



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ECONOMÍA

**Gestión del Riesgo Climático y escenarios climáticos de cambios en  
temperatura y precipitación en la Ciudad de México. Costos de  
los desastres asociados a precipitaciones.**

ENSAYO

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**Especialista en Economía Ambiental y Ecológica**

PRESENTA:

**María de la Luz Maqueda Rojo**

TUTOR:

Mtro. Carlos Alberto Francisco Cruz



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.

## **Resumen**

Partiendo del enfoque de gestión del riesgo climático y escenarios climáticos de cambios de temperatura y precipitación, este trabajo analiza el impacto en los costos de los desastres asociados a las lluvias en la Ciudad de México. Se presenta un breve resumen de las condiciones históricas de la Ciudad de México ante uno de los eventos más recurrentes (desastres pluviales). Mediante el análisis de bases de datos públicas sobre costos de desastres del 2000 al 2020 en la Ciudad de México, fue posible encontrar un valor promedio (en millones de pesos) de los desastres por lluvia en la Ciudad. Además, se utilizó un modelo mínimos cuadrados ordinarios para series de tiempo para estimar los costos de los desastres por lluvia bajo los escenarios RCP de variación de temperatura y precipitación publicados recientemente por el Gobierno de la Ciudad. Finalmente, se reflexionó sobre cómo, a través de las estimaciones encontradas, la gestión del riesgo climático puede ser un enfoque adecuado para las políticas que aborden los desastres por lluvias en la Ciudad de México y su probable incremento ante el cambio climático.

**Palabras clave:** cambio climático, riesgo climático, desastres, Ciudad de México.

**Jel:** Q51, Q54

## **Abstract**

Under the climate risk management approach and climate scenarios of temperature and precipitation changes, this paper analyzes the impact on the costs of disasters associated with rains in Mexico City. A brief of the historical conditions of Mexico City in the face of one of the most recurrent events (rainfall disasters) is presented. By analyzing public databases on disaster costs from 2000 to 2020 in Mexico City, it was possible to find an average value (in millions of pesos) of rainfall disasters in the City. In addition, an ordinary minimum squared method model for time series data was used to estimate the costs of rainfall disasters under the RCPs scenarios of temperature and precipitation variation recently published by the City Government. Finally, a reflection was made on how, through the estimates found, climate risk management can be an appropriate approach for policies that address disasters due to rains in Mexico City and their probable increase in the face of climate change.

**Keywords:** climate change, climate risk, disasters, Mexico City.

**Jel:** Q51, Q54

## **Índice general**

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>1</b>
<b>1.Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Gestión del Riesgo Climático. Marco para el análisis.</b>	<b>5</b>
2.1. Cambio climático, variabilidad climática y precipitaciones . . . . .	6
2.1.1.Declaratorias de desastres en México de 2000 a 2020 . . . . .	8
2.2. Políticas para la gestión del riesgo climático . . . . .	10
<b>3. Vulnerabilidad de la Ciudad de México frente a las inundaciones. Apuntes de historia</b>	<b>12</b>
4. Riesgo climático y costos de las precipitaciones en la Ciudad de México . . . . .	15
4.1. Estimación de costos de afectaciones por lluvias severas de 2000 a 2020 .	17
4.2. Método para el análisis de costos de los desastres por precipitaciones . .	19
4.3. Impactos por eventos que generan desastres en la Ciudad de México del 2000 a 2020 . . . . .	20
4.4. Precipitación y temperatura en la Ciudad de México del 2000 a 2020 . . . . .	27

4.5. Costos de los eventos asociados a precipitaciones en escenarios RCP de cambio climático en la Ciudad de México . . . . .	28
4.4.1. Costos sociales . . . . .	31
4.5. El problema de la escala y la temporalidad . . . . .	33
<b>5. Discusión y Conclusiones</b>	<b>36</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>39</b>
<b>Anexos</b>	<b>44</b>
<b>Anexos 1. Cálculo de los promedios base de precipitación y temperatura para los escenarios RCP</b>	<b>44</b>

## Índice de figuras

1.	Número de eventos por tipo de declaratoria en México . . . . .	9
2.	Sitios recurrentes de inundaciones en Ciudad de México . . . . .	18
3.	Total de eventos por tipo registrados en Ciudad de México de 2000 a 2020. . .	22
4.	Impactos de los fenómenos hidrometeorológico, por tipo de evento, por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022 . . . . .	23
5.	Tabla síntesis de eventos registrados en Ciudad de México. . . . .	24
6.	Total de eventos registrados en Ciudad de México, 2000-2022. . . . .	24
7.	Total de desastres por precipitaciones registrados por año en Ciudad de México, 2000-2022. . . . .	25
8.	Costos de los daños por precipitaciones en CDMX (millones de pesos por año) de 2000 a 2020 . . . . .	26
9.	Precipitación Acumulada por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022 . . .	27
10.	Promedio de temperatura máxima, mínima y media por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022 . . . . .	28
11.	Temperatura promedio por corte de acuerdo a cada escenario de RCP. . . . .	29
12.	Precipitación acumulada por corte de acuerdo a cada escenario de RCP. . . . .	29
13.	Costos de los eventos estudiados ante escenarios RCP . . . . .	31

14.	Total de viviendas y población afectada por precipitaciones intensas en la CDMX del 2000 a 2020 . . . . .	32
15.	Total de viviendas y población afectada por precipitaciones intensas en la CDMX del 2000 a 2020 . . . . .	33
16.	Precipitación Anual Acumulada de 2000 2020. Datos de la Estación Tacubaya	34
17.	Datos históricos para el cálculo de los promedios base de precipitación y temperatura para los escenarios RCP . . . . .	44

## **Agradecimientos**

Agradezco a todos los profesores de la Especialidad en Economía Ambiental y Ecológica de la Universidad Nacional Autónoma de México por el gran esfuerzo que imprimieron en sus clases durante difícil periodo que fue la pandemia por COVID-19.

La dedicación que el claustro de profesores de la especialidad brindaron en sus conferencias, presentaciones y la dinámica de las sesiones fue fundamental para poder superar el reto que implicó el cursar la especialidad en las nuevas condiciones y aún así motivarnos para aprender y fascinarnos por esta disciplina.

Quiero agradecer también, a mis compañeros y compañeras de curso, que siempre buscaron aportar y compartir los conocimientos dentro y fuera de clase pese a que nunca pudimos conocernos en las aulas.

Por último, quiero reconocer el esfuerzo de las y los mexicanos que aportan los recursos que llegan a nuestra Universidad Nacional Autónoma de México y que nos permiten estudiar y desarrollar el conocimiento de estas áreas, para ellos y ellas, presento mi compromiso de aplicar todo lo aprendido en beneficio de nuestra sociedad.



## **1. Introducción**

El cambio climático es un fenómeno que potenciará la ocurrencia de desastres en aquellos sitios donde hay condiciones preexistentes de vulnerabilidad y exposición. La recurrencia e intensidad de estos eventos implicará severos problemas sociales, que pueden generar crisis humanitarias, pero también implican altos costos económicos para los gobiernos a todos los niveles así como para los ciudadanos (IPCC, 2014; EIRD, 2008 y Pardo, 2007).

Los eventos hidrometeorológicos forman parte de la variabilidad climática, misma que puede incrementarse producto del cambio climático. Si los eventos hidrometeorológicos se presentan con una fuerza o intensidad mayor a la cual las poblaciones se encuentran históricamente adaptadas, pueden desencadenar desastres. Si además, estos eventos ocurren de manera sistemática y repetitiva, los daños acumulados a mediano y largo plazo pueden empobrecer a grupos sociales (Munch RE, 2020 y Pardo, 2007) e incluso a los países enteros al tener que desviar los recursos o solicitar préstamos para atender las emergencias que se generen.

Las lluvias son una manifestación de los fenómenos hidrometeorológicos que al superar las capacidades del terreno para drenarse o filtrarse producen inundaciones, movimientos del terreno, caídas de objetos y árboles, entre otros eventos. El cambio climático puede generar una modificación en el patrón de lluvias (Munch Re, 2020), lo que implicaría un aumento o disminución de la cantidad o intensidad de la precipitación. En el caso del aumento de la cantidad o intensidad de las precipitaciones, en las zonas urbanas, los sistemas construidos para desalojar las aguas, proteger ante movimiento del terreno y derrumbes en las zonas urbanas puede verse rebasadas generando afectaciones directas a la población y ocasionando pérdidas materiales e inmateriales de corta o larga duración (Lavell, 2011).

En el ámbito urbano, el desarrollo de políticas que enfrenten los efectos del cambio climático se ha convertido en una necesidad urgente, principalmente en las ciudades de los países menos desarrollados, que por sus dinámicas históricas albergan una población numerosa, con grandes desigualdades y que se encuentran en altos niveles de vulnerabilidad (Lavell, 2013).

La Ciudad de México se ubica en la cuenca endorréica del mismo nombre, en cuya parte más baja descansaban antiguamente, de manera natural, cinco grandes lagos (DDF, 1975).

En estas condiciones se desarrollaron los primeros asentamientos humanos y posteriormente, el desarrollo de la Ciudad de Tenochtitlán (Rojas-Rabiela, 2009). Después de la conquista española y ante las inundaciones que enfrentaron los colonos, se decidió la apertura artificial de la cuenca y el drenado de los lagos, acciones que a lo largo de la historia han derivado en monumentales obras hidráulicas (Hernández-Espinosa et. al., 2021 y DDF, 1975).

Al romper el equilibrio hidrológico natural de la cuenca y reedificar la ciudad sobre el lecho de un lago con los estándares europeos del siglo XVI, -en oposición al modelo de la ciudad mexicana-, implícitamente se determinó que la forma de atender las inundaciones sería mediante la constante construcción y mantenimiento de la infraestructura que desalojara las aguas de la Ciudad (DDF, 1975).

El proceso de construcción de nueva y mayor infraestructura se ha repetido iterativamente a lo largo de la historia mientras la Ciudad se expande, pero este modelo es cada vez más difícil de mantener y reproducir. Desde la época colonial a la fecha se han abierto 5 salidas artificiales a la Cuenca, el tajo de Nochistongo, el Gran Canal del Desagüe, el Túnel Emisor Poniente, el Túnel Emisor Central (sistema de drenaje profundo), Túnel Emisor Oriente (TEO) (2009) (Hernández-Espinosa, et.al., 2021). Sin embargo, habitualmente, durante la época de lluvias, las capacidades del sistema se ponen a prueba y en muchas ocasiones son superadas ante eventos extremos cuya velocidad o volumen son mayores que la capacidad del sistema para drenar las aguas y ocurren desastres. En los últimos años, para el periodo de 2000 a 2020 se han registrado 4 desastres por inundaciones, 36 por lluvias y 7 por tormentas severas (CENAPRED 2022).

Es por estos motivos que resulta importante estudiar los costos económicos y sociales de las precipitaciones extremas, en la Ciudad de México y tratar de entender el fenómeno bajo un enfoque de la gestión del riesgo climático, sobre todo, ante la posibilidad de que el cambio climático pueda contribuir a la variabilidad hidrometeorológica y generar mayores afectaciones a la población de la ciudad.

Este trabajo partió de la preocupación sobre cómo estimar el impacto económico de los desastres que son consecuencia de lluvias extremas en una zona urbana con las características de la Ciudad de México, en el contexto donde los efectos asociados al cambio climático, se suman a los riesgos por precipitaciones dentro de la ciudad y la vulnerabilidad social de la misma.

En este sentido, el análisis retomó el enfoque de la gestión de riesgo climático, y se analizó el impacto en los costos de los desastres asociados a precipitaciones en la Ciudad de México, bajo escenarios climáticos (RCP) de cambios en la temperatura y precipitación.

Mediante el análisis y procesamiento de las bases de datos públicas del Centro para la Prevención de Desastres (CENAPRED) fue posible encontrar un valor promedio (en millones de pesos) de los desastres por precipitaciones en la Ciudad de México. Posteriormente se utilizó un modelo de mínimos cuadrados ordinarios para series de tiempo para estimar los costos de los desastres por precipitaciones, bajo los escenarios de variación de temperatura y precipitación de los RCPs para la ciudad, recientemente publicados por la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad (SEDEMA, 2020).

