, se establecieron objetivos mundiales denominados “Las Metas del Milenio” o “Los Objetivos de Desarrollo del Milenio”,

⁵El término en inglés "sustainable development", tiene la traducción de "desarrollo sustentable" así como "desarrollo sostenible", esto se debe a que existe una confusión entre si existe o no diferencia entre los términos. Sin embargo, ambos términos guardan siempre la misma esencia y significado que se dio en el informe Brundtland (1987); además de acuerdo con los autores Rivera-Hernández J., et al, (2017) y (Rodríguez, M., 2013), afirman que la única diferencia que existe entre sostenible y sustentable es la traducción al español que se le hizo al término inglés.

que proporcionan un marco referencial para que todo el sistema de Naciones Unidas trabaje en conjunto hacia un fin común, la mejora del planeta. Para el año 2002 se emite la Declaración y el Plan de Acción de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sustentable realizada en Johannesburgo, África. En esta reunión mundial se reafirmó a la educación como fundamento de la sustentabilidad, previo compromiso plasmado desde 1992 en el capítulo 36 de la Agenda XXI emanada en la Cumbre de la tierra. (Landa et al., 2010).

En años recientes, en el año 2015, más de 150 líderes mundiales asistieron a la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sustentable en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos de América, con el fin de aprobar la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sustentable. Esta agenda cuenta con 17 objetivos de desarrollo sustentable que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de las ciudades. Dicha agenda fue adoptada de manera voluntaria por los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas a pesar de no ser de observancia obligatoria, indicando que existe una plena consciencia sobre la importancia del desarrollo sustentable. (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Objetivos de desarrollo sustentable

El programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) señaló en el año 2016, los objetivos sobre desarrollo sustentable mundial para que el mundo se encamine hacia un desarrollo más próspero y sustentable (ver figura 6). Para alcanzar estos objetivos mundiales es necesaria la participación en conjunto de diferentes sectores, los gobiernos, la sociedad civil, la ciudadanía y el sector privado para asegurar la calidad de vida de las generaciones futuras. (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Figura 6. Objetivos desarrollo sostenible o sustentable.



Fuente: programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2018:
<http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Lograr estas metas requiere de un trabajo económico, social y ambiental en conjunto fomentando la innovación, el aprendizaje, la colaboración, la tenacidad, la adaptabilidad, la responsabilidad y el compromiso, mismos que ayudan a contribuir a la mejora de la calidad de vida de los seres vivos del planeta (Simón & Rueda, 2015).

Respecto a problemas climáticos, el objetivo 13 hace mención a la salvaguarda del sistema climático como la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Actualmente, son 175 países los que han firmado el acuerdo en el cual se comprometen a trabajar para limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 grados centígrados. (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Estos objetivos nacen del acuerdo de París, dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cual establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del cambio climático (calentamiento global), el 12 de diciembre del 2015, firmado el 22 de abril del 2016. La aplicación del acuerdo se programa para tener efectos en el año 2020,

que es cuando finaliza el protocolo de Kioto⁶. Las metas del objetivo 13 consisten en (Organización de las Naciones Unidas, 2018):

- Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
- Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
- Concientizar respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
- Apoyar a países no desarrollados a poder alcanzar las metas en cuanto a la reducción de GEI, la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible.

Por otro lado, a partir de la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas y de la creación de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1983, en México se inició una política ambiental dentro de la estructura gubernamental, con el fin de cumplir con acuerdos internacionales propuestos para su implementación; de esta forma, se comienza una transición hacia una etapa de creación de nuevas dependencias y leyes para la realización de este proceso orientado a la sustentabilidad a nivel nacional y local. (Landa et al., 2010)

A continuación, se muestran las dependencias y leyes creadas por el gobierno de México para dar seguimiento a los acuerdos sobre desarrollo sustentable internacional, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015):

- En 1983 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la cual se concentraba de las actividades correspondientes al ambiente
- En 1988, después de dar a conocerse el “Informe Brundtland”, se promulgó la Ley Federal de Protección Ambiental (LFPA) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), para dar cumplimiento de manera obligatoria a las regulaciones respecto al desarrollo sustentable. La cual tiene reformas en el 2013 sobre actualizaciones sobre acuerdos internacionales.
- En 1992, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) se transforma en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) para propiciar

⁶ Acuerdo internacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero (el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), que causan el calentamiento global.

un marco institucional más articulado entre las políticas sociales y ambientales.

- En 1992, se creó el Instituto Nacional de Ecología (INE) ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).
- En 1994, se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) lo que fortaleció la gestión gubernamental considerando la conservación ecológica y el uso sustentable de los recursos. (En el 2000, la SEMARNAP pasó a ser la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT))
- Creación de la Ley General de Vida Silvestre (2000, Reformas en 2013)
- Creación de Ley de Aguas Nacionales (1992, Reformas en 2013)
- Creación de Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (2007, Reformas en 2013)
- Creación de Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003, Reformas en 2013)
- Creación de Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (2005)
- Creación de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2013, Reformas en 2013)
- Creación de Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001, Reformas en 2012)

México ha suscrito los principales convenios ambientales globales que se han creado en las últimas décadas los cuales buscan responder mejor a las complejas tareas que supone esta actividad. Sin embargo, los gobiernos de América Latina y el Caribe han prestado mayor atención a temas de tipo coyuntural, la conservación de ciertos recursos, la protección de los bosques tropicales y la defensa del patrimonio natural y cultural no constituyen preocupación exclusiva de un país en particular. El desarrollo y crecimiento poblacional han demostrado que no existe en el mundo la independencia ecológica ambiental.

Sustentabilidad

La palabra sustentabilidad⁷, como se ha mencionado, fue introducida en el año de 1987 para calificar el crecimiento y desarrollo económico, en específico, para países no desarrollados. La sustentabilidad es definida como: “la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo, protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas” (Bartolo, I., Rodríguez S., 2011).

Ahora bien, para esta investigación se entenderá por sustentabilidad a la capacidad de producir bienes y servicios a partir de recursos, ya sean naturales, energéticos o económicos, a un ritmo en el cual éstos no se agoten y, en el cual no se produzcan más contaminantes de aquellos que puede absorber el medio ambiente sin ser perjudicado.

El desarrollo sustentable puede ser entendido como proceso y la sustentabilidad como el estado hacia el cual se dirige el desarrollo sustentable; sus restricciones más importantes tienen relación con la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y el marco institucional (políticas gubernamentales). Además, para lograr un desarrollo sustentable es necesario el crecimiento económico, sobre todo en los países en desarrollo, enfatizando un crecimiento orientado en el cuidado de recursos, en particular la energía, la generación de desechos y actividades contaminantes. (Simón y Rueda, 2015).

Cuando se habla de lograr un desarrollo que permita satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas, se observan los valores solidarios debido a que se plantea el desarrollo actual y futuro tanto de la sociedad como del ambiente. Ambos planteamientos convergen en el desarrollo sustentable creando una relación en donde los dos salgan beneficiados. (Ramírez et al., 2004).

1.2.1.1. Elementos clave del desarrollo sustentable

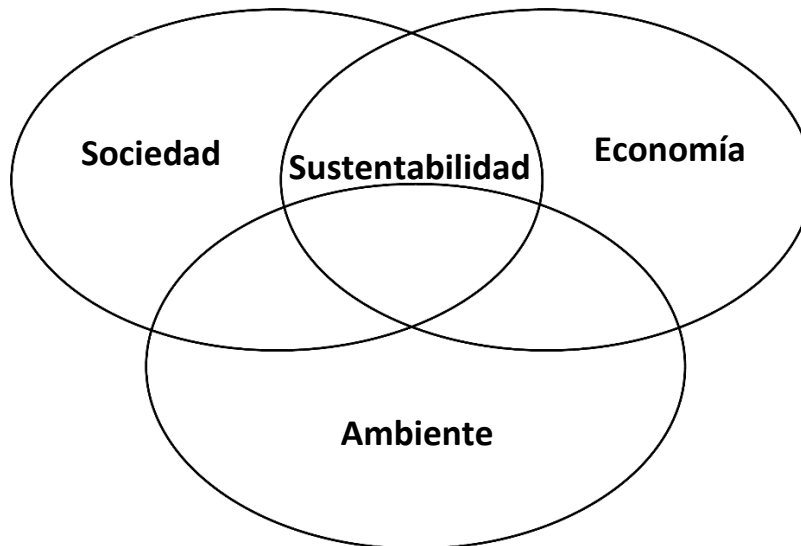
Existen tres vertientes del desarrollo sustentable: la sociedad, el ambiente y la economía, es un paradigma de un futuro en donde las consideraciones ambientales, sociocultural y económicas estén equilibradas en la búsqueda de una mejor calidad de vida, (Aguilar, 2017).

El desarrollo sustentable pretende encontrar el equilibrio entre las vertientes sociedad, ambiente y la economía debido a que intenta afrontar las necesidades de

⁷ En esta investigación se utilizará la palabra sostenible y sustentable indistintamente.

conservación del ambiente con los de la sociedad y las necesidades de crecimiento económico (ver figura 7), sin embargo, deben de avanzar todas al mismo tiempo para poder alcanzar el desarrollo sustentable.

Figura 7. Modelo de Sustentabilidad



Fuente: Elaboración propia con datos de Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (CMAD)

La aplicación del desarrollo sustentable se logra a través de la inclusión de ciertas variables ambientales, tales como el uso o aprovechamiento de los recursos naturales de forma racional y equilibrada, con el fin de que no se denigre ni degrade el planeta. Al mismo tiempo, también se busca la eficiencia y el crecimiento económico que se encuentra ligado con el bienestar de la sociedad. Por lo tanto, el desarrollo sustentable es una estrategia que tiene la sociedad para hacer uso consciente y responsable de los recursos naturales, sin agotarlos ni exceder su capacidad productiva y de renovación y, sin comprometer el acceso de éstos a las generaciones futuras. Por lo tanto, la base del desarrollo sustentable está constituido por la implementación de una estructura de incentivos, legislación, gestión, control y organización de actividades productivas siendo estas actividades apoyadas por actividades sociales y ambientales debido a que presentan un mayor impacto en el planeta. (Simón & Rueda, 2015).

El desarrollo sustentable es empleado en distintos campos, mejor dicho, en enfoques cuyas áreas se desea desarrollar. Los principales enfoques son:

- Enfoque ambiental: Este enfoque describe las condiciones necesarias para mantener la vida a lo largo de las generaciones futuras, enfatizándose en límites ambientales para la supervivencia del ambiente, por ejemplo: herramientas de evaluación ambientales, recursos y tecnologías verdes.
- Enfoque económico: Describe que para alcanzar un desarrollo económico y amigable con el ambiente es necesario implementar una serie de prácticas que disminuyan la presión sobre el ambiente, por ejemplo: aspectos económicos, la gestión y políticas.
- Enfoque social: implica la mitigación de impactos sociales negativos al ambiente causados por las actividades sociales, potencializando los impactos positivos al ambiente, beneficiando su calidad de vida como en servicios de educación, salud, etc.

El desarrollo sustentable intenta erradicar, por un lado, el abastecimiento de materias primas que provienen de la naturaleza, cuya demanda aumenta en proporción directa al crecimiento de la productividad; por otro, la generación de desechos. (Simón & Rueda, 2015).

1.2.2. Elemento económico del desarrollo económico

El desarrollo sustentable enfocado al sector económico persigue la implementación de una serie de prácticas o procesos económicamente rentables, regida por criterios de responsabilidad social y ambiental. Además, promueve el uso racional de los recursos económicos que permita, a partir del empleo mínimo de recursos (medios, materia, energía), la maximización de los beneficios. Su objetivo es lograr, mediante un modelo consciente de desarrollo económico, un cierto nivel de bienestar social que brinde a toda la población la posibilidad de acceder a un buen nivel de vida y tener las mismas oportunidades. (Simón & Rueda, 2015).

Por otro lado, el desarrollo económico tiene como característica principal mantener un sistema económico competitivo, desarrollando herramientas encaminadas a lograr sus objetivos económicos. Las definiciones de competitividad han ido incorporando, además de la capacidad de competir en los mercados nacionales e internacionales, la idea del desarrollo expresada en el mejoramiento del nivel de vida que se sostiene en el largo plazo mediante el incremento del empleo y de los ingresos de la población. También se introduce la idea al desarrollo sustentable, la cual se refiere a la necesidad de construir la competitividad sobre bases firmes que permitan un incremento sustentable de los estándares de vida (Simón & Rueda, 2015).

No obstante, una competitividad sustentable se podría lograr a través del esfuerzo en conjunto de diversos actores para; por ejemplo: la creación de infraestructura, mayor inversión en desarrollo tecnológico e innovación, protección contra competencia desleal, el establecimiento de una política industrial orientada a fortalecer la cadena productiva mediante el desarrollo de proveedores y apoyándolos para mejorar su tecnología, la vigilancia y control sobre las instituciones y empresas para que cumplan con las normas ambientales (Simón & Rueda, 2015).

Como se ha mencionado, el desarrollo sustentable pretende asegurar una reserva de recursos tanto sociales, económicos como ambientales. Sin embargo, el factor ambiental está directamente relacionado con elementos climáticos, por ende, un cambio en el clima plantea retos adicionales en la construcción de un nuevo desarrollo y los planes trazados con anterioridad, siendo un importante factor por analizar y mantener monitoreado el comportamiento del clima para poder tomar decisiones anticipadas y mantener el equilibrio con los demás factores.

1.3. Beneficios del desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable, no sólo es una herramienta multidisciplinaria, sino que, es un proceso en el que se implementa tanto en la sociedad, como en el ambiente cuyos resultados son posible apreciarlos a mediano y largo plazo. Por lo tanto, de ser implementado de forma consistente y duradera se podrían cosechar los beneficios planteados. Algunos de los beneficios que es posible apreciar con ayuda de la implementación de una cultura sustentable son los siguientes, (Gómez, 2010):

- Activar el crecimiento económico y social: esto sucede debido a que una cultura sustentable busca fomentar una consciencia enfocada a preservar los recursos tanto sociales, económicos como ambientales pues presenta orientación sobre políticas de crecimiento debido a que satisface las necesidades actuales sin descuidar las necesidades de las generaciones futuras.
- Conservación y mejora de recursos: la conservación de los recursos sociales, económicos y ambientales es a su vez un beneficio y una meta dentro del desarrollo sustentable ya que esta meta trae como consecuencia el beneficio de gozar de los recursos por un tiempo más largo respecto a la falta de su cuidado. Además, trae como aportación el cuidado futuro de recursos tanto sociales, económicos como ambientales.
- Tecnología y administración del riesgo: la tecnología es la herramienta principal para la implementación del desarrollo sustentable debido a que

brinda la posibilidad de efectuar los procesos adecuados para la preservación del ambiente. Así mismo, la administración de riesgos brinda la posibilidad de reconocer las vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales debido al agotamiento de recursos, ayudando a controlar y aminorar el impacto y escasez de recursos para poder preservar el futuro, mientras que en el presente representa un mayor control en las actividades y operaciones que se realizan en la sociedad.

El desarrollo sustentable genera una garantía futura sobre la existencia de un mejor futuro pues fomenta el sano desarrollo del planeta sin afectar, o afectando lo menos posible, al ambiente y a la existencia de los recursos. También, ayuda a fomentar actividades sobre la prevención y la disminución de acciones que provoquen el calentamiento global o el cambio climático.

1.4. Conclusión capitular

Mucho se ha hablado sobre la sustentabilidad y sobre el desarrollo sustentable, sobre todo porqué y para qué ser sustentable, sin embargo, se podría hablar sobre cómo las actividades del hombre afectan al ambiente, ya que cada vez más las actividades humanas generan impacto negativo en éste. Es por lo anterior, que se decidió tomar medidas al respecto, con el fin de preservar la calidad de vida de las generaciones futuras y actuales. El desarrollo sustentable es el pilar para asegurar una mejor calidad de vida pues implica la transformación de las actividades sociales, económicas y ambientales en beneficios de las tres; de esta forma, se estará trabajando para preservar un mejor futuro aunado a activar el crecimiento económico y social, la conservación y mejora de recursos y, propicia el desarrollo de tecnología y administración del riesgo para poder actuar preventivamente, preservando la calidad de vida actual y futura.

2. Capítulo 2: Riesgo climático

Como ya se ha mencionado en esta investigación, el exceso en las actividades humanas ha generado un impacto negativo en el comportamiento del clima, generando efectos contraproducentes en el planeta y en la sociedad, es decir, se ha convertido en una amenaza climática para el planeta entero y para los seres vivos que habitan en él. Es por esta razón que es necesario enfrentar y gestionar la frecuencia e impacto de esta situación pues es uno de los principales problemas que ponen en peligro la calidad de vida en el planeta, así como los efectos negativos que causan a los habitantes.

Justamente, para poder combatir el cambio climático o minimizar su impacto es necesario contemplar dos enfoques: primero es la implementación de medidas de mitigación orientadas a la reducción de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; y el segundo, la implementación de medidas de adaptación que permitan disminuir la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018). En este sentido, esta investigación se enfocará en el análisis de las vulnerabilidades que existen en las actividades económicas, que son consecuencia del cambio climático, y a su vez, se analizará la implementación de estrategias para la mitigación de este riesgo climático.

La importancia que tiene el cambio climático en México es que a lo largo de la historia hemos sufrido de desastres naturales. Entre 1980 y 2008, se han experimentado alrededor de 178 desastres naturales incluyendo huracanes, tormentas, inundaciones, sequías, heladas e incendios forestales, además de terremotos, erupciones volcánicas y deslaves, (Gómez, 2006). Más de la mitad de los eventos fueron huracanes siendo los que más daño han causado, volviendo notable la importancia de asumir y controlar el cambio climático. El riesgo climático que genera el cambio en el comportamiento del clima crece conforme aumenta la temperatura del planeta y es vital su debida gestión, mitigación y/o adaptabilidad.

2.1. El riesgo

De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española, riesgo significa “cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro”. Es decir, es la posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño. Muchos autores utilizan la definición de riesgo como una posibilidad de pérdida, o la probabilidad de que un evento afecte negativamente ya sea a una empresa, persona o un objeto.

Para esta investigación, se utilizará la definición de riesgo como la posibilidad de que se sufra un perjuicio de carácter económico, ocasionado por la incertidumbre en el comportamiento de variables económicas a futuro, no sólo se limita a ser determinado, sino que se extiende a la medición, evaluación, cuantificación, predicción y control de actividades y comportamiento de factores que afecten el entorno en el cual opera una empresa. (Avila, 2005).

El riesgo representa para las empresas incertidumbre importante debido a que simboliza un posible impacto negativo en sus actividades económicas. Es por esta razón que las empresas buscan cubrirse contra estos riesgos y para ello es necesario identificar los riesgos específicos a los que se está expuesto a nivel empresa y a nivel sector.

En el mercado financiero, se utilizan diferentes herramientas para medir el riesgo, las más utilizadas son: para el riesgo de crédito, el método de calificación de cartera; para el riesgo de liquidez, el coeficiente de cobertura de liquidez; para el riesgo de mercado se utilizan los métodos Value at Risk, simulaciones Montecarlo, simulaciones históricas; así como para el riesgo operacional se puede utilizar el método estándar, entre otros, con el fin de cuantificar el daño que podría ocasionar el riesgo inherente y predecir las acciones que podrá tomar la empresa en el futuro. (Avila, 2005).

Los riesgos a los que se enfrenta empresas son eventos cuyas consecuencias impactan económicamente en sus utilidades, y dado el nivel de impacto, las empresas actúan ante dicho riesgo lo más eficientemente posible. Para esta investigación el riesgo al que las empresas están expuestas es a alteraciones en el comportamiento del clima tales como lluvias, ondas de calor, huracanes, tornados, sequías, entre otros, los cuales vulneran dichas actividades operativas. Por esta razón, la presente investigación está enfocada en la medición del riesgo inherente (vulnerabilidad) y su posible administración y/o mitigación.

2.1.1. Comité Basilea

Fue creado en 1974 por los gobernadores de los bancos centrales de los países que formaban el G 10 en ese momento (Bélgica, Canadá; Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, Reino Unido, Alemania, Suecia, Suiza y España, Luxemburgo es miembro observador). Las reuniones plenarias del comité se llevan a cabo cuatro veces al año. Normalmente se congregan en el Banco de Pagos Internacionales en Basilea, Suiza. Allí se encuentra su secretaría permanente de 12 miembros, (Comité de Supervisión de Basilea, 2013).

2.1.1.1. Acuerdos Basilea

Los acuerdos de Basilea consisten en generar un marco regulatorio para el monitoreo y cuantificación de riesgos en el mercado financiero con el fin de convertir al sector bancario más resistente ante futuras incertidumbres tales como crisis financieras. Fue así que crearon diversos acuerdos enfocados a la construcción de bases sólidas o pilares esenciales para el fortalecimiento del sistema bancario y financiero.

Basilea I, acuerdo de capital: fue creado en 1988 donde se estableció un mínimo de recursos propios del 8% a las entidades financieras. Esto, en función a los riesgos asumidos al extender créditos.

Basilea II, establecido en el 2004, donde se establecen requerimientos de solvencia y la disciplina del mercado. Esto último quiere decir que las entidades financieras deben ser transparentes al informar sobre el nivel de riesgo de sus operaciones, además de la incorporación del riesgo operativo en la medición del capital mínimo

Basilea III, se estableció en 2010, donde se establece la medición del riesgo de liquidez y el control de riesgo sistémico. En ese sentido, se refiere a la preservación constante de reservas, tanto en recesión como en expansión económica, (Comité de Supervisión de Basilea, 2013).

A su vez, el Banco de Pagos Internacionales (*BIS*, por sus siglas en inglés) sugirió un marco regulatorio donde destacan los siguientes tres pilares, (Parada, 2015):

- Los requerimientos de capital, a fin de garantizar un mínimo nivel de solvencia. Es decir, garantizar que una institución financiera tiene la capacidad para pagar todas sus obligaciones sin importar su plazo.
- Los requerimientos de revelación de información, a fin de garantizar un marco de transparencia en el mercado financiero. Es decir, el regulador estableció que las instituciones financieras revelaran su información en forma clara y precisa, y de no ser así serían acreedoras a recibir alguna sanción por parte del regulador.
- Las atribuciones y responsabilidades de los organismos reguladores, a fin de asegurar la correcta aplicación de los métodos de determinación del capital, en especial cuando ésta se base en mediciones internas de las instituciones financieras.

2.1.1.2. Administración de riesgos en México

La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) emite en su Circular Única para Bancos de diciembre de 2005 normas en cuanto a la administración de riesgos en México, así como otros acuerdos de Basilea, y reciente incorporación del riesgo

de mercado en 1996, su revisión de 2001-2006 a través de Basilea II y la reciente incorporación de Basilea III en 2010. Por su parte Banco de México (Banxico) ha sugerido el cumplimiento de 31 puntos para poder operar coberturas cambiarias, futuros y opciones, (Parada, 2015).

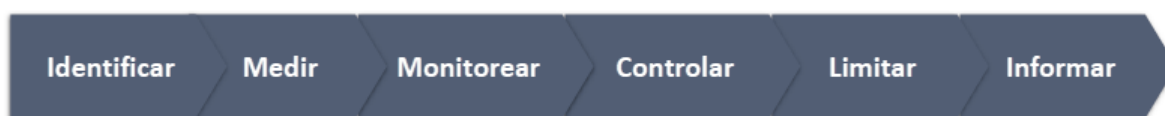
2.1.2. Administración de riesgos en las empresas

La administración de riesgos en un conjunto de objetivos, políticas, procedimientos y acciones que se implementan para identificar, medir, monitorear, limitar, controlar, informar y revelar los distintos tipos de riesgos a que se encuentran expuestas las instituciones. (Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos, 2019).

Así mismo, la administración de riesgo busca optimizar y preservar el capital de las instituciones, así como crear valor económico, permitiendo obtener equilibrio entre la rentabilidad y el riesgo asumido en las operaciones. Lo anterior lo realiza a través de: Una estrategia congruente con el apetito de riesgo, la reducción de la incertidumbre en relación a los ingresos esperados, y optimizar la asignación de recursos (gestión de portafolio/cartera de inversión). Las empresas que deciden llevar como estrategia la administración de sus riesgos obtiene una ventaja competitiva debido a que asumen los riesgos, lo que conlleva a una anticipación de los cambios adversos, creando una adaptación al cambio, y al mismo tiempo, protegen sus posiciones a cambios inesperados. En el caso de las empresas que no tienen implementada una estrategia de administración de riesgos, sufren de cambios inesperados, elevando sus costos, causando pérdidas significativas. (Avila, 2005).

Como se ha hecho mención, la administración del riesgo es un proceso primordial dentro de las organizaciones, por lo que a continuación se describen las etapas de administración de riesgo (ver figura 8):

Figura 8. Proceso Administración del Riesgo



Fuente: Nacional Financiera,
S.N.C.,2019,[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/482069/Administracion
de Riesgos Junio 2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/482069/Administracion_de_Riesgos_Junio_2019.pdf)

El marco metodológico para la administración de riesgos debe facilitar y apoyar la medición y monitoreo de los riesgos cuantificables, asegurando medidas de riesgo

sólidas para establecer el apetito de riesgo de la Institución y generar valor. Para asegurar que la administración de riesgos sea una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, se establecen modelos y metodologías que permiten medir, monitorear y controlar los distintos tipos de riesgo a que se encuentra expuesta la Institución. Estas medidas de riesgo contribuyen en el cumplimiento de las estrategias de negocio y dan soporte a la toma de decisiones de la operación en la Institución. (Nacional Financiera, 2019).

2.1.2.1. Tipos de Riesgos

De acuerdo a las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), los riesgos a los que se encuentran expuestas las instituciones se clasifican en riesgos cuantificables y no cuantificables, (Circular Única de Bancos, 2019):

Riesgos cuantificables: son aquellos para los cuales es posible conformar bases estadísticas que permitan medir sus pérdidas potenciales, y estos a su vez se clasifican en:

- **Riesgos discretos:** son aquellos resultantes de la toma de una posición de riesgo, tales como:
 - Riesgo de crédito: se define como la pérdida potencial por la falta de pago de un acreditado o contraparte en las operaciones que efectúan las Instituciones, incluyendo las garantías reales o personales que les otorguen, así como cualquier otro mecanismo de mitigación utilizado por las Instituciones.
 - Riesgo de liquidez: se define como la pérdida potencial por la imposibilidad o dificultad de renovar pasivos o de contratar otros en condiciones normales para la Institución, por la venta anticipada o forzosa de activos a descuentos inusuales para hacer frente a sus obligaciones, o bien, por el hecho de que una posición no pueda ser oportunamente enajenada, adquirida o cubierta mediante el establecimiento de una posición contraria equivalente.
 - Riesgo de mercado: que se define como la pérdida potencial por cambios en los factores de riesgo que inciden sobre la valuación o sobre los resultados esperados de las operaciones activas, pasivas o causantes de pasivo contingente, tales como tasas de interés, tipos de cambio e índices de precios, entre otros.

