

REPORTE ANUAL DEL CLIMA EN MÉXICO 2023

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional
Gerencia de Meteorología y Climatología
Subgerencia de Climatología y Servicios Climáticos

Comisión Nacional del Agua 2024

Avenida Insurgentes Sur 2416, Col. Copilco El Bajo, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04340, Ciudad de México.

Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional

Avenida Observatorio 192, Col. Observatorio, Alcaldía Miguel Hidalgo. C.P. 11860, Ciudad de México.

Teléfono: 552636-4600

www.conagua.gob.mx

<https://smn.conagua.gob.mx/es/>

EL REPORTE DEL CLIMA EN MÉXICO

Es una publicación editada por la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua.

Equipo directivo	Autores
M. en C. Alejandra Margarita Méndez Girón Coordinadora General Ing. Miguel Ángel Gallegos Benítez Gerente de Meteorología y Climatología	Geo. Minerva López Quiroz M. en A. Yenifeer Loranca Domínguez Ing. Aurora Guadalupe Zavala Fajardo M. en C. Julio Gómez Camacho Ing. Octavio Arturo Farias Nuñez Ing. José Alfredo López Trujillo Lic. Harin Reyna Lopez LCA. Daniela Paola Lunagomez Cruz

Edición:

Aurora Guadalupe Zavala Fajardo

Revisión:

Harin Reyna Lopez
José Alfredo López Trujillo
Octavio Arturo Farias Nuñez
Reynaldo Pascual Ramírez

Dudas e información: ventanillaunica.smn@conagua.gob.mx

Índice general

Prólogo	10
Lista de Acrónimos y Siglas	12
Glosario	12
1 Condiciones Globales del Clima	15
2 Precipitación	25
2.1 Temporada de lluvias	29
2.2 Canícula	33
3 Ciclones tropicales	37
4 Ondas tropicales	46
5 Sequía	50
6 Temperatura	55
6.1 Frecuencia de días fríos y cálidos	59
6.1.1 Número de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C y percentiles.	59
6.1.2 Número de días con temperatura máxima mayor o igual a 40 °C y percentiles.	62
7 Frentes fríos	66
8 Eventos notables	90
Anexos	93
Bibliografía	97

Índice de tablas

1.1	Indicadores para el monitoreo global del clima	16
1.2	Registro de anomalías de temperatura global del 2023	19
4.1	Ondas tropicales más significativas en el 2023 e inestabilidades atmosféricas asociadas.	49
6.1	Temperatura mínima nacional por entidad federativa en el año 2023.	60
6.2	Temperatura mínima nacional por mes en el año 2023.	60
6.3	Temperatura máxima nacional por entidad federativa en el año 2023.	63
6.4	Temperatura máxima nacional por mes en el año 2023.	64
7.1	Seguimiento de sistemas frontales de enero a mayo de 2023.	68
7.2	Temperaturas mínimas del 29 de enero al 6 de febrero durante el sistema frontal Núm. 28	68
7.3	Temperaturas mínimas del 11 al 14 de febrero durante el sistema frontal Núm. 32	71
7.4	Temperaturas mínimas del 20 al 22 de febrero durante el sistema frontal Núm. 34	72
7.5	Temperaturas mínimas del 25 al 27 de febrero durante el sistema frontal Núm. 36	73
7.6	Temperaturas mínimas del 1 al 4 marzo durante el sistema frontal Núm. 37	73
7.7	Temperaturas mínimas del 16 al 20 marzo durante el sistema frontal Núm. 41	75
7.8	Temperaturas mínimas del 15 al 17 abril durante el sistema frontal Núm. 49	77
7.9	Temperaturas mínimas del 28 al 30 de abril durante el sistema frontal Núm. 52	77
7.10	Temperaturas mínimas del 13 al 16 de mayo durante el sistema frontal Núm. 55	80
7.11	Sistemas frontales de agosto a diciembre de 2023.	80
7.12	Temperaturas mínimas del 30 de septiembre al 9 de octubre durante el sistema frontal Núm. 4.	81
7.13	Temperaturas mínimas del 28 de octubre al 5 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 8	83
7.14	Temperaturas mínimas del 19 al 24 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 11	84
7.15	Temperaturas mínimas del 30 de noviembre al 7 de diciembre durante el sistema frontal Núm. 13	86
7.16	Temperaturas mínimas del 8 al 13 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 16	87
7.17	Temperaturas mínimas del 21 al 26 de diciembre durante el sistema frontal Núm. 19	89