## **2. Gestión del Riesgo Climático. Marco para el análisis.**

El concepto Gestión de Riesgo Climático se ha desarrollado a partir del planteamiento de la convergencia entre la adaptación al cambio climático (ACC) y la gestión del riesgo de desastres (GRD). Estos conceptos que han tenido un desarrollo teórico por separado comenzaron a tener en común algunos análisis a partir del inicio del siglo XXI. Allan Lavell (2011), señala que la relación entre la GRD y ACC se teje en los problemas de desarrollo, la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo.

Para poder realizar el análisis de estos elementos se parten de unas definiciones preliminares. El cambio climático es “un cambio en el estado del clima que se puede identificar... por cambios en el promedio y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos” (IPCC,2007). Actualmente existe un amplio consenso científico que señala que el cambio climático es de origen antropogénico, provocado principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero amplificadas a partir de la era industrial.

La gestión de riesgos de desastre y la adaptación al cambio climático se centran en la reducción de la exposición y la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia a los posibles impactos adversos de los fenómenos climáticos extremos, a pesar de que los riesgos no pueden eliminarse completamente. La exposición y la vulnerabilidad son los principales factores determinantes de los riesgos de desastre y de los impactos cuando el riesgo se materializa (IPCC, 2012).

El IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático, por sus siglas en inglés), plantea que los puntos de acuerdo entre la gestión de riesgos de desastres y la adaptación al cambio climático se encuentran en el manejo de los peligros hidrometeorológicos mediante la reducción a la exposición y la vulnerabilidad, así como la transferencia y distribución de los riesgos (IPCC, 2012).

La adaptación al cambio climático implica una paulatina reducción de la vulnerabilidad a las amenazas meteorológicas y a la variabilidad climática en contextos donde los cambios tecnológicos, sociales y organizacionales puedan operar con mayor celeridad y eficiencia

en las próximas décadas (Aragón-Durand, 2010).

El enfoque de GRC plantea tomar en cuenta tanto los riesgos provocados por la variabilidad climática presente (y conocidos), así como de los modelos de trayectorias del cambio climático propuestos por el IPCC. En ese sentido se plantea que la gestión y la prevención de los riesgos climáticos implica el fortalecimiento de las capacidades locales en prepararse, prevenir, atender, recuperarse y reconstruir mejor (PNUD, 2010).

Desde el enfoque de los objetivos de desarrollo sostenible, se plantea claramente en el ODS13. Acción climática. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, se promueve como modelo la gestión de riesgos. Asimismo desde el sector financiero, las aseguradoras y reaseguradoras, se ha abierto también toda una rama para el estudio de los riesgos asociados al cambio climático, en ese sentido el Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) (2017) de la Financial Stability Board (FSB) plantea que los riesgos climáticos pueden dividirse en dos categorías riesgos físicos –derivados del incremento de fenómenos meteorológicos extremos o de los impactos a largo plazo del cambio en las características del clima– y los de transición de los agentes económicos a una economía descarbonizada.

## **2.1. Cambio climático, variabilidad climática y precipitaciones**

La variabilidad climática se refiere a “las variaciones en el estado medio y otras estadísticas (como desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, etc.) del clima en todos los aspectos espaciales y escalas temporales más allá de los eventos climáticos individuales” (IPCC, 2007).

El cambio climático genera un aumento de temperatura atmosférica y en los océanos. El aumento de temperatura y su correspondiente aumento de energía en la atmósfera cambian las distribuciones de probabilidad de los parámetros meteorológicos individuales y los patrones climáticos (Munich RE, 2022).

Si los fenómenos meteorológicos se presentan con mayor frecuencia o intensidad se convierten en amenazas que pueden desencadenar desastres (IPCC, 2014) para poblaciones que no tengan la capacidad previa para hacer frente a estas variaciones, por lo que en términos generales aumenta el riesgo para estas poblaciones. Aún así, no es posible asegurar que un evento en

particular (ciclón, lluvia torrencial, inundación) se atribuido al cambio climático, sin embargo, se ha mostrado estadísticamente una tendencia al aumento de fenómenos climáticos extremos que han desencadenado desastres, recordando que un desastre es la materialización del riesgo.

El estudio del riesgo climático se encuentra asociado un alto grado de incertidumbre debido a la dificultad de contar con conocimiento exacto de los escenarios de cambio climático para varias décadas, ya que los compuestos de GEI no se han estabilizado en los niveles previsibles del aumento de 2°C para fin de siglo, sino que han seguido aumentando conforme a los escenarios más negativos planteados por IPCC (2014)<sup>1</sup>.

Los desastres de naturaleza climática han predominado durante los últimos 20 años, ya que representan el 91 por ciento de todos los 7.255 eventos registrados entre 1998 y 2017, lo que representa un aumento del 68 por ciento de las pérdidas reportadas entre 1978 y 1997 (CRED-UNDRR, 2018). Actualmente, los riesgos climáticos más importantes se contabilizan en el aumento de las elevaciones del nivel del mar, el incremento de las temperaturas promedio de los océanos, y eventos los hidrometeorológicos (lluvias torrenciales, mareas de tormenta, inundaciones, granizo, tormentas de nieve, ciclones, etc).

La reaseguradora más grande del mundo Münchener Rück A.G., con sede en Alemania, ha señalado que los eventos catastróficos asociados a estos fenómenos a nivel mundial se han triplicado en el periodo de 1980 a 2020, pasando de 200 eventos anuales a más de 700 (Munich RE, 2020). En el año 2020, los desastres climáticos representaron el 94 % de las pérdidas totales de las aseguradoras, alrededor de \$105 millones de dólares, siendo la cuarta cifra más alta desde 1970 según la compañía Swiss Re (Swis Re, 2019).

Con un nivel de confianza medio se evalúa que hay una tendencia al aumento de episodios de precipitación intensa, que implican mayor frecuencia, intensidad y/o cantidad de precipitación intensa (Conde et. al., 2020). Antes de continuar conviene diferenciar los eventos meteorológicos extremos (los eventos hidrometeorológicos son un sub conjunto de éstos) y los eventos climáticos extremos, los primeros se asocian a patrones meteorológicos cambiantes, y su escala de tiempo puede ir de un día hasta algunas semanas, mientras que los eventos

---

<sup>1</sup>Los modelos de trayectorias de concentración representativas, (RCP) por sus siglas en inglés realizados por el IPCC apuntan a que para el periodo de 2046 a 2065 la variación de temperatura puede oscilar en los rangos de 0.4°C a 1.6°C en el más favorable RCP y entre 2°C y 2.6° C en el más desfavorable de los RCP; independientemente de los escenarios de emisiones, en todos ellos se proyecta un aumento de la temperatura promedio mundial (IPCC,2014)

climáticos extremos se refieren a una escala de tiempo mayor y pueden ser la acumulación de eventos meteorológicos extremos o no (Conde et. al., 2020).

Las inundaciones asociadas a lluvias, representan cerca del 40 % de todas las catástrofes naturales relacionadas con pérdidas desde 1980. Se ha calculado que la suma de las pérdidas en todo el mundo alcanza \$1 billón de dólares. No obstante, solo el 12 % de estas pérdidas estaban aseguradas. Esto se debe en parte a una gama limitada de coberturas de seguro en algunas regiones y a la baja demanda, incluso en lugares que se sabe que están en riesgo de inundación. Además, muchas pérdidas involucran infraestructura pública, como carreteras, vías férreas, diques, lechos de ríos y puentes, que generalmente no están asegurados (Munich Re, 2022). Se estima que la cantidad de personas afectadas por inundaciones, entre 1998 y 2017 fue de 2,000 millones y más de 142,000 perdieron la vida (CRED-UNDRR, 2018).

Las inundaciones repentinas ocurren cuando el suelo deja de absorber agua durante lluvias breves pero torrenciales. En terrenos inclinados, esto puede desencadenar una ola de inundación que crece rápidamente, capaz de inundar rápidamente la tierra seca donde ni siquiera ha llovido. En terreno llano, el agua de la inundación se acumula en huecos más bajos, sótanos y aparcamientos subterráneos. La magnitud de una inundación provocada por fenómenos de origen hidrometeorológico depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas (ERN, 2018).

Las precipitaciones son unos de los eventos hidrometeorológicos que mayores afectaciones generan en las ciudades ya que pueden presentarse en cualquier zona y generar desastres por granizo, movimientos del terreno, caídas de objetos o árboles, descargas eléctricas e inundaciones (ENR, 2018). Sin embargo pueden presentarse con mayor frecuencia en las zonas dónde hay menos inversión en infraestructura urbana o bien en las zonas de ocupación ilegal del territorio o con concentración masiva de población (Pardo, 2007).

### **2.1.1. Declaratorias de desastres en México de 2000 a 2020**

En México, el CENAPRED registra que de 2000 a 2022, del total de declaratorias realizadas<sup>2</sup> (2,409), el mayor porcentaje 34 % (1,042 declaratorias) se encuentran asociadas a lluvias

---

<sup>2</sup>Existen tres tipos de declaratorias: desastre, emergencia y contingencia climatológica.

seguido muy por debajo por las heladas con 12.05 % (396 declaratorias) (CENAPRED, 2022).

Si se clasifica por cada tipo de declaratoria, en el caso de las lluvias, estas han generado, 396 declaratorias de desastre, 542 declaratorias de emergencia y 104 declaratorias de contingencia climatológica, frente a las 14 declaratorias de desastre, 206 declaratoria de emergencia y 149 declaratorias de contingencias climatológica que han generado los las heladas. Específicamente para el caso de las declaratorias de desastres, los tres primeros puestos los ocupan las lluvias con 396 declaratorias, los ciclones tropicales con 120 y las inundaciones con 81 declaratorias (CENAPRED, 2022).

Asimismo, cuando se han realizado las declaratorias de emergencia, 542 declaratorias ocurren por lluvias, frente al 206 de de las heladas y 172 de los ciclones tropicales. En el único rubro donde las lluvias no son el principal promotor de la declaratoria es en la declaratoria de contingencia climatológica, dónde las granizadas ocupan el primer lugar, 149 declaratorias y las lluvias ocupan el 5to lugar con 104 declaratorias (CENAPRED, 2022).

**Figura 1:** Número de eventos por tipo de declaratoria en México

Tipo de declaratoria	Declaratoria de desastre	Declaratoria de emergencia	Contingencia Climatológica	Total por declaratorias	Total por declaratoria (%)
Lluvias	396	542	104	1042	34.02%
Heladas	14	206	149	369	12.05%
Ciclón tropical	120	172	20	312	10.19%
Granizadas	14	134	138	286	9.34%
Nevadas	9	140	137	286	9.34%
Inundación	81	143	29	253	8.26%
Sequía	69	1	131	201	6.56%
Sismo	39	29	0	68	2.22%
Temperatura extrema	0	51	0	51	1.67%
Bajas temperaturas	2	38	2	42	1.37%
Deslizamiento	20	19	0	39	1.27%
Deslaves	25	12	0	37	1.21%
Incendio forestal	14	23	0	37	1.21%
Fuertes vientos	2	16	1	19	0.62%
Tornado	3	5		8	0.26%
Actividad volcánica	0	6	0	6	0.20%
Marea roja	0	4	0	4	0.13%
Hundimiento	0	2	0	2	0.07%
Tormenta severa	0	0	1	1	0.03%
<b>Total por evento</b>	<b>808</b>	<b>1543</b>	<b>712</b>	<b>3063</b>	<b>100.00%</b>
<b>Total por evento (%)</b>	<b>26.38%</b>	<b>50.38%</b>	<b>23.25%</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: elaboración propia usando la base de datos CENAPRED, 2022.



## 2.2. Políticas para la gestión del riesgo climático

Desde la década de los setenta del siglo pasado, con la cumbre de Estocolmo, 1972, se marca la pauta para el desarrollo de un marco internacional que respalda las acciones ante el cambio ambiental global. En 1979 se realizó la primera Conferencia Mundial sobre Clima y en 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, el cual presentó su primer informe en 1990 (INECC, 2022). Desde estos primeros acercamientos al problema del cambio climático, se comenzó a hacer incipiente en la necesidad de gestionar de manera integrada los aspectos naturales y sociales como se mencionó en el Informe Burtland en 1987 (AGNU, 1987).

Veinte años después de la Cumbre de Estocolmo, en 1992, cuando se realizó la “Convención de Río” el escenario era aún peor. De la convención de Río derivaron tres importantes convenciones: la Convención sobre la Diversidad Biológica, la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, 2022).