- **Riesgos no discrecionales:** son aquellos resultantes de la operación del negocio, pero que no son producto de la toma de una posición de riesgo, estos a su vez se clasifican en:
 - Riesgo operacional: se define como la pérdida potencial por fallas o deficiencias en los controles internos, por errores en el procesamiento y almacenamiento de las operaciones o en la transmisión de información, así como por resoluciones administrativas y judiciales adversas, fraudes o robos
 - Riesgo tecnológico: se define como la pérdida potencial por daños, interrupción, alteración o fallas derivadas del uso o dependencia en el hardware, software, sistemas, aplicaciones, redes y cualquier otro canal de distribución de información en la prestación de servicios bancarios con los clientes de la Institución.
 - Riesgo legal: se define como la pérdida potencial por el incumplimiento de las disposiciones legales y administrativas aplicables, la emisión de resoluciones administrativas y judiciales desfavorables y la aplicación de sanciones, en relación con las operaciones que las Instituciones llevan a cabo.

Riesgos no cuantificables: son aquellos derivados de eventos imprevistos para los cuales no se puede conformar una base estadística que permita medir las pérdidas potenciales, y estos a su vez se clasifican en:

- Riesgo reputacional: Definido como la pérdida potencial en el desarrollo de actividad de la Institución, provocado por el deterioro en la percepción que tienen las distintas partes interesadas (internas o externas) sobre su solvencia y viabilidad.
- Riesgo de negocio: Definido como la pérdida potencial que se atribuye a las características inherentes del negocio y los cambios en el ciclo económico o entorno en el que opera la institución.
- Riesgo estratégico: Definido como la pérdida potencial por fallas o deficiencias en la toma de decisiones, implementación de procedimientos y acciones para llevar a cabo el modelo de negocio y la estrategia de la institución, así como por el desconocimiento de los riesgos a los que se encuentra expuesta la institución.

Los tipos de riesgo a los que está expuesta la institución se muestran en la figura 9:

Figura 9. Tipos de Riesgos



Fuente: Nacional Financiera, S.N.C., 2019,
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/482069/Administracion de Riesgos Junio 2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/482069/Administracion_de_Riesgos_Junio_2019.pdf)

2.1.2.2. Métodos para medir el riesgo

Para lograr medir el riesgo y mitigarlo, se debe de tomar en cuenta un método que pueda proponer una adecuada y eficaz administración de riesgo que proteja y agregue valor al capital de la empresa (Avila, 2005).

Unas de las principales estrategias que toda empresa puede tener es la administración del riesgo, su medición e impacto en la empresa con el fin de prever las pérdidas potenciales a las que está expuesta debido al mercado, a las políticas del gobierno, a los proveedores, los clientes y el clima. Las empresas aplican metodologías y procedimientos para identificar, medir, vigilar, limitar, controlar, informar y revelar los distintos tipos de riesgo; esto puede realizarse a través de la implementación de estrategias de administración de riesgo, usando métodos específicos para su correcta medición de acuerdo con la situación de cada empresa. A continuación, se describen los principales métodos utilizados para medir el riesgo, (Circular Única de Bancos, 2019).

2.1.2.2.1. Riesgos discrecionales

Riesgo de Crédito:

De acuerdo con las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), para la administración del riesgo de crédito se requiere calcular la probabilidad de incumplimiento de la contraparte, estimar las pérdidas no esperadas de toda la cartera y calcular las pérdidas potenciales bajo distintos escenarios.

El riesgo de crédito puede ser medido a través de dos enfoques: el primero es el enfoque individual dónde se mide el riesgo del acreditado en función a sus características propias, estructura financiera, etc. Dentro de las metodologías para medir este tipo de riesgo se encuentran el modelo tradicional conocido como las cinco “C” del crédito ya que se basa fundamentalmente en criterios subjetivos y el juicio o la experiencia del analista de cartera ya que evalúa el carácter, el capital, colateralidad, el ciclo y capacidad de pago del cliente, (Nacional Financiera, 2019).

El segundo enfoque para medir el riesgo de crédito es a través del enfoque en conjunto, es decir que se analiza la probabilidad de incumplimiento en un portafolio incluyendo la correlación entre acreditados, utilizando factores relevantes macroeconómicos, de crédito y de mercado. Para medir este enfoque existen metodologías específicas para cada tipo de cartera existente, (Nacional Financiera, 2019).

Calificación de cartera

De acuerdo con al artículo 111 de las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), las instituciones se ven obligadas a calificar su cartera comercial con el fin de estimar las pérdidas esperadas en la misma con el fin de constituir reservas preventivas para cada uno de los créditos de cartera, es decir la pérdida esperada de la cartera de crédito.

La pérdida esperada de la cartera de crédito se obtiene utilizando la metodología de calificación de cartera establecida en el Capítulo V de la Circular Única de Bancos (CUB), esto es a través del cálculo de reservas preventivas cuyos componentes son: la probabilidad de incumplimiento, severidad de la pérdida y la exposición al incumplimiento por parte de la contraparte. Así mismo, para medir la pérdida esperada se utilizan modelos para calcular la probabilidad de incumplimiento tales como modelos con base en datos históricos, de puntuación y estadísticos. Un ejemplo de estos modelos es la utilización de matrices de transición, (Nacional Financiera, 2019).

Matriz de transición

La matriz de transición comenzó a utilizarse como herramienta para medir el riesgo de crédito en 1997 con la aparición de la aplicación de CreditMetrics de JPMorgan. Desde entonces se ha convertido en uno de los modelos más utilizados.

La matriz de transición es una herramienta para determinar la probabilidad de que un crédito con una calificación crediticia determinada cambie de calificación durante un periodo específico. Es decir, su principal función es estimar la probabilidad de deterioro que pudiera presentar la cartera en el futuro con base en la información de experiencia de pago de una cartera de crédito, construyendo de esta forma un indicador de experiencias de pago para cada crédito, (García & Sánchez, 2005) tesis Puebla

La pérdida no esperada representa el impacto que el capital de la Institución pudiera tener derivado de pérdidas inusuales en la cartera de crédito; el nivel de cobertura de esta pérdida por el capital y reservas de una institución es un indicador de solvencia ajustada por riesgo de la misma, (Nacional Financiera, 2019).

Riesgo de liquidez

Coeficiente de cobertura de liquidez (LCR)

El objetivo del LCR es promover la resistencia a corto plazo del perfil de riesgo de liquidez de los bancos. Con este fin, el LCR garantiza que los bancos tienen un fondo adecuado de activos líquidos de alta calidad (HQLA) y libres de cargas, que pueden convertirse fácil e inmediatamente en efectivo en los mercados privados, a fin de cubrir sus necesidades de liquidez en un escenario de problemas de liquidez de 30 días naturales. El LCR mejorará la capacidad del sector bancario para absorber perturbaciones procedentes de tensiones financieras o económicas de cualquier tipo, reduciendo con ello el riesgo de contagio desde el sector financiero hacia la economía real. (Banco de Pagos Internacionales, 2013)

También, de acuerdo con el Artículo 81 de la Circular Única de Bancos emitida por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), las instituciones pueden contar con un plan de financiamiento de contingencia, en los cuales regulan las acciones y mecanismos de coordinación requeridos para hacer frente a eventos adversos de liquidez. Dichos planes contemplan indicadores definidos con la finalidad de dar seguimiento y tratar de anticipar situaciones en las que el riesgo de liquidez se incremente, (Nacional Financiera, 2019).

Riesgo de mercado:

Value at Risk (VaR)

El método “*Value at Risk*” (VaR, por sus siglas en inglés) también conocido como “Valor en riesgo”, es definido como la pérdida máxima esperada en un intervalo de tiempo, y con un nivel de confianza dado. En otras palabras, el VaR, es un método para cuantificar el riesgo en el mercado financiero, en específico para fijar los niveles de exposición al riesgo de mercado. (Mascareñas, 2008)

Existen diferentes formas de calcular el VaR, esto depende de las variables con las que se cuenten y la veracidad y exactitud con la que se requiera. El VaR puede ser determinado valuando la cartera una sola vez o valuando la cartera en un rango de escenarios posibles; en la primera se encuentra el método de paramétrico, mientras que en el segundo se encuentran los métodos de simulación histórica y simulación Montecarlo (Menichini, 2004).

Método Paramétrico

El método varianza-covarianza supone que, a partir del comportamiento de la serie histórica de rendimientos, presenta como una distribución de probabilidad, en muchos casos se toma como distribución normal, donde las variables son la media, desviación estándar, esta última se toma como medida de volatilidad de la rentabilidad de los activos. En la medición del riesgo de mercado, la variable considerada como aleatoria es la tasa de rendimiento de un activo financiero. Para cada rendimiento se puede determinar una probabilidad de observar un rendimiento más bajo con ayuda del nivel de confianza seleccionado (Salinas, 2009).

Este método inicia con la definición de la matriz de varianzas y covarianzas, y con la ponderación actual de los instrumentos se procede a calcular el VAR para el portafolio especificado, considerando el nivel de significancia establecido. Además, este método implica una aproximación local de los movimientos de los precios; por lo que un beneficio esencial de éste es que requiere calcular el valor del portafolio sólo una vez, con los valores actuales de mercado. Por ello, permite manejar un gran número de activos y es fácil de implementar. Este método se utiliza en la medición del riesgo de mercado para posiciones lineales. Bajo el supuesto de que, si los cambios proporcionales en los factores de riesgo se comportan de manera normal, entonces los cambios en el valor del portafolio también se comportarán de manera normal, ya que hay una relación lineal (Salinas, 2009).

Método de simulación Montecarlo

El método de simulación Montecarlo consiste en crear escenarios de rendimientos o precios de un activo mediante la generación de números aleatorios. Lo anterior explica que los precios de las acciones siguen un comportamiento estocástico, es decir, que su comportamiento es determinado a través de variables ligadas al precio. El método de simulación Montecarlo permite generar una gran cantidad de números aleatorios (usualmente 5.000 o 10.000 escenarios) de tal manera que se pueda contar con una gran cantidad de precios simulados del activo para diferentes horizontes de tiempo. Con base en los precios simulados se procede a valorar el portafolio para cada escenario previsto. (Salinas, 2009).

Método de simulación histórica

Esta técnica consiste en considerar que cualquier escenario pasado podría ser un escenario futuro; por tanto, tomando la serie histórica de precios de un portafolio para construir una serie de tiempo de precios o rendimientos simulados, se obtendría un vector de pérdidas y ganancias simuladas sobre el portafolio actual (Salinas, 2009). Así, el método de simulación histórica permite determinar la pérdida máxima que podría tener la cartera.

Riesgo operacional:

De acuerdo con las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), se deberá identificar y documentar los procesos que describen la labor de cada unidad de las instituciones. Existen diferentes métodos para medir este tipo de riesgo entre los que destacan: El indicador básico, el estándar y avanzado. Cada empresa deberá analizar y decidir el enfoque más apropiado en función de sus circunstancias tales como su tamaño, su naturaleza, y la complejidad de sus actividades, (González, 2007).

Para el método indicador básico los requerimientos de recursos propios por riesgo operacional serán determinados por la medida del producto de los ingresos relevantes de la cuenta de pérdidas y ganancias de los últimos tres ejercicios financieros, cuando sean positivos, multiplicada por el coeficiente de ponderación del 15%. Por otro lado, para el método estándar, los requerimientos de recursos serán determinados por la media simple de los últimos tres años, para cada año, del valor máximo entre cero y la suma de los ingresos relevantes de cada una de las líneas de negocio multiplicadas por sus correspondientes coeficientes de ponderación, es decir, el peso ponderado del valor de cada línea de negocio, (González, 2007).

Por último, el método avanzado requiere cubrir requisitos cuantitativos y cualitativos entre los que destaca tener procesos de control interno, contar con unidades de gestión de riesgos independientes para el riesgo operacional para actuar inmediatamente ante dichos riesgos y contar con revisiones periódicas. Además de contar con cálculos de requerimientos de recursos para pérdidas esperadas y no esperadas tomando en cuenta acontecimientos potencialmente graves que causen incertidumbre, lo cual permitirá conocer la exposición, sin que para ello sea necesario haber sufrido eventos, (González, 2007).

Riesgo tecnológico:

De acuerdo las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), con Evaluar la vulnerabilidad en el hardware, software, sistemas, aplicaciones, seguridad, recuperación de información y redes, por errores de procesamiento u operativos, fallas en procedimientos, capacidades inadecuadas e insuficiencias de los controles instalados, entre otros. seguridad de la red, detección y bloqueo de virus, disponibilidad de servicios críticos y no críticos. Además, Diseñar planes de contingencia, a fin de asegurar la capacidad y continuidad de los sistemas implementados para la celebración de operaciones bancarias, a través de cualquier medio tecnológico. Dichos planes deberán comprender, además, las medidas necesarias que permitan minimizar y reparar los efectos generados por eventualidades que, en su caso, llegaren a afectar el continuo y permanente funcionamiento de los servicios, (Circular Única de Bancos, 2019)

Riesgo legal:

De acuerdo las Disposiciones de Carácter General Aplicables a Instituciones de Crédito, Circular Única de Bancos (CUB), establecer políticas y procedimientos para que, en forma previa a la celebración de actos jurídicos, se analice la validez jurídica y procure la adecuada instrumentación legal de éstos, incluyendo la formalización de las garantías en favor de la Institución, a fin de evitar vicios en la celebración de las operaciones. Así como, estimar el monto de pérdidas potenciales derivado de resoluciones judiciales o administrativas desfavorables, así como la posible aplicación de sanciones, en relación con las operaciones que se lleven a cabo. En dicha estimación, deberán incluirse los litigios en los que la Institución sea actora o demandada, así como los procedimientos administrativos en que ésta participe, (Circular Única de Bancos, 2019).

2.1.2.2.2. Riesgos no discrecionales

Riesgos no cuantificables

Para los riesgos no cuantificables tales como el riesgo de negocio, el estratégico y el de reputación la metodología se basa en implementación de planes para definir, documentar y dar seguimiento a las estrategias de la alta dirección, así como la identificación, clasificación y documentación de los tipos de riesgo y factores de riesgo a los que están expuestas las instituciones y que pudieran afectar la reputación de ésta, (Circular Única de Bancos, 2019).

2.2. Riesgo climático en las empresas

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, el riesgo climático representa el impacto negativo sobre el desarrollo socioeconómico debido a que las sequías, inundaciones, ciclones, la subida del nivel del mar o las temperaturas extremas representan una amenaza para el desarrollo de las actividades de la sociedad, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2010).

La variabilidad del sistema climático genera cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos extremos como inundaciones, tormentas o temperaturas extremas. La exposición a riesgos relacionados con el clima, sumada a las condiciones de vulnerabilidad y capacidad insuficiente para reducir o responder a sus consecuencias, causan graves desastres y pérdidas. Puesto que el clima afecta tanto a la sociedad, a la economía como a las empresas, es decir, no reconoce el daño que provoca en cada sector, se ha vuelto necesario reconocer el grado de impacto que tiene, (Monjas, 2010). Por lo tanto, para esta investigación se identificará, administrará y mitigará el riesgo climático que tienen las empresas mexicanas.

La gestión de los riesgos asociados al clima constituye, por lo tanto, un factor clave para el desarrollo de las actividades de la sociedad. La identificación y reducción de estos riesgos puede ayudar a proteger las actividades productivas de las empresas de todos los sectores, eliminando la vulnerabilidad tanto la obtención de recursos productivos como en los ingresos que obtienen las empresas, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2010). En el mercado financiero, las empresas se enfrentan a diversos riesgos, estos riesgos se generan en todos los sectores a los que pertenezca cada empresa, ya sean riesgo físico, químico, social, financiero, e incluso climático. Para poder hacer frente a dichas situaciones, las empresas pueden desarrollar estrategias enfocadas a cubrirse de los riesgos a las que están expuestas.

2.2.1. Vulnerabilidad ante el cambio climático

La vulnerabilidad es la capacidad de las personas para hacer frente y responder a los estímulos, particularmente en lo que respecta a los medios de vida, el acceso a los recursos y las relaciones de poder (Smit, Burton, & Klein, 2006). El concepto puede aplicarse a una persona, a un grupo social de acuerdo con la capacidad que se tenga para prevenir, resistir y sobreponerse al impacto al que se es vulnerable.

El concepto de vulnerabilidad ha sido adoptado en el campo del cambio climático ya que se menciona en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMNUCC, en el año 1992, donde los países se obligan a promover la adaptación para ayudar y proteger a las regiones y comunidades vulnerables. Además de que los principios de vulnerabilidad se basan en los modelos de resiliencia (capacidad de adaptación), (Smit, Burton, et al., 2006) debido a que la adaptabilidad es consecuencia de la vulnerabilidad.

Además, de acuerdo con el (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018), la vulnerabilidad se entiende como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad del clima y los fenómenos extremos; y para su análisis se considera que está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de grupos sociales o comunidades y, por lo tanto, del sistema político y económico de la sociedad.

El (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), define un modelo con tres componentes principales de vulnerabilidad los cuales son: exposición, sensibilidad y resiliencia (o capacidad de respuesta/adaptación). En otras palabras, la vulnerabilidad está en función de la sensibilidad y exposición de una comunidad a los efectos del cambio climático y su capacidad de adaptación para hacer frente a esa exposición. Así mismo, los componentes de la vulnerabilidad se describen a continuación:

- **Exposición:** se define como el tipo y grado a la que un sistema está expuesto, o que es afectado por variaciones climáticas significativas, que depende tanto de las características de las condiciones climáticas como de la naturaleza de la comunidad en cuestión. Además, las características de las condiciones relacionadas con el clima incluyen la magnitud, la frecuencia, la dispersión espacial, la duración, la velocidad de inicio, el tiempo y el espaciado temporal de las condiciones. Por esta razón, la exposición es claramente dinámica, cambia a medida que la comunidad cambia sus características en relación con las condiciones climáticas y, también cambia a medida que cambian los estímulos. (Smit, Burton, et al., 2006).

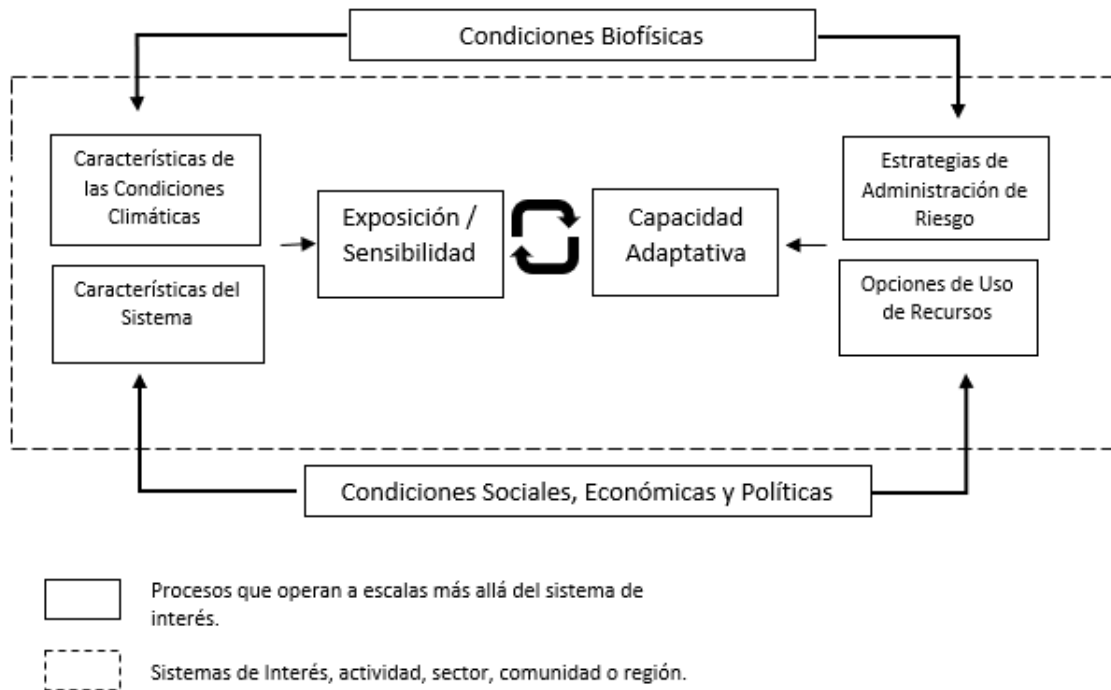
- **Sensibilidad:** se explica como el grado en que un sistema es afectado, positiva o negativamente por el cambio climático. La sensibilidad refleja la susceptibilidad de las personas y las comunidades a las condiciones que representan riesgos, incluidas las asociadas con el cambio climático. (Smit, Ford, et al., 2006).
- **Capacidad adaptativa:** se describe como la capacidad o potencial de un sistema o comunidad para abordar, planificar o adaptarse a la sensibilidad o exposición con el fin de ajustarse al cambio climático, incluidas la variabilidad climática y los fenómenos extremos, con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias. La capacidad adaptativa implica una alteración en algo (el sistema de interés, actividad, sector, comunidad o región) a algo (el estrés o estímulo relacionado con el clima). La descripción de una adaptación requiere una especificación de quién o qué se adapta, el estímulo para el cual se realiza la adaptación y el proceso y la forma que toma. (Smit, Burton, et al., 2006)

Como se describió anteriormente, la vulnerabilidad es la característica que todo sistema, persona o nación tiene por defecto, donde las capacidades para sobrellevar o responder a dicha fragilidad son esenciales para asegurar su subsistencia. En este caso, el cambio climático tiene un gran impacto en las actividades de la sociedad y de la economía, por lo que se vuelve necesario implementar medidas correctivas o medidas adaptativas con el fin de facilitar o mejorar la capacidad de una comunidad para enfrentar los riesgos relacionados con el clima, algunas medidas que pueden ayudar a minimizar la susceptibilidad al cambio climático son: la riqueza económica, la infraestructura, las instituciones sociales, la experiencia con riesgos anteriores, la variedad de tecnologías disponibles para la adaptación; entre otros. Por lo tanto, a medida en que la sociedad es vulnerable depende tanto de la exposición a los cambios en el clima como de la capacidad del sistema afectado para adaptarse (Smit, Ford, et al., 2006).

Como se muestra en el modelo de vulnerabilidad de (Smit, Ford, et al., 2006). (Figura 10), se requiere de la interrelación de diversos factores como sistemas de interés (sociedad, persona involucrada), comunidades, y estímulos, además de la participación social de las autoridades involucradas para el funcionamiento del modelo puesto que con dicha participación se logran implementar políticas o herramientas que toman en cuenta el grado en que los riesgos climáticos impactan y cómo pueden ser amortiguados o aminorados por acciones de adaptación necesarias para eliminar la vulnerabilidad al cambio climático. De modo que, a través del análisis de exposición y sensibilidad realizado a un sistema o comunidad

es como se desarrollan métodos o estrategias para administrar el riesgo climático con el fin de facilitar la capacidad adaptativa en cuestión.

Figura 10. Modelo Conceptual de Vulnerabilidad.



Fuente: elaboración con datos del modelo conceptual de vulnerabilidad de (Smit, Ford, et al., 2006)

Ahora bien, algunas de las condiciones más vulnerables al cambio climático se dan de acuerdo con el grado de fragilidad que se tenga, es decir, qué tan expuesto se encuentra a cambios climáticos y qué tan preparado se está para prevenir o adaptarse a dichos cambios. Así, a continuación, se describen los siguientes ejemplos sobre vulnerabilidades, (Smit, Ford, et al., 2006):

- **Infraestructura:** describe servicios como transporte, transmisión y distribución de electricidad, almacenamiento y distribución de agua, almacenamiento y disposición final de basura y desecho
- **Vivienda:** se refiere a la ubicación y seguridad de la vivienda o edificación, características de la construcción y equipamiento para adaptarse o resistir a eventos extremos.
- **Actividades productivas:** menciona las actividades productivas en una economía tanto local como internacional, como la agricultura, pesca, ganadería, industria, comercio o servicios.

Las características clave para la vulnerabilidad respecto al cambio climático son aquellas relacionadas con la variabilidad y los extremos⁸. Sin embargo, la mayoría de los sectores, regiones y comunidades son razonablemente adaptables a los cambios en las condiciones promedio, particularmente si son graduales. Es decir que, los factores que más hacen vulnerable son los factores externos, que suceden rápidamente como huracanes. (Smit, Ford, et al., 2006).

Depende de la sociedad, de la economía y sobre todo de las empresas y familias cambiar el grado de vulnerabilidad que se tiene, ya que la vulnerabilidad es considerada como un factor puramente social pues no depende de los eventos naturales, sino que es meramente consecuencia de cambios en los eventos climatológicos. Cambiar el grado de vulnerabilidad puede darse a través de actividades, tomas de decisión y la concientización logrará cambiar las amenazas o peligros, además del impacto que genere el cambio climático en la sociedad.

Dicho de otra manera, a mayor vulnerabilidad, mayor será el impacto que se tendrá por el cambio climático, por esta razón es importante establecer medidas para minimizar la vulnerabilidad ante el cambio climático aunado a que la forma de desarrollo y las condiciones sociales de cada país, tienen mucho que ver con la vulnerabilidad de sus habitantes, (Smit, Ford, et al., 2006). Es por esta razón, que de acuerdo con el modelo conceptual de vulnerabilidad de (Smit, Ford, et al., 2006), se plantea identificar la exposición que hace vulnerable al sistema o comunidad con el fin de implementar una estrategia para facilitar la adaptación al cambio climático, mediante la administración del riesgo climático.

El Gobierno Federal difundió en el año 2012 una guía a través de las instituciones gubernamentales, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático (INECC), la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de un organismo internacional el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), llamada "Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático" en la cual proponen la medición del impacto que tiene el cambio climático, es decir, orientan a reconocer la importancia sobre qué tan vulnerable se es ante los potenciales impactos del cambio climático.

La vulnerabilidad se puede medir mediante el uso de indicadores relacionados con factores físicos, sociales y económicos. Los indicadores se utilizan para ordenar y sistematizar información para la planificación, evaluación y toma de decisiones, y

⁸ De acuerdo con el Centro Internacional para la Investigación el Fenómeno de El Niño (CIIFEN), la Variabilidad Climática y extremos es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, varían de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas, como las variaciones del número de aguaceros de un verano a otro.

permiten constituir sistemas de información que dan cuenta de las características cuantitativas de un ámbito institucional, económico, geográfico, cultural, educativo, etcétera. Se construyen a partir de datos de censos regionales, nacionales o supranacionales. (Guía Metodológica para la evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático, 2012); dichos indicadores, una vez convertidos en índices sirven para cuantificar la vulnerabilidad. Sin embargo, es complicado construir escenarios de vulnerabilidad bajo cambio climático debido a la variabilidad que presentan y los factores que caracterizan la incertidumbre del comportamiento del clima.