8.1	Tornados reportados en el año 2023.	93
8.2	Trombas marinas reportadas en el año 2023.	93
8.3	Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa	94
8.4	Temperatura máxima a nivel nacional y por entidad federativa	95
8.5	Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa	96
8.6	Temperatura mínima a nivel nacional y por entidad federativa	97

Índice de figuras

1.1	Anomalía anual de la temperatura del aire	17
1.2	Promedio global de la concentración de los gases de efecto invernadero	18
1.3	Promedios anuales de anomalías globales de la temperatura del aire	19
1.4	Promedio global anual del pH en el mar	20
1.5	Calor oceánico global	20
1.6	Nivel del mar en el mundo	21
1.7	Datos diarios de la extensión del hielo en el Ártico	22
1.8	Datos diarios de la extensión del hielo en el Antártico	23
1.9	Series de tiempo de las anomalías de la TSM	24
2.1	Lluvia observada, climatología y anomalías del año 2023	25
2.2	Anomalías históricas de precipitación a nivel nacional	26
2.3	Lluvia mensual comparada con su climatología	27
2.4	Láminas diarias de precipitación a nivel nacional	28
2.5	Clasificación de estados de acuerdo a la lluvia acumulada	28
2.6	Anomalía climatológica de lluvia diaria	30
2.7	Inicio de la temporada de lluvias	31
2.8	Final de la temporada de lluvias	32
2.9	Duración de la temporada de lluvias	33
2.10	Pentadas de precipitación climatológica de la canícula	35
2.11	Pentadas de precipitación de la canícula en 2023	35
2.12	Anomalía de la diferencia entre el periodo canicular y los periodos máximos de precipitación	36
3.1	Ciclones tropicales formados en la cuenca del Atlántico	37
3.2	Ciclones tropicales formados en la cuenca del Pacífico	38
3.3	Lluvias asociadas al huracán Beatriz	39
3.4	Lluvias asociadas al huracán Hilary	40
3.5	Lluvias asociadas a la tormenta tropical Max	41
3.6	Lluvias asociadas al huracán Lidia	42
3.7	Lluvias asociadas al huracán Norma	42
3.8	Lluvias asociadas al huracán Otis	43
3.9	Lluvias asociadas a la tormenta tropical Harold	44
3.10	Lluvias asociadas al huracán Idalia	45
4.1	Área de influencia de ondas tropicales	46
4.2	Climatología y tendencia de ondas tropicales	47
4.3	Seguimiento de ondas tropicales	48
4.4	Trayectoria de ondas tropicales	48
5.1	Porcentaje de área afectada con sequía a nivel nacional	50
5.2	Mapas del Monitor de Sequía en México	52

5.3	Porcentaje de áreas con sequía en Durango y San Luis Potosí	53
5.4	Porcentaje de áreas con sequía en Jalisco, Michoacán y Hidalgo	54
6.1	Anomalía de la temperatura media anual del periodo 1953-2023	55
6.2	Temperatura media mensual en 2023	55
6.3	Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional	56
6.4	Anomalías de temperatura media en las estaciones del año	57
6.5	Temperatura media y anomalía a nivel nacional	58
6.6	Clasificación de temperatura media estatal	58
6.7	Número de días con heladas	59
6.8	Percentil promedio de temperatura mínima	61
6.9	Número de días de temperatura mínima en percentiles	62
6.10	Número de días cálidos	63
6.11	Percentil promedio de temperatura máxima	64
6.12	Número de días de temperatura máxima en percentiles	65
7.1	Frentes fríos en el año 2023	66
7.2	Frentes fríos entre los meses de noviembre y marzo desde 1999	67
7.3	Principales sistemas meteorológicos el 30 de enero	69
7.4	Principales sistemas meteorológicos el 11 de febrero	70
7.5	Principales sistemas meteorológicos el 20 de febrero	71
7.6	Principales sistemas meteorológicos el 25 de febrero	72
7.7	Principales sistemas meteorológicos el 1 de marzo	74
7.8	Principales sistemas meteorológicos el 16 de marzo	75
7.9	Principales sistemas meteorológicos el 15 de abril	76
7.10	Temperaturas mínimas extremas del 28 al 30 abril	78
7.11	Principales sistemas meteorológicos el 13 de mayo	79
7.12	Principales sistemas meteorológicos el 30 de septiembre	81
7.13	Principales sistemas meteorológicos el 28 de octubre	82
7.14	Principales sistemas meteorológicos el 20 de noviembre	84
7.15	Principales sistemas meteorológicos el 30 de noviembre	85
7.16	Principales sistemas meteorológicos el 8 de diciembre.	87
7.17	Principales sistemas meteorológicos el 21 de diciembre.	88
8.1	Mapa de eventos notables	90
8.2	Anomalía de la temperatura mínima del 7 al 12 de febrero	91
8.3	Anomalía de precipitación del 11 al 21 de mayo	92