La CMNUCC entró en vigor en 1994 y se convierte en el primer acuerdo específico sobre cambio climático, denominado Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático<sup>3</sup>. Tanto en la cumbre de Río, como en el CMNUCC se hace alusión a la reacción de medidas de mitigación de las consecuencias negativas de los desastres asociados a eventos climáticos extremos, y en la CMNUCC se añade la necesidad de estudiar a fondo las medidas para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático (CMNUCC, 2022).

Del acuerdo inicial del Convenio Marco, se deriva el Protocolo de Kioto de 1997, donde se establecieron mecanismos económicos el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y unas metas para la reducción de emisiones (CMNUCC, 2022), implícitamente se asume que la reducción de las emisiones y evitar el aumento de temperatura podría prevenir los desastres asociados a eventos meteorológicos extremos.

En 2001 se firmaron los acuerdos de Marruecos, y para 2005 presentó el Plan de Trabajo de Nairobi y también el Marco de Acción de Hyogo (MAH). Por su parte, uno de los acuerdos regionales más importantes al respecto fue el acuerdo de la Unión Europea en 2006 con el

---

<sup>3</sup>Actualmente, 197 países han ratificado la Convención y se denominan partes de la convención, mismos que celebran cada año las Conferencias de las Partes (COP) (CMNUCC, 2022).

denominado “Libro Blanco de la Unión Europea”. En 2007 se firma el Plan de Acción de Bali. Durante la Conferencia de las Partes 16 en 2010, se adoptan los Acuerdos de Cancún. Para 2016 entró en vigor el Acuerdo de París, con el cual se buscó dar continuidad al Protocolo de Kioto, -aunque con mayor flexibilidad a las metas de reducción que lo suscrito en 1997-, y es el último de los grandes acuerdos sobre la materia (INECC, 2022).

En estos acuerdos se observan referencias a los conceptos de adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres (INECC, 2022) y a partir de esta serie de mecanismos para regular, mitigar, adaptarse y generar resiliencia frente al cambio climático, se han ido impulsando acciones en los países firmantes y a nivel local para gestionar el riesgo climático, no sin grandes obstáculos, contratiempos, retardos y modificaciones.

México es uno de los países que han firmado y ratificado los acuerdos internacionales en materia de cambio climático y gestión de riesgos (INECC, 2022). En 2012 se promulgó la Ley General de Cambio Climático y también desde 2012, la Ley General de Protección Civil incluye a la gestión integral de riesgo de desastres como un elemento fundamental (CGEUMa, 2012 y CGEUMb, 2012).

En el caso de la Ciudad de México, La Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para el Distrito Federal, entró en vigor el 16 de junio de 2011 un poco antes que la Ley a nivel nacional. Asimismo, la Ciudad de México promulgó en 2019 la Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil. Por último, cabe mencionar que la constitución de la Ciudad de México vigente a partir del 17 de septiembre de 2018, incluye ambos conceptos dentro de su redacción (CCM, 2029).

De esta forma se han estructurado de manera institucional las leyes y se han derivado planes y programas para atender el riesgo climático, si bien se observa que en el caso de México y en particular la Ciudad de México, la atención del riesgo climático se encuentra divididas en dos sectores de atención diferenciados, las medidas destinadas a la adaptación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y las medidas destinadas a la gestión integral de riesgos por parte de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, se espera que en el futuro se logre una convergencia para la atención del problema de manera conjunta.

### **3. Vulnerabilidad de la Ciudad de México frente a precipitaciones. Apuntes de historia**

La vulnerabilidad de la Ciudad de México frente a las precipitaciones intensas tiene una característica particular, pues como se ha mencionado con anterioridad, uno de los eventos que pueden originarse de las precipitaciones extremas, es el fenómeno de las inundaciones.

Sin embargo, la Ciudad de México frente al riesgo de inundación, no es como otra ciudad, sino que su vulnerabilidad es mucho mayor por las características geográficas e históricas bajo las cuales se ha edificado esta gran urbe. Es por este motivo que en esta sección se hace una mención especial del contexto histórico de las inundaciones en la Ciudad de México.

Previo a la llegada de los conquistadores españoles, en lo que actualmente es la Ciudad de México se encontraba asentada la población mexicana, quienes habían logrado la construcción de una ciudad a través de la ampliación de los pequeños islotes ubicados dentro de un extenso lago en la parte baja de la cuenca. También habían construido un sistema de calzadas, canales y obras hidráulicas (Rojas-Rabiela, et. al., 2009) que en su conjunto mantenían un equilibrio entre la naturaleza del terreno y los ciclos hidrológicos de la cuenca.

La reconstrucción de la ciudad una vez que fue tomada por los españoles, modificó las estructuras de la misma para parecerse más a las ciudades europeas de la época. En consecuencia, los habitantes comenzaron a enfrentarse a serios problemas de inundaciones. La más drástica fue la inundación de 1629, cuando según las crónicas, llovió por dos días seguidos anegando la ciudad con tirantes de más de dos metros. En algunas partes de la ciudad, las aguas no disminuyeron completamente hasta el periodo de sequía 4 años después (DDF, 1976).

Previo a la inundación de 1629 ya habían ocurrido otras grandes inundaciones en 1555 y 1607, por lo que se había planteado como respuesta, la construcción de un gran desagüe para drenar el agua de los lagos que aún permanecían aledaños a la Ciudad. Esta propuesta se materializó como el Tajo de Nochistongo, la primera salida artificial del agua de la cuenca (DDF, 1976). Pese a esta monumental obra de ingeniería, no se pudo evitar que siguieran ocurriendo inundaciones catastróficas en los siguientes siglos.

En 1819 ocurrió nuevamente una inundación de grandes proporciones, producto de las intensas

lluvias de septiembre que desbordaron los arroyos y torrentes. En aquella ocasión, el Cerro del Tepeyac quedó como un islote dentro de una ciudad anegada (DDF, 1976). La última gran inundación que se recuerda ocurrió en 1951, una vez más producto de las lluvias de verano, en aquella ocasión se inundaron las principales colonias del centro de la ciudad, las cuales permanecieron varias semanas bajo el agua (DDF, 1976).

El proceso para drenar artificialmente los lagos de la ciudad y sistemáticamente expulsar el agua de la cuenca inició en época colonial y nos acompaña hasta el presente. Salvo el breve periodo, durante el México independiente (de 1856 a 1865) en la cual se pensó en mantener los canales y que pudieran navegar pequeñas embarcaciones en ellos (DDF, 1976), el resto del tiempo se ha considerado ha desarrollado infraestructura de desagüe.

Para la segunda década del siglo XXI, la Ciudad de México tienen construidas 5 salidas artificiales: el Tajo de Nochistongo (1607), el Gran Canal del Desagüe (dividido en tres un tajo de Texcoco a Zumpango, un túnel de Zumpango a Tequixquiac, y otro tajo en la salida que conectaba al río del mismo nombre (1902)), Túnel Emisor Poniente (TEP) (1962), Túnel Emisor Central [sistema de drenaje profundo](TEC) (1975) Túnel Emisor Oriente (TEO) (2009) (Hernández-Espinosa, et.al., 2021).

A las grandes obras, se le suman las interconexiones de las redes de drenaje doméstico y secundario de la ciudad además de una compleja red de instituciones gubernamentales encargadas de los distintos sistemas y subsistemas a diferentes niveles. Sin embargo, todo este conjunto de obras e instituciones encargadas de atender las inundaciones en la Ciudad de México no logran evitar que año con años se sucedan afectaciones importantes en bienes, servicios, instalaciones, hogares, e incluso la vida de las personas como lo muestran los datos de CENAPRED (2022). En lo que va del presente siglo, de 2000 a 2020, 12,773 viviendas y 5,5745 personas han sido afectadas por desastres asociados a precipitaciones<sup>4</sup> (CENAPRED, 2020)

Los eventos hidrometeorológicos representan el 10.8 % de los desastres registrados en la ciudad entre 2000 y 2020. Este 10.8 % equivale a 63 eventos, más de 3 eventos por año si se repartieran homogéneamente, pero desafortunadamente los datos también muestran que mientras hay años dónde el número de desastres por este evento es cero, hay otros años dónde

---

<sup>4</sup>Ver 14 y 15 del presente documento, en el apartado de costos sociales de los desastres.

se llega a 7 eventos por año. Los datos de CENAPRED también muestran que el monto total de daños durante el periodo de 2000 a 2020 es de 393.26 millones de pesos y que el año 2010 representó casi el 88 % de ese monto (35.861 millones de pesos) (CENAPRED, 2022).

Actualmente son varias las zonas en las cuales pese a las grandes obras de ingeniería con las que cuenta la Ciudad. La figura 2 de este documento, presenta los sitios recurrentes de inundaciones en Ciudad de México para el año 2020, retomados de la capa de información geoespacial del Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México, se resiente constantemente los efectos de haber construido una Ciudad en una cuenca formada por humedales y cuerpos de agua y tratar de modificar artificialmente la naturaleza de la misma. Sumado a lo anterior, la alta densidad poblacional que guarda la Ciudad de México junto con su zona conurbada, hacen que ante un evento de inundación los costos sociales y las pérdidas materiales sean muy elevados y también condicionan que las autoridades deban dar una rápida respuesta.

La recurrencia o aumento de la intensidad de los eventos hidrometeorológicos que puedan generar lluvias extremas son una preocupación que debe ser contabilizada con la intención de generar acciones preventivas y prospectivas frente al riesgo de inundación.

#### **4. Riesgo climático y costos de las precipitaciones en la Ciudad de México**

Como se ha mencionado a lo largo de las secciones anteriores, las precipitaciones son eventos hidrometeorológicos que forman parte de la variabilidad climática, que cuando se presentan con mayor intensidad se convierten en amenazas que pueden convertirse en desastres. Por tanto, forman parte del riesgo climático, mismo que está asociado a una gran incertidumbre debido a que no se han estabilizado en los niveles previsibles del aumento de temperatura a fin de siglo y a los cambios en las desviaciones estandar y la ocurrencia de extremos en el clima. Ante este contexto, la valoración del riesgo climático frente a inundaciones se convierte en un elemento clave para la definición de nuevas acciones de política, para enfrentar los procesos de atención, reparación y reconstrucción.

De igual forma, los registros históricos muestran que en la Ciudad de México han ocurrido periodos en los cuales la precipitación ha sido abundante y ha generado grandes inundaciones como las que ya se mencionaron en las secciones anteriores. Sin embargo, el interés de este trabajos es valorar los costos de estos eventos en la actualidad y aproximarse a lo que puede ocurrir ante el aumento de la variabilidad climática (en las precipitaciones) en la Ciudad de México.

En ese sentido, los datos públicos de CENAPRED, muestran que de 2000 a 2020 han ocurrido varios eventos asociados a las precipitaciones que han ocasionado daños en la Ciudad de México, dentro de los más importantes, las inundaciones de 2004 que dejaron 600 viviendas afectadas en las alcaldías de Benito Juárez e Iztapalapa, las inundaciones de 2010 que afectaron simultáneamente 4 alcaldías y que registran el mayor costo de las últimas décadas, y las de 2016 que dañaron varios puntos de la Alcaldía de Iztapalapa y que tuvieron un tirante de hasta 50 cm (CENAPRED, 2022).

Como se mencionó en la sección referente a la gestión de riesgo como marco para el análisis, pese a que las lluvias ocurran con mayor frecuencia o intensidad y se conviertan en amenazas, no es posible asegurar que cada uno de estos eventos particulares son atribuibles al cambio climático.

Tomando como base la media del ensamble de modelos climáticos incluidos en el Quinto

Reporte de Evaluación del IPCC la Estrategia Local de Acción Climática 2021-2050 (ELAC 2021-50) señala que en la Ciudad de México (ver Tabla 1), producto del cambio climático, podría alcanzar incrementos cercanos a 5°C con respecto a su valor promedio durante el periodo 1986-2005, para finales de siglo, y la temperatura máxima del día más caliente del año podría incrementarse en 6°C para el mismo periodo. Para la década de 2030, independientemente del escenario RCP las proyecciones indican aumentos cercanos a 1°C sobre la temperatura media anual (SEDEMA, 2021).