El análisis de la vulnerabilidad está en función de las actividades que se realizan o se dejan de realizar y, estas decisiones conllevan a reducir o aumentar los impactos del cambio climático, además proporciona información para diseñar e implementar medidas de adaptación específicas para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

La capacidad de adaptación se ha convertido en el mecanismo para reducir la vulnerabilidad en México, ya que mientras los países que emiten grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera no modifiquen sus mecanismos de regulación y con ello sus procesos productivos, los países en vías de desarrollo se vuelven más vulnerables ante el cambio climático. (Carrillo & Hernández, 2011). Sobre todo, la capacidad de adaptación también es dinámica, variando a lo largo del espacio y el tiempo con las características del sistema humano.

2.2.2. Adaptabilidad al cambio climático en una empresa mexicana

La adaptación se refiere al proceso de ajuste de los sistemas naturales y humanos como respuesta a los estímulos climáticos o a sus efectos, mitigando daños o aprovechando circunstancias eventualmente beneficiosas. De acuerdo con el (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), la adaptación es el proceso de ajuste a los impactos actuales o esperados del cambio climático, por lo que la adaptación ocurre tanto a nivel individual y familiar como a nivel comunitario, nacional e internacional. También se reconocen como adaptación las políticas, prácticas y proyectos orientados a hacer frente al cambio climático a fin de prevenir daños potenciales (Yepes-Mayorga, 2012). La finalidad de la adaptación es reducir la vulnerabilidad a los riesgos del cambio climático y también reducir la variabilidad climática actual y los extremos.

Del mismo modo, la adaptación es el término que refiere cambios, en procesos, prácticas o estructuras con el fin de moderar o compensar daños potenciales

asociados al clima, es decir que, es el ajuste en sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a los efectos de cambios climáticos reales o esperados. La capacidad adaptativa se describe en dos vertientes: la primera trata sobre la evaluación de los impactos y las vulnerabilidades y, la otra sobre el desarrollo y evaluación de las opciones de respuesta (mitigación o administración del riesgo climático). (Yepes-Mayorga, 2012).

Por otro lado, en los sistemas naturales no gestionados, la adaptación es autónoma y reactiva; es decir que, es el proceso por el cual las especies y los ecosistemas responden a condiciones cambiantes, se realiza de manera automática y no necesitan implementar procesos adicionales a su ritmo de vida. Sin embargo, en los sistemas humanos como las comunidades socioeconómicas, la adaptación es realizada por tomadores de decisiones privados y por gobiernos. La adaptación depende en gran medida de la capacidad de adaptación de un sistema, región o comunidad afectada para hacer frente a los impactos y riesgos del cambio climático y ésta a su vez está determinada por sus características socioeconómicas. (Smit, Burton, Klein, & Street, 2007). La mejora de la capacidad de adaptación representa un medio práctico para hacer frente a los cambios e incertidumbres en el clima, incluida la variabilidad y los extremos. De esta manera, la mejora de la capacidad de adaptación reduce las vulnerabilidades y promueve el desarrollo sustentable.

De acuerdo con (Smit, Burton, Klein, & Street, 2007), los beneficios principales que brinda la adaptación son:

- Mejorar la conciencia y la preparación de la sociedad, tal como, brindando información a la comunidad sobre los riesgos y las posibles consecuencias del cambio climático, así como, estableciendo sistemas de alerta temprana.
- Mejora de la adaptabilidad de los sistemas naturales vulnerables, como muestra de esto, reduciendo otras tensiones (no climáticas) y eliminando barreras a la migración.
- Aumento de la robustez de los diseños de infraestructura e inversiones a largo plazo, por ejemplo, al ampliar el rango de temperatura o precipitación que un sistema puede soportar sin fallas y cambiar la tolerancia de pérdida o falla (por ejemplo, al aumentar las reservas económicas o los seguros).
- Aumentar la flexibilidad de los sistemas gestionados vulnerables, por ejemplo, al permitir ajustes a medio plazo (incluido el cambio de actividades o ubicación) y reducir las vidas económicas (incluido el aumento de la depreciación).

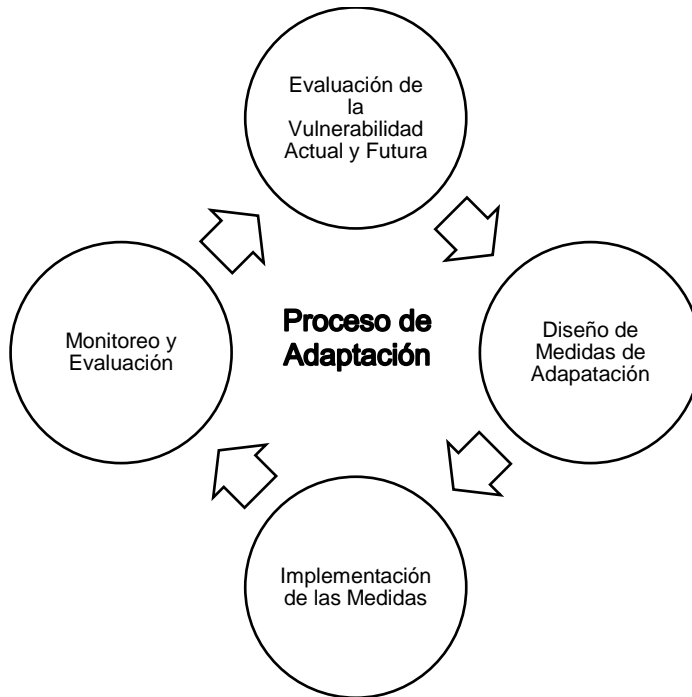
Se ha desarrollado una amplia gama de estrategias para hacer frente a los riesgos climáticos. Estas estrategias tienen aplicaciones potenciales a las vulnerabilidades

del cambio climático, efectivamente, ese es el inicio sobre un proceso de adaptabilidad al cambio climático.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), sugiere implementar un proceso para la adaptación contra el cambio climático tomando como base cuatro principales pasos. Dicho proceso de adaptación al cambio climático se efectúa como se muestra en la Figura 11. El primer paso consiste en evaluar la vulnerabilidad tanto presente como futura, esto se logra a través de la identificación de problemáticas, definición de la unidad territorial del análisis, y el análisis de las características socio ambientales del sistema. El segundo paso es el diseño de medidas de adaptación que contempla el análisis de pertinencia de las medidas, el diseño de indicadores para el monitoreo y evaluación para tener todo bajo control. Así mismo, el tercero es la puesta en marcha de las medidas que ayudarán a alcanzar la adaptación al cambio climático. Finalmente, el cuarto paso consiste en efectuar un monitoreo y evaluación, que observa sistematización de lecciones aprendidas y buenas prácticas, además de la evaluación de costos y beneficios de la adaptación.

El proceso de adaptación tiene el potencial de reducir sustancialmente muchos impactos adversos que produce el cambio climático, además de mejorar los impactos benéficos. Cabe destacar que las actividades encaminadas a facilitar la adaptación hacia el cambio climático son similares a las del desarrollo sustentable, de hecho, la inclusión de riesgos climáticos en el diseño e implementación de iniciativas de desarrollo es necesaria para reducir la vulnerabilidad y mejorar el desarrollo sustentable. Por lo anterior, se vuelve primordial establecer procedimientos enfocados a facilitar la adaptabilidad hacia el cambio climático, es por esto por lo que la investigación se enfoca en los cuatro pasos del proceso de adaptación. (Smit, Burton, Klein, & Street, 2007).

Figura 11. Proceso de Adaptación al Cambio Climático.



Fuente: Elaboración con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Como se ha dicho, la adaptación al cambio climático es un proceso de aprendizaje que requiere su aplicación en múltiples áreas interrelacionadas y aplicadas transversalmente, tomando en cuenta el conocimiento nacional o local y el papel de la sociedad. Sin embargo, la adaptación al cambio climático tiene dos limitantes, (Smit, Burton, Klein, & Street, 2007):

- La incertidumbre que existe respecto al impacto del cambio climático en la sociedad, tanto su magnitud como su naturaleza, ya que de no poder identificar con exactitud dicho impacto se torna difícil la tarea de delimitar las acciones a implementar, incluidos sus costos, implementabilidad, consecuencias y efectividad.
- El dinamismo de la vulnerabilidad a los impactos pues cada sector tiene diferentes grados de vulnerabilidad y cada uno debe ser atendido respecto al grado correspondiente, siendo lento el proceso de adaptación.

Por lo tanto, con el fin de lograr adaptarse al cambio climático, es necesario realizar una serie de acciones que logren construir un camino seguro pues éste es largo. La

Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece como prioridades para implementar la adaptación al cambio climático la reducción de la vulnerabilidad de la sociedad y de los ecosistemas, así como fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) estableció en el 2005 el plan de trabajo Nairobi, que tiene como objetivo ayudar a los países que son parte de la Convención, en particular a los países en desarrollo, incluidos los países menos desarrollados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, a mejorar su comprensión y evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático; así como a tomar decisiones informadas sobre actividades y prácticas de adaptación para hacer frente al cambio climático con una sólida base científica, técnica y socioeconómica, teniendo en cuenta la variabilidad del clima y el cambio climático presentes y futuros (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

El programa de trabajo de Nairobi presenta diferentes propuestas encaminadas a la orientación sobre áreas de trabajo respecto a la adaptación del cambio climático, tomándolas como posibles herramientas para lograr este objetivo. Entre dichas propuestas destacan, (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018):

- Métodos e instrumentos: a fin de promover el desarrollo de métodos y herramientas para la evaluación y diagnóstico de los impactos del cambio climático, la vulnerabilidad y las medidas y acciones de adaptación elegidas.
- Datos y observaciones: apoyo con el manejo de datos y observaciones meteorológicas que permiten evaluar los impactos, la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.
- Modelización del clima y escenarios: promueve el desarrollo de escenarios y modelos del clima respecto al cambio climático, con el fin de ayudar en la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad y la selección de estrategias de adaptación.
- Riesgos climáticos y fenómenos extremos: uso de información climática para evaluación, planeación e implementación de acciones que permitan la adaptación del cambio climático.
- Información socioeconómica para medir el impacto en el cambio climático y utilizar esta información para establecer acciones de adaptación del cambio climático.
- Planificación y prácticas de la adaptación para reducir la vulnerabilidad y adaptarse a los impactos del cambio climático de la mejor forma.

- Investigación para fomentar el desarrollo y difusión de tecnología, conocimiento y lecciones aprendidas en materia de adaptación.
- Tecnologías para la adaptación: la transferencia de tecnologías y conocimiento promueve medidas para adaptarse al cambio climático eficientemente. La falta de tecnología tiene el potencial de impedir seriamente la capacidad de una nación para implementar opciones de adaptación al limitar el rango de posibles respuestas.
- Instituciones: se considera que los países con instituciones sociales bien desarrolladas tienen mayor capacidad de adaptación que aquellos con institucionales menos efectivas, en general, los países en desarrollo y los que están en transición (Smit, Burton, Klein, & Street, 2007). Los papeles y responsabilidades para la implementación de estrategias de adaptación están delineados por los gobiernos centrales, a nivel nacional, regional y local.

Por otra parte, la capacidad de adaptación de un sistema económico se incrementa cuando la economía es estable y próspera. También, se debe tener en cuenta la concientización de la sociedad para adaptarse, el conocimiento de las opciones disponibles, la capacidad de evaluarlas y la capacidad de implementar las medidas más adecuadas. Las regiones y los sectores con elevada exposición a los impactos del cambio climático, que sean más sensibles y/o que tengan menor capacidad adaptativa, serán aquellos para los que los costos netos serán mayores. Es importante destacar que ante un escenario en el que disminuya la emisión de gases de efecto invernadero, se ha evidenciado que sí se podrían evitar algunos impactos adversos del cambio climático (Yepes-Mayorga, 2012). Es por lo anterior que las economías en desarrollo son las menos capaces para adaptarse al cambio climático debido a la falta de preparación en aspectos tanto económico como sociocultural.

El camino más eficiente para la adaptación es a través de la construcción de escenarios futuros, donde se establezcan los posibles escenarios críticos con el fin de conocer momentos cruciales de acuerdo con el riesgo al que se está expuesto, y al sector que pertenezca la empresa. Así, se podrá prever el comportamiento que se deberá tener en caso de que ocurra cualquier escenario. El siguiente paso es la elaboración de planes y estrategias de adaptación, los cuales deben basarse en los escenarios analizados con el fin de hacer eficiente el análisis. Estos planes deben contar con procedimientos de prevención, de seguimiento y de contingencia. Por último, se deben gestionar los sistemas de información con el fin de generar transparencia y concientización de los procesos y planes implementados. (Yepes-Mayorga, 2012).

2.2.3. Diferencia entre adaptación y mitigación

Las acciones encaminadas a hacer frente al cambio climático se dividen en adaptación y mitigación, (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014):

Mitigación: acciones enfocadas en disminuir las causas del cambio climático; es decir reducir las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero o aumentar los sumideros de carbono.

Adaptación: acciones enfocadas en disminuir los impactos del cambio climático: es decir la vulnerabilidad de las personas ante variabilidad climática actual y cambios futuros en el clima. La vulnerabilidad depende de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Por lo tanto, la mitigación hace referencia a acciones como políticas, tecnologías, herramientas y medidas enfocadas en disminuir los GEI. Mientras que la adaptación es la capacidad que tiene un sistema para moderar los daños causados por el cambio climático. (Barry Smit, Burton, et al., 2006).

2.3. Impacto del riesgo climático en las empresas

El cambio en el comportamiento del clima afecta a las actividades de las empresas, desde las productivas hasta las administrativas debido a que se realizan directamente en el ambiente, por ejemplo: las actividades primarias; actividades secundarias dependen de las primeras, y del mismo modo las terciarias, quedando expuestas a fenómenos naturales tales como lluvia, huracanes, nevadas, ondas de calor, sequias, etc.

Las empresas adaptan sus actividades desde sus procesos productivos hasta los administrativos dependiendo del clima de la región en la que se encuentran. Debido a que sus procesos se realizan en ese lugar, quedan expuestos directamente a las condiciones meteorológicas, es decir, pueden verse afectados los procesos productivos si hay más lluvia o viento de lo planeado, generando costos y gastos adicionales a la empresa. (Yepes-Mayorga, 2012).

El clima puede reducir los ingresos futuros de las empresas y, al mismo tiempo, incrementar los gastos. Por ejemplo, una empresa de construcción desea cubrirse de las lluvias debido a que su producción se ve afectada por la temporada de lluvias, impidiéndole cumplir a tiempo con su producción, de igual forma, una empresa de transportes aéreos desea cubrirse de las lluvias debido a que le ocasionan fuertes gastos extras.

Por otro lado, el tener como estrategia la cobertura contra desastres naturales, incluso contra eventos no catastróficos como una nevada, lluvia u onda de calor le proporciona a la empresa una disminución en sus costos imprevistos, una mejor presencia en el mercado debido a que estarán demostrando importancia por el cuidado de los activos de los propietarios, de sus recursos y del control que tienen en la empresa, es decir, presentarán una disminución en la volatilidad de sus utilidades. Así mismo, la empresa obtendrá un mejor prestigio corporativo, que, como consecuencia, tendrá mejores calificaciones crediticias debido a que de acuerdo con la agencia calificadora Standard & Poor's (S & P), los países y empresas que no cuentan con protección de seguro podrían enfrentar una disminución de dos a tres puntos en las calificaciones crediticias después de un desastre. (Price Waterhouse and Cooper, 2009).

Por otro lado, las medidas encaminadas a la identificación de vulnerabilidades y adaptación y/o resiliencia por parte de las empresas del subsector líneas aéreas forma parte de un proceso para aminorar el impacto que tiene el cambio en el comportamiento del clima a sus operaciones, es decir, a sus costos y gastos.

2.3.1. Experiencia en las empresas mexicanas en cuanto a su percepción del riesgo climático

El despacho Price Waterhouse Cooper (PWC) realizó un estudio sistemático en el 2009 denominado “Cambio climático: oportunidades y Riesgos, la visión de las empresas mexicanas”. Dicho estudio tiene como objetivo evaluar la sensibilidad, percepción y acciones de las empresas mexicanas ante el cambio climático a través del análisis de cuatro áreas las cuales son: Estrategia, Riesgo y Oportunidades, Medición y reporte, y Regulación. El estudio estuvo diseñado y dirigido a la alta dirección de las empresas, para tener una muestra concisa sobre la integración de los temas asociados al cambio climático dentro de la estrategia de negocios (Price Waterhouse Cooper, 2009).

Primeramente, para el caso particular de México, el gobierno ha implementado el Programa Especial de Cambio Climático 2008–2012 (PECC) dentro de su Plan Nacional de Desarrollo 2007 -2012 (PND), con la finalidad de integrar los temas asociados al cambio climático dentro de su agenda de gobierno (Price Waterhouse and Cooper, 2009). Así, el gobierno da información y herramientas a las empresas para hacer frente a los problemas con el cambio climático.

Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los directivos de las empresas ven el cambio climático como un problema meramente ambiental, sin

tomar en cuenta que también es un problema social y empresarial. Las empresas del sector petrolero y cementero son las principales empresas que afirman comprender más el tema, la huella de carbono que emiten y tener una estrategia clara para enfrentar este problema; las empresas de los sectores acero, detallista, farmacéutico, productos de consumo, financiero y de servicios afirman tener un entendimiento menor del tema y mucho menos estar preparados para afrontar dicho problema.

Respecto a los factores que influyen para tomar en consideración el cambio climático en las empresas, la mayoría de los encuestados optan por el de “Preferencias o interés de clientes y/o consumidores” es una razón mucho mayor que por “Reputación de la organización”, “Regulación” o “Convicciones personales de los directivos”. Estos resultados contradicen las respuestas anteriores sobre el entendimiento del tema ya que no lo contemplan como un riesgo diferente al de las ventas.

La mayoría de las empresas afirman haber implementado acciones tales como cambiar las políticas organizacionales para hacer frente al cambio climático, sin embargo, una minoría ha implementado cambios de estrategias para hacerle frente al cambio climático, dejando una gran oportunidad para seguir implementando nuevas estrategias. Por el contrario, la mayoría de las empresas acepta que se ve afectada por el cambio climático, y muestra una preocupación elevada por el constante aumento en sus costos y gastos, siendo ineficiente su forma de mitigar su riesgo.

Finalmente, la mayoría de las empresas consideran como áreas de oportunidad invertir en estrategias para enfrentar el cambio climático a las áreas de eficiencia energética y tecnologías limpias. Esta respuesta define que en las empresas no se desarrollan estrategias organizacionales, es decir, que le aporten utilidades monetarias a la empresa. En resumen, los resultados muestran y concentran las acciones realizadas en el sector privado en México para dirigir su estrategia de negocios frente a los impactos del cambio climático.

De acuerdo con la encuesta realizada por Price Waterhouse Cooper (PWC) se determinó que la mayoría de las empresas no están 100% familiarizadas con el cambio climático, ni han tomado medidas preventivas al respecto, salvo la minoría. Lo anterior da pauta para proseguir con esta investigación debido a la falta de herramientas para mitigar el riesgo.

2.3.2. Ventajas de adaptar un sistema sustentable

Una empresa sustentable es aquella que toma en cuenta la satisfacción y bienestar de sus empleados, la calidad de sus productos, el origen de sus insumos, hasta el impacto ambiental de sus actividades, sin dejar de lado el efecto que causan sus productos y desechos, es decir, el impacto social, político y económico que produce su actividad y su compromiso con el desarrollo social y económico de un país. (Encuesta sobre Informes de Responsabilidad Corporativa KPMG, 2017).

Con el fin de alcanzar el desarrollo sustentable corporativo los principales rubros a cubrir son, sin duda y necesarios, elementos y acciones puestas en marcha que reúnan la concientización sustentable, resumidos, pero no limitados de la siguiente forma, (Encuesta sobre Informes de Responsabilidad Corporativa KPMG, 2017):

- Un sistema político democrático que asegure a sus ciudadanos una participación efectiva en la toma de decisiones;
- Un sistema económico capaz de crear excedentes y conocimiento técnico sobre una base autónoma y constante;
- Un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente;
- Un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones;
- Un sistema internacional que promueva modelos duraderos de comercio y finanzas; y,
- Un sistema administrativo flexible y capaz de corregirse de manera autónoma.

Las medidas descritas anteriormente se esperan surtan efecto a mediano y largo plazo ya que implican una incorporación en el ambiente tanto organizacional, social como ambiental.

Una administración sustentable puede reflejar mejor la realidad actual y el futuro de las realidades biofísicas y sociales de las organizaciones humanas y los contextos e impactos de la decisiones y acciones por parte de los directivos. Dado que la sustentabilidad se refiere a los aspectos de la calidad de vida en el largo plazo en el nivel individual, organizacional y social, la teoría de la administración sustentable requiere apoyarse en un amplio espectro de disciplinas (Simón & Rueda, 2015).

Cuando una empresa se preocupa por mantener un ambiente sustentable tanto organizacional como social, es debido a que cuenta con la capacidad de lograr una prosperidad económica al tiempo que se protegen los sistemas naturales del planeta buscando proveer una adecuada calidad de vida a las personas. Así mismo, está

consciente de que es necesario la reducción de los efectos del cambio climático para poder asegurar su producción actual y futura, además de que con la adopción de medidas sustentables se generan las siguientes ventajas, (Zambrano, 2011):

- Mejor posicionamiento en el mercado: implementando prácticas sustentables dentro y fuera de la empresa, aumentan las posibilidades de posicionarse en un mejor lugar dentro de su mercado
- Mejora en los costos de producción y disminuye costos imprevistos gracias a la tecnología agrandando el margen de utilidad
- Acceso a mejores tasas de financiamiento
- Atracción de inversionistas
- Mejor reputación de la marca aunado con la creación de valor
- Alcanzar niveles de innovación mejores a los de la competencia: debido a la innovación en los procesos con ayuda de la tecnología se podrá mejorar la calidad del bien o servicio.
- Mejor preparación para eventos inesperados o amenazas a través de políticas y prácticas para adaptarse al cambio climático.

Sin dejar a un lado que las prácticas implementadas para lograr un ambiente sustentable ayudarán a fomentar una transparencia organizacional aunado a la concientización sobre el impacto que tienen en el ambiente las actividades humanas.

2.4. Instrumentos financieros enfocados al desarrollo sustentable

El riesgo climático tiene un gran impacto en las actividades humanas, por su gran cambio en su comportamiento se torna difícil poder implementar medidas generales para combatir el cambio climático. Por lo tanto, existen alternativas innovadoras para administrar dicho riesgo, es decir que es posible transferir el riesgo climático a través de diversos instrumentos que brindan certidumbre a las actividades que se realizan, en el caso de esta investigación, brindar certidumbre a los procesos productivos de empresas mexicanas expuestas al clima, además de brindar la posibilidad de obtener ganancias futuras certeras. Dichos instrumentos se analizarán a continuación:

2.4.1. Bonos

Los bonos son títulos de crédito (deuda) que contienen una obligación de pago, en donde existen dos partes, el prestatario, parte obligada a pagar el monto solicitado con sus respectivos intereses; y el prestamista, parte encargada de otorgar el monto solicitado. Ahora bien, en el sector ambiental y sustentable existen instrumentos afines a esta área, denominados bonos verdes y bonos de carbono. (Glosario Banco de México, 2018).

Bonos verdes

Los bonos verdes son bonos, que cumplen con las características descritas anteriormente, pero tienen la particularidad de que se aplican exclusivamente para financiar o refinanciar, parcial o totalmente, proyectos nuevos y/o existentes que fomenten la reducción de emisiones de carbono o aumenten la resiliencia (Grupo Bolsa Mexicana de Valores, 2017).

Los bonos verdes pueden ser emitidos por cualquier entidad que cuente con una calificación crediticia ya sean las bancas de desarrollo, bancas comerciales, corporativos, gobiernos locales, entre otros, sin embargo, requerirán una certificación que acredite que el uso de recursos estará ligado a actividades sustentables. Los beneficios que traen consigo los bonos verdes son: muestran la responsabilidad ambiental del emisor pues otorgan una buena imagen en su mercado manifestando su compromiso ambiental; atracción de inversionistas que comparten estrategias sustentables; y activan un mercado verde pues incrementa la confianza e interés en este mercado, además de otorgar transparencia en sus procesos y uso de recursos captados. Para los emisores otorga una diversificación en sus inversiones con un costo relativamente bajo respecto al mercado en general, permite tener una menor exposición a riesgos climáticos ya que permite participar en la construcción de infraestructura verde para mitigar y adaptarse al cambio climático. Por ejemplo, una empresa de energía solar puede emitir un bono verde para “refinanciar activos” y utilizar los recursos en la ampliación de su planta. (Plataforma Mexicana de Carbono, 2017).

Bonos de carbono

Los bonos de carbono es el nombre genérico con el que se denomina a una serie de instrumentos económicos y de mercado, creados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estos instrumentos están los certificados de reducciones de emisiones (CER). Los CER son otorgados, mediante el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) por los países generadores de gases de efecto invernadero, incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kioto, a países indexados en

el Anexo II, para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones. A través de este mecanismo, los países del Anexo I obtienen certificados de reducción de emisiones por un monto equivalente a la cantidad de gases de invernadero que el proyecto dejó de generar. La forma en la que los CER son comercializados es mediante países del Anexo I o sus empresas, que financian proyectos de reducción de emisiones en los países del Anexo II, para reducir el volumen de emisión de dióxido de carbono (medido en toneladas equivalentes CO_2) generado en su proceso industrial. Otros países acuden a Bolsas de Clima, en las que ya están los proyectos desarrollados y donde se venden a quienes necesiten reducir sus impactos ambientales (Vázquez, 2016).

2.4.2. Derivado climático

Los derivados climáticos son contratos financieros cuyos precios dependen del clima de alguna forma. Las variables climáticas fundamentales pueden ser por ejemplo la temperatura, la humedad, la lluvia o la nieve (Alva, 2011).

Los derivados climáticos son herramientas desarrolladas para las empresas cuyos ingresos tienen una relación alta con la conducta del clima, implementándolos como estrategia para la administración del riesgo climático derivado de posibles cambios en el comportamiento del clima que pudieran afectar las ganancias de dichas empresas. El papel del derivado climático es similar al de un derivado financiero común, sin embargo, su activo subyacente es la temperatura, la lluvia, la nieve, etc. vinculados a través de un índice climático en un plazo específico. (Alva, 2011).

El derivado climático permite mitigar el riesgo al que están expuestas las empresas mexicanas debido a los incontables cambios climáticos que está sufriendo el planeta, dando como plus el contar con el conocimiento del funcionamiento de los ciclos climáticos y las características del clima pudiendo mejorar las estrategias tanto en la administración del riesgo y en las estrategias operativas. Estos contratos están diseñados para minimizar el impacto de los eventos climáticos no catastróficos, es decir, eventos climáticos tales como periodos de calor, periodos de lluvia, así como sequias, periodos de nieve y periodos de viento, entre otros. (Alva, 2011).

En el mercado financiero, las empresas se enfrentan a diversos riesgos, estos riesgos dependen del sector al que pertenezca cada empresa, ya sean riesgo físico, químico, social, financiero, e incluso climático. Para poder hacer frente a dichas situaciones, las empresas desarrollan estrategias enfocadas a cubrirse de los riesgos a las que están expuestas.