Prólogo

México cuenta con una gran variedad de climas, debido a su ubicación geográfica, misma que permite el ingreso de diversos fenómenos atmosféricos que ocasionan perturbaciones, benéficas o perjudiciales, para los diferentes sectores económicos, por ejemplo, los ciclones tropicales. Estos fenómenos favorecen el ingreso de humedad en regiones con sequía o el llenado de presas para distribución de agua potable, entre otros, pero también pueden ocasionar inundaciones, deslaves y afectaciones en el sector turístico.

Dentro de este contexto, se pueden mencionar una gran cantidad de eventos que generan efectos en las diversas regiones climáticas del país, por esta razón la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) elabora el Reporte del Clima en México, un documento donde se describen los principales fenómenos atmosféricos que determinan las condiciones climáticas del país.

El Reporte del Clima en México cuenta con doce publicaciones al año y un resumen anual. Se compone por secciones ilustradas con mapas, gráficos, fotografías y otros materiales que complementan la descripción de los efectos generales y más significativos que se presentaron en México. Adicionalmente, se incluyen anexos, que contienen tablas con valores de máximos y mínimos de temperaturas y la cantidad de lluvia registrada en cada entidad federativa; datos obtenidos de la red de estaciones climatológicas de la CONAGUA y otras instituciones.

Para describir las condiciones globales del clima (Sección 1) se utiliza bibliografía especializada e información proveniente de los centros del clima a nivel mundial como son: la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA, por sus siglas en inglés) y el Instituto Internacional para el Clima y la Sociedad (IRI, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Columbia, entre otros.

Así bien, la edición de este documento contiene información del mes inmediato anterior, por ejemplo: en febrero se publican los resultados y los eventos climáticos más relevantes que ocurrieron en enero y así sucesivamente, hasta llegar a enero del siguiente año, mes en que se generan dos publicaciones, el Reporte del Clima en México del mes de diciembre y el Reporte Clima en México anual, que incluye un resumen de los eventos sobresalientes en todo el año inmediato anterior.

De manera general, en la primera sección se presenta el análisis de la temperatura a nivel global, respecto al promedio climatológico, indicándose el ranking que ocupa la anomalía mensual de acuerdo a un periodo de tiempo. Se incluyen los valores de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), para los océanos Atlántico y Pacífico, así como una descripción de los índices de monitoreo de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Finalmente, en esta

sección se describen las condiciones atmosféricas que se observaron durante el mes y las principales oscilaciones que influyeron en las condiciones climáticas en México.

En la segunda sección, se describe el análisis mensual de la lluvia a nivel nacional, indicando la lluvia total y el porcentaje que ésta representa para diferentes periodos de tiempo, se mencionan los principales sistemas atmosféricos que contribuyeron al ingreso o déficit de precipitaciones, así mismo se incluyen las láminas de lluvias a nivel nacional y la lluvia máxima registrada por día.

De mayo a noviembre se considera la temporada de ciclones tropicales en México, es por ello que, durante ese periodo, en el Reporte del Clima se incluye una sección, donde se mencionan los ciclones generados en ambas cuencas oceánicas del hemisferio norte, con énfasis en los ciclones que impactaron o se acercaron a las costas mexicanas y resaltando la cantidad de lluvia que estos fenómenos hidrometeorológicos aportaron al país.

Por otra parte, para el mismo periodo, se incluye la sección de ondas tropicales y los efectos que generan en la región sur del país, además se integra información de seguimiento y análisis de las oscilaciones atmosféricas que influyeron debido al desarrollo de las mismas.

Continuando con la descripción de este documento, en la siguiente sección se integra el seguimiento de frentes fríos, este apartado solamente se incluye en el periodo invernal, es decir de septiembre a mayo del siguiente año, se mencionan los acontecimientos más relevantes que estos fenómenos ocasionan en algunas regiones del país.

En la siguiente sección, se encuentra la información de sequía, donde se muestra el estado de la sequía en el país así, como las cantidades de lluvia registradas a nivel nacional y los eventos atmosféricos que aportaron humedad al país. De esta manera, se indican las regiones donde las precipitaciones ayudaron a la disminución de sequía o en su defecto las zonas más afectadas por esta situación.