**Tabla 1:** Proyecciones para incrementos en la temperatura media anual para cuatro escenarios de emisiones y tres horizontes de tiempo<sup>5</sup>

<b>2030 (2021-2024)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
0.92 (0.75,1.04)	1.02 (0.84,1.16)	0.93 (0.76,1.05)	1.17 (1.04,1.33)
<b>2050 (2041-2060)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
1.14 (0.95,1.24)	1.52 (1.28,1.69)	1.43 (1.19,1.72)	2.09 (1.88,2.36)
<b>2070 (2061-2080)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
1.16 (0.86,1.49)	1.91 (1.5,2.24)	2.04 (1.77,2.35)	3.22 (2.78,3.62)

Fuente: SEDEMA, 2021

La estrategia también presentó un estimado de la precipitación acumulada anual para 4 de los escenarios de emisiones y para 3 horizontes temporales. Se describen en la la tabla 2.

Sumado a lo anterior, en el caso de la Ciudad de México, los eventos desestabilizadores son multicausales, no provienen de una fuente única, y se agudizan en el tiempo, ya que el ecosistema de la Cuenca se encuentra severamente dañado en los subsistemas que lo componen: agua, aire, suelo, y el cambio climático se suma al grave problema existente.

**Tabla 2:** Proyecciones de cambios (%) en la precipitación acumulada anual para cuatro escenarios de emisiones y tres horizontes de tiempo<sup>6</sup>

<b>2030 (2021-2024)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
0.39 (-3.29, 4.6)	-1.93 (-4.36, 1.7)	0.07 (-2.63, 2.92)	-1.92 (-4.82, 2.66)
<b>2050 (2041-2060)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
0.67 (-3.31, 4.54)	-3.04 (-7.15, 2.7)	0.38 (-3.61, 4.19)	-4.6 (-10.05, 1.65)
<b>2070 (2061-2080)</b>			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 8.5
-0.65 (-5.09, 2.21)	-3.49 (-7.2, 2.29)	2.5 (-9.2, 2.33)	-7.62 (-11.97, -2.18)

Fuente: SEDEMA, 2021

#### 4.1. Estimación de costos de afectaciones por precipitaciones severas de 2000 a 2020

Los daños que se generan por las lluvias severas (inundaciones, movimientos del terreno, caída de árboles u otros elementos urbanos) ocurren en la esfera social, económica, política, ambiental, etc y se pueden clasificar en tangibles e intangibles, directos e indirectos y enfocados en distintos sectores como viviendas, comercio y servicios, industrial, equipamiento público y servicios, infraestructura, patrimonio y el sector cultural e histórico. A su vez es necesario considerar las escalas, microescala (individual), meso escala (unidades espaciales, residenciales, industriales) y macroescala (municipal, ciudad-región) (Ceballos-Bernal, 2016).

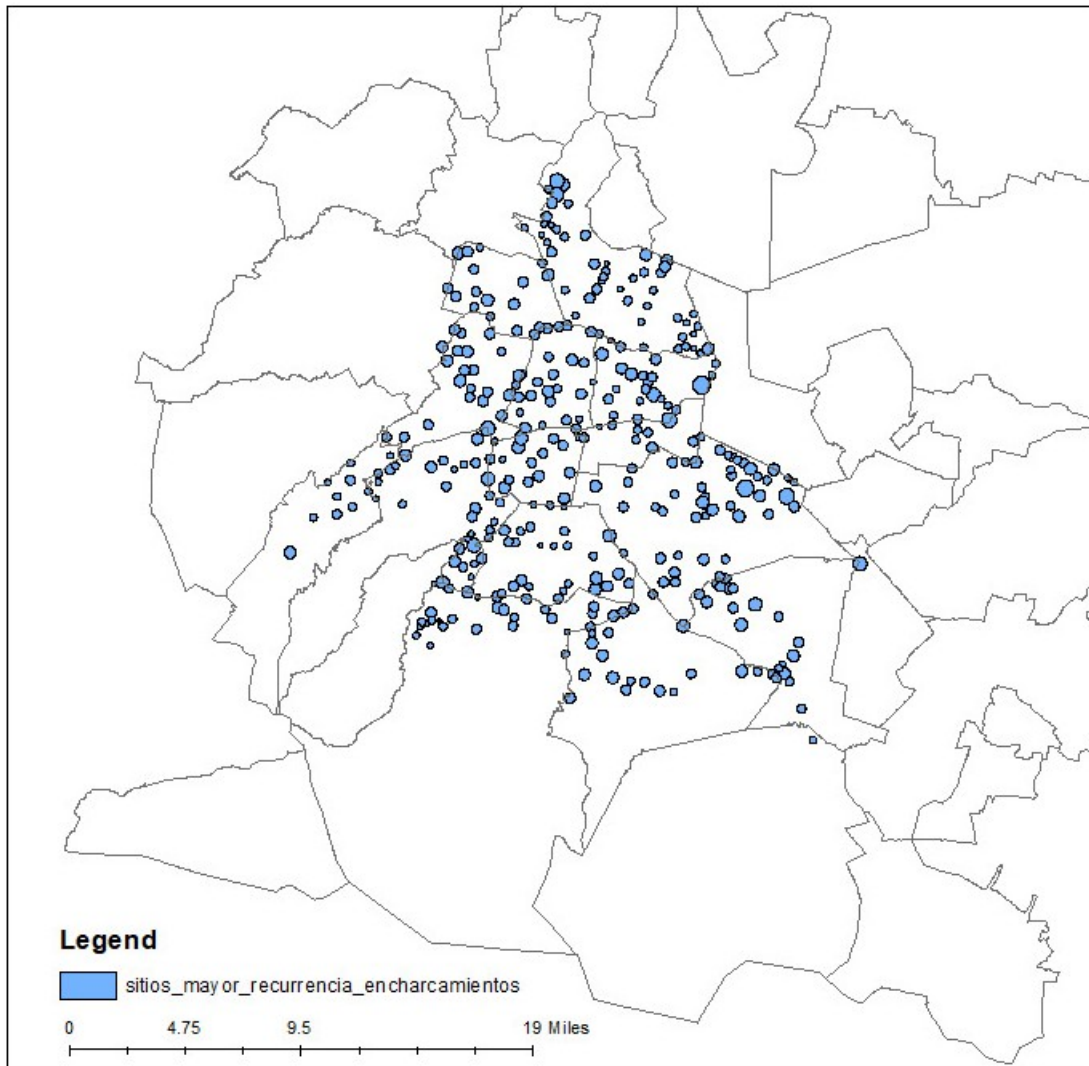
Se considera que los daños directos y tangibles se puede cuantificar con mayor facilidad que los costos indirectos en una inundación, ya que los efectos de la inundación consideran variables de tiempo que pueden ir desde meses a años. Por otra parte, los daños intangibles revisten un alto grado de complejidad para poder cuantificarlos económicamente, ya que considera factores como la pérdida de vidas humanas, estrés psicológico, daños a la salud a largo plazo, interrupción de servicios, entre otros (Ceballos-Bernal, 2016).

El Atlas de Riesgos de la Ciudad de México plantea que para un periodo de retorno de 5 años



a nivel de AGEB, 9 de las 16 alcaldías presentan un peligro alto de inundaciones<sup>7</sup>, en esas 9 alcaldías vive el 68 % de la población de la ciudad. Mientras que para lluvias torrenciales 2 alcaldías se encuentran en peligro alto y 8 más en peligro medio (SEDEMA, 2021).

**Figura 2:** Sitios recurrentes de inundaciones en Ciudad de México<sup>8</sup>



Fuente: elaboración propia usando la capa de información geoespacial Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México, 2020.

En el mapa (ver Figura 2) se muestran los puntos recurrentes de encharcamiento en Ciudad de México, los cuales son proporcionados en el portal de datos abiertos de la Ciudad, a través

<sup>7</sup>El Atlas marca 4 niveles de peligro.

de una capa de información geoespacial.

Como puede observarse, estos sitios se encuentran distribuidos por toda la Ciudad, por lo que la atención en el momento de una emergencia puede ser muy compleja y de ocurrir eventos de inundación en varios de estos puntos a la vez las autoridades podrían verse rebasadas y también por la falta de atención aumentar las pérdidas económicas y sociales.

#### **4.2. Método para el análisis de costos de los desastres por precipitaciones intensas ante escenarios de cambio climático**

El método para obtener los costos de los desastres por precipitaciones en la Ciudad de México frente a escenarios de cambio climático<sup>9</sup> se describe a continuación.

Se planteó un modelo matemático<sup>10</sup> que relaciona las lluvias intensas en función de la temperatura y precipitación acumulada, realizando un ajuste por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para series de tiempo considerando la siguiente ecuación:

$$\log(N_{Lluvias})/100 = \beta_0 + \beta_1 Temp_i + \beta_2 Precip_i + u_i \quad (1)$$

Donde,  $N_{Lluvias}$  es el número de lluvias que pueden generar desastres<sup>11</sup>,  $Temp_i$  es temperatura en grados celsius, y  $Precip_i$  es la precipitación en milímetros. A partir de ajuste por MCO se obtuvieron los parámetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ , y  $\beta_2$ .

Posteriormente, se calcularon los datos precipitación acumulada y de temperatura media para cuatro escenarios de emisiones y tres horizontes de tiempo (RCP 2.6, 2.5, 6 y 2.9 en 2030, 2050 y 2070)<sup>12</sup>.

---

<sup>9</sup>Cuatro escenarios de emisiones y tres horizontes de tiempo (RCP 2.6, 2.5, 6 y 2.9 en 2030, 2050 y 2070)

<sup>10</sup>Los datos para el modelo, se obtuvieron de las bases de datos de las Estaciones Meteorológicas de la Ciudad de México y de CONAGUA (2021).

<sup>11</sup>CONAGUA determina que por arriba de 25 mm por hora, se consideran lluvias fuertes a muy fuertes. Estas precipitaciones pueden generar desastres, ya que el drenaje secundario de la ciudad se encuentra integrado por ductos de 45 cm de diámetro máximo y que el momento de recibir precipitaciones por arriba de 25 mm requieren el apoyo del sistema de bombeo.

<sup>12</sup>Con base en los datos de SEDEMA (2021).

El número de lluvias se obtuvo realizando un conteo de las precipitaciones (lluvias fuertes e intensas, según el criterio de CONAGUA), mayores iguales que 25 mm en el periodo estudiado.

A continuación se empleó el modelo para calcular el número de lluvias fuertes e intensas que pueden generar desastres ( $N_{Lluvias\_RCP}$ ) ante los distintos escenarios de RCP. Se empleó la ecuación 1 para cada valor de temperatura y presión de cada RCP en los tres horizontes.

Se asume que el número de desastres  $N_{Desastres\_RCP}$  se distribuye como una binomial. Donde  $p$  es la probabilidad de que ocurra un desastre por lluvias fuertes e intensas:

$$N_{Desastres\_RCP} \sim Bin(p, Lluvias\_RCP) \quad (2)$$

El número de desastres esperado ( $\bar{N}_{Desastres\_RCP}$ ) correspondiente a cada escenario se calcula a través de:

$$\bar{N}_{Desastres\_RCP} = N_{Lluvias\_RCP} \cdot p \quad (3)$$

Finalmente, el costo esperado de los desastres ( $C_{esp}$ ) es número de desastres esperado  $\bar{N}_{Desastres\_RCP}$  por el costo promedio ( $C_{medio}$ ) el cual se obtiene de la base de datos del CENAPRED (2022). La ecuación es la siguiente:

$$C_{esp} = \bar{N}_{Desastres\_RCP} \cdot C_{medio} \quad (4)$$

### 4.3. Impactos por eventos que generan desastres en la Ciudad de México del 2000 a 2020

Desde el año 2000, el CENAPRED ha realizado una sistematización de los impactos socio-económicos de los daños y pérdidas ocasionados por los desastres en México. Así como de las declaratorias de desastre. Estos datos son públicos y pueden ser descargados a través de la página oficial del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2022).

En la Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México 2021-2050, se muestra que para el periodo de 2000 a 2015, se registraron 33 lluvias o tormentas que desencadenaron desastres, ocasionando 5 defunciones, 51,526 personas afectadas, y una pérdida de \$358,152 millones de pesos y 10,406 viviendas dañadas, siendo este tipo de eventos los que más población afectaron (CENAPRED, 2020 en SEDEMA, 2021).