Una compañía que usa derivados climáticos como parte de su estrategia de cobertura, puede reducir el riesgo relacionado con el clima. El resultado es que la volatilidad en sus ganancias, año con año, se verá significativamente reducida. Organizaciones gubernamentales también pueden hacer uso de estos instrumentos, a nivel nacional o estatal, con el fin de evitar crecimientos inesperados en sus gastos (Hermosa, 2017).

Los contratos de derivados climáticos tienen como característica el uso del activo subyacente ligado a la variabilidad del clima medido con base a diferentes parámetros como régimen de pluviosidad, temperatura, grado de innovación (nieve acumulada), temperatura atmosférica, entre otros (Monjas, 2010).

2.4.2.1. Índices Climáticos

Un índice climático, es uno de los activos subyacentes a ser utilizado en el contrato, es decir, es un valor que puede ser usado para describir el estado y los cambios en el comportamiento del clima, y que determina el valor del contrato de derivados climáticos. Debido a que el comportamiento del clima tiene varias vertientes como el nivel de la temperatura, el nivel de precipitación, del viento y nieve, es por esta razón que existen diferentes índices climáticos con el fin de medir o describir el comportamiento de cada vertiente que tiene el clima, por ejemplo, el índice del nivel de la temperatura, viento y de la lluvia. (Alva, 2011).

Los índices climáticos más usados en el mundo y en México.

En el mundo existen diferentes índices climáticos de acuerdo con la región en la que se está operando o se va a operar. La variable más usada en el mundo es la temperatura, tomando observaciones por hora, máxima y mínima o promedios diarios, de las cuales el promedio de la temperatura es el que más se usa (Hermosa, 2017).

En el mundo, desde que se utilizaron por primera vez los contratos de derivados climáticos por el Chicago Mercantile Exchange (CME) en Estados Unidos de América en 1996, las operaciones sobre cobertura cambiaria se transformaron debido a las transacciones exitosas que se realizaron en esta bolsa. Esta transacción usó un índice climático denominado heating degree-days (HDDs); este índice mide la demanda de calor existente en el mercado a través de la medición de la temperatura diaria promedio. (Alva, 2011).

Así, gradualmente las operaciones con derivados climáticos se fueron propagando a más países como Reino Unido y Holanda. Actualmente el CME realiza

operaciones de contratos de derivados climáticos en 24 ciudades de Estados Unidos de América, 11 en Europa, 6 en Canadá, 3 en Australia y 3 en Japón (Hermosa, 2017), como se muestra en la figura 12. De hecho, según la Asociación de Administración de Riesgos Climáticos (Weather Risk Management Association, WRA por sus siglas en inglés) afirmó que el volumen de comercio de derivados climáticos en 2010-2011 aumentó en un 20% con respecto al año anterior.

Figura 12. Ciudades donde se operan Derivados Climáticos en el mundo.



Fuente: CME Group, <http://www.cmegroup.com/trading/weather>

El CME negocia un importante conjunto de contratos de futuros basados en la temperatura, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ciudades donde se realizan transacciones de Derivados Climáticos

Estados Unidos	Canadá	Europa
New York	Calgary	London
Chicago	Edmonton	Ámsterdam
Atlanta	Montreal	
Cincinnati	Toronto	
Dallas	Vancouver	
Sacramento	Winnipeg	
Las Vegas		
Minneapolis		

Fuente: Elaboración con datos de CME Group, 2018.

<https://www.cmegroup.com/trading/weather/files/weather-futures-and-options-fact-card.pdf>

El pago de estos contratos se basa en la diferencia acumulada en las temperaturas diarias en relación con 18°C durante un período fijo. El mercado estadounidense determinó un nivel fijo de 18°C, que es la temperatura a la que el sector energético cree que se produce poco calentamiento o enfriamiento en los hogares locales. Los contratos negociados en el mercado de Estados Unidos son (*Chicago Mercantile Exchange*, 2018):

Índices Degree-Days (DD)

- U.S. Cooling Monthly (periodo mensual)
- U.S. Cooling Seasonal (periodo estacional)
- U.S. Heating Monthly (periodo mensual)
- U.S. Heating Seasonal (periodo estacional)

Los índices Degree-Days (DD) fueron creados en Estados Unidos por la industria energética y están designados a correlacionar la demanda doméstica del calor y del frío.

En invierno, los heating degree-days (HDDs) creados también en Estados Unidos, son usados para medir la demanda de calor, y así poder medir cómo es el frío en esa temporada (cuanto más frío haya, mayor es el número de HDDs).

Los cooling degree-days (CDDs) son usados en verano para medir la demanda de energía usada para enfriar, y así poder medir cómo es el calor en esa temporada (cuanto más calor haya, mayor es el número de CDDs).

También en Europa y el resto del mundo donde se negocian este tipo de contratos se manejan los siguientes contratos, (*Chicago Mercantile Exchange*, 2018):

- Europe CAT Monthly (periodo mensual)
- Europe CAT Seasonal (periodo estacional)
- Europe Heating Monthly (periodo mensual)
- Europe Heating Seasonal (periodo estacional)

Los heating degree-days (HDDs) usados en invierno, es una medida de cuánto se desvía la temperatura promedio de un día de 65°F(18°C), una referencia seleccionada por las empresas de servicios públicos ya que los hornos y acondicionadores de aire se encienden por encima y por debajo de este punto de referencia.

En Europa, el índice CME CAT es la acumulación de temperaturas promedio diarias durante un mes calendario, el período de acumulación comienza el primer día calendario del mes del contrato y finaliza el último día del mes calendario del contrato. Los contratos de temperatura acumulativa promedio (CAT) están disponibles para los meses de verano en Europa, lo que permite a las empresas protegerse contra la volatilidad mensual mediante el seguimiento de la temperatura diaria promedio en una ciudad determinada.

El funcionamiento del contrato de derivados climáticos consiste en que el comprador de un contrato HDD o CDD se beneficia si la temperatura acumulada es inferior o superior a un nivel específico. Si bien, el calentamiento (o enfriamiento) ocurre cuando las temperaturas son más bajas (más altas). El nivel fijo de 18°C es la temperatura a la que el sector energético cree que se produce poco calentamiento o enfriamiento en los hogares. El comprador de un contrato HDD o CDD se beneficia si la temperatura acumulada es inferior o superior a un nivel específico. Si bien, el calentamiento (o enfriamiento) ocurre cuando las temperaturas son más bajas (más altas), (*Chicago Mercantile Exchange*, 2018).

Así como en Estados Unidos y parte del continente europeo, en México, existe un índice nacional, calculado y controlado por el gobierno federal, el cual brinda la posibilidad de medir la sequía existente en el país o en alguna región a través Índice Estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés).

2.4.3. Exchange Traded Fund sustentables

Los Exchange Traded Fund (“*ETF*” conocidos también con el nombre de “*Trackers*”) consiste en que combinan algunos beneficios de la inversión directa en instrumentos

de renta variable listados en bolsas de valores y susceptibles de ser adquiridos intradía, con los beneficios similares a los de una sociedad de inversión indizada, con frecuencia con menores costos que los que implica la inversión en sociedades de inversión (Grupo Bolsa Mexicana de Valores, 2017).

Este ETF presenta una exposición a renta variable global que busca desarrollar metas sustentables de la Organización de las Naciones Unidas como educación y cambio climático. El Low Carbon Target ETF, se dirige a empresas con alta y mediana capitalización a nivel global con menores emisiones de carbono comparado con el mercado. (Grupo Bolsa Mexicana de Valores, 2017).

2.4.4. Instrumento financiero seleccionado para la investigación

Esta investigación se enfoca en la cobertura de los riesgos climáticos y la herramienta que se analizará será el contrato de derivados climáticos ya que están diseñados para cubrir los riesgos climáticos de manera específica, es decir, pueden ser utilizados de acuerdo con las necesidades de las empresas, sin tener que estar condicionados ni limitados a invertir en proyectos verdes como es el caso de los bonos verdes. Por lo anterior, se analiza la implementación de derivados climáticos como estrategia de administración del riesgo en las empresas.

Además de lo anterior, los derivados climáticos tratan de cubrir riesgos de alta frecuencia y bajo impacto relativo, a diferencia de los contratos de seguros sobre riesgos naturales pues cubren riesgos de alto impacto y poca frecuencia. Por otro lado, en el caso de derivados climáticos, no se debe demostrar que se ha sufrido daño, y otorgan flexibilidad al usuario para poder cerrar la posición antes del vencimiento en caso de no ser favorable el resultado. (Monjas, 2010). Sin embargo, este instrumento innovador no ha sido implementado en el mercado mexicano, por lo que se analizará su implementación en empresas mexicanas.

2.4.5. La lluvia como activo subyacente

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (*WMO*, por sus siglas en inglés), “la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas” cuya medición se realiza en milímetros. (Organización Meteorológica Mundial, 2016).

Con base en la definición de la Organización Meteorológica Mundial, para esta investigación se entenderá la lluvia como un fenómeno meteorológico que sucede cuando el vapor de agua contenido en las nubes se condensa y se deposita sobre

la superficie de la tierra. Para que este fenómeno ocurra depende de la existencia e interrelación de tres importantes factores, la presión atmosférica, la temperatura y la humedad atmosférica. La temperatura es el factor que establece la cantidad de lluvia que se suscitará, siendo el factor clave para el desarrollo de actividades económicas debido a que el aumento promedio de lluvias, ocasionado por aumentos o disminuciones de la temperatura, puede ocasionar una serie de desastres meteorológicos tales como lluvias, huracanes, inundaciones, y más fenómenos meteorológicos, que desencadenan desequilibrios productivos para las empresas de cualquier giro económico, exponiendo las utilidades de las empresas, del mismo modo que la escasez de lluvia. (Servicio Meteorológico Nacional, 2018).

Las empresas aprovechan el ciclo del agua en sus procesos productivos, ya sea tomando ventaja de la caída de agua (lluvia), por ejemplo, beneficiándose de la temporada de lluvias para riego de cosechas, o de la escasez de lluvia realizando actividades que no se vean afectadas por la lluvia, por ejemplo, la pesca, y adaptándose a los efectos de la precipitación, por ejemplo, construyendo fabricas adaptadas contra lluvias, edificaciones, entre otros. Es por esta razón que es de vital importancia que las empresas mitiguen o trasladen el riesgo climático.

Una forma de mitigar dicho riesgo climático es manteniendo monitoreado el nivel de precipitación y anticiparse a su comportamiento a través de índices de precipitación determinados por organismos especializados o por el promedio mensual que emiten instituciones afines tales como Servicio Meteorológico Nacional (SMN) debido a que estos indicadores permiten conocer el comportamiento histórico de dicho fenómeno meteorológico y dan pie a anticiparse a cambios en su comportamiento promedio.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), observan el comportamiento de la lluvia y al mismo tiempo determinan el promedio de precipitación mensual en toda la República Mexicana; este indicador monitorea el comportamiento de la lluvia, ayudando a anticiparse a cambios en su comportamiento promedio con el fin de actuar, tomando decisiones que mitiguen el riesgo climático.

2.5. Modelos Económicos

Esta investigación intenta comprobar si existe relación entre el comportamiento del clima y las actividades del sector transportes, subsector líneas aéreas. Para poder determinar esta relación se pueden utilizar modelos económicos cuya herramienta es el análisis de regresión, ya que éste determina la dependencia de una variable (variable dependiente) respecto de una o más variables (variables

explicativas) con el objetivo de estimar o predecir la media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocidos o fijos de las segundas, (Gujarati, 2010).

Un modelo econométrico está formado por una o varias ecuaciones en las que la variable explicada o endógena depende de una o varias variables explicativas, (Toro, et al., 2010). La principal función de los modelos econométricos consiste en explicar cómo se comporta una o más variables en función de otras. Además, los modelos buscan predecir cuál será el comportamiento de la variable explicativa con base en las variables que le afectan. A continuación, se mencionan los principales componentes de modelos econométricos, (Gujarati, 2010):

- Variables endógenas y exógenas, las primeras son explicadas por el funcionamiento del modelo; mientras que las segundas son aquellas que son determinadas fuera del modelo, pero influyen en el comportamiento de las variables endógenas, (Gujarati, 2010).
- Parámetros: también conocidos como coeficientes son magnitudes que permanecen constantes dentro de un fenómeno económico concreto, pudiendo ser de posición y de dispersión; para las primeras son los que entran en el momento de primer orden o esperanza matemática de la variable dependiente; mientras que los segundos se refieren a la varianza de las perturbaciones aleatorias, es decir, es la cuantificación del fenómeno, (Gujarati, 2010).
- Datos: representación simbólica de un atributo o variable cuantitativa o cualitativa a explicar, pueden presentarse en series de tiempo o transversales, (Gujarati, 2010).

Los modelos econométricos de regresión lineal se expresan con la siguiente ecuación, (Gujarati, 2010):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + u_i$$

Donde:

Y_i = Variable endógena dependiente o la variable que se quiere explicar.

β_0 = Valor predicho de la variable dependiente cuando todas las variables explicativas son cero.

β_1 = Relación que existe entre cada una de las variables explicativas y la variable dependiente.

X_{1i} = Variables explicativas o independientes que se utilizan para explicar el comportamiento de la variable dependiente.

u_i = Perturbación estocástica o todo valor no observable pero que afecta la variable dependiente

Las fases para realizar un modelo econométrico son, (Gujarati, 2010).:

- 1) Planteamiento del problema
- 2) Recopilación de la información
- 3) Estimación de parámetros y utilización de método estadístico/econométrico
- 4) Validación y análisis econométrico aplicando pruebas de hipótesis para determinar si los parámetros explican a la variable dependiente
- 5) Realizar pronósticos o estimaciones con base en los resultados obtenidos

Análisis de regresión para estimación de parámetros

Para estimar los parámetros del modelo econométrico la técnica de análisis de dependencia más utilizada es el análisis de regresión, utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). El criterio de mínimos cuadrados trata de minimizar la suma de cuadrados de los residuos, los cuales son definidos como la diferencia entre el valor observado de la variable que tratamos de explicar y el valor estimado por la recta ajustada, (Toro, et al., 2010).

Tipos de regresión

- 1) Simple: es la relación que contiene una variable explicativa o independiente
- 2) Múltiple: es la relación que contiene más de una variable explicativa o independiente

2.5.1. Pruebas en modelos econométricos

Algunas de las pruebas que se utilizan para realizar el análisis econométrico son las siguientes, (Toro, et al., 2010):

1. Coeficiente de determinación R^2 , la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El coeficiente de determinación, también llamado R cuadrado, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar.
2. Multicolinealidad es la relación entre variables explicativas, es decir, es una condición que ocurre cuando algunas variables predictoras incluidas en el modelo están correlacionadas con otras variables explicativas. La

multicolinealidad severa es problemática, porque puede incrementar la varianza de los coeficientes de regresión, haciéndolos inestables.

3. Pruebas sobre normalidad en los residuos, (Toro, et al., 2010).
 - 3.1. Prueba Jarque Bera: se basa en los residuos obtenidos por medio de MCO, a través de esta prueba de normalidad, se determinan dos propiedades de la distribución de los residuos: la asimetría y la curtosis. A medida que los coeficientes S y K, se aproximan a 0 y 3 respectivamente, la probabilidad de normalidad de los residuos por la obtención de un bajo valor del índice de Jarque Bera aumenta. De esta forma, para aceptar la hipótesis nula de normalidad de residuos, el valor de probabilidad debe ser mayor a 0,05.
4. Pruebas de heterocedasticidad cuando los errores no son constantes a lo largo de toda la muestra, es decir, que la varianza de los errores no es constante en todas las observaciones realizadas.
 - 4.1. Prueba de White con datos cruzados realiza la regresión de los errores al cuadrado de la regresión inicial del modelo escribiendo como explicativas todas las exógenas de la inicial y sus valores al cuadrado; además, como explicativas del error al cuadrado, los productos no repetidos de todas las variables explicativas del modelo inicial entre sí.
 - 4.2. Prueba de White con datos no cruzados realiza la regresión de los errores al cuadrado de la regresión inicial del modelo escribiendo como explicativas todas las exógenas de la inicial y sus valores al cuadrado.
5. Prueba de autocorrelación la correlación entre miembros de series de tiempo o información de corte de transversal. El modelo de regresión lineal supone que no debe existir autocorrelación en los errores, es decir, el término de perturbación relacionado con una observación cualquiera no debería estar influenciado por el término de perturbación relacionado con cualquier otra observación.
6. Prueba de estabilidad de coeficientes de regresión puede verse alterada por la presencia de cambios estructurales en la relación entre la variable regresada (Y) y las regresoras (X). Un cambio estructural hace referencia a que los valores de los parámetros del modelo no permanecen constantes a lo largo de todo el período (Gujarati, 2010). Si bien esta inestabilidad suele darse en regresiones que involucran series de tiempo, se plantea la posibilidad de observarlas al cambiar la escala de producción.
 - 6.1. Prueba de cuadrados CUSUM consiste en la estimación secuencial del modelo para distintos tamaños muestrales. En cada estimación se obtiene un vector de parámetros estimados, que permite a su vez calcular la predicción de la variable endógena para el periodo siguiente y el error de predicción correspondiente. De este modo, con las sucesivas estimaciones,

se generan las series de “coeficientes recursivos” y “residuos recursivos”. Cuando no existe un cambio estructural, se espera que las estimaciones de los parámetros se mantengan esencialmente constantes al ir aumentando la muestra en forma secuencial y los residuos no se desvíen ampliamente de cero. Cuando los valores de los errores superan los valores definidos por ± 2 veces la desviación estándar (bandas de confianza), se está frente a posibles cambios de estructura, (Toro, et al., 2010).

2.6. Conclusión Capitular

Si bien es cierto que el cambio climático genera afectaciones negativas a las actividades humanas, es importante administrar el impacto que genera, la manera efectiva de realizarlo es mediante métodos para administrar el riesgo climático, ya sea a través de instrumentos financieros que propicien la transferencia de riesgo o para su cobertura. En esta investigación se llegó a la conclusión de que el instrumento que mejor administra el riesgo climático son los derivados climáticos ya que están diseñados para cubrir los riesgos climáticos de manera específica, es decir, pueden ser utilizados de acuerdo con las necesidades de las empresas, sin tener que estar condicionados ni limitados a invertir en proyectos verdes como es el caso de los bonos verdes.

3. Capítulo 3: Metodología implementada

Siguiendo con el modelo de vulnerabilidad de Smit, se identifica el grado en que los riesgos climáticos impactan a las actividades económicas, además de la eliminación de la vulnerabilidad a través de acciones y herramientas de adaptación al cambio climático. En esta investigación se considera analizar a las empresas del sector de transportes, subsector líneas aéreas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), pues las operaciones que realizan estas empresas tienen una relación directa con el clima y, por ende, con el cambio climático. Es así como se considera el comportamiento del clima como el nivel de precipitación para analizar la sensibilidad de las actividades económicas de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas debido a la facilidad para la manipulación de la información histórica.

Se utilizó como estrategia para administrar el riesgo climático el uso de futuros cuyo subyacente es el promedio de precipitación mensual determinado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), planteando tres escenarios en donde el nivel de la lluvia baja, se mantiene y aumenta respecto a su media.

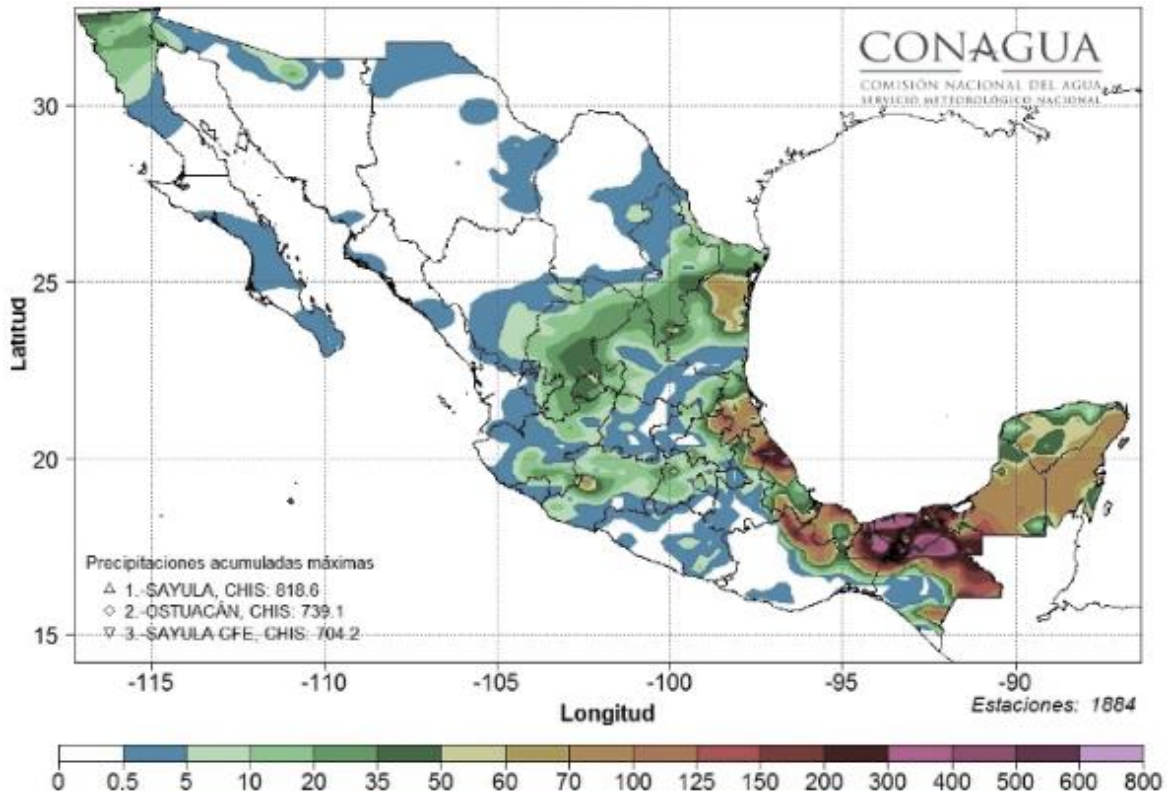
El desarrollo de la metodología se divide en 4 grandes fases. En la fase I se describe el proceso de identificación del impacto que tiene el cambio climático en las empresas del sector transportes, subsector líneas aéreas, es decir, se refiere a la evaluación de la vulnerabilidad existente en el sector. Así, en la fase II se diseñan medidas de adaptación, siendo la fase donde se administrará el riesgo climático identificado, seleccionando el mejor método para la gestión del riesgo y la cuantificación de las pérdidas potenciales derivadas de dicho riesgo. Además, en la fase III se implementa la estrategia o medidas de adaptación para cubrir el riesgo climático. Finalmente, en la fase IV se realiza el monitoreo y retroalimentación de la implementación de la estrategia de cobertura, analizando los beneficios o perjuicios hacia las empresas del sector transportes, subsector líneas aéreas. A continuación, se describe a detalle cada una de las fases.

3.1. Fase I: Identificación del impacto del cambio climático en las actividades económicas

En esta sección se reconoce el riesgo climático expuesto, es decir, que se detectan las variables externas a las que las empresas del subsector líneas aéreas son sensibles con el fin de minimizar el efecto negativo de fluctuación en sus operaciones.

Con el fin de conocer el impacto que tiene el clima en las operaciones económicas se inicia analizando el nivel de precipitación que tiene el país, destacando que es mayor en las zonas centro y sureste, volviendo las actividades económicas y sociales de estas zonas más sensibles ante cambios en el clima, ver figura 13. Por esta razón, se delimitó esta investigación a las ciudades pertenecientes a estas zonas sensibles al nivel de precipitación.

Figura 13. Precipitación acumulada mensual (mm) 2018.



Fuente: CONAGUA, 2018

Las situaciones de riesgo climático pueden incidir en empresas de muchos sectores, desde empresas manufactureras, agrarias, hasta líneas aéreas. Por ejemplo, para una empresa del sector energético, se vuelve primordial el comportamiento del clima debido a la demanda presentada por el servicio, es decir que los cambios climáticos no previstos afectan las expectativas de oferta y demanda del servicio energético, lo que trae como consecuencia encarecimiento y/o abaratamiento tanto del costo de insumos o suministros de producción como del bien o servicio que se comercializa. (Monjas, 2010).

Continuando con el ejemplo de la empresa energética a continuación, se ilustran algunos casos donde se identifica el impacto en el cambio de comportamiento del clima.

- Invierno más frío respecto a años anteriores:

En este caso la demanda tenderá a incrementarse debido a la necesidad de obtener energía para calefacción ya sea a través de electricidad, de gas, etc. Para la empresa energética implicará, el aumento de los precios de su servicio, siempre y cuando se encuentren en un mercado no competitivo, además del aumento en el costo de producción. Por el lado de estar en un mercado competitivo, la empresa incurrirá en pérdidas debido a que tendrá que absorber el aumento de los costos productivos. El aumento no previsto en la demanda puede sobrepasar la capacidad instalada de la empresa para prestar el servicio (en este caso resultarían cortes en el suministro del servicio) lo cual además de afectar la rentabilidad de la empresa, afecta al consumidor de dichos servicios.

- Invierno más cálido respecto a años anteriores:

En este caso, la demanda tenderá a bajar debido al buen clima, lo que provocará que haya exceso de energía en el almacén de la empresa, es decir que, debido al cambio en el clima, el stock que la empresa tenía previsto para esta temporada será mayor al que realmente demandarán sus clientes, generando pérdidas a la empresa.

Es posible que exista una alta correlación entre el cambio en el clima (en la temperatura) y los cambios en la oferta y la demanda de energía, por lo que se identifica el riesgo potencial en las operaciones de las empresas, así como la necesidad de cobertura para las empresas (Monjas, 2010).

3.1.1. Identificación del riesgo climático en las empresas del subsector líneas aéreas

Para esta investigación se seleccionó el sector de líneas aéreas debido a que las empresas de dicho sector pueden verse afectadas directamente por la naturaleza de su actividad económica, además de la sensibilidad que pueden tener los costos de administración y mantenimiento ante cambios normales y anómalos del clima.

Las empresas del sector líneas aéreas pueden presentar sensibilidad en sus operaciones debido a cambios en clima, el impacto puede verse reflejado en sus costos y gastos. En tal sentido, las operaciones de las líneas aéreas además de estar expuestas a costos de mantenimiento adicionales e inesperados, también

están expuestas a riesgos administrativos. De acuerdo con la Ley de Aviación Civil modificada en el año 2017, las líneas aéreas tienen la obligación de realizar compensaciones en caso de retraso en vuelos, ya sea superior a una, dos y cuatro horas y vuelos cancelados, con el fin de precisar que las aerolíneas están obligadas a prestar un servicio de calidad y eficiente a los pasajeros, respetando y cumpliendo los derechos del pasajero.

De manera general, dicha Ley establece que, en caso de retraso en la hora de salida del vuelo, el pasajero será indemnizado con descuentos para viajes posteriores hacia el destino contratado y/o alimentos y bebidas. Además, si se cancelan vuelos por razones imputables al concesionario (línea aérea), éste deberá, a elección del pasajero, reintegrar el precio del boleto, ofrecer transporte sustituto en la primera salida disponible y proporcionar acceso a llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos. Asimismo, deberá proporcionar alimentos, alojamiento en hotel del aeropuerto o de la ciudad cuando se requiera pernoctar, y transportarle en la fecha posterior que convenga al mismo pasajero hacia el destino respecto del cual haya sido cancelado el vuelo.

En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran las compensaciones a los pasajeros por concepto de retrasos o demoras en la salida de los vuelos de 1 a 2 horas. Como es evidente, las compensaciones por retrasos o demoras generan costos administrativos adicionales difíciles de contemplar debido al comportamiento del clima.

Tabla 2. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de 1 a 2 horas

Aerolínea	Registro SCT	Registro Profeco	Retrasos o demoras de 1 a 2 horas
Aeroméxico	2029	000043-2018	Cupón por el 5% de descuento al valor del boleto Acceso a llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos
VivaAerobus	2108	000023-2018	Certificado electrónico de descuento con valor de \$100.00 del precio del boleto o de la proporción que corresponda, para la compra de un vuelo próximo en el mismo segmento Acceso a llamadas y envío de correos
Interjet	2176	000032-2018	Botella con agua
Volaris	2024	000001-2017	Cupón electrónico por un valor de \$50.00
	2334	000002-2017	Red Wi-Fi para la realización de llamadas y envío de correos electrónicos, en caso de que el pasajero no cuente con dispositivos electrónicos, se otorgarán las facilidades necesarias para el acceso
Aeromar	2285	000005-2017	Cupón de alimentos y bebidas

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Comunicaciones, 2018,
<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/7-inconformidades-de-aerolineas/76-politicas-de-compensacion-aplicables-por-las-aerolineas/>

Tabla 3. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de 2 a 4 horas

Aerolínea	Registro SCT	Registro Profeco	Retrasos o demoras de 2 a 4 horas
Aeroméxico	2029	000043-2018	Cupón por el equivalente al 7.5% del valor del boleto Acceso a llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos
VivaAerobus	2108	000023-2018	Certificado electrónico por el monto equivalente al 8% del precio del boleto o de la proporción que corresponda, para la compra de un vuelo próximo en el mismo segmento Acceso a llamadas y envío de correos Cupón para alimentos canjeable en establecimientos dentro del aeropuerto si se tiene convenio comercial o en caso de no tener convenios, se proporcionará bebida no alcohólica y un aperitivo por pasajero afectado
Interjet	2176	000032-2018	Cupón para alimentos y bebidas Compensación equivalente al 100% del valor del precio del boleto para un vuelo sencillo en la misma ruta
Volaris	2024	000001-2017	Cupón electrónico por un valor de \$250.00 siempre que el equivalente al 7.5% del precio del boleto sea inferior a esta cantidad
	2334	000002-2017	Si el 7.5 del monto del boleto resulta mayor a \$250.00 se le otorgará un cupón electrónico por el monto correspondiente al 7.5%
Aeromar	2285	000005-2017	Cupón de alimentos y bebidas, y Descuento para vuelo con fecha posterior hacia el destino contratado del 9% del valor del segmento afectado

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Comunicaciones, 2018, <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/7-inconformidades-de-aerolineas/76-politicas-de-compensacion-aplicables-por-las-aerolineas/>

Tabla 4. Compensaciones a los pasajeros por retrasos de más de 4 horas

Aerolínea	Registro SCT	Registro Profeco	Retrasos o demoras de más de 4 horas
Aeroméxico	2029	000043-2018	Reembolso más indemnización del 25% o Transporte sustituto en el primer vuelo disponible, hospedaje y transporte terrestre desde y hacia el aeropuerto y alimentos y bebidas o Transporte en fecha posterior que convenga al pasajero hacia el destino del vuelo cancelado más indemnización del 25% Acceso a llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos
VivaAerobus	2108	000023-2018	Devolución del precio del boleto o la proporción que corresponda más indemnización del 25% del precio del boleto o de la proporción que corresponda, o Transporte sustituto en el primer vuelo disponible más indemnización del 25%, o Transporte en fecha posterior que convenga el pasajero hacia su mismo destino más indemnización equivalente al 25% Acceso a llamadas y envío de correos Cupón para alimentos canjeable en establecimientos dentro del aeropuerto si se tiene convenio comercial o en caso de no tener convenios, se proporcionará bebida no alcohólica y un aperitivo por pasajero afectado En caso de requerir pernocta se otorgará hospedaje , transportación terrestre desde y hacia el aeropuerto y alimentos y bebidas considerando 3 comidas máximo por día por un monto cada una de \$150.00

Interjet	2176	000032-2018	Reembolso más indemnización de al menos el 25% del precio del boleto o de la proporción que corresponda, o Transporte sustituto en el primer vuelo disponible (incluye acceso a llamadas telefónicas y envío de correos electrónicos, alimentos de conformidad con el tiempo de espera, hospedaje en hotel y transporte terrestre desde y hacia el aeropuerto), o Transporte en fecha posterior hacia el destino respecto del cual haya sido cancelado el vuelo, más una indemnización que no será inferior al 25% del precio del boleto o de la parte no realizada
Volaris	2024	000001-2017	Reembolso más indemnización de al menos el 25% del precio del boleto o de la proporción que corresponda
	2334	000002-2017	Transporte sustituto en el primer vuelo disponible (alimentos de conformidad con el tiempo de espera, hospedaje en hotel y transporte terrestre desde y hacia el aeropuerto)
Aeromar	2285	000005-2017	Reembolso más indemnización de al menos el 25% del precio del boleto o de la proporción que corresponda, o Transporte sustituto en el primer vuelo disponible (hospedaje en hotel y transporte terrestre desde y hacia el aeropuerto), o Transporte en fecha posterior hacia el destino respecto del cual haya sido cancelado el vuelo, más una indemnización que no será inferior al 25% del precio del boleto o de la parte no realizada Red Wi-Fi para la realización de llamadas y envío de correos electrónicos, en caso de que el pasajero no cuente con dispositivos electrónicos, se otorgarán las facilidades necesarias para el acceso

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Comunicaciones, 2018,
<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/7->

inconformidades-de-aerolineas/76-politicas-de-compensacion-aplicables-por-las-aerolineas/

Con base en la información obtenida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes sobre las compensaciones que deben realizar las líneas aéreas por concepto de retrasos en vuelos fungen como base para contemplar que puede existir sensibilidad en las operaciones de las líneas aéreas debido a cambios en el comportamiento del clima.

Las empresas analizadas son Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V., Controladora Vuela Compañía de Aviación, S.A.B. De C.V. y ABC Aerolíneas, S.A. de C.V.⁹, como se muestra en la tabla 5, se escogieron estas empresas debido a que su información financiera es pública.

Tabla 5. Empresas analizadas

Razón social	Aerolínea	Clave de Cotización
Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V.	Aeroméxico	Aeromex
Controladora Vuela Compañía de Aviación, S.A.B. De C.V.	Volaris	Vuela
ABC Aerolíneas, S.A. de C.V.	Interjet	N/A

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Exposición y sensibilidad al riesgo climático

En esta sección se mide el impacto que tiene el riesgo identificado en las operaciones de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas, con el fin de cuantificarlos. Además, se analiza la exposición y sensibilidad que tienen las operaciones de las empresas ante cambios en el clima, sobre todo la sensibilidad de sus costos de administración y de mantenimiento, sin dejar a un lado la sensibilidad de la demanda de pasajeros por vuelos.

⁹ ABC Aerolíneas, S.A. de C.V no cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores, sin embargo, su información es pública.

3.1.2.1. Análisis de exposición y sensibilidad de la demanda

El análisis de sensibilidad del impacto y exposición inicia con la estimación basada en datos históricos sobre los cambios en la demanda de las aerolíneas, con el fin de dimensionar los ingresos que podrán recibir o no recibir las empresas por cada punto de desviación frente al promedio de precipitación promedio.

Se determinó una regresión lineal múltiple con el fin de estimar el comportamiento de la demanda de pasajeros respecto a cambios en el comportamiento del promedio de precipitación mensual determinado por la CONAGUA y el SMN. La regresión múltiple toma en cuenta como variable dependiente la demanda en la ciudad con más afluencia de pasajeros en el país, que es el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. La demanda se obtuvo de manera trimestral, recopilando el número de pasajeros por el número de vuelos ocurridos durante el periodo comprendido desde 2011 hasta el segundo trimestre del 2018. Como variables independientes, se toma en cuenta el Producto Interno Bruto (PIB) del sector de transportes, obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) el cual fungirá como el ingreso del sector; también se toma como variable independiente el promedio de precipitación mensual transformado a cifras trimestrales obtenido de la CONAGUA y el SMN. Por último, el índice de puntualidad en los vuelos de las aerolíneas, obtenido de los datos estadísticos del aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM); de igual manera, los datos históricos obtenidos fueron por el periodo comprendido desde el 2011 al segundo trimestre del 2018 de manera trimestral. Los datos se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6. Datos Históricos

Periodo	Precipitación Histórica Nacional Trimestral Milímetros (Mm)	PIB Trimestral Transportes (Miles De Pesos)	Índice De Puntualidad	Demanda Aérea CDMX (# de Pasajeros*Número De Vuelos)
1T2011	12.80	912,964.99	93.03%	95,112,087,705.00
2T2011	44.13	943,445.24	90.56%	123,564,383,580.00
3T2011	137.97	960,541.60	90.07%	138,993,015,317.00
4T2011	37.50	976,295.81	90.92%	149,161,786,278.00
1T2012	21.13	967,757.08	91.72%	134,410,711,496.00
2T2012	55.27	981,916.13	88.61%	148,952,488,545.00
3T2012	140.17	988,967.71	81.41%	166,762,225,575.00
4T2012	30.87	1,006,757.83	86.10%	169,027,834,998.00
1T2013	13.30	977,780.96	89.14%	142,318,124,000.00
2T2013	52.03	1,009,226.70	89.07%	162,565,346,956.00
3T2013	171.90	1,021,545.46	84.26%	183,115,758,177.00
4T2013	69.77	1,037,429.62	86.42%	178,313,106,213.00
1T2014	12.40	1,012,837.59	90.59%	158,318,530,060.00
2T2014	68.60	1,047,014.52	87.14%	185,778,801,992.00
3T2014	145.70	1,047,714.37	80.66%	207,998,455,770.00
4T2014	50.23	1,078,268.11	83.14%	212,018,415,050.00
1T2015	44.77	1,054,616.98	83.75%	191,976,445,296.00
2T2015	66.77	1,084,627.26	81.12%	218,735,003,487.00
3T2015	118.57	1,102,750.43	81.14%	236,991,296,048.00
4T2015	62.23	1,119,165.52	84.09%	236,212,689,850.00
1T2016	18.70	1,087,975.66	80.75%	209,351,583,057.00
2T2016	55.03	1,121,762.00	79.63%	239,121,337,396.00
3T2016	142.27	1,127,489.96	78.41%	266,465,571,476.00
4T2016	32.03	1,152,181.72	76.00%	273,959,258,475.00
1T2017	14.63	1,130,554.86	87.05%	239,491,289,286.00
2T2017	56.43	1,162,705.20	87.54%	263,530,087,320.00
3T2017	152.20	1,157,311.94	89.75%	250,064,958,000.00
4T2017	37.37	1,183,707.14	92.97%	249,889,064,922.00
1T2018	17.47	1,162,266.96	82.02%	234,479,614,584.00
2T2018	62.93	1,205,541.12	80.95%	178,367,312,412.00

Fuente: Datos obtenidos de Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y los datos estadísticos del aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM),

Se utilizó el programa estadístico Views 7 de la paquetería Microsoft Windows usado para análisis econométrico, con el fin de ejecutar la regresión múltiple tomando en cuenta las variables explicadas con anterioridad. En esta regresión se analizan ciertas pruebas estadísticas con el fin de asegurar la certeza del modelo respecto a la estimación de las variables, las pruebas son:

- R^2 significativa, es decir, que la correlación entre las variables sea cercana a 1.
- Prueba de multicolinealidad con valores p de parámetros significativos, es decir, menores a 0.05%
- Prueba de normalidad de Jarque-Bera (mayor a la distribución χ^2 con 2 grados de libertad (valor en tablas de χ^2 , 5.99) y valor p significativa, es decir, menores a 0.05%.
- Prueba de heteroscedasticidad de White con datos cruzados y no cruzados (mayor a valor p 0.05% y prueba distribución F significativa).
- Prueba de autocorrelación con parámetros significativos a las bandas de confianza.
- Prueba de estabilidad, mediante la prueba de cuadrados CUSUM, donde el modelo no debe sobrepasar las bandas de confianza.

Si el modelo econométrico logra pasar las pruebas mencionadas con anterioridad entonces se entenderá que los coeficientes de la ecuación de la regresión indican un porcentaje de explicación respecto a la variable dependiente, es decir, la explicación en la demanda. Por lo tanto, la regresión indicará el porcentaje de sensibilidad (cambio) de la demanda respecto al promedio de precipitación, el producto interno bruto y el índice de puntualidad de las líneas aéreas.

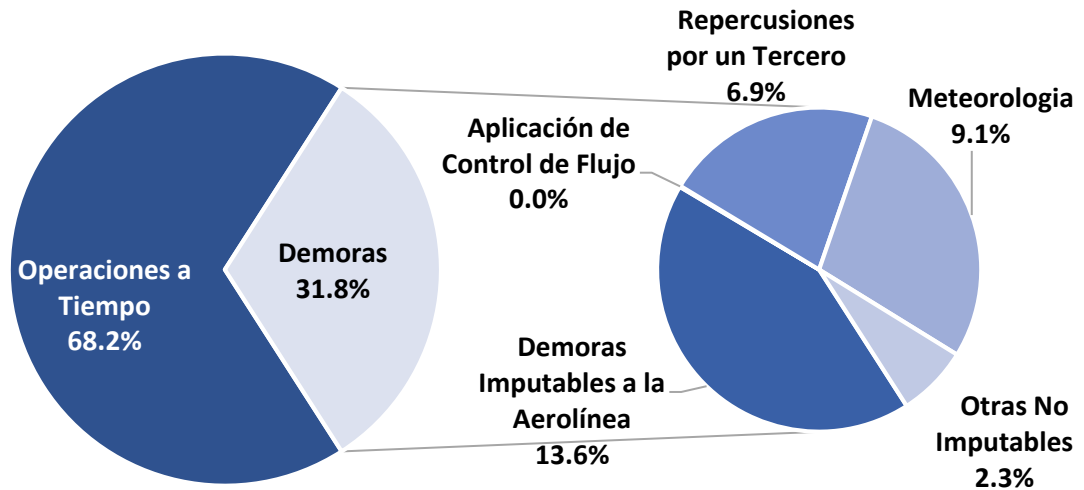
3.1.2.2. Sensibilidad de costos y gastos operativos

De acuerdo con datos obtenidos de la Comandancia de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), los costos y gastos tienen gran sensibilidad al comportamiento del clima debido a que el giro central del negocio se desarrolla en el aire. Por lo tanto, cada cambio en el clima trae como consecuencia un gasto adicional.

De acuerdo con las cifras estadísticas del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (ver figura 14), al cierre del año 2018 se reportaron que el 68.20% de las operaciones se realizan a tiempo, por lo que las operaciones con demora representan el 31.8% de las mismas. El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México detalla las causas por las que existen operaciones con retrasos, tomando

en cuenta vuelos cancelados de la siguiente manera y cómo se muestra en la figura 16: el 13.6% se consideran operaciones imputables a la aerolínea por ejemplo, el mantenimiento de las aeronaves, tripulación, pruebas en las aeronaves, boletos sobrevendidos, etc.; el 9.1% a condiciones meteorológicas, por ejemplo, neblina en la pista de aterrizaje y despegue, lluvias y nevadas intensas, etc.; el 6.9% a repercusiones por un tercero, por ejemplo, sucesos ocasionados por pasajeros antes y durante el abordaje, etc.; y, el 2.3% a otros eventos tales como eventos ocasionales, combustibles, accidentes, entre otros, debido a la fatalidad de los eventos que podrían causar.

Figura 14. Causas retrasos en vuelos.



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018.

Como se puede apreciar, las condiciones meteorológicas vuelven vulnerables las operaciones de las líneas aéreas, por lo que se vuelve crucial tomar medidas adaptativas a dichos cambios en el clima.

3.2. Fase II: Gestión del riesgo climático

Una vez identificada la exposición al riesgo climático se procede a gestionar dicho riesgo y a valorar el impacto a las operaciones de las empresas, y es precisamente lo que se verá en esta fase. Por esta razón, se analizan los métodos idóneos para su correcta gestión.

La estrategia implementada en la investigación para administrar el riesgo climático es mediante la aplicación de instrumentos financieros, específicamente la implementación de derivados financieros cuyo subyacente es el promedio de precipitación mensual determinado por la CONAGUA y el SMN. El tipo de derivado financiero seleccionado es el futuro sobre el promedio de precipitación ya que puede ser utilizados de acuerdo con las necesidades de las empresas.

3.2.1. Selección de método para mitigar la exposición del riesgo

Para seleccionar el mejor método para gestionar el riesgo es necesario que dicho método contenga herramientas que logren mitigarlo, que tomen en cuenta la prevención y control de pérdidas, la retención del riesgo, y/o la transferencia de este ya que con lo anterior se podrán adaptar y minimizar los efectos negativos del cambio climático en las actividades económicas.

La estrategia implementada en la investigación para administrar el riesgo climático es el derivado climático debido a que a través de éste es posible transferir el riesgo climático inherente. Además, el futuro sobre el promedio de precipitación permite asegurar utilidades y, por ende, minimizar posibles pérdidas, siendo el efecto más importante la minimización de la incertidumbre del daño ya que reduce los gastos no planeados, es decir, reduce los costos de mantenimiento y administrativas por cambios en el clima.

Además de lo anterior, los derivados climáticos tratan de cubrir riesgos de alta frecuencia y bajo impacto relativo, a diferencia de los contratos de seguros sobre riesgos naturales pues cubren riesgos de alto impacto y poca frecuencia. Por otro lado, en el caso de derivados climáticos, no se debe demostrar que se ha sufrido daño, y otorgan flexibilidad al usuario para poder cerrar la posición antes del vencimiento en caso de no ser favorable el resultado. (Monjas, 2010).

3.2.2. Medición del impacto a través de escenarios simulados

Esta sección trata sobre cuantificar el impacto del cambio climático en las empresas a través de escenarios simulados. Este método permite a las empresas predecir, comparar y optimizar el comportamiento de sus procesos simulados en un tiempo muy breve sin recurrir al costo real ni correr el riesgo de llevarlos a cabo, haciendo posible la representación de los procesos, recursos, productos y servicios en un modelo dinámico (Fullana & Urquía, 2001). El objetivo principal es obtener mediante la realización de muchas combinaciones de procesos, un gran número de

escenarios y de posibles resultados que proyectan alternativas sobre el posible impacto de los riesgos expuestos.

Debido a que la estrategia se basa en la implementación de un futuro cuyo subyacente es el promedio de la precipitación, se analizan 3 posibles escenarios en donde se proyectan las estimaciones sobre la demanda y los costos de mantenimiento y administrativos realizados a través de las regresiones múltiples respecto al impacto sobre el posible comportamiento del clima: el primer escenario es cuando el promedio de la lluvia baja; el segundo cuando el promedio de la lluvia se mantiene; y el tercero, cuando el promedio de la lluvia sube respecto a su media. La posición del contrato es corta o de venta con expectativas del comportamiento del nivel de precipitación a la baja. Lo anterior debido a que los cambios climáticos no previstos afectan las expectativas de oferta y demanda de vuelos y pasajeros, provocando un encarecimiento de los insumos como un abaratamiento del costo del boleto.

3.2.2.1. Simulación de escenarios simulados ante cambios anómalos de temperatura

En esta sección se establecen tres escenarios donde se analiza el cambio en el comportamiento del clima. De acuerdo con (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), se estima que, para los próximos 20 años, se proyecta un calentamiento de unos 0.2°C por decenio para una gama de escenarios de emisiones IE-EE¹⁰. Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y de aerosoles se hubieran mantenido constantes en los niveles del año 2000, podría esperarse un calentamiento inferior de 0.1°C aproximadamente por decenio. Por lo tanto, si se mantienen las emisiones de gas de efecto invernadero al ritmo actual o a uno superior causarían un calentamiento mayor e inducirían muchos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, que muy probablemente superarían a los observados durante el siglo XX.

Con base en las proyecciones realizadas a través de la simulación del comportamiento o variabilidad en el clima, el (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), concluye que:

- Es muy probable que los fenómenos de calor extremo, olas de calor y fuertes precipitaciones continuarán volviéndose más frecuentes
- Sobre la base de una gama de modelos, es probable que los ciclones tropicales (tifones y huracanes) futuros sean más intensos, con vientos de mayores velocidades máximas y precipitaciones más intensas asociadas

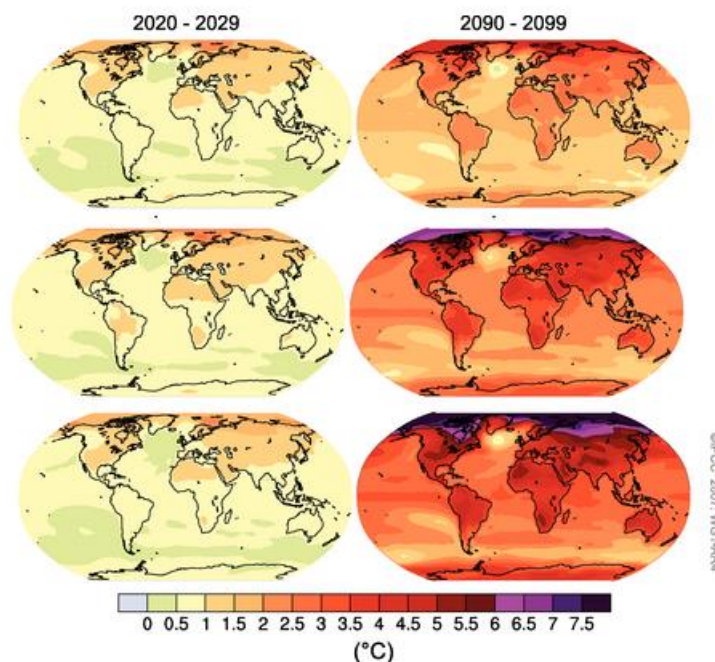
¹⁰ IE-EE se refiere al Informe Special Report on Emission Scenarios (2000) del IPCC.

con los aumentos que están ocurriendo en las temperaturas de la superficiales de los mares tropicales. Hay menos confianza en las proyecciones de una disminución mundial en el número de ciclones tropicales. El aumento aparente en la proporción de las tormentas muy intensas desde 1970, en algunas regiones, es mucho mayor que el simulado en los modelos actuales para este período.

- Se proyecta que el hielo marino disminuya tanto en el Ártico como en el Antártico según todos los escenarios del IE-EE. En algunas proyecciones, el hielo marino ártico de a finales del verano desaparece casi totalmente a fines del siglo XXI.
- El calentamiento antropógeno y la elevación del nivel del mar continuarían durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y los retro efectos, incluso si las concentraciones de gas de efecto invernadero se estabilizasen.

En la figura 15, se muestran los cambios de temperatura proyectados para principios y finales del siglo XXI con base al periodo 1980–1999. Los paneles centrales y el derecho muestran el promedio de las proyecciones multi modelos MCGAO para los escenarios IE-EE I B1 (arriba), A1B (en el medio) y A2 (abajo) promediados en los decenios 2020–2029 (centro) y 2090–2099 (derecha). Los paneles a la izquierda muestran las incertidumbres correspondientes como probabilidades relativas del calentamiento medio mundial estimado en varios estudios de MCGAOs y del Modelo del Sistema Terrestre de Complejidad Intermedia para los mismos periodos. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

Figura 15. Proyecciones de las Temperaturas de la Superficie.



Fuente: Informe del Grupo de Trabajo I - Base de las Ciencias Físicas, IPCC
https://ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/figure-spm-6.html

Para América Latina, el (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), proyecta un impacto en la vegetación semiárida iría siendo sustituida por vegetación de tierras áridas. Además, se podrían experimentar pérdidas de diversidad biológica importantes con la extinción de especies en muchas áreas de América Latina tropical. La productividad de algunos cultivos importantes disminuiría, y con ella la productividad pecuaria, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. Los cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían notablemente a la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico, sin dejar a un lado la producción industrial debido a la estimada disminución de la demanda de energía para calefacción; aumento de la demanda de refrigeración; disminución de la calidad del aire en las ciudades; menores dificultades para el transporte a causa de la nieve o del hielo; efectos sobre el turismo de invierno.

Con base en la evidencia presentada en las estimaciones del IPCC sobre cambios en la temperatura, se decide analizar el impacto del cambio climático en la economía a través de tres escenarios críticos en donde el promedio de precipitación aumenta, disminuye y se mantiene respecto a su media histórica. En el primer escenario se plantea cuando el nivel de precipitación (lluvia) disminuye; el segundo escenario cuando el nivel de precipitación (lluvia) se mantiene; y, por último, cuando el nivel

de precipitación (lluvia) aumenta respecto a su media histórica, pues de esta manera se pondrá a prueba el impacto que puede tener el comportamiento del clima en las operaciones de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas. Además de simular escenarios, se estiman los movimientos en la demanda de vuelos por parte de pasajeros y de los costos adicionales (mantenimiento y administrativos) a través de regresiones múltiples y de análisis de sensibilidades de costos y demanda.

A continuación, se exponen los tres escenarios analizados:

Escenario 1, el promedio de la lluvia sube respecto a su media: Este acontecimiento se presenta cuando en la temporada de lluvias, a causa del cambio climático, las lluvias se intensifican respecto años anteriores, derivando en huracanes, ciclones e incluso ondas gélidas. Dichos acontecimientos provocan un cambio en la demanda hacia la baja, desincentivando a los consumidores a comprar boletos debido al mal clima, produciendo que la empresa absorba sus costos fijos, generando pérdidas y obligándolas a disminuir el precio de los boletos de avión (siempre y cuando la empresa se encuentre en un mercado competitivo).

Si bien la cantidad de vuelos presupuestados que la empresa tenía previsto para esta temporada será mayor al que realmente demandaran sus clientes, generando pérdidas a la empresa. Además, las empresas tienen un costo fijo, cuando la demanda baja, el costo fijo debe ser absorbido por la empresa implicando que el margen comercial (utilidad) de la empresa se vea afectando.

Escenario 2, el promedio de la lluvia se mantiene respecto a su media: Este escenario se presenta cuando el comportamiento del clima es similar a los años anteriores. De esta forma, el riesgo al que las aerolíneas están expuestas es menor respecto al escenario 1. La estrategia implementada en derivados climáticos como cobertura no traerá ni pérdidas ni ganancias, y las empresas mantendrán su margen comercial.