Cabe mencionar que el análisis presentado por CENAPRED y recuperado por SEDEMA las lluvias y tormentas torrenciales son una categoría separada de las inundaciones y de los deslizamientos, ya que pueden estar asociados a una lluvia extrema o no. Los datos para inundaciones son: un total de 3 eventos, 0 defunciones, 70 población afectada, 610 viviendas dañadas y \$14.2 millones de pesos en daños. En el caso de los deslizamientos un total de 15 eventos, 14 defunciones, 735 población afectada, 85 viviendas dañadas y \$18.853 millones de pesos en daños (CENAPRED, 2020 en SEDEMA, 2021).

A partir de la información pública, y de la descarga de la base de datos sobre el impacto socioeconómico de los daños y pérdidas ocasionados por los desastres en México, se realizó un trabajo de limpieza, filtrado y sistematización de resultados para obtener la base de datos de trabajo con la cual se podrían estimar los costos esperados de los desastres.

En la Figura 3 se muestran el conteo de los eventos registrados por tipo de fenómeno en la Ciudad de México, según la clasificación general de CENAPRED.

Se realizó un segundo proceso de filtrado de los datos para presentar sólo los datos referentes a los eventos hidrometeorológicos que generaron desastres. Según la clasificación de CENAPRED (2022) los desastres por eventos hidrometeorológicos a su vez se subclasifican en: bajas temperaturas, fuertes vientos, inundación, lluvias, temperatura elevada y tormenta severa. En la Figura 4 se muestra el conteo.

Sumado a lo anterior, para el caso que nos ocupa, tomamos todos los eventos asociados a la precipitación, es decir: inundación, lluvias, y tormenta severa que además hayan ocurrido en la zona urbana de la Ciudad de México. A continuación se presenta la tabla completa de los eventos hidrometeorológicos que fueron reportados por CENAPRED como impactos entre 2000 y 2020. En la siguiente tabla se muestra una síntesis de los eventos de interés, así como los costos registrados de estos eventos, y la síntesis de los resultados previos obtenidos.

**Figura 3:** Total de eventos por tipo registrados en Ciudad de México de 2000 a 2020.

Año	Geológico	Hidro-meteorológico	Químico	Sanitario	Socio-organizativo	Total por año	Total por año (%)
2000	1	0	0	0	0	1	0.17%
2001	0	0	1	0	0	1	0.17%
2002	0	2	14	0	7	23	3.97%
2003	4	7	22	1	7	41	7.07%
2004	1	6	21	0	8	36	6.21%
2005	2	2	15	0	7	26	4.48%
2006	2	3	5	0	10	20	3.45%
2007	1	3	13	0	4	21	3.62%
2008	1	2	10	0	9	22	3.79%
2009	4	7	36	0	17	64	11.03%
2010	2	5	18	0	6	31	5.34%
2011	2	7	14	0	13	36	6.21%
2012	1	2	14	1	8	26	4.48%
2013	1	4	14	0	3	22	3.79%
2014	2	1	13	0	8	24	4.14%
2015	3	2	11	0	9	25	4.31%
2016	0	4	3	0	0	7	1.21%
2017	1	0	12	0	4	17	2.93%
2018	2	1	22	0	16	41	7.07%
2019	3	2	35	1	18	59	10.17%
2020	3	3	17	0	14	37	6.38%
<b>Total por evento</b>	<b>36</b>	<b>63</b>	<b>310</b>	<b>3</b>	<b>168</b>	<b>580</b>	<b>100.00%</b>
<b>Total por evento (%)</b>	<b>6.21%</b>	<b>10.86%</b>	<b>53.45%</b>	<b>0.52%</b>	<b>28.97%</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: elaboración propia usando la Base de Datos: “Impacto socio económico de desastres 2000-2021”, CENAPRED 2022.

A partir de la sistematización de los casos referentes a desastres hidrometeorológicos reportados, asociados a precipitaciones intensas y que afectaron la zona urbana de la Ciudad de México se construyó la tabla que se presenta en la Figura 5. En ella se presentan los eventos de interés para nuestro estudio, es decir, los desastres por precipitaciones intensas.

En la Figura 6 se muestran las frecuencias de todos los eventos reportados, subdividida en los eventos hidrometeorológicos (objetivo del estudio), en adelante se denominará a estos casos

**Figura 4:** Impactos de los fenómenos hidrometeorológico, por tipo de evento, por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022

Año	Baja Temperatura	Fuertes Vientos	Inundación	Lluvias	Temperatura Elevada	Tormenta Severa	Total	Total
2000	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
2001	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
2002	0	0	1	1	0	0	2	3.17%
2003	0	0	0	6	0	1	7	11.11%
2004	0	1	0	4	0	1	6	9.52%
2005	0	2	0	0	0	0	2	3.17%
2006	1	0	0	1	0	1	3	4.76%
2007	0	1	0	2	0	0	3	4.76%
2008	0	1	0	1	0	0	2	3.17%
2009	0	0	0	6	0	1	7	11.11%
2010	0	0	0	3	0	2	5	7.94%
2011	1	1	1	4	0	0	7	11.11%
2012	0	0	0	2	0	0	2	3.17%
2013	1	1	1	1	0	0	4	6.35%
2014	0	0	0	0	1	0	1	1.59%
2015	1	0	0	1	0	0	2	3.17%
2016	1	0	1	2	0	0	4	6.35%
2017	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
2018	1	0	0	0	0	0	1	1.59%
2019	0	0	0	1	1	0	2	3.17%
2020	0	1	0	1	0	1	3	4.76%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>63</b>	<b>100.00%</b>
<b>Total</b>	<b>9.52%</b>	<b>12.70%</b>	<b>6.35%</b>	<b>57.14%</b>	<b>3.17%</b>	<b>11.11%</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: elaboración propia usando los datos de CENAPRED (2022).

los *desastres por lluvias intensas* y el resto de los eventos (no objetivo del estudio), en la Ciudad de México de 2000 a 2021.

Finalmente se muestran dos gráficas, la primera (Figura 7) presenta las representaciones del registro de los eventos hidrometeorológicos por año y la segunda (Fig 8 los costos de los eventos hidrometeorológicos por año.

En la Figura 7 que presenta el conteo de los desastres asociados a precipitaciones intensas, se observa una tendencia a la baja en el número máximo de eventos registrados para el periodo de 2000 a 2020.

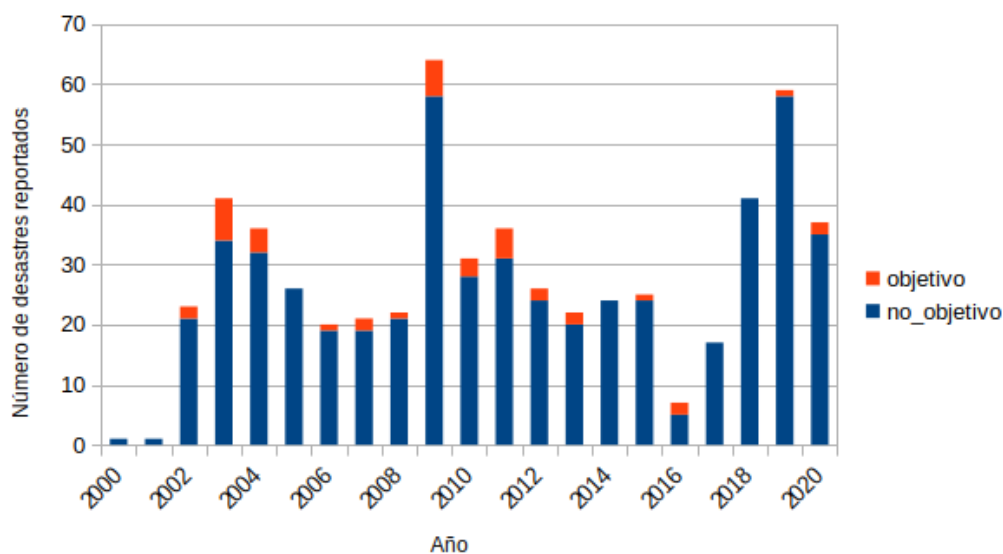
Paralelamente, en la Figura 8, se observa que en el periodo antes mencionado existe un elevado costo registrado en el año 2010, este alto costo se debió a que durante el periodo de lluvias de verano, la Ciudad sufrió una importante inundación que abarcó a 4 Alcaldías al mismo tiempo y generó importantes daños en viviendas e infraestructura.

**Figura 5:** Tabla síntesis de eventos registrados en Ciudad de México.

Año	Total de desastres reportados	Total de desastres Hidrometeorológicos reportados	Eventos sin interés para el estudio	Eventos hidrometeorológicos de interés	Total de daños en Eventos hidrometeorológicos de interés en (millones de pesos)
2000	1	0	1	0	0.00
2001	1	0	1	0	0.00
2002	23	2	21	2	0.30
2003	41	7	34	7	0.50
2004	36	6	32	4	4.38
2005	26	2	26	0	0.00
2006	20	3	19	1	0.00
2007	21	3	19	2	0.13
2008	22	2	21	1	0.00
2009	64	7	58	6	1.12
2010	31	5	28	3	345.86
2011	36	7	31	5	4.87
2012	26	2	24	2	1.46
2013	22	4	20	2	13.94
2014	24	1	24	0	0.00
2015	25	2	24	1	0.04
2016	7	4	5	2	0.13
2017	17	0	17	0	0.00
2018	41	1	41	0	0.00
2019	59	2	58	1	0.00
2020	37	3	35	2	20.53
<b>Total</b>	<b>580</b>	<b>63</b>	<b>539</b>	<b>41</b>	<b>393.26</b>
<i>Costo promedio por los eventos hidrometeorológicos (de interés para el estudio registrados)</i>					<i>9.59</i>

Fuente: elaboración propia usando la Base de Datos: “Impacto socio económico de desastres 2000-2021”, CENAPRED 2022.

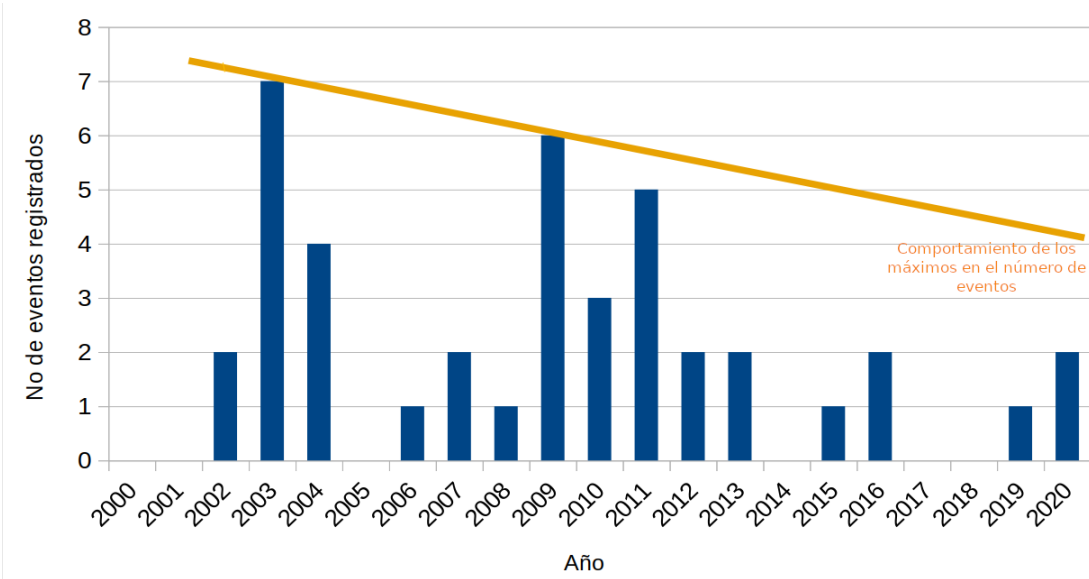
**Figura 6:** Total de eventos registrados<sup>13</sup> en Ciudad de México, 2000-2022.



Fuente: elaboración propia usando la Base de Datos: “Impacto socio económico de desastres 2000-2021”, CENAPRED 2022.

Estos resultados preliminares, nos podrían indicar que pese a que los eventos puedan ir disminuyendo, los costos asociados no siguen la misma tendencia ya que pueden registrar cifras muy elevadas puntualmente y derivado de la intensidad y zonas que abarque el desastre.

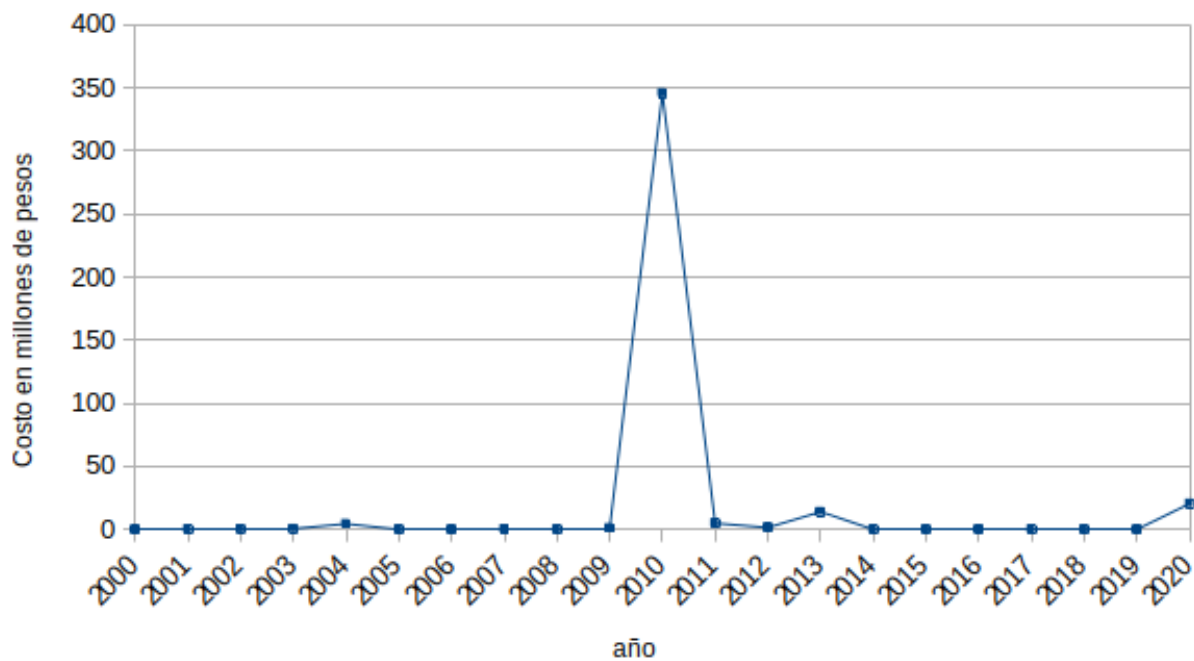
**Figura 7:** Total de desastres por precipitaciones registrados por año en Ciudad de México, 2000-2022.



Fuente: elaboración propia usando la Base de Datos: “Impacto socio económico de desastres 2000-2021”, CENAPRED 2022.



**Figura 8:** Costos de los daños por precipitaciones en CDMX (millones de pesos por año) de 2000 a 2020

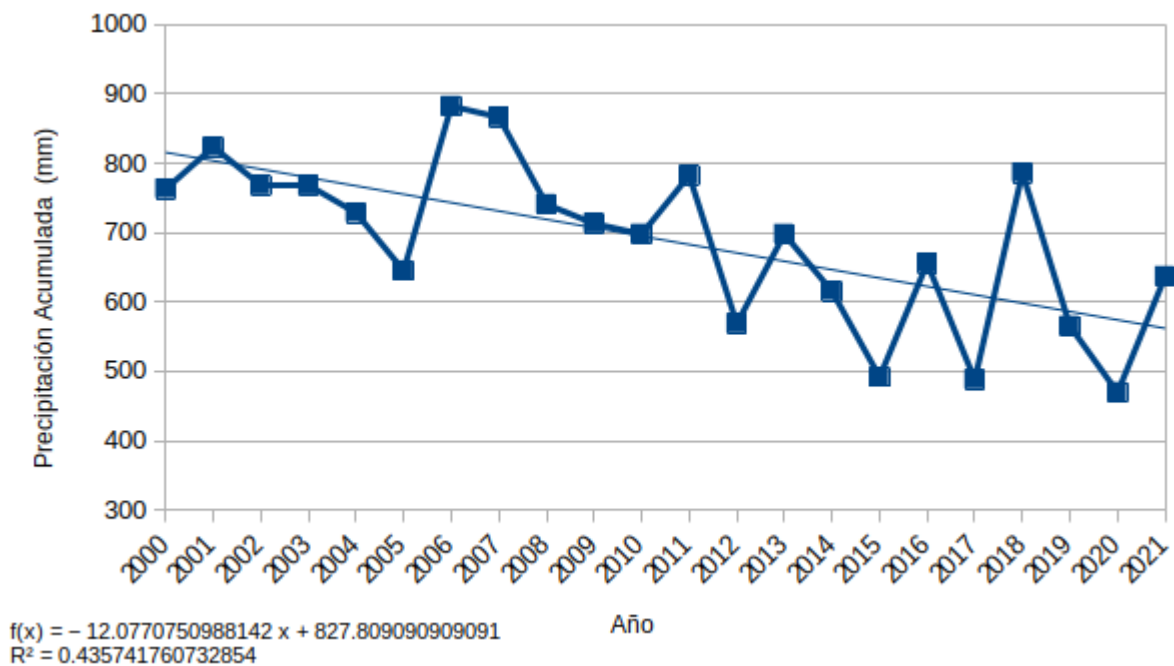


Fuente: elaboración Propia usando la Base de Datos: “Impacto socio económico de desastres 2000-2021”, CENAPRED 2022.

#### 4.4. Precipitación y temperatura en la Ciudad de México del 2000 a 2020

Por otra parte, en referencia al planteamiento teórico sobre que el cambio climático podría aumentar la variabilidad climática para la temperatura y precipitaciones, y a partir de los datos de resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia de CONAGUA (2022), recuperaron los siguientes datos para el caso de la Ciudad de México.

**Figura 9:** Precipitación Acumulada por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022

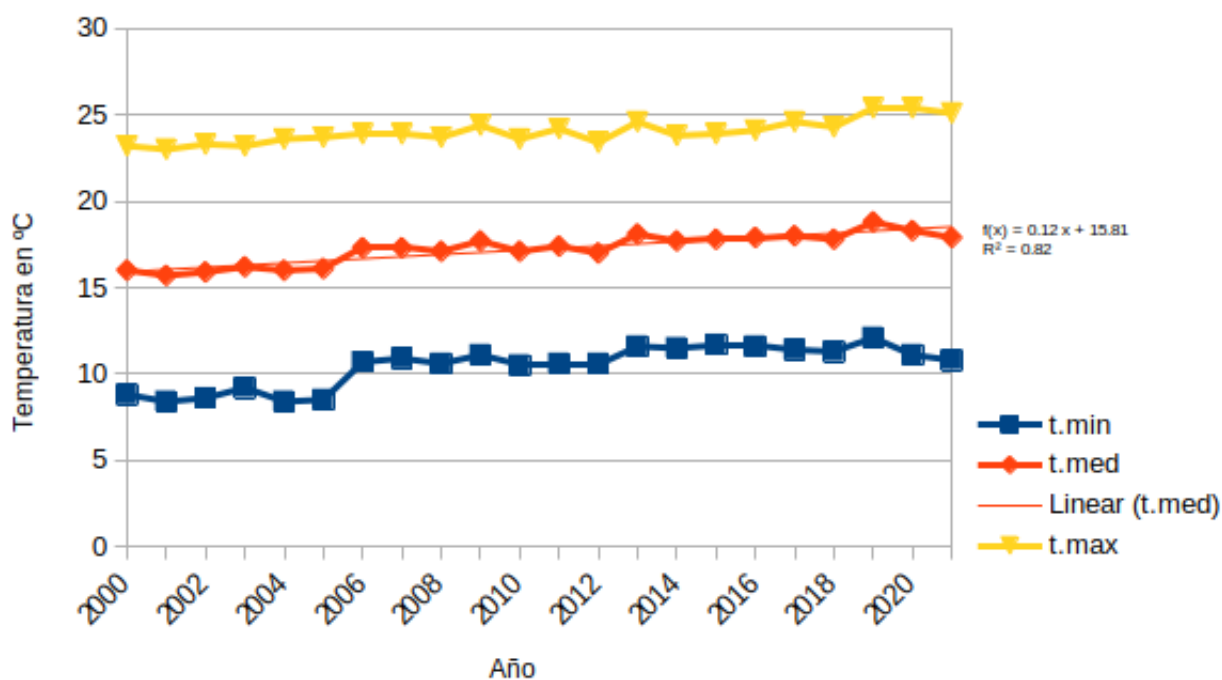


Fuente: elaboración propia usando los datos “resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia” de CONAGUA (2022).

A partir los datos de 2000 a 2020, se observa una tendencia a la alza para el caso de la temperatura, mientras que la precipitación acumulada va en descenso, para el periodo de estudio. Esta tendencia a la baja podría sugerir que el número de eventos de precipitación que generan desastres pueden reducirse en el futuro (en promedio), aunque como se observó en la gráfica (Figura 8 esta tendencia promedio no deja de lado la existencia de un evento puntual de precipitación intensa que pueda generar grandes afectaciones.

Se observa que el año 2010 se dieron fuertes afectaciones que implicaron altos costos econó-

**Figura 10:** Promedio de temperatura máxima, mínima y media por año en la Ciudad de México de 2000 a 2022



Fuente: elaboración propia usando los datos “resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia” de CONAGUA (2022).

micos, varias viviendas afectadas. La razón fundamental de que en este año se tenga un costo tan alto fue que el evento catastrófico abarcó a 4 Alcaldías de la Ciudad, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco e Iztapalapa afectando más de 8000 viviendas y 154 escuelas.

Un elemento muy importante a destacar es que para tener datos sobre los daños y pérdidas sólo se cuenta con esta base de datos del CENAPRED que no explica el método de cálculo para estimar los costos de las afectaciones.

#### 4.5. Costos de los eventos asociados a precipitaciones en escenarios RCP de cambio climático en la Ciudad de México

En la Figura 11 se muestran los datos calculados de la variación de temperatura para las trayectorias RCP 2.6, 2.5, 6 y 2.9 de los horizontes (2030, 2050 y 2070) con los porcentajes de cambio señalados en el documento de SEDEMA (2021).

**Figura 11:** Temperatura promedio por corte de acuerdo a cada escenario de RCP<sup>14</sup>.

2030			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
19.955	17.055	16.965	17.205
2050			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
17.175	17.555	17.465	18.125
2070			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
17.195	17.945	18.075	19.295

Fuente: elaboración propia usando la base de SEDEMA, 2021

En la Figura 12 se muestran los datos calculados de la variación de temperatura para las trayectorias RCP 2.6, 2.5, 6 y 2.9 de los horizontes (2030, 2050 y 2070).

**Figura 12:** Precipitación acumulada por corte de acuerdo a cada escenario de RCP<sup>15</sup>.

2030			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
797.1719	778.7494	794.6309	778.8288
2050			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
799.3953	769.9351	797.0925	757.5476
2070			
RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
788.9135	766.3618	774.2231	733.5665

Fuente: elaboración propia usando la base de SEDEMA, 2021

Al aplicar el modelo de mínimos cuadrados ordinarios para series de tiempo se obtiene la siguiente ecuación:

$$\log(N_{Lluvias})/100 = 0.04330 + 0.003905 * t + 0.0000004432 * p \quad (5)$$

dónde  $\beta_0 = 0.04330$ ,  $\beta_1 = 0.003905$ , y  $\beta_2 = 0.0000004432$ .

### Estimadores del Modelo

Residual standard error: 0.004037 on 12 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.4025, Adjusted R-squared: 0.3029  
 F-statistic: 4.042 on 2 and 12 DF, p-value: 0.0455

A partir de los resultados de los estimadores se puede señalar que existe una relación moderada entre el número de lluvias intensas y temperatura y precipitación bajo nuestro modelo (donde  $R^2 = 0.4025$ ).

Se observa que son estadísticamente significativos, lo que no quiere decir que no pueda ser mejorable a través de la utilización de bases datos con más información.

### Estimadores de los parámetros del modelo

Estimate $\beta_i$	Std. Error	t value	Pr(> t )
0.04330	0.02310	1.875	0.0853
0.003905	0.001381	2.827	0.0153
0.0000004432	0.000005467	0.081	0.9367

A partir de estos datos y tomando el promedio los costos de los eventos entre 2000 y 2020, que resultaron en 9.592 millones de pesos (ver figura 6) para cada evento hidrometeorológicos

Se realizó el cálculo para los escenarios RCP. Cabe mencionar que primero fue necesario realizar los promedios de temperatura y precipitación para la línea base planteada dentro del documento de la SEDEMA (2022). Las tablas para este calculo se pueden encontrar en el anexo 1.