Escenario 3, el promedio de la lluvia disminuye respecto a su media: este escenario se presenta cuando la temporada de lluvias no es tan intensa, por lo que los consumidores se ven incentivados a viajar, por consiguiente, la demanda de boletos aumenta. Sin embargo, la capacidad instalada de las aerolíneas puede que no cubra con la demanda, haciéndola rentar más aviones y contratar más empleados, o incluso en su defecto, pagar horas extras a empleados, con el fin de cubrir esa demanda adicional; lo cual trae como consecuencia el aumento de costos fijos; dicho aumento en los costos fijos, bien pueden ser trasladados a los consumidores, pero dependería de qué tanto estén dispuestos los clientes a pagar. Sin embargo, las empresas se encuentran en un mercado competitivo, donde los precios tienden

a ser similares a los de la competencia, la empresa estaría en riesgo de perder a sus clientes si eleva demasiado el precio del boleto de avión respecto a su competencia.

El aumento no previsto en la demanda puede sobrepasar la capacidad instalada de la empresa para prestar el servicio (en este caso resultarían la falta de vuelos), lo cual además de afectar la rentabilidad de la empresa, afecta al consumidor de dicho servicio.

3.2.3. Cuantificación de pérdida potencial

En esta sección se cuantifica la pérdida obtenida por la simulación de los tres escenarios planteados. Mediante la simulación de los escenarios se observa el impacto de los cambios en el clima, es decir, los escenarios ayudan a identificar resultados negativos y positivos provocados por el cambio en el clima, y son precisamente estos resultados los que se cuantifican como pérdida potencial por cambios en el clima. Por lo tanto, para este caso, la simulación de los escenarios determina las áreas con mayor afectación por cambio en el clima.

3.3. Fase III: Análisis de estrategias de cobertura

En esta fase se analiza la mitigación del riesgo climático. Para esta investigación se plantea utilizar una cobertura contra los daños que puede generar el comportamiento del clima.

3.3.1. Implementación de la mejor estrategia de cobertura en empresas del sector transportes subsector líneas aéreas

En esta sección se implementa una estrategia de cobertura climática, los contratos de derivados climáticos que actúan como estrategia contra el comportamiento incierto del clima. Dado que el riesgo climático para las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas es el aumento de cantidad de precipitación, que trae como consecuencia la baja en la demanda, se está teniendo expectativas de disminución del promedio de precipitación, por lo tanto, se considera tomar la posición de venta con el fin de recibir liquidaciones de posiciones favorables, pues la ganancia y la pérdida están limitadas al valor del contrato, siempre y cuando el promedio de precipitación disminuya.

Se tomará como base del valor del contrato de derivados, los contratos listados en la Bolsa de Chicago, Chicago Mercantile Exchange, (CME por sus siglas en inglés) establece como unidad de contrato “\$USD 20 veces el índice de días de grado CME (CDD) respectivo”, que para esta investigación se trata sobre el promedio de precipitación, es decir, que cada punto del promedio de precipitación tiene un valor de 20 dólares, tomando el tipo de cambio 19 MXN= 1 USD¹¹. Así mismo, el valor del contrato de futuros climáticos será 380 veces el valor del promedio de precipitación. De esta forma, con base en la pérdida potencial calculada se divide entre el valor del contrato para establecer el número de contratos requeridos para cubrir dicha pérdida.

3.3.2. Compensación de pérdidas potenciales con la estrategia de cobertura

Con base en la pérdida potencial calculada, se pactan contratos de derivados climáticos con el fin de compensar resultados negativos obtenidos por el comportamiento del clima en las operaciones, es decir que, las pérdidas obtenidas y los costos adicionales se compensarán por las ganancias obtenidas por el contrato de derivados climáticos.

La finalidad de esta estrategia es compensar con las liquidaciones recibidas a través del mercado de futuros la pérdida económica originada por la disminución de la demanda y por un mayor costo fijo como consecuencia del cambio climático.

3.4. Fase IV: Retroalimentación (monitoreo)

Una vez finalizado el contrato de derivado, se compara el rendimiento obtenido contra la pérdida potencial calculada con el fin de asegurar los resultados positivos de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas.

3.4.1. Beneficio por implementación de estrategia de cobertura

En esta sección se analiza la factibilidad de implementar derivados climáticos como estrategia de cobertura de riesgos climáticos en las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas. Además, de ser una opción para lograr mitigar el riesgo a manera de compensar los rendimientos del contrato con las posibles pérdidas por

¹¹CME 2018, https://www.cmegroup.com/trading/weather/temperature/us-monthly-weather-cooling_contract_specifications.html

los cambios en el comportamiento del clima de manera eficiente. Esta estrategia permite identificar de manera más precisa los riesgos a los que se está expuesto, es decir, las vulnerabilidades, y poder tener noción sobre las pérdidas potenciales para poderlas hacer frente. Además, los derivados climáticos otorgan la flexibilidad de adaptarse a las pérdidas potenciales esperadas y a facilitar la administración del riesgo.

3.5. Conclusión Capitular

En este capítulo se expone la metodología para comprobar el posible impacto que tiene el clima en las actividades económicas, específicamente en las operaciones de las líneas aéreas, analizando desde su entorno, es decir, el clima, hasta el impacto en las actividades, concluyendo que es posible administrar el riesgo climático con herramientas, siempre que las pruebas se remitan.

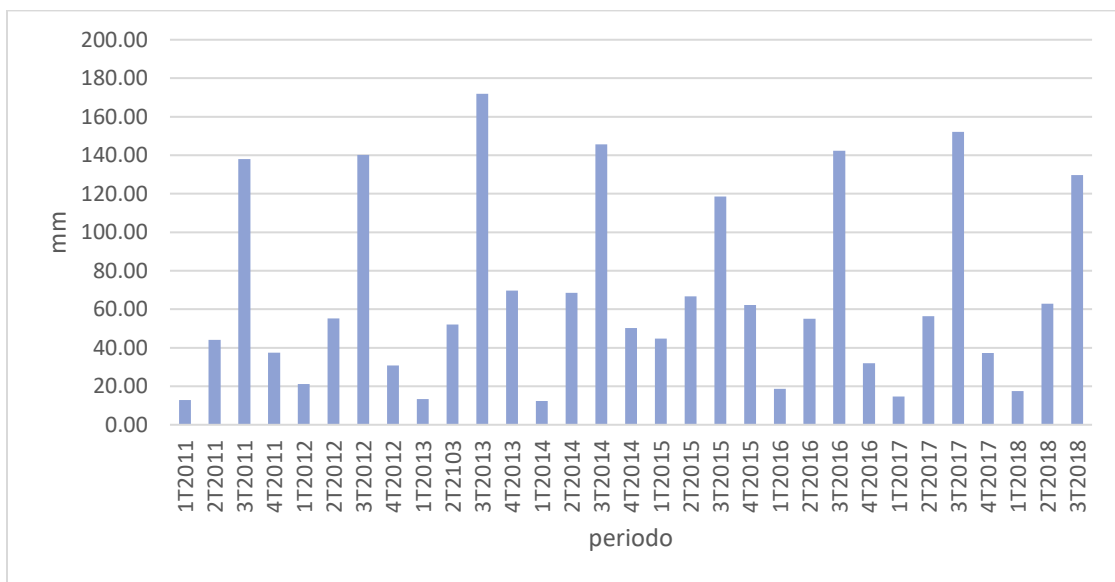
4. Capítulo 4: Resultados de la investigación

Los resultados correspondientes a cada una de las fases de la metodología implementada se describen a continuación.

4.1. Fase I: Identificación del impacto del cambio climático en las actividades económicas

En México, la temporada de lluvias se presenta durante los meses de mayo a septiembre, siendo de julio a septiembre los meses con una mayor cantidad de precipitación, como se muestra en la figura 16. Es por esta razón que se consideró analizar el tercer trimestre del 2018 debido a que durante esos meses es más intensa la temporada de lluvias y es más probable percibir la sensibilidad de los costos ante cambios en el clima, en este caso la cantidad de lluvia que cae en México.

Figura 16. Precipitación histórica nacional ANUAL (mm).

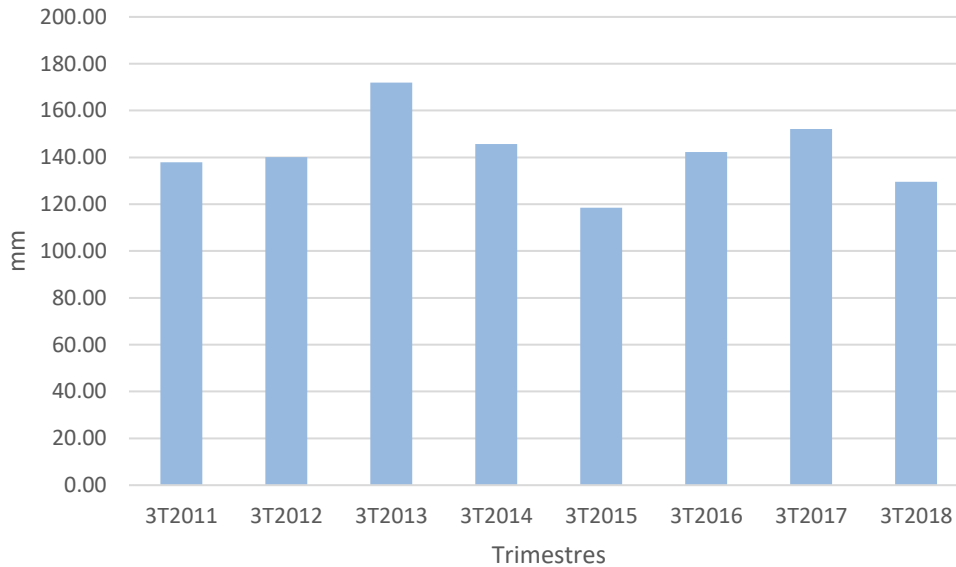


Fuente: Elaboración con datos de CONAGUA y SMN, 2018.

En esta sección se analiza el comportamiento histórico de precipitación en el país, destacando que, durante los últimos años, la lluvia ha mostrado un comportamiento cambiante, como se muestra en la figura 17. Se aprecia que durante los terceros trimestres (julio-septiembre) de los últimos 8 años el comportamiento ha sido anómalo, es decir, que el nivel de lluvia no ha presentado una tendencia en el largo plazo y, por lo tanto, no presenta el mismo comportamiento. Sin embargo, en el

corto plazo se aprecia una tendencia alcista en el comportamiento de la lluvia, generando incertidumbre sobre el nivel de impacto en las actividades económicas.

Figura 17. Precipitación histórica nacional TRIMESTRAL (mm).



Fuente: Elaboración con datos de CONAGUA y SMN, 2018.

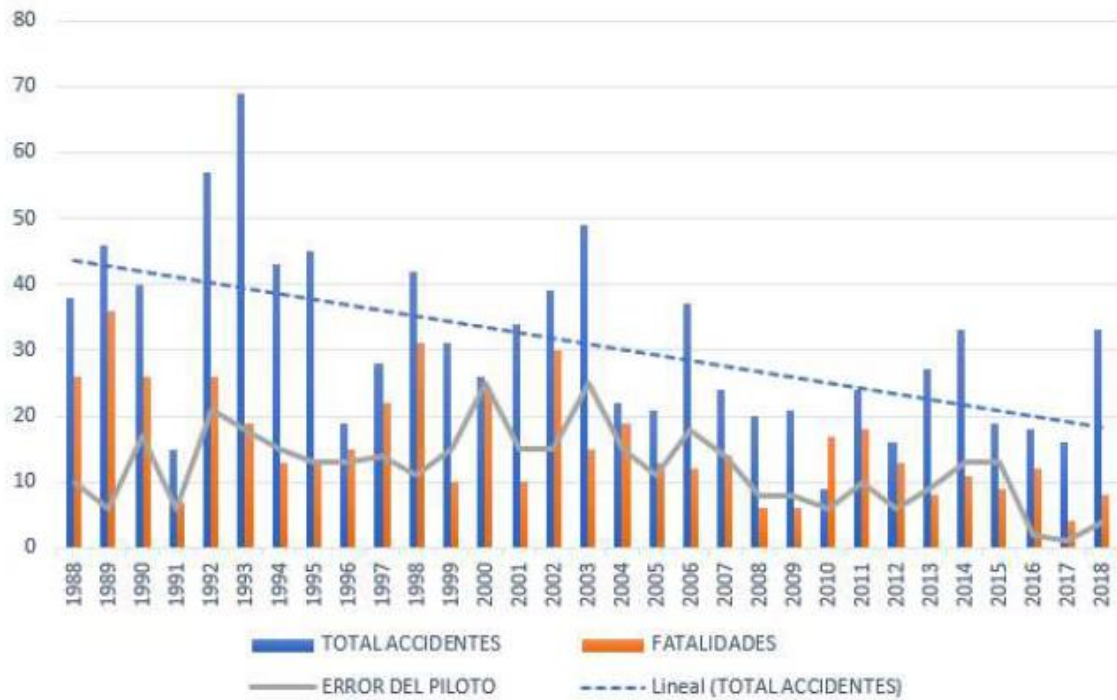
De acuerdo a las cifras obtenidas sobre los niveles de precipitación, el comportamiento de la lluvia es más fuerte durante los meses julio, agosto y septiembre, volviendo las actividades económicas más sensibles durante estos meses.

4.1.1. Identificación de riesgo climático empresas del sector transportes subsector líneas aéreas

Las operaciones de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas están expuestas a aumentos de costos debido al comportamiento natural del clima, sin embargo, esta situación se agrava debido a cambios anómalos en éste, afectando la operación de los aviones, a través del desgaste en piezas como resultado de pavimento mojado, corrosión de aluminio por calor, caída de granizo, incluso las ráfagas de aire intensas dañan los sistemas del avión y los trenes de aterrizaje, provocando accidentes, la pérdida de presión en el avión, colisiones, fallo mecánico, entre otros. Además de generar costos de mantenimiento, el clima puede generar accidentes durante la operación de los aviones.

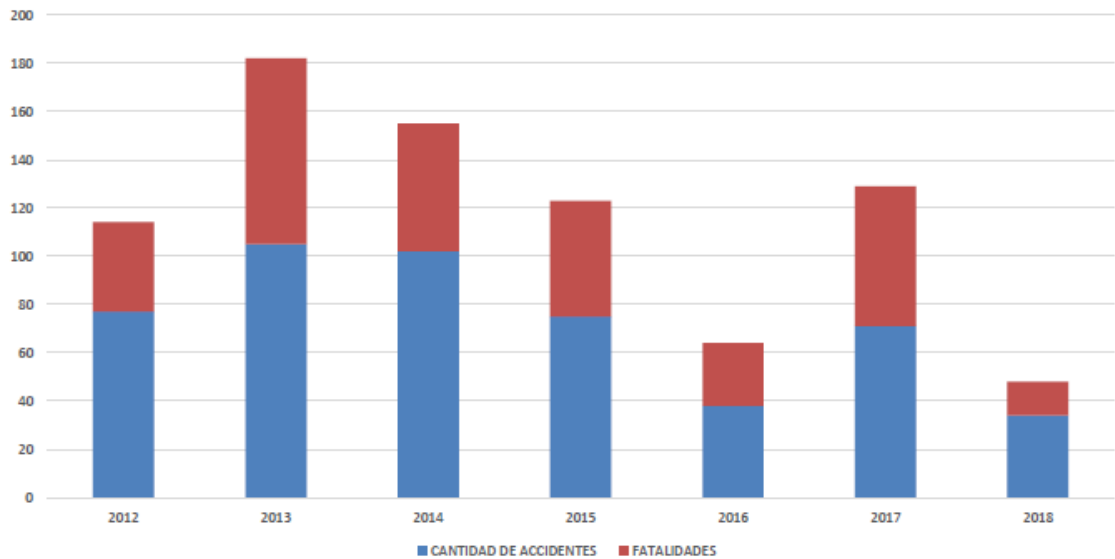
De acuerdo con cifras de la (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018, el número de accidentes a nivel mundial ha disminuido, (Figura 18), y a nivel nacional (Figura 19), se ha mantenido una tendencia a la baja. Por otro lado, analizando desde la perspectiva catastrófica, pese al alto crecimiento en el sector de aviación comercial, es importante reconocer la sensibilidad que tiene este sector al clima, ya que aumenta la posibilidad de sufrir un percance en la operación mientras más se opera o se vuela. Es por esta razón que se vuelve crucial la administración del riesgo climático en las operaciones del subsector líneas aéreas.

Figura 18. Accidentes aéreos a nivel mundial.



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018,
<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/5-estadisticas/53-estadistica-operacional-de-aerolineas-traffic-statistics-by-airline/>

Figura 19. Accidentes a nivel nacional.



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018,
<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/5-estadisticas/53-estadistica-operacional-de-aerolineas-traffic-statistics-by-airline/>

Por lo tanto, las operaciones de las líneas aéreas se vuelven sensibles y vulnerables al comportamiento del clima pues propicia pérdidas materiales y monetarias, es decir, que generan costos por mantenimiento adicionales y costos inesperados que son difíciles de contemplar debido al comportamiento del clima. Además, con base en el análisis sobre las compensaciones que deben realizar las líneas aéreas por concepto de retrasos en vuelos en el la sección 3.1.1 del capítulo 3, estas compensaciones fungen como base para contemplar que puede existir sensibilidad en los costos y gastos de las operaciones de las líneas aéreas debido a cambios en el comportamiento del clima.

Por último, la demanda de vuelos también es afectada debido a cambios en el clima, provocan un cambio en la demanda hacia la baja o hacia la alza, desincentivando o incentivando a los consumidores a comprar boletos debido clima, produciendo que la empresa absorba sus costos fijos, generando pérdidas y/o obligándolas a disminuir el precio de los boletos de avión.

4.1.2. Exposición y sensibilidad al riesgo climático

Esta sección se enfocó al análisis de sensibilidad del impacto y exposición, enfocándose a los cambios en la demanda de las aerolíneas, producto del cambio del clima, con el fin de dimensionar los ingresos que podrán recibir o dejar de recibir las empresas por cada punto de desviación frente al promedio de precipitación. Además, se analizaron los costos adicionales tanto operativos como administrativos provocados por la sensibilidad al clima.

4.1.2.1. Análisis de exposición y sensibilidad de demanda

Se determinó una regresión lineal múltiple con el fin de estimar el comportamiento de la demanda respecto a cambios en el comportamiento del promedio de precipitación mensual determinado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Con ayuda del programa estadístico EViews-7 se ejecutó el cálculo de una regresión lineal múltiple tomando en cuenta las variables explicadas con anterioridad con el fin de determinar la relación que guardan las variables respecto a la demanda de pasajeros, los resultados se aprecian en la figura 20, donde se resalta el periodo de análisis y el método de mínimos cuadrados utilizado.

La ecuación resultante para la regresión fue la siguiente:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$$

Donde:

Y_i = Demanda de Pasajeros Aeropuerto Benito Juárez (DEMAMDACDMX)

β_1 = PIB sector transportes (índice) trimestral (PIB)

β_2 = Precipitación México trimestral (LLUVIA)

β_3 = Índice de Puntualidad (INDICEP)

Con el fin de validar el modelo econométrico se realizaron pruebas a los resultados obtenidos, presentando su análisis a continuación:

Prueba de multicolinealidad

El modelo no presenta multicolinealidad debido a que tiene una R^2 alta y una t significativa, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (consiste en que no existe multicolinealidad en el modelo) ya que valor $p > 0.05$, tal como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Regresión Lineal Múltiple de Demanda de vuelos.

Dependent Variable: LOG(DEMANDACDMX)
Method: Least Squares
Date: 03/01/19 Time: 04:58
Sample (adjusted): 2011Q4 2018Q2
Included observations: 27 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	25.24634	0.627200	40.25243	0.0000
PIB(-3)	1.98E-06	3.13E-07	6.329413	0.0000
INDICEP(-2)	-1.604324	0.500521	-3.205308	0.0039
LLUVIA	0.001079	0.000450	2.397205	0.0255

R-squared	0.785619	Mean dependent var	26.01646
Adjusted R-squared	0.757656	S.D. dependent var	0.211598
S.E. of regression	0.104166	Akaike info criterion	-1.549704
Sum squared resid	0.249564	Schwarz criterion	-1.357728
Log likelihood	24.92100	Hannan-Quinn criter.	-1.492619
F-statistic	28.09513	Durbin-Watson stat	2.185203
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

Prueba de normalidad

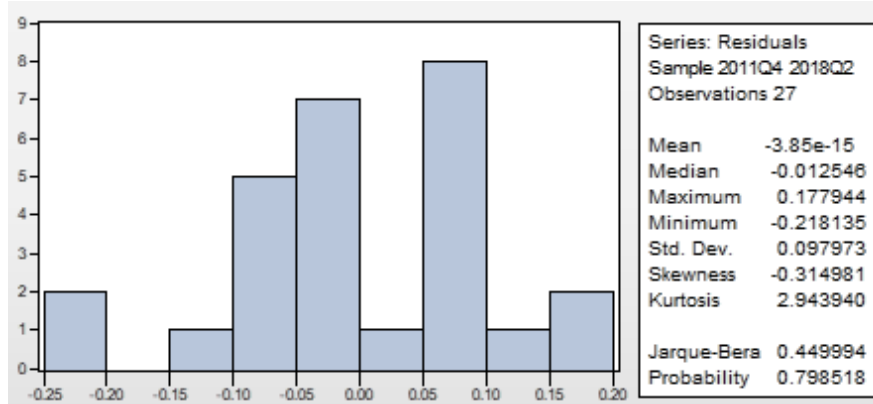
La gráfica, como se muestra en la figura 21, es similar a la gráfica de la normal, y a través de la fórmula de Jarque-Bera es comprobado, donde establece que, de acuerdo con el valor de Chi-cuadrada= 5.991464547, si el valor de Jarque-Bera es:

Si $X^2 > JB$ se acepta H_0 : Normalidad de residuales

Si $X^2 < JB$ se acepta H_a : No normalidad en residuales

Por lo tanto, el valor de $JB = 0.44$., entonces se acepta la hipótesis nula donde se establece que hay normalidad en los residuales.

Figura 21. Prueba de Normalidad



Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

Prueba de heteroscedasticidad

Esta prueba arrojó, con datos no cruzado y cruzados un valor p superior a 0.05 y una prueba F significativa, donde establece que el modelo es eficiente, como se muestra en la figura 22 y 23:

Figura 22. Prueba de heteroscedasticidad datos cruzados

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	2.974866	Prob. F(9,17)	0.0253
Obs*R-squared	16.51428	Prob. Chi-Square(9)	0.0569
Scaled explained SS	11.64771	Prob. Chi-Square(9)	0.2339

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 09/12/19 Time: 22:03
Sample: 2011Q4 2018Q2
Included observations: 27

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.831878	1.770409	3.294084	0.0043
PIB(-3)	-3.40E-06	2.38E-06	-1.427416	0.1716
PIB(-3)^2	4.74E-14	9.11E-13	0.052006	0.9591
PIB(-3)*INDICEP(-2)	3.67E-06	9.96E-07	3.684012	0.0018
PIB(-3)*LLUVIA	1.01E-09	9.05E-10	1.121304	0.2777
INDICEP(-2)	-9.129175	2.961182	-3.082950	0.0067
INDICEP(-2)^2	3.013332	1.530732	1.968556	0.0655
INDICEP(-2)*LLUVIA	0.001070	0.001589	0.673529	0.5097
LLUVIA	-0.002057	0.001824	-1.128125	0.2749
LLUVIA^2	9.04E-08	1.28E-06	0.070729	0.9444

Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

Figura 23. Prueba de Heteroscedasticidad datos no cruzados

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.955383	Prob. F(3,23)	0.4304
Obs*R-squared	2.991789	Prob. Chi-Square(3)	0.3929
Scaled explained SS	2.110143	Prob. Chi-Square(3)	0.5499

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 09/12/19 Time: 22:04
Sample: 2011Q4 2018Q2
Included observations: 27

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.014002	0.039153	-0.357610	0.7239
PIB(-3)^2	9.48E-15	1.86E-14	0.508512	0.6159
INDICEP(-2)^2	0.022020	0.036719	0.599675	0.5546
LLUVIA^2	-5.30E-07	3.16E-07	-1.678222	0.1068

R-squared	0.110807	Mean dependent var	0.009243
Adjusted R-squared	-0.005175	S.D. dependent var	0.013133
S.E. of regression	0.013167	Akaike info criterion	-5.686304
Sum squared resid	0.003987	Schwarz criterion	-5.494329
Log likelihood	80.76511	Hannan-Quinn criter.	-5.629220
F-statistic	0.955383	Durbin-Watson stat	2.209804
Prob(F-statistic)	0.430419		

























Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

Prueba Autocorrelación

Esta prueba demostró que de acuerdo con el correlograma no se tiene problemas de orden ya que las observaciones no sobrepasan las bandas de confianza, como se muestra en la figura 24:

Figura 24. Prueba Autocorrelación

Date: 09/12/19 Time: 22:05
Sample: 2011Q4 2018Q2
Included observations: 27

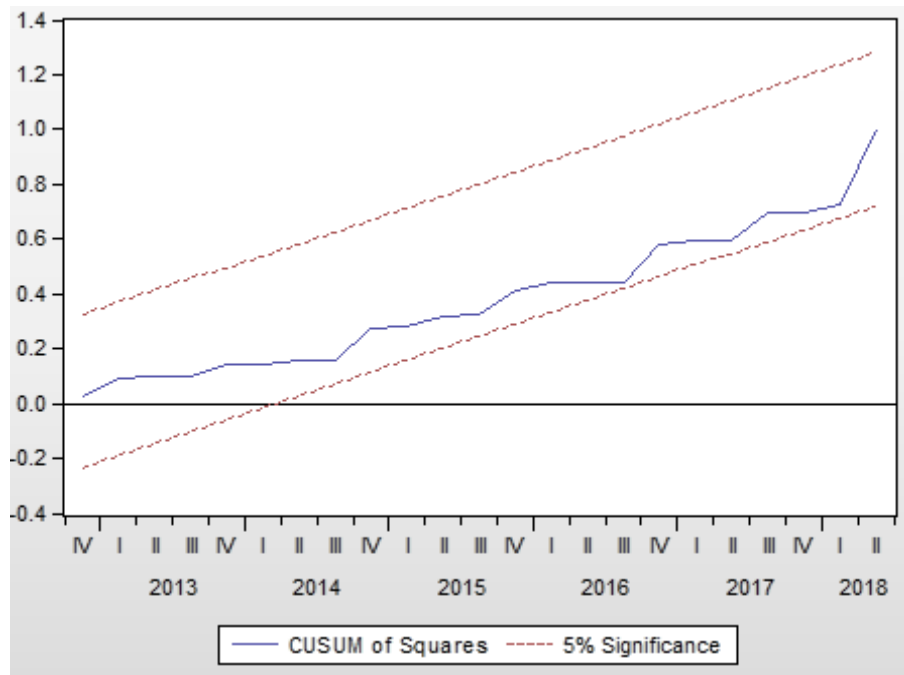
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.194	-0.194	1.1334	0.287
		2	-0.037	-0.077	1.1753	0.556
		3	-0.178	-0.209	2.2047	0.531
		4	0.570	0.530	13.270	0.010
		5	-0.183	-0.043	14.461	0.013
		6	-0.127	-0.174	15.059	0.020
		7	-0.271	-0.252	17.924	0.012
		8	0.321	-0.092	22.164	0.005
		9	-0.112	0.009	22.709	0.007
		10	-0.071	0.063	22.939	0.011
		11	-0.279	-0.091	26.742	0.005
		12	0.211	-0.083	29.069	0.004

Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

Prueba de estabilidad

La prueba de cuadrados de CUSUM, mostrada en la figura 25, arrojó estabilidad en el modelo debido a que la trayectoria de las variables se encuentra dentro de las bandas de confianza,

Figura 25. Prueba de estabilidad



Fuente: Regresión obtenida a través del software EViews-7

En la tabla 7 se muestra un resumen sobre las pruebas descritas anteriormente:

Tabla 7. Resumen de resultados Pruebas regresión

Prueba	Interpretación
Multicolinealidad	Valor menor a 0.05, lo cual ratifica que el modelo es eficiente.
Normalidad de Jarque-Bera	Valor mayor a la distribución χ^2 con 2 grados de libertad (valor en tablas de χ^2 , 5.99) y valor p significativa, es decir, menores a 0.05%.
Prueba de heteroscedasticidad de White con datos cruzados y no cruzados	Valor p mayor a 0.05% y prueba distribución F significativa, es decir que el modelo es eficiente.
Prueba de autocorrelación	Parámetros significativos dentro de las bandas de confianza.
Prueba de estabilidad, mediante la prueba de cuadrados CUSUM	Las variables no sobrepasan las bandas de confianza. Dando estabilidad a la estimación de variables.
R^2 (Correlación entre variables)	Existe una relación positiva entre las variables, siendo significativa esta prueba.

Fuente: software EViews-7

Las pruebas efectuadas en el modelo econométrico revelan que las variables independientes no muestran dependencia entre sí, tienen correlación positiva y alta, además de estabilidad en las variables, haciendo eficiente el modelo, es decir, que es confiable el modelo para la estimación de las variables y su relación entre ellas.

El análisis de sensibilidad sobre datos históricos arroja los coeficientes de la ecuación de la regresión e indica el porcentaje de explicación respecto a la variable dependiente, es decir, la explicación en la demanda. Por lo tanto, la regresión indica el porcentaje de sensibilidad (cambio) de la demanda respecto al promedio de precipitación, el producto interno bruto y el índice de puntualidad de las líneas aéreas. En síntesis, se manifiesta que, por cada aumento de un punto en el promedio de precipitación, la demanda de pasajeros disminuye 2.55%, a la elasticidad presentada en el servicio por parte de los consumidores.

4.1.2.2. Sensibilidad de costos y gastos operativos

Para continuar con el análisis de exposición y sensibilidad al riesgo climático, en la sección 3.1.2.1 del capítulo 3 se analizó la sensibilidad de los costos y gastos operativos debido a cambios en el clima. Este análisis se realizó tomando en cuenta las variables como la fuerza de trabajo invertida por parte de la línea aérea, el combustible (turbosina), el mantenimiento de las aeronaves, servicios de tráfico y escalas, servicios a pasajeros, (en este caso son servicios tanto contemplados como los gastos por compensaciones en vuelos con salidas retrasadas), gastos por renta de equipo de vuelo, gastos de venta, mercadotecnia y distribución, entre otros. De acuerdo con datos obtenidos de la Comandancia de la Dirección General de Aeronáutica Civil, los costos y gastos anteriores tienen gran sensibilidad al comportamiento del clima debido a que el giro central del negocio se desarrolla en el aire, resaltando que, de acuerdo con cifras del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, el 9.1% de los vuelos retrasados se deben a condiciones meteorológicas. Por lo tanto, cada cambio en el clima trae como consecuencia un gasto adicional.

Si bien, en cada vuelo es necesario tener información sobre el comportamiento del clima, sobre la temperatura a lo largo de la ruta del vuelo, la humedad, la altura adecuada a la que deben estar el avión, los fenómenos climáticos a los que se podrían enfrentar, turbulencias o corrientes de chorro, precipitación, neblina, ceniza volcánica, entre otros, son factores por considerar ya que estos pueden impactar desde un grado menor hasta el 100% del desempeño de la operación. Lo anterior, debido a que presentan cambios en el comportamiento del clima como lluvias más intensas o neblina que impide tener buena visibilidad al aterrizar, lo cual podría generar cambios de ruta, lo que trae consigo el consumo adicional de combustible, el cual no estaba previsto. Otro factor que se vuelve importante es el peso del avión, debido a que la temperatura afecta proporcionalmente el peso, ya que, a mayor temperatura, menor es el peso de carga y combustible que puede soportar el avión, afectando directamente el rendimiento de la operación. Es por esta razón que se vuelve esencial el control del riesgo climático en este sector.

4.2. Fase II: Gestión del riesgo climático

Esta sección se trata sobre la gestión del riesgo climático a través de la utilización de instrumentos financieros enfocados a la cobertura de repercusiones económicas generadas por la sensibilidad al clima.

4.2.1. Selección de método para mitigar la exposición del riesgo

En esta sección se implementa el instrumento financiero destinado a cubrir el riesgo climático, denominado derivado climático, pues por ser el instrumento más eficiente debido al tipo de coberturas y a las ventajas que otorga respecto a otros instrumentos enfocados en coberturas.

En muchas ocasiones, las empresas optan por contratar un seguro contra incendios, contra plagas, lluvias, heladas, etc., con el fin de transferir el riesgo de estas situaciones. Sin embargo, en los contratos de seguros suelen tener primas altas y la probabilidad de ocurrencia es baja y el riesgo es alto, agravando la incertidumbre del riesgo, es por esta razón que las empresas prefieren mitigar el riesgo al que están expuestas. A diferencia de un seguro, los derivados climáticos cubren incertidumbres en el clima con alta probabilidad de ocurrencia, pero con riesgo bajo.

Estructura del derivado climático

El contrato del derivado climático tiene una estructura similar a la de un derivado financiero ordinario, sin embargo, el activo subyacente es el que cambia debido a la naturaleza de la cobertura a la que se enfoca.

Para los fines de esta investigación se describe la estructura del derivado climático, un futuro cuyo subyacente sería el clima, con los siguientes elementos en la tabla 8:

Tabla 8. Estructura del derivado climático (futuro)

Activo subyacente	Variable climática, ejemplo: calor, lluvia, nieve, viento, etc. Dicha variable climática debe ser medida por una estación climática de referencia.
Estación climática de referencia	Medición/observación de las variables climáticas. Para esta investigación se tomó el promedio de precipitación mensual determinado por la CONAGUA y el SMN
Índice Climático	El índice define la medida climática del contrato, es decir, un indicador que mide las variaciones y/o fluctuaciones de las variables climáticas en un periodo dado respecto al promedio histórico, por ejemplo: los índices climáticos más utilizados en el mundo son Heating Degree Days (HDDs) y Cooling Degree Days (CDDs).

	Además, también puede ser utilizado como referencia un promedio calculado por una estación climática de referencia. Para esta investigación se tomó el promedio de precipitación mensual.
Costo del contrato	Precio de ejercicio, determinado por el mercado en función del valor de la variable climática y/o del valor del índice climático. Tamaño del contrato, determinado por el mercado que en el caso del Chicago Mercantile Exchange (CME) es \$20 USD por un punto del índice Heating Degree Days (HDDs) y Cooling Degree Days (CDDs). Para esta investigación se tomó la misma estructura del contrato negociado en CME, con la diferencia de utilizar el promedio de precipitación mensual como índice, es decir, se determina el tamaño del contrato multiplicando el promedio de precipitación mensual por los 20 dólares.
Período del Contrato	Periodo establecido por estaciones climáticas del año siendo los más negociados invierno (del 1ro de noviembre al 31 de marzo) y verano (del 1ro de mayo al 30 de septiembre) y mensuales. Sin embargo, los contratos se negocian de acuerdo con las necesidades de los contratantes.

Fuente: elaboración propia con datos de Chicago Mercantile Exchange (CME)

Principales participantes en el mercado climático

Los usuarios de derivados financieros tradicionales son empresas o personas que requieren de una cobertura contra los riesgos a los que se encuentran expuestos. En el caso de los derivados climáticos, los participantes buscan obtener las mismas coberturas, sin embargo, el fin que buscan es cubrirse específicamente contra el comportamiento del clima. Los principales participantes en este mercado incluyen servicios públicos y compañías de seguros, empresas públicas y privadas cuyos costos y / o ingresos dependen de las condiciones climáticas.

4.2.2. Medición del impacto a través de escenarios simulados

En esta sección se establece la simulación de escenarios planteados con el fin de medir el impacto que tiene el clima en las operaciones de las empresas.

4.2.2.1. Simulación de escenarios de cambios anómalos de precipitación

A continuación, se describen los resultados en cada escenario planteado por el cambio en el comportamiento del clima.

Escenario 1: el promedio de la lluvia sube respecto a su media

El análisis inicia con la estimación de los cambios en la demanda de cada aerolínea como se muestra en la tabla 9, con el fin de dimensionar los ingresos que podrá recibir o dejar de recibir cada empresa. Se estima un cambio en la demanda a la baja del 2.55% con base en la regresión lineal múltiple calculada con anterioridad, además, debido a la baja elasticidad presentada en el servicio por parte de los consumidores, es decir, que la demanda no es tan sensible ante cambio en el comportamiento del clima.

Tabla 9. Disminución de la demanda, escenario 1

Aerolínea	Pasajeros vuelos nacionales 2T2018 miles de pesos A	Disminución estimada en la demanda		Ingresos estimados por disminución en la demanda miles de pesos Δ demanda
		B	$A-B=\Delta$ demanda	
Aeroméxico	8,926,000	2.55%	227,613	8,698,387
Vuela	7,319,000	2.55%	186,634	7,132,366
Interjet	6,110,000	2.55%	155,805	5,954,195

Fuente: elaboración con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

En este escenario se estima que, al subir el promedio de lluvia, la demanda disminuye un 2.55% (por la incidencia en los accidentes que se presentan cuando hay mal clima), respecto a la demanda histórica.

Escenario 2: el promedio de la lluvia se mantiene respecto a su media

El riesgo al que las aerolíneas están expuestas es menor respecto al escenario 1. La estrategia implementada en derivados climáticos como cobertura no traerá ni pérdidas ni ganancias, y las empresas mantendrán su margen comercial. Por lo tanto, la demanda no cambiará o no será muy sensible al clima debido a su comportamiento similar. Sin embargo, cambiará debido a otros factores, tales como el crecimiento del sector, gustos y preferencias de los consumidores, en este caso pasajeros, y por el poder adquisitivo de las personas o de la sociedad. Como se muestra en la tabla 10, el riesgo disminuye y las empresas sólo se enfrentan a los cambios habituales de demanda.

Tabla 10. Demanda escenario 2

Aerolínea	Pasajeros Vuelos nacionales 2T2018 miles de pesos A
Aeroméxico	8,926,000
Vuela	7,319,000
Interjet	6,110,000

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

Escenario 3, el promedio de la lluvia disminuye respecto a su media.

Para el análisis de este último escenario se parte de la estimación del cambio en la demanda de cada aerolínea con el fin de dimensionar los ingresos que podrá recibir cada empresa. Para este escenario se estima que, al bajar el promedio de lluvia, la demanda aumentará un 2.55% (debido a que el clima incentivará a la gente a viajar o usar los servicios aéreos), siguiendo la elasticidad de la demanda por parte de los consumidores, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Aumento en la demanda, escenario 3

Aerolínea	Pasajeros vuelos nacionales 2T2018 miles de pesos A	Aumento estimado en la demanda		Ingresos estimados por aumento en la demanda miles de pesos Δ demanda
		B	$A-B=\Delta$ demanda	
Aeroméxico	8,926,000	2.55%	227,613	9,153,613
Vuela	7,319,000	2.55%	186,634	7,505,635
Interjet	6,110,000	2.55%	155,805	6,265,805

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

4.2.3. Cuantificación de pérdida potencial

Escenario 1, el promedio de la lluvia sube respecto a su media.

Si bien las empresas tienen un costo fijo, cuando la demanda baja el costo fijo debe ser absorbido por la empresa implicando que el margen comercial (utilidad) de la empresa se vea afectado, como se muestra en la tabla 12. Es por ello por lo que se toma en cuenta el costo comercial para calcular la pérdida potencial en cada aerolínea analizada. Con base en el análisis de sensibilidad mencionado con anterioridad, se obtiene una sensibilidad de los costos y gastos operativos de 9.1% por cambios en el comportamiento del clima. De tal forma que el aumento de costos y la disminución en la demanda generan una pérdida potencial para las aerolíneas.

Tabla 12. Pérdida Potencial, escenario 1 en miles de pesos

Concepto	Aeroméxico	Vuela	Interjet
Ingresos al 2T2018	8,926,000	7,319,000	6,110,000
(+) Costo y Gastos operativos 2T2018	7,506,000	6,170,000	5,280,000
(=) Utilidad Bruta	1,420,000	1,149,000	830,000
(-) Aumento en Costos y Gastos Operativos 9.1%	683,046	561,470	480,480
Utilidad Bruta Ajustada	736,954	587,530	349,520
(+) Disminución estimada en la demanda	227,613	186,635	155,805
Pérdida Potencial	964,567	774,165	505,325

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

Escenario 2, el promedio de la lluvia se mantiene respecto a su media.

Este escenario presentará costos y gastos neutrales ya que el promedio de precipitación se mantendrá respecto a su media, lo que implica que no habrá disminución ni aumento en éstos. Los únicos cambios que pueden presentarse en este escenario son debido a otros factores, tales como el crecimiento del sector, gustos y preferencias de los consumidores, costos de producción, cambios en tecnología, y por competencia. Por lo que las empresas sólo se enfrentan a los cambios habituales en los precios de los insumos.

Escenario 3, el promedio de la lluvia disminuye respecto a su media.

Si bien el costo fijo de las empresas se incrementará por la demanda de los consumidores, dicho costo también será absorbido por la empresa implicando que el margen comercial (utilidad) de la empresa se vea afectado, como se muestra en la tabla 13. Es por ello por lo que se toma en cuenta el costo comercial para calcular la pérdida potencial en cada empresa analizada.

Tabla 13. Pérdida Potencial, escenario 3 en miles de pesos

Concepto	Aeroméxico	Vuela	Interjet
Ingresos al 2T2018	8,926,000	7,319,000	6,110,000
(+) Costo y Gastos operativos 2T2018	7,506,000	6,170,000	5,280,000
(=) Utilidad Bruta	1,420,000	1,149,000	830,000
(-) Aumento en Costos y Gastos Operativos 9.1%	683,046	561,470	480,480
Utilidad Bruta Ajustada	736,954	587,530	349,520
(-) Aumento estimado en la demanda	227,613	186,635	155,805
Pérdida Potencial	509,341	400,896	193,715

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

4.3. Fase III: Análisis de estrategia de cobertura

4.3.1. Implementación de derivado climático en empresas del sector transportes subsector líneas aéreas

Por último, se utiliza como estrategia para administrar el riesgo climático, la implementación de un contrato de futuros sobre el promedio mensual de precipitación con la posición de venta cuyo precio de ejercicio sea más bajo que el promedio actual, de este modo, se recibirán liquidaciones favorables del mismo, siempre que el valor del promedio mensual de precipitaciones disminuya, como se muestra en la tabla 14. Bajo el supuesto de que el valor del contrato de futuros sobre el clima es 20 dólares por el valor del índice, aplicado para todos los escenarios.

Tabla 14. Valor del contrato climático

Aerolínea	20 USD por cada valor del índice		Valor del contrato unidades
	20 USD 19mxn*20usd	Promedio lluvia 3T de los últimos 20 años mm	
	E	F	E*F
Aeroméxico	380	147.48	56,042
Vuela	380	147.48	56,042
Interjet	380	147.48	56,042

Fuente: Elaboración propia con datos de Chicago Mercantile Exchange (CME)

4.3.2. Compensación de pérdidas potenciales con la estrategia de cobertura

Escenario 1, el promedio de la lluvia sube respecto a su media

La finalidad de esta estrategia es compensar con las liquidaciones recibidas a través del mercado de futuros, la pérdida económica originada por la disminución de la demanda y por un mayor costo fijo como consecuencia del cambio climático, ver tabla 15.

Tabla 15. Contratos de derivados climáticos, escenario 1

Aerolínea	Pérdida Potencial	Valor del contrato	No. De contratos de derivados climáticos
	PP	VC	PP/VC
Aeroméxico	964,567	56,042	17.21
Vuela	774,165	56,042	13.81
Interjet	505,325	56,042	9.02

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

Escenario 3, el promedio de la lluvia disminuye respecto a su media

Nuevamente la finalidad de esta estrategia es compensar con las liquidaciones recibidas a través del mercado de futuros, la pérdida económica originada por la disminución de la demanda y por un mayor costo fijo como consecuencia del cambio climático, ver tabla 16.

Tabla 16. Contratos de derivados climáticos, escenario 3

Aerolínea	Pérdida Potencial PP	Valor del contrato VC	No. De contratos de derivados climáticos PP/VC
Aeroméxico	509,341	56,042	9.09
Vuela	400,896	56,042	7.15
Interjet	193,715	56,042	3.46

Fuente: elaboración propia con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

4.4. Fase IV: Retroalimentación (monitoreo)

En esta sección se analiza el beneficio que brinda implementar como contratos de derivados climáticos como cobertura de riesgos, y se analiza la mitigación del impacto de dichos riesgos presentando el porcentaje de pérdidas sobre ingreso.

4.4.1. Beneficio por implementación de estrategia de cobertura

La implementación de la estrategia de administración del riesgo a través del derivado climático brinda una cobertura ante los cambios anómalos que presenta el promedio de precipitación mensual, tanto naturales como ocasionados por el cambio climático. De esta forma, los resultados esperados son positivos debido a que se logró minimizar el impacto del clima en las actividades económicas de las líneas aéreas. A continuación, se muestra el grado de impacto que se podría minimizar por la implementación del derivado climático analizado con anterioridad.

En el escenario 1, el grado de impacto en los costos y gastos que tiene el alza en el promedio de precipitación mensual representa el 10.81%, 10.58% y 8.27% respecto a los ingresos percibidos por las actividades operativas para las empresas Aeroméxico, Vuela e Interjet respectivamente, (ver tabla 17), siendo significativo el grado de impacto pues implica, en caso de no implementar la estrategia, enfrentar ese porcentaje de pérdidas. Sin embargo, debido a la implementación del derivado climático se minimiza el impacto que simboliza el clima.

Tabla 17. Porcentaje de pérdida sobre ingresos escenario 1

	Aeroméxico	Vuela	Interjet
Escenario 1	10.81%	10.58%	8.27%
Escenario 3	5.71%	5.48%	3.17%

Fuente: Elaboración con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

En el escenario 3, el grado de impacto en los costos y gastos que tiene la baja en el promedio de precipitación mensual representa el 5.71%, 5.48%, 3.17% respecto a los ingresos percibidos por las actividades operativas de la empresa Aeroméxico, S.A. de C.V., siendo significativo el grado de impacto pues implica, en caso de no implementar la estrategia, enfrentar el 5.71%, 5.48%, 3.17% de pérdidas. Sin embargo, debido a la implementación del derivado climático se minimiza el impacto que simboliza el clima.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación los beneficios que presentaría la implementación del derivado climático son la cobertura de la pérdida potencial antes calculada (ver tabla 18) ya que de resultar favorable la posición a tomar en el mercado de futuros, las pérdidas potenciales se cubrirían con las ganancias del derivado. Por otro lado, en caso de no implementar el derivado se estaría enfrentando a las posibles pérdidas potenciales sin ninguna cobertura afectando directamente los ingresos de las empresas y poniendo en riesgo las operaciones de las mismas.

Tabla 18. Porcentaje de pérdida sobre ingresos escenario 3

	Aeroméxico	Vuela	Interjet
Escenario 1	964,567	774,165	505,325
Escenario 3	509,341	400,896	193,715

Fuente: Elaboración con datos de los reportes financieros de las aerolíneas analizadas

Por lo tanto, se destaca que, los costos son más sensibles cuando el promedio de precipitación sube respecto a su media, debido a la disminución en la demanda y el aumento de producción que se propicia por esta situación. Sin embargo, a pesar de la sensibilidad, la cobertura funciona eficientemente en los escenarios planteados

pues permite resguardarse de los costos y gastos adicionales que el cambio en el clima presenta.

4.5. Conclusión capitular

En este capítulo se analizó la factibilidad de implementar el contrato de derivado climático como estrategia para administración del riesgo climático, realizando diversas pruebas con simulación de escenarios para poder medir el impacto que tiene el clima en las actividades económicas, y poder implementar el derivado climático. Los resultados concuerdan en que es factible su implementación debido a que se está administrando el riesgo climático en las actividades económicas.

Discusión y conclusión

El cambio en el comportamiento del clima ha creado la necesidad de anticiparse ante los desastres que puede generar dicho cambio. Las empresas, por su parte,

podrían identificar y adaptarse ante este comportamiento anómalo debido a que las consecuencias podrían ser negativas para sus procesos productivos, así como para sus ganancias.

El comportamiento del clima, tras una exhaustiva investigación en el sector aéreo, algunos autores, como (Hsiang, 2016), y (Hong et al., 2016), comparten la idea que éste tiene un impacto negativo en las actividades económicas de la sociedad, lo que pone en grave peligro el desarrollo de las mismas. Así mismo, cabe destacar que, así como lo plantea (Storer et al., 2017), existe vulnerabilidad en las empresas aéreas debido a los cambios en el comportamiento del clima. Además, como se aprecia en los estudios realizados por (Monjas, 2010), (Oberst, 2017), (Schlenker & Taylor, 2019), (Wang et al., 2017), (Štulec, 2017), es a través de la implementación de los derivados climáticos como cobertura del riesgo climático que se encuentra disminución en el riesgo climático.

De esta forma, identificar los procesos o habilidades vulnerables que existen en cada actividad económica podrían beneficiar a las empresas del sector líneas aéreas y más sectores con el fin de minimizar dicho impacto negativo con el fin de disminuir el riesgo climático.

Algunos autores como (Smit, Ford, et al., 2006), consideran necesario establecer estrategias encaminadas hacia la adaptación del impacto negativo que genera el comportamiento del clima en las actividades económicas, ya que de implementarlas podrían generar una mejor preparación y conciencia respecto a la resolución de estos problemas climáticos. Además, aumenta la flexibilidad de los sistemas vulnerables ya que permite actuar o corregir situaciones vulnerables en cualquier momento, y lo más importante, permitiría anticiparse a posibles problemas o cambios repentinos de manera más rápida.

El riesgo climático, aunque casi no ha sido analizado es un tipo de riesgo que provoca pérdidas en los sectores económicos y que se refleja en las ganancias de cada sector en particular. En esta investigación, se precisó la importancia de analizar las vulnerabilidades que tienen las actividades de las empresas del sector transportes subsector líneas aéreas, con el fin de poder cuantificar la pérdida potencial generada por el comportamiento anómalo del clima (riesgo climático). Siendo así, verificando la posible implementación de estrategias encaminadas a adaptar dichas vulnerabilidades que existen en las actividades económicas, con el fin de facilitar o mejorar la capacidad de enfrentar los riesgos climáticos pues mientras mejor se identifique la vulnerabilidad ante el cambio climático mejor certidumbre tendrán los rendimientos de las empresas ya que en el largo plazo el impacto será mayor. Se analizó la implementación de estrategias de administración

de riesgo como cobertura contra este riesgo, siendo los contratos de derivados climáticos los más factibles para esta situación.

Se ha desarrollado por autores como (Monjas, 2010) y (Štulec, 2017), una amplia gama de estrategias para hacer frente a los riesgos climáticos. Estas estrategias tienen aplicaciones potenciales a las vulnerabilidades generadas por el cambio climático, logrando dimensionar el daño ocasionado a través de simulaciones de escenarios o predicciones del comportamiento del clima. El desarrollo de estrategias ambientales permiten transferir el riesgo climático ya sea a través de seguros contra catástrofes o a través de diferentes estrategias financieras pues han generado un creciente interés en los mercados de seguros meteorológicos, formando oportunidades de innovación tanto en los modelos financieros como en distintos sectores como la salud y la seguridad, que no han sido explotadas en su totalidad y que de hacerlo cambiaría el modo de combatir al cambio climático sin quitarle la importancia debida, sino al contrario, incrementando la concientización de frenar el cambio climático.

La estrategia de usar contratos de derivados cuyo subyacente es el clima como cobertura para las líneas aéreas es una opción que podría lograr mitigar el riesgo que tienen las actividades de estas empresas ante cambios anómalos en comportamiento del clima, a manera de compensar los rendimientos del contrato con las posibles pérdidas por los cambios en el comportamiento del clima de manera eficiente. Esta estrategia permitiría identificar de manera más precisa los riesgos a los que está expuesta; además podría brindar noción sobre las pérdidas potenciales para poder hacerlas frente, y de esta forma se podría disminuir el riesgo generado por el comportamiento del clima. Además, los derivados climáticos otorgan la flexibilidad de adaptarse a las pérdidas potenciales esperadas y a facilitar la administración del riesgo.

De igual manera, para esta investigación se consideró utilizar como estrategia de cobertura contra el riesgo climático los contratos de seguros climáticos, sin embargo, existe una desventaja en estos contratos debido a que sólo se pueden hacer efectivos cuando sucede una catástrofe, es por esto por lo que se optó por la implementación del derivado climático ya que permite la acción anticipada como cobertura ante el impacto negativo del cambio climático en las actividades económicas. Además, con el uso de estrategias para administrar el riesgo climático se está concientizando el grave impacto que tienen las actividades económicas para incentivar el cambio climático.

Como se puede observar a lo largo de esta investigación, la implementación de instrumentos enfocados en la cobertura de riesgos climáticos puede ser ideal pero dependen de las condiciones económicas de la región donde se pretende

implementar, ya que el nivel de sensibilidad es diferente dependiendo la zona geográfica donde se encuentre, lo cual concuerda con investigaciones realizadas por los autores (Hsiang, 2016), y (Hong et al., 2016), ya que estos autores mencionan que existe vulnerabilidad en las actividades económicas debido a cambios en el comportamiento del clima de cada región en particular.

Los resultados obtenidos en esta investigación varían debido a la imposibilidad de acceso a la información histórica pues es esencial recopilar información actual sobre las variables que se tomaron en cuenta con el fin de obtener resultados confiables para realizar estimaciones sobre el comportamiento del clima por lo que esta investigación se encuentra limitada al tercer trimestre del año 2018. Por lo tanto, la implementación del derivado climático sería tan eficiente como las estimaciones calculadas lo permitan y los resultados sobre vulnerabilidades varían de acuerdo con la información histórica obtenida.