La probabilidad usada en el cálculo de los costos fue igual a **0.2352941**.

**Figura 13:** Costos de los eventos estudiados ante escenarios RCP

	2030				2050				2070			
	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6	RCP 2.9
No Lluvias RCP	16	10	10	11	10	12	12	15	10	14	15	24
No Esperado de desastres_RCP (esperanza mat.)	7.76	2.59	2.35	2.59	2.59	3.06	3.06	3.76	2.59	3.53	3.76	5.88
Costos de los eventos en millones de pesos	74.48	24.83	22.57	24.83	24.83	29.34	29.34	36.11	24.83	33.85	36.11	56.42

Fuente: elaboración propia usando la bases de SEDEMA, 2022 y cálculos preelaborados

Los valores en el horizonte de horizonte 2050 y trayectorias RCP 2.6, 2.5, 6 y 2.9 se obtuvieron costos de entre (24.83 y 36.11) millones de pesos. Mientras que para el horizonte 2070 se encuentran valores de (24.83 y 56.42). Se muestra una tendencia a la alza en el número de eventos, y en los costos hacia el horizonte de 2070 en todos los escenarios.

Estos resultados son consistentes con la literatura y los informes gubernamentales que señalan que en los escenarios RCP de mediano y largo plazo, los costos de los eventos por fenómenos hidrometeorológicos serán mayores.

#### 4.4.1. Costos sociales

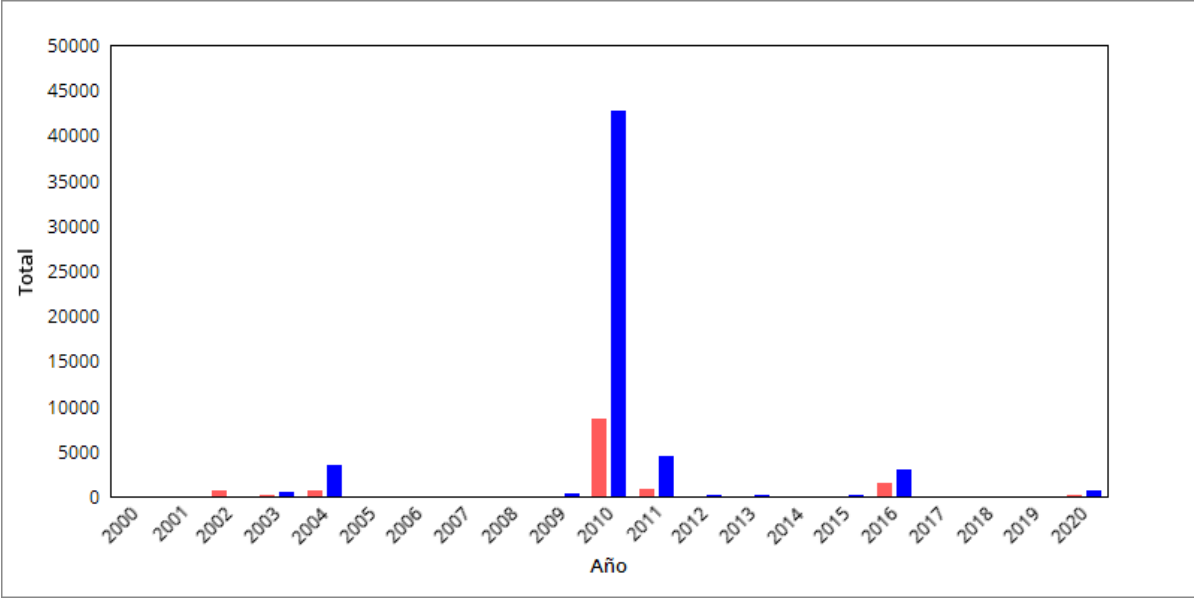
Es necesario señalar que dentro de los costos económicos estimados, se deja de lado los costos sociales y también los ambientales, en esta sección sólo se hace un breve recuento de los elementos sociales que fueron incluidos en las bases de datos del CENAPRED, 2020 y que no llegan a mostrar del todo las características de los eventos, pero que sin duda forman parte muy importante de una visión desde la gestión del riesgo climático.

Los costos sociales se refieren al valor que pierde la sociedad en bienes y servicios que son afectados por las lluvias torrenciales. La ocurrencia de un desastre, implica la pérdida de riqueza acumulada por el trabajo colectivo durante un periodo de tiempo, es decir, la pérdida

de infraestructura urbana, caminos, medios de transporte, y fuentes de empleo, mientras más grave sea y más tiempo dure (o se repita), estas pérdidas serán mayores y más profundas a nivel comunitario e incluso en el desarrollo de las economías en la escala nacional, ya que se tendrán que emplear más recursos de otras prioridades sociales y llegando a generar efectos recesivos en la macroeconomía (Pliego, 1992).

El cálculo de las pérdidas en valores promedio tienden a ocultar la tendencia a la concentración de las afectaciones en los sectores más pobres de la poblaciones (CRED-UNDRR, 2018).

**Figura 14:** Total de viviendas y población afectada por precipitaciones intensas en la CDMX del 2000 a 2020



Fuente: elaboración propia usando la bases de SEDEMA, 2022 y cálculos preelaborados

La profundidad de los daños sociales depende, en buena medida, de la duración de la suspensión de las funciones locales (Pliego, 1992). Dada la forma en que ha crecido la Ciudad, las diferencias hidrográficas, las características de las viviendas y los contextos sociodemográficos la duración de la suspensión está también relacionada con las características de vulnerabilidad dónde ocurre la inundación.

**Figura 15:** Total de viviendas y población afectada por precipitaciones intensas en la CDMX del 2000 a 2020

<b>Año</b>	<b>Viviendas dañadas</b>	<b>Población Afectada</b>
2000	0	0
2001	0	0
2002	640	0
2003	165	523
2004	730	3400
2005	0	0
2006	0	25
2007	21	72
2008	0	6
2009	71	361
2010	8534	42670
2011	888	4446
2012	27	168
2013	0	121
2014	0	0
2015	34	200
2016	1480	3000
2017	0	0
2018	0	0
2019	3	20
2020	180	733
<b>Total</b>	<b>12773</b>	<b>55745</b>

Fuente: elaboración propia usando la bases de SEDEMA, 2022 y cálculos preelaborados

#### **4.5. El problema de la escala y la temporalidad**

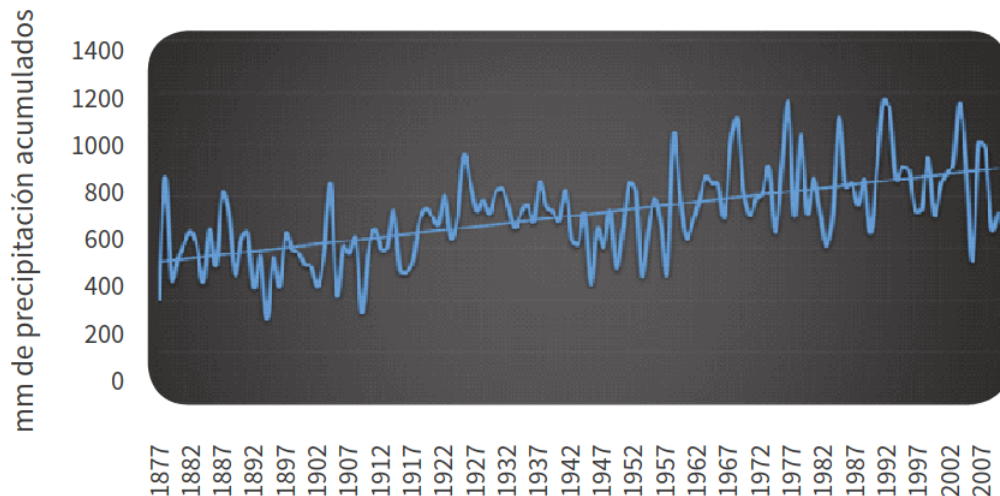
Uno de los elementos que se destacan al realizar este análisis, es la aparente contradicción entre los datos presentados por la Secretaría de Medio Ambiente en el Programa de acción climática de 2014 a 2020 y los datos de CONAGUA (2022) utilizados para el análisis realizado en las secciones anteriores.

En el Programa de Acción Climática 2014-2020 presentado por la Ciudad de México se mostraba la siguiente gráfica de precipitación acumulada de 1887 a 2009 con datos de la estación Tacubaya, en la cual se observa una tendencia al aumento de la precipitación media



anual (SEDEMA, 2015).

**Figura 16:** Precipitación Anual Acumulada de 2000 2020. Datos de la Estación Tacubaya



Fuente: SEDEMA, 2015

Por su parte, los datos de CONAGUA de 2000 a 2020 utilizados en este estudio, señalaban una tendencia a la baja en la precipitación acumulada (ver figura 9, referente a la precipitación acumulada en el apartado 4.3 de este documento).

Se observa que los datos de la estación meteorológica de Tacubaya, recorren una temporalidad de más de 100 años, esto en virtud de que la estación meteorológica conserva el registro histórico desde el inicio del primer observatorio meteorológico y astronómico de México en 1877 (que inició registros en la azotea del Palacio Nacional pero en 1883 se trasladó a Tacubaya) (GM, 2022), mientras que la base de CONAGUA que se usó para este estudio correspondió a la selección de años compatible con los datos de CENAPRED (2022) donde se consideraban los costos y las afectaciones por desastres en la Ciudad de México.

Sumado a lo anterior, las precipitaciones acumuladas presentadas por CONAGUA de 2000 a 2020 contabilizan la información proporcionada por las estaciones hidrometeorológicas que se encuentran instaladas y funcionando en cada periodo de corte y en toda la Ciudad.

En el caso de la escala, la Ciudad de México al abarcar un territorio tan extenso alberga tres tipos de climas, “en la mayor parte de su territorio se presenta clima templado subhúmedo

(87 %), en el resto se encuentra clima seco y semiseco (7 %) y templado húmedo (6 %) [y existen diferencias en los volúmenes de precipitación anual], la precipitación total anual es variable: en la región seca es de 600 mm y en la parte templada húmeda (Ajusco) es de 1 200 mm anuales” (INEGI, 2022).

Por estos motivos, se considera importante reflexionar que al momento de analizar los impactos de precipitaciones extremas en la Ciudad de México, el análisis promedio de toda la Ciudad puede ocultar los efectos puntuales de algunas de las precipitaciones. En el mapa ( 2 de este documento) que contiene la capa de información geoespacial Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México en 2020, se observa que no son pocos los sitios de mayor recurrencia de “encharcamientos” [sic], como se le denomina por parte de las autoridades de la Ciudad de México [IPDP, 2020], a los eventos generados por las precipitaciones intensas, en ese sentido, estudios posteriores podrían analizar la relación entre estos sitios de “encharcamientos” y los registros de las estaciones meteorológicas cercanas.

## 5. Discusión y Conclusiones

La teoría señala que el cambio climático es un factor que potenciará la ocurrencia de desastres en aquellos sitios donde hay condiciones preexistentes de vulnerabilidad y exposición. A futuro se espera el aumento de amenazas de origen climático, entre ellas las lluvias extremas que pueden generar inundaciones y movimientos del terreno. En los núcleos urbanos los efectos asociados al cambio climático pueden aumentar la vulnerabilidad de poblaciones y los ecosistemas circundantes.

La vulnerabilidad de los núcleos urbanos se compone por una parte de la fragilidad de los medios físicos (inmuebles, infraestructura, etc) y de las condiciones geográficas preexistentes, y por otra de la vulnerabilidad de las poblaciones y sus redes. En el caso de la Ciudad de México, el medio geográfico, la fragilidad de la infraestructura y las condiciones socioeconómicas e históricas de la ciudad, hacen que la vulnerabilidad preexistente sea muy alta, sobre todo frente a precipitaciones, por tal motivo el enfoque de gestión del riesgo climático puede ser un elemento ayude a atender el problema, buscando la reducción de la vulnerabilidad.

Los resultados que se obtuvieron del modelo empleado en este trabajo, son consistentes con la literatura y los informes gubernamentales que señalan que en los escenarios RCP de mediano y largo plazo, los eventos hidrometeorológico asociados a precipitaciones, en promedio serán menores para toda la Ciudad de México. De igual forma, el número de eventos (entre 1 y 2) y los costos asociados se mantienen prácticamente constantes (22 y 24 millones) salvo para final del siglo en dónde disminuyen quitando 1.20 millones en el RCP2.9 y 14.13 en el RCP 4.5, pero también hay que considerar que el horizonte 2070 está en los escenarios con mayor incertidumbre.

Sin embargo, como se observó en las gráficas sobre costos en el periodo de 2000 a 2020, aunque el número de eventos de desastre puede tender a la baja, los costos pueden dispararse de manera puntual ante un evento que sea particularmente catastrófico y que ocurra en alguna parte pequeña del territorio de la Ciudad, o en muchas de forma simultánea. Sumado a lo anterior, este tipo de eventos puede ser recurrente en alguna zona y generar daños constantes en ese territorio como se presenta en el mapa de puntos de encharcamientos en la Ciudad.

En el proceso de realización de los cálculos, se observó también, que el análisis a través de la temperatura y precipitación promedio de toda la Ciudad de México podía ocultar algunas precipitaciones más intensas y puntuales, acompañado de grandes sequías en la mayor parte de la ciudad. Por tanto se recomienda un evaluar también de forma específica zonas que puedan presentar altos riesgos de desastres por precipitación, haciendo un estudio detallado entre territorio y estaciones meteorológica asociada a esas zonas lo que puede dar más detalle sobre el comportamiento del fenómeno. Este tipo de estudios sería podría dar continuidad a esta investigación.

La literatura sobre gestión del riesgo climático, Lavell (2013) también señala que invertir en prevención y construcción de resiliencia social es menos costoso que la inacción y la consecuente inversión en la atención de daños, es en este sentido que los análisis de costos como el realizado en este trabajo cobran sentido, como primer paso. Sin embargo como se observó también a partir de esta investigación tener una aproximación a los costos que han dejado hasta ahora los eventos climáticos extremos y realizar un acercamiento a lo que puede ocurrir en el futuro debe también tomar en cuenta otros elementos de carácter social.

Al momento de realizar este trabajo se observó que existe muy poca información sobre los montos de las pérdidas. La base de datos de CENAPRED presenta los montos de las pérdidas, pero no se tienen datos sobre las afectaciones directas e indirectas más allá de la casilla descriptiva que para algunos años es muy amplia y para otros se deja en blanco.

Sumado a lo anterior, la base de datos no desglosa los costos en las que incurren las instituciones al tener que hacer frente a la instalación de alberges, dotaciones alimentarias o dar consultas médicas a la población afectada o atención sanitaria (como vacunación o medicamentos), ni tampoco los costos por las medidas de prevención como desasolve, limpieza de alcantarillados, recolección de basura, limpieza de alcantarillados, poda de árboles. Sumado a lo anterior, una precipitación intensa puede deja daños menores o a bienes privados que no se consideran desastres (por una autoridad pública) por lo que no se reportan, a lo que se suma. El subregistro de eventos y costos complica el proceso de análisis y en general que la autoridad pública pueda tener información precisa para optar por alguna medida.

Por lo anterior, será muy importante mejorar la recolección de datos, capacitar a las personas que realizan la contabilidad, fortalecer los mecanismos de verificación y control de información, para tener mejores estimaciones.

El enfoque de gestión del riesgo climático permite observar las posibles variaciones en el riesgo de las poblaciones bajo el entendido de que el cambio climático es un elemento que se suma a las condiciones preexistentes de vulnerabilidad en los núcleos urbanos.

Finalmente se mostró que realizar la estimación de los costos de los eventos de precipitation que generan desastres puede ser de utilidad para la formulación de políticas que atiendan el riesgo de manera prospectiva más que reactiva y es un elemento extra que debería ser considerado por parte de los tomadores de decisión.

## Bibliografía

- Asamblea General de Naciones Unidas [AGNU]. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, Cuadragésimo segundo período de sesiones. Tema 83. e) Desarrollo y Cooperación Económico Internacional: Medio Ambiente. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas.
- Aragón-Durand. F. (2010). “La adaptación al cambio climático en ciudades a través de la reducción de riesgo: hacia un esquema articulador”, en Delgado Gian, Carlos Gay, Mireya Imaz, MaríaAmparo Martínez (coordinadores) (2010), *México frente al cambio Climático. Retos y oportunidades*. Programa de Investigación en cambio climático, Programa Universitario de Medio Ambiente, pp.139-152.
- Cardona. O. (1993). “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo”, en Maskrey (comp). *Los desastres no son naturales*. LA RED, ITDG. Tercer mundo.
- Ceballos-Bernal. A.; Baró-Suárez. J. y C. Díaz-Delgado] (2016). “Estimación de Pérdidas Económicas Directas Provocadas por Inundación. Aplicación de las Curvas Inundación-Daños en Países en Desarrollo”. *Investigaciones Geográficas*, nº 65, pp. 169-180.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED]. (2022).*Base de datos.Impacto socio económico de desastres 2000-2021*.CENAPRED.
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada [CICESE]. Base de Datos Climatológica Nacional (Sistema Clicom)( <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2014). *Manual para la Evaluación de Desastres*. Santiago de Chile. CEPAL-ONU.
- Conde. C.; Luyando, E.; López-Díaz, F. y G. Balderas. (2020). “Cambio climático y extremos hidrometeorológicos: ejemplos para México”, en Martínez-Austria, P.; Corona-Vázquez, B. y C. Patiño-Gómez (2020) (eds). *Cambio Climático y riesgos hidrometeorológicos*. Fundación Universidad de la Américas, Puebla y UNESCO.

Congreso de la Ciudad De México. [CCM]. (2019). *Constitución Política de la Ciudad De México*. Gaceta Oficial del Distrito Federal.

Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos [CGEUMa ] . (2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. Tomo DCCV. No. 4. pp 2-20. Primera Sección. Diario Oficial de la Federación.

Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos [CGEUMb] . (2012). Ley General Protección Civil. Tomo DCCV. No. 4. pp 1-29. Segunda Sección. Diario Oficial de la Federación.

Convención Marco de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático [CMNUCC] . (2022). ¿Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático?.[en línea]. Sitio Oficial de UNFCCC. Disponible en <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>.

Comisión Nacional del Agua [CONAGUA] . (2022). *Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia*. CONAGUA.

Centre for Research on the Epidemiolog [CRED] Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres [UNDRR]. (2018). *Pérdidas económicas, pobreza y Desastres 1998-2017*. CRED-EMDAT-UNDRR.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres [EIRD]. (2008). *El Cambio Climático y la Reducción del Riesgo de Desastres* Geneva, ONU. <https://www.eird.org/publicaciones/RRD-Cambio-Climatico.pdf>

Evaluación de Riesgos Naturales [ERN] . (2018). Descripción Amenaza Lluvias Intensas e Inundación. ERN.

Galindo, L. (2009). *La economía del Cambio Climático en México Síntesis*. México: Gobierno Federal SHCP y SEMARNAT.

Gobierno de México [GM]. (2022). *Historia del Servicio Meteorológico Nacional*. [en línea] SMN.

- Hernández-Espinosa, A. K., Otazo-Sánchez, E. M., Román-Gutiérrez, A. D., y Romo-Gómez, C.] (2021). “El Sistema de drenaje de la Ciudad de México”. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 9(17), 24-30. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9i17.7146>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía [INEGI]. (2022). *Información por entidad. Ciudad de México*. INEGI.
- Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva de la Ciudad de México [IPDyP] . (2020). *Capa de información geoespacial con los sitios recurrentes de encharcamientos en Ciudad de México*. Portal de Datos Abiertos. Gobierno de la Ciudad de México. Disponible en: <https://datos.cdmx.gob.mx/mk/dataset/sitios-recurrentes-de-encharcamiento-en-ciudad-de-mexico>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC] .(2022). *Acuerdos Internacionales*. [en línea] Sitio Oficial del INECC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2014). “Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate” en IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge/Nueva York, Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC] . (2007) *Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I. Glosario de Términos*. UNEP
- Departamento del Distrito Federal [DDF] . (1975). *Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*. Secretaría de Obras y Servicios.DDF.
- Lavell. A. (2013). *La adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: reflexiones e implicancias (2.a ed.)*. Lima: Proyecto Inversión Pública y Adaptación al Cambio Climático-GIZ /Flacso / Minam / Cenepred
- Lavell. A. (2011). *Desempacando la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: Buscando las relaciones y diferencias: Una crítica y construcción conceptual y epistemológica*. FLACSO y La Red



Martínez-Juárez, P.; Corona-Vázquez, B. y C. Patiño-Gómez (2020). *Cambio Climático y riesgos hidrometeorológicos*. Fundación Universidad de la Américas, Puebla y UNESCO.

Martínez-Austria, P.; Foudi, S.; Galarraga, I.; Osés-Eraso, N. y E. Cerdá. (2020). *Cambio climático, riesgo de inundación y medidas de adaptación: retos en la valoración de daños y evaluación de medidas*. *Ekonomiaz* N.o 97, 1o semestre. pp 191-212.

Munich Re. (2022). *Riesgos de inundaciones, marejadas ciclónicas e inundaciones repentinas. Peligros naturales subestimados*. Munich RE sitio web. Disponible en: <https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards/floods-and-flash-floods-underestimated-natural-hazards.html>

Ospina-Noreña, R.; Gay, C.; Conde, C. y A. Marínez. (2009). *La Ciudad de México ante el Cambio Climático*. CVCC-UNAM

Pardo, Mercedes (2007). *El impacto social del Cambio Climático*. Departamento de Ciencia Política y Sociología. Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, España.

Pliego Carrasco, F. (1992). “Estrategias de desarrollo social en situaciones de desastre” Vol. 54, No. 4. *Revista Mexicana de Sociología* pp. 11-24.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2010). *Gestión del Riesgo Climático*. Buró de Prevención de Crisis y Recuperación Buró de Políticas de Desarrollo / Grupo de Energía y Medio Ambiente. PNUD

Rojas-Rabiela, T; Martínez, J.L y D.Murillo. (2009). *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*. IMTA, CIESAS.

Secretaría de Economía. [SE] (2021). *Informe Nacional Voluntario 2021. Agenda 2030 en México*. Secretaría de Economía. Disponible en <https://www.gob.mx/se/>

Secretaría de Medio Ambiente [SEDEMA]. (2021). *Estrategia Local e Acción Climática 2021-2050 y Programa de Acción Climática de la Ciudad De México 2021-2030*. Secretaría de Economía. Disponible en <https://www.gob.mx/se/>

Secretaría de Medio Ambiente [SEDEMA]. (2015). *Estrategia Local de la Acción Climática*

*de la Ciudad de México 2014-2020*. No.107. Ciudad de México. Gaceta Oficial del Distrito Federal.

Swiss Re Institute [Swiss Re]. (2019). *Catástrofes naturales y siniestros antropógenos en 2018: los riesgos «secundarios» pasan a primer plano*. SIGMA.

Soto-Montes de Oca, G. y M. Herrera-Pantoja (2019). *Cambio climático y agua en ciudades: impactos en la Ciudad de México. Aspectos científicos y políticas públicas*. México, UAM, CONAGUA.

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures [TCFD] (2017). *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. TCFD

## Anexos

### Anexos 1.Cálculo de los promedios base de precipitación y temperatura para los escenarios RCP

**Figura 17:** Datos históricos para el cálculo de los promedios base de precipitación y temperatura para los escenarios RCP

<b>Año</b>	<b>Temp Media</b>	<b>Precipitación</b>
1985	15.6	714.1
1986	16	688.3
1987	16.2	693.2
1988	16.1	592
1989	15.4	835.3
1990	15.5	1220.7
1991	16.4	993
1992	16.1	739.5
1993	16	1022.1
1994	16.3	961.2
1995	16.1	619.9
1996	14.9	778
1997	15.9	778
1998	16.5	787.9
1999	17.4	675.8
2000	16	762.9
2001	15.7	823.6
2002	15.9	768.2
2003	16.2	768
2004	16	728.6
2005	16.1	645.3
<b>Promedio</b>	<b>16.035</b>	<b>794.075</b>

Fuente: elaboración propia usando la base de CONAGUA, 2022