Además, debido a que este instrumento aún no se encuentra en el mercado mexicano, las reglas a las que están sujetos los derivados financieros comunes en el Mercado Mexicano de Derivados (MEXDER) no existen para estos contratos climáticos, por lo que será necesario una regulación para su correcto funcionamiento. Otro punto importante es que las bases para la implementación de este derivado climático fueron tomadas del *Chicago Mercantile Exchange (CME)*, por lo que las características de este mercado utilizadas en este contrato son diferentes a la regulación mexicana.

Los resultados presentados en esta investigación mostraron que para las empresas utilizadas en este estudio existe una correlación baja (2.55%) de sus ingresos respecto al comportamiento del clima, lo que implica que existe vulnerabilidad en el desempeño de sus actividades debido a la relación que guardan con el mismo.

Por otro lado, se analizó la sensibilidad que tienen los costos y gastos ante el comportamiento del clima las mismas empresas utilizadas en este estudio, resultando la correlación que existe entre las mismas (9.1%), lo que genera cambios en dichos costos y gastos, afectando de manera directa la operación de las empresas, comprometiendo los presupuestos y las ganancias de cada empresa.

Finalmente, la implementación del derivado climático como estrategia de administración del riesgo arroja como resultado en el escenario 1 (cuando aumenta el promedio de precipitación respecto a su media), que la empresa Aeroméxico es la más afectada debido a la cantidad de ingresos con que cuenta para enfrentar los cambios tanto en la demanda (ingresos) como en los costos provocados por el cambio en el comportamiento del clima, además su pérdida potencial representa el 10.81% respecto a sus ganancias. Sin embargo, los resultados para las empresas

Vuela e Interjet, su nivel de ingresos es inferior al nivel de ingresos de Aeroméxico y, por lo tanto, enfrentan con mayor dificultad los cambios en la demanda y en los costos y gastos. Además, sus operaciones son más sensibles para enfrentar los cambios generados en el comportamiento del clima debido a que sus pérdidas representan el 10.58% y 8.27% respectivamente, con relación a sus ingresos, volviéndose aún más volátiles sus ganancias ante cambios en el clima, aumentando la pérdida potencial de las empresas.

Así mismo, los resultados para el escenario 3 (cuando disminuye el promedio de precipitación respecto a su media), el aumento de la demanda ayuda a cubrir el aumento en los costos minorizando la pérdida. Sin embargo, la pérdida potencial sigue representando hasta un 5.71% respecto a los ingresos para Aeroméxico, por lo que la implementación del derivado climático se vuelve esencial para cubrirse contra los cambios en el comportamiento del clima. Para el caso de Vuela e Interjet la pérdida potencial representa 5.48% y 3.17%, por lo que Vuela es la empresa más sensible ante cambios en el clima debido a la pérdida potencial mayor respecto a sus ingresos. Los costos se vuelven más sensibles cuando el nivel precipitación aumenta ya que mientras menos precipitación haya, mayor es la probabilidad de que aumente la demanda y por ende las actividades de las empresas aumentaran. De modo que aumentan los ingresos, éstos mejoran la posibilidad de cubrir este aumento en gastos y, por lo tanto, disminuyen la incertidumbre que genera en las ganancias.

Como se puede observar a lo largo de esta investigación, la implementación de instrumentos enfocados en la cobertura de riesgos climáticos depende de las condiciones económicas de la región donde se pretende implementar, ya que el nivel de sensibilidad es diferente dependiendo la zona geográfica donde se encuentre. Por lo tanto, con base a los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que existe exposición en los costos y gastos de las empresas del subsector líneas aéreas al clima, y además éste puede ser disminuido si se implementan derivados climáticos como cobertura de riesgo ya que logran compensar las pérdidas potenciales derivadas de cambios en el comportamiento del clima con los rendimientos obtenidos en el mercado de derivados.

Finalmente, dado la reducida muestra que se utilizó en esta investigación se deja para siguientes investigaciones la implementación de medidas adaptativas encaminadas a cubrir los riesgos que no se cubrieron en la misma y, analizar la implementación de opciones climáticas para tener aún mayor flexibilidad con un menor riesgo.

Bibliografía

- Aguilar, A. (2017). *Fabricación De Bloques Ecológicos A Base De Material Producto De La Construcción*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alva, A. (2011). *Opciones Climáticas para el Sector Pesquero del Pacífico Mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Avila, J. (2005). *Medición y Control de Riesgos Financieros en Empresas del Sector Real*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Badillo Lascano, M. C. (2018). *Análisis del cambio climático y su incidencia en el sector agrícola en el ecuador en el año 2017*. Pontificia universidad católica del ecuador facultad de comunicación, lingüística y literatura escuela multilingüe de negocios y relaciones internacionales.
- Bartolo, I., Del Amo, S., & Ramos, M. (2011). Desarrollo sustentable, ¿Discurso político o necesidad urgente? *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de La Universidad Veracruzana*, XXIV (2), 28–30.
- Belda, C. F., & Urquía Grande, E. (2001). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación.
- Blom, J. E. (2009). *Hedging Revenues with Weather Derivatives*. Norges Handelshøyskole.
- Bonilla Hernández, M. N., & González Muñoz, O. (2011). El enfoque de la sustentabilidad en México y los Stakeholders como instrumentos de creación de organizaciones eficientes.
- Cabrera, B. L., Odening, M., Ritter, M., & Cabrera, B. L. (2013). Pricing Rainfall Derivatives at the CME Pricing Rainfall Derivatives at the CME *. *Economic Risk*.
- Cantú Martínez, P. C. (2013). Responsabilidad Social Empresarial En El Marco De La Sustentabilidad. *Economía y Sociedad*, 18(44), 21–33.
- Carrillo, G., & Hernández, R. (2011). Adaptación al cambio climático desde la industria: una visión integral. *Política y Cultura*, 36, 99–123.
- Carro-Suárez, J., Sarmiento-Paredes, S., & Rosano-Ortega, G. (2017). La cultura organizacional y su influencia en la sustentabilidad empresarial. La importancia de la cultura en la sustentabilidad empresarial. *Estudios Gerenciales*, 33(1), 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.006>
- Carter, D. A., Rogers, D. A., & Simkins, B. J. (2006). Does Hedging Affect Firm Value? Evidence from the US Airline Industry, 53–86.
- Climate Initiative, B., & Bank, H. (2017). Bonos y Cambio Climático.
- CME Group. (2015). Weather Futures and Options. *Chicago Mercantile Exchange*. Retrieved from <http://www.cmegroup.com/trading/weather/files/weather-futures-and-options-fact-card.pdf>

- Colegio de Contadores Públicos de, M. (2014). Los efectos del cambio climático y la sustentabilidad en las empresas en México. *Boletín de Investigación de La Comisión de Desarrollo Finanzas y Sistema Financiero*, 21.
- Comité Basilea. (2013), Basilea III, Coeficiente de cobertura de liquidez y herramientas de seguimiento de riesgo de liquidez. Banco de Pagos Internacionales.
- Cruz, J. S., & Llinas, A. (2009). Modelo analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/117/11716992006/>
- Cueva Duarte, F. (2014). Efectos del cambio climático en la economía, el comercio internacional y la estrategia empresarial. *Contabilidad y Negocios*, 9(18), 75–98. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=102931711&lang=es&site=ehost-live>
- Ferreiro Páramo, S. (2011). Empresa y cambio climático: retos y oportunidades de negocio.
- Fullana, C., & Urquía, E. (2001). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación.
- García, M., & Sánchez, C. (2005). Riesgo de Crédito en México: Aplicación del modelo CreditMetrics. Universidad de las Américas Puebla.
- Gómez, C. (2006). *Administración de Riesgos Climáticos en el mercado de reaseguro. Diseño y aplicación de un derivado climático para una cartera de riesgos agrícolas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez, C. (2010). El desarrollo sostenible: conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación.
- González, F., (2007). Cómo medir el riesgo operacional desde la perspectiva de Basilea II. Estrategia Financiera. Risk Intelligence Manager SAS España
- Grupo Bolsa Mexicana de Valores, B. (2017). Bonos verdes. *Grupo Bolsa Mexicana de Valores, BMV*. Retrieved from <http://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/green-bonds>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007. (2014). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC*.
- Gujarati D. (2010). *Econometría*. McGraw Hill, Quinta Edición.
- Hartmann Echegeray, S. (2009). *Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Industrial*. Universidad de Chile.
- Henríquez Vega, P. (2012). *Derivados Climáticos: Valorización De Opciones Sobre Precipitaciones*. Universidad de Chile.

- Hermosa, C. (2017). *Modelos Estadísticos para la Valuación de Derivados Climáticos en Temperatura y precipitación*.
- Hong, H., Weikai, F., & Xu, J. (2016). Climate Risks and Market Efficiency. *National Bureau of Economic Research*, 22890.
- Horia Mircea, B. (2012). Weather Derivatives: The most common pricing and valuation methods. *Bolyai University of Cluj-Napoca*.
- Hsiang, S. M. (2016). Climate Econometrics. *National Bureau of Economic Research*, 22181.
- Insurance Development, F. (2017). Understanding risk to create resilient platforms for sustainable growth and human dignity.
- Juárez-Torres, M., Sánchez-Aragón, L., & Vedenov, D. (2017). Weather Derivatives and Water Management in Developing Countries: An Application for an Irrigation District in Central Mexico. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 42(2), 146–163.
- Landa, R., Ávila, B., & Hernández, M. (2010). Cambio climático y desarrollo Sustentable para América Latina y el Caribe.
- Madrid, C. (2008). Gestión de riesgos: Análisis y cuantificación. *Análisis de Riesgos*.
- Magaña, V. (2012). Guía Metodológica Para La Evaluación De La Vulnerabilidad Ante El Cambio Climático. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC), Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD)*.
- Mamede, E., Cosenza, J., & Pinguelli, L. (2013). Los cambios climáticos y la gestión empresarial: un estudio de caso. *Cuadernos de Contabilidad*, 14(35), 481–512. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v14n35/v14n35a07.pdf>
- Martinez Villegas, Fabian, (2017), *Administración Estratégica Inteligente*, Ed. Instituto Mexicano de Innovación y Estrategia, A.C.
- Mascareñas, J. (2008). Introducción al VaR. *Revista de La Universidad Complutense de Madrid*, (1878), 1–8.
- Menichini, A. (2004). Value at Risk. Metodología de administración del riesgo financiero. *Invenio*, 7(13), 127–137. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-2.11>
- Michalak, D. (2015). Weather Risk Management in the Agricultural Sector of Poland and in the World. *Comparative Economic Research*, 18(3), 16.
- Monjas, M. (2010). Derivados Meteorológicos: Una Alternativa De Cobertura De Riesgos Para La Empresa. *Boletín de Estudios Económicos*, LXV (199), 19–37.
- Nacional Financiera, S.N.C., (2019). Información de la administración de riesgo.
- Núñez Medina, S. H. (2011). *La Demanda de Transporte Aéreo de Pasajeros en México. Un Análisis Económico, Estadístico y Econométrico*. Universidad Nacional Autónoma

de México.

- Oberst, T. (2017). *Derivados Climáticos: ¿Son un instrumentos útil para mitigar el riesgo del productor?* Universidad Torcuato di Tella.
- Organización Meteorológica, M. (2012). Guía del usuario sobre el Índice normalizado de precipitación (OMM-Nº 1090). *Organización Meteorológica Mundial*. <https://doi.org/978-92-63-31090-3>
- Organización Meteorológica Mundial. (2016). *Manual de indicadores e índices de sequía. Programa de gestión integrada de sequías*.
- Parado, J. (2015). Modelos de Riesgo de Liquidez. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pantoja-Robayo, J. (2012). Modelling Risk for electric power markets Contabilidad y finanzas. *Innovar Journal*, 22, 51–66.
- Pérez-González, F., & Yun, H. (2013). Risk management and firm value: Evidence from weather derivatives. *Jornal of Finance*, 68(5), 2143–2176. <https://doi.org/10.1111/jofi.12061>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2010). Gestión del Riesgo Climático. *Buró de Prevención de Crisis y Recuperación*. Retrieved from http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis_prevention/disaster/Reduccion-Gestion del Riesgo Climatico.pdf
- PWC, P. (2009). Encuesta sobre Cambio Climático: Oportunidades y Riesgos.
- Ramírez, A., Sánchez, J. M., & García, A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. *Revista Del Centro de Investigación de La Universidad La Salle*, 6(21), 55. <https://doi.org/10.26457/recein.v6i21.299>
- Riechmann, J. (2007). Calentamiento climático: ¿Cómo se calcula su impacto? *Papeles*, 98, 63–80.
- Rivera-Hernández, J. E., Houbron, E. P., & Pérez-sato, J. A. (2017). ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Posgrado y Sociedad*, 14(1), 57–67.
- Rodríguez, M. (2013). Sustentable o Sostenible, 1(2), 91–92.
- Rodríguez Tablado, L. Á. (2012). *Derivados Climáticos*. Universidad de León, Facultad de ciencias económicas y empresariales.
- Salinas, J. (2009). Metodologías de medición del riesgo de mercado. *Innovar*, 19(34), 187–199. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v19n34/v19n34a13.pdf>
- Sánchez, J. (2011). Derivados climáticos sobre la lluvia: riesgos a cubierto. *Estrategia Financiera*, 287.
- Sánchez, J. R. (2011). Los derivados climáticos sobre la temperatura: cobertura para

- pymes. *Estrategia Financiera*, 252, 1–8.
- Sánchez, N. (2012). *La sostenibilidad en el sector empresarial: importancia de los distintos grupos de interés en el proceso de cambio a sostenibilidad en el sector empresarial*. Retrieved from <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/18820>
- Schiller, F., Wimmer, M., & Seidler, G. (2012). Temperature Models for Pricing Weather Derivatives. *Quantitative Finance*, 12(3), 1–24. <https://doi.org/10.1080/14697681003777097>.We
- Schlenker, W., & Taylor, C. A. (2019). Market Expectations About Climate Change. *National Bureau of Economic Research*.
- Schlesinger, A., Balázs, S., & Gomez-Lobo, A. (2010). Estimación de la demanda por pasajes aéreos en rutas individuales.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, G. de la R., Rivera, V. M. I., & Vargas, G. T. (2002). Estudio de la demanda de transporte.
- Simón, N., & Rueda, I. (2015). Administración y Sustentabilidad.
- Smit, B., Burton, I., & Klein, R. (2006). An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability. *Climatic Change*, 223–224.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R., & Street, R. (2007). The Science of Adaptation: A Framework for Assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 199–213.
- Smit, B., Ford, J., & Wandel, J. (2006). Vulnerability to climate change in the Arctic: A case study from Arctic Bay, Canada. *Science Direct*, 16, 145–160. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.11.007>
- Storer, L., Williams, P., & Joshi, M. (2017). Global Response of Clear-Air Turbulence to Climate Change. *Agua Publications, Geophysical Research Lettler*, 10. <https://doi.org/10.1002/2017GL074618>
- Štulec, I. (2017b). Effectiveness of Weather Derivatives as a Risk Management Tool in Food Retail: The Case of Croatia. *International Journal of Financial Studies*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/ijfs5010002>
- Tecnológico de Monterrey. (2010). Análisis Cualitativo y Cuantitativo de Riesgos. *Circulo de Actualización Profesional*.
- Toro, P., et al., (2010). Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción, Producción animal y gestión, ISSN: 1698-4226 DT 13, Vol. 1/2010
- Valores, G. B. M. de. (2017). Bonos Verdes: Los Bonos Verdes como alternativa de financiamiento para los proyectos de infraestructura.
- Vázquez, A. (2016). El mercado de los bonos de carbono. *Derecho Ambiental y Ecología*.
- Wang, S. L., Ball, E., Nehring, E., Williams, R., & Chau, T. (2017). Impacts of Climate


Change and Extreme Weather on U.S. Agricultural Productivity: Evidence and Projection. *National Bureau of Economic Research*.

Wernerfelt, B. (1984). A Resource-Based View of the Firm Author (s): Birger Wernerfelt
Published by: Wiley Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2486175> References
Linked references are available on JSTOR for this article: You may need to log in to
JSTOR to access the li. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171–180.

Whalley, J., & Yuan, Y. (2009). Global Financial Structure and Climate Change. *National Bureau of Economic Research*.

Wolfrom, L., & Yokoi-arai, M. (2016). Financial instruments for managing disaster risks related to climate change, 2015.

Yepes-Mayorga, A. (2012). Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra... *Orinoquia, Universidad de Los Llanos*, 16(1), 77–92. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a09.pdf>

Zambrano, J. (2011). Sustentabilidad empresarial y aprendizaje transformativo: orientaciones para la administración por valores. *Dimensión Empresarial*, 9(2), 16–21. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3965853&info=resumen&idioma=EN>


Páginas de Internet consultadas

Clements, A. (2012), Weather Derivatives: Hedging On Mother Nature, Open Markets, <http://openmarkets.cmegroup.com/2927/hedging-a-bet-on-mother-nature>

Organización Meteorológica Mundial, 2018, https://www.wmo.int/pages/index_es.html

Despacho Contable KPMG, 2017 <https://home.kpmg.com/mx/es/home/sala-de-prensa/press-releases/2017/11/companias-a-nivel-mundial-aun-por-reconocer-el-cambio-climatico-como-riesgo-financiero.html>

Sala de Prensa KPMG, 2017, Compañías a nivel mundial aún por reconocer el cambio climático como un riesgo financiero, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2015, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto. (CMNUCC), <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc?idiom=es>

Solís, A, 2016, ABC para entender los bonos verdes, Revista Forbes, <https://www.forbes.com.mx/abc-entender-los-bonos-verdes/>

Suárez, E, 2017, ETF sustentables y éticos, con alzas, El economista, <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/ETF-sustentables-y-eticos-con-alzas-20171106-0103.html>

Empresa socialmente Responsable (ESR, México), Grupo suplementos Corporativos, <http://www.esrmexico.com/la-responsabilidad-social-y-la-sustentabilidad/>

La simulación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), Revista Expansión, 2011, <https://expansion.mx/expansion/2012/01/31/la-simulacion-de-la-rse>

Avalan sanciones a aerolíneas por retrasos en vuelos, Periódico El Economista 18 de abril de 2017, <https://www.eleconomista.com.mx/politica/Avalan-sanciones-a-aerolineas-por-retrasos-en-vuelos-20170418-0123.html>

Diario Oficial de la Federación, Decreto Por El Que Se Reforman Y Adicionan Diversas Disposiciones De La Ley De Aviación Civil, 26 de junio de 2017, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5488028&fecha=26/06/2017

Aerolíneas, obligadas a indemnizar por demora en vuelos, Revista Forbes, Junio 2017, <https://www.forbes.com.mx/aerolineas-obligadas-indemnizar-demora-vuelos/>

Glosario de términos, IPCC, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/AR5_WGII_glossary_ES.pdf

Informe sobre El cambio climático proyectado y sus impactos, IPCC https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spms3.html

Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V., Reportes Financieros trimestrales 2017, <https://aeromexico.com/es-mx/inversionistas/reportes-financieros>

Controladora Vuela Compañía de Aviación, S.A.B. De C.V., Reportes Financieros trimestrales 2017, <http://ir.volaris.com/Spanish/reportes/reportes-trimestrales/default.aspx>

ABC Aerolíneas, S.A. de C.V., Reportes Financieros trimestrales 2017, <https://www.interjet.com/es-mx/sobre-nosotros/relacion-inversionistas>

Informe Burtland, <https://www.britannica.com/topic/Brundtland-Report>

INECC, Instituto Nacional de Ecología y cambio climático, (2018) http://elcambioclimaticodefrente.inecc.gob.mx/que_hay_que_saber

Organización de las Naciones Unidas, (2018), <https://www.un.org/es/>

Plataforma Mexicana del Carbono (2017), <http://www.mexico2.com.mx/>

Magaña, V. (2012). Guía Metodológica Para La Evaluación De La Vulnerabilidad Ante El Cambio Climático. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (INECC), Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD)*.

Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia, Sistema Meteorológico Nacional, 2018, <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> con ayuda de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Bolsa Mexicana de Valores, 2018. <https://www.bmv.com.mx/es/mercados/productos>

Real Academia Española, <http://www.rae.es/>

Las Cumbres De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático, <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>

Noticias ONU sobre Cambio climático acelerado, <https://news.un.org/es/story/2018/11/1446661>

17 objetivos para transformar nuestro mundo, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Antecedentes cambio climático en México, <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/mexico-ante-el-cambio-climatico>

World Meteorological Organization, 2018. <http://youth.wmo.int/es/met-subpages/lluvia-y-agua-dulce#tab3>

Qué tiene que ver El Niño con el drástico aumento de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera en 2016, BBC noticias, <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41803542>

CNN Noticias, 2017, <https://cnnespanol.cnn.com/2017/05/04/el-cambio-climatico-hara-que-las-turbulencias-sean-mas-fuertes-y-mas-frecuentes/>

UNESCO, 2018 <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>

Glosario Financiero BANXICO, 2018, <http://www.anterior.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html>

Ley de Aviación Civil, 2018, http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/25_180618.pdf

Impactos del cambio climático en la aviación. Entrevista con Herbert Puempel <https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/impactos-del-cambio-clima%CC%81tico-en-la-aviacio%CC%81n-entrevista-con-herbert-puempel>

Cambio Climático, ONU, 2018, <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

El efecto del cambio climático en tus viajes en avión, 2017, <https://www.nytimes.com/es/2017/06/23/vuelos-cambio-climatico-turbulencia/>

Circular Única de Bancos, <https://www.cnbv.gob.mx/Prensa/Presentaciones%20Seminario%20Corresponsales/i.%20Circular%20%C3%9Anica%20de%20Bancos.pdf>

Anexo

Estancia de investigación

Se realizó una estancia de investigación en la Universidad Complutense de Madrid durante el periodo comprendido del 20 de febrero al 26 de abril del año 2019. Durante la misma se realizaron las siguientes actividades:

Se analizó acerca del impacto que tiene el clima en las actividades económicas tanto en el mercado español como en el mexicano. Además de conocer la vulnerabilidad que tienen el cambio en el comportamiento del clima en las actividades económicas. Así mismo, se analizó la vulnerabilidad que tienen las operaciones de las empresas pertenecientes al sector líneas aéreas del mercado español como del mexicano, así como la factibilidad de implementar los contratos de derivados climáticos como estrategia de administración del riesgo climático.

Finalmente, se desarrollaron dos artículos de investigación denominados: “Impacto del clima en las actividades económicas, análisis del sector líneas aéreas” y “La gestión del riesgo climático a través de la implementación de estrategias de derivado climático”. En el primer artículo se analiza la vulnerabilidad que tiene cada sector económico ante el clima; En el segundo artículo, se analiza la implementación del derivado climático tanto en el mercado español como en el mercado mexicano, resultando eficiente su implementación en ambos mercados, resaltando la diferencia económica entre los mismos.

Como resultados de la investigación se encontraron similitudes entre los dos mercados analizados, tomando las ventajas del mercado español a favor del mercado mexicano tal como los controles para su administración del riesgo, etc. Además, se está a la espera de las publicaciones de los dos artículos redactados y enviados a revista de renombre.



El abajo firmante, en calidad de coordinador académico de la asignatura Fundamentos de Administración Financiera de la Empresa del Departamento de Administración Financiera y Contabilidad, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, perteneciente a la Universidad Complutense de Madrid (UCM), hace constar que D.^a Rebeca Raquel Velázquez Boeta, con número de matrícula 41207526 y número de curriculum vitae único del CONACYT 848946, procedente de la Universidad Nacional Autónoma de México ha realizado desde el 20 de febrero 2019, hasta el 26 de abril de 2019, una estancia de investigación con la siguiente conceptualización:

- Analizar acerca del impacto que tiene la administración del riesgo climático, al igual de la importancia que tiene el cambio climático sobre las actividades económicas. Además de conocer la vulnerabilidad generada por el cambio climático en las empresas.
- Conocer la vulnerabilidad y el impacto que genera el cambio climático en empresas mexicanas del sector transportes subsector líneas aéreas. Además de comprobar la factibilidad de los derivados climáticos en México y España como estrategia de cobertura que brindan los contratos de derivados climáticos en las operaciones de las empresas.
- Se han realizado e interpretado los resultados, se han redactado varios artículos y se publicarán en revistas de alto impacto
- Se espera seguir trabajando en la distancia, utilizando los medios tecnológicos oportunos, en esta misma línea de investigación.

Adicionalmente, quisiera resaltar la gran capacidad de trabajo de la investigadora, su apertura a cuantos comentarios y modificaciones a su investigación se han realizado, así como su capacidad investigadora.

Y para que así conste, firmo la presente en Madrid, a 24 de abril de 2019


Dr. Ignacio López Domínguez
Campus de Somosaguas
Despacho 80. Pabellón de sexto
Madrid, España. Universidad Complutense de Madrid


Departamento de Administración Financiera y Contabilidad (AFCD)
Department of Accounting and Finance (A&F)
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
UCM



DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA Y CONTABILIDAD (AFCO)
DEPARTMENT OF ACCOUNTING AND FINANCE (A&F) (405)
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
Campus de Somosaguas. 28223 - Pozuelo de Alarcón (Madrid) - SPAIN
Teléfono y Fax +34 91 394 2562 – 2531. E-mail: jamaroto@ccee.ucm.es
Prof. Dr. Juan Antonio MAROTO ACÍN. Director

CERTIFICADO DE ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN




El abajo firmante, con NRP A01EC 51.047.130-13, y como actual Director del Departamento de Administración Financiera y Contabilidad de la Universidad Complutense de Madrid,

CERTIFICA, que:

D^a. Rebeca Raquel Velázquez Boeta, con número de matrícula 41207526 y número de *curriculum vitae* único del CONACYT 848946, procedente de la Universidad Nacional Autónoma de México, ha realizado desde el desde el 20 de febrero 2019, hasta el 26 de abril de 2019 una estancia de investigación con la siguiente conceptualización:

- Analizar acerca del impacto que tiene la administración del riesgo climático, al igual de la importancia que tiene el cambio climático sobre las actividades económicas. Además de conocer la vulnerabilidad generada por el cambio climático en las empresas.
- Conocer la vulnerabilidad y el impacto que genera el cambio climático en empresas mexicanas del sector transportes subsector líneas aéreas. Además de comprobar la factibilidad de los derivados climáticos en México y España como estrategia de cobertura que brindan los contratos de derivados climáticos en las operaciones de las empresas.

Y para que así conste, firmo la presente en Madrid, a 30 de mayo de 2019

 <p>Fdo.: Juan Antonio Maroto Acín Director del Departamento</p>	 <p>Visto bueno del responsable/tutor durante la estancia</p>  <p>Departamento de Administración Financiera y Contabilidad (AFCO) Department of Accounting and Finance (A&F) FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES UCM</p> <p>Fdo.: Ignacio López Domínguez</p>
---	--