Por otro lado, la sección de temperatura cuenta con tres subsecciones (temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima) en cada una se indica, a nivel mensual y estatal, la clasificación del mes como más cálido, neutral o frío, según la climatología base y los registros históricos. Se proporcionan valores de eventos extremos como días con heladas (temperatura mínima diaria menor o igual a 0.0 °C), en meses invernales, o días cálidos en primavera y verano (temperatura máxima diaria mayor o igual a 40.0 °C).

Finalmente, se encuentra la sección de eventos notables. Debido a que la historia climatológica del país, está llena de episodios cruciales, de los cuales muchos se han perdido a lo largo del tiempo o apenas se tiene registro de ellos, en el Reporte del Clima en México se incluye esta sección que describe aquellos eventos que dejaron huella significativa.

Con esta publicación, la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional de

la CONAGUA, da un paso importante en la difusión de información de manera integral y multidisciplinaria, donde se pretende sea de utilidad para presentes y futuros análisis acerca del estado del clima y los efectos que sus variables ocasionan a la población y sus diversas actividades. Dentro de este contexto, el Reporte del Clima en México va dirigido a todo público.

Lista de Acrónimos y Siglas

ACE	Accumulated Cyclone Energy (Energía Ciclónica Acumulada)
AMO	Atlantic Multi-decadal Oscillation (Oscilación Multidecadal del Atlántico)
ATL3	Región 3 del Atlántico
AO	Arctic Oscillation (Oscilación Ártica)
CAPE	Convective available potential energy (Energía Potencial Convectiva Disponible)
CGSMN	Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPC	Climate Prediction Center (Centro de Predicciones Climáticas)
ENSO	El Niño Southern Oscillation (El Niño-Oscilación del Sur)
IRI	International Research Institute for Climate and Society (Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad)
ITCZ	Intertropical Convergence Zone (Zona de Convergencia Intertropical)
JAE	Jet Africano del Este
METAR	METeorological Aerodrome Report (Reporte del Aeródromo Meteorológico)
MJO	Madden-Julian Oscillation (Oscilación Madden-Julian)
NAO	North Atlantic Oscillation (Oscilación del Atlántico Norte)
NASH	North Atlantic semi-permanent high pressure system (Sistema de Alta Presión Semipermanente del Atlántico Norte)
NOAA	Natioal Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)
NCAR	National Center for Atmospheric Research (Centro Nacional para la Investigación Atmosférica)
NCEP	National Centers for Environmental Prediction (Centros Nacionales de Predicción Ambiental, NOAA)
NHC	National Hurricane Center (Centro Nacional de Huracanes, NOAA)
NHP	North Pacific Semi-Permanent High Pressure System (Sistema de Alta Presión Semipermanente del Pacífico Norte)
OLR	Outgoing Longwave Radiation (Radiación Saliente de Onda Larga)
ONI	Oceanic Niño Index (Índice del Niño Oceánico)
PDO	Pacific Decadal Oscillation (Oscilación Decadal del Pacífico)
PNA	Pacific North American (Pacífico Norteamericano)
SIH	Sistema de Información Hidrológica de la CONAGUA
SOI	Southern Oscillation Index (Índice de oscilación del Sur)
TNA	Tropical North Atlantic Index (Índice del Atlántico Tropical Norte)
TSA	Tropical Southern Atlantic Index (Índice del Atlántico Tropical Sur)
TSM	Temperatura Superficial del Mar

Glosario

ACE (Energía ciclónica acumulada). Índice de energía eólica, definido como la suma de los cuadrados de la velocidad máxima sostenida del viento en la superficie (nudos) medida cada seis horas para todas las tormentas con nombre mientras mantengan al menos la intensidad de tormenta tropical. Sus unidades están dadas en nudos al cuadrado $10^4 kn^2$.

Anomalía. En climatología, se refiere a la desviación o sesgo de un valor medido (temperatura o precipitación) respecto a su valor promedio en el mismo lapso de tiempo.

CAPE. Medida de la cantidad de energía disponible para la convección. El CAPE está directamente relacionado con la velocidad vertical máxima potencial dentro de una corriente ascendente. En este contexto, los valores más altos de indican un mayor potencial para el tiempo severo.

Cizalladura. También conocida como cortante del viento, es el cambio de la velocidad y dirección del viento con la altura. Una baja cizalladura vertical resulta indispensable para la formación de sistemas convectivos, estos contienen tormentas eléctricas que proporcionan energía a los ciclones tropicales, en cambio, una alta cizalladura debilita la convección.

Clima. Conjunto de elementos meteorológicos que caracterizan el estado medio (promedio) de la atmósfera de un lugar de la superficie de la Tierra, considerando un largo periodo de tiempo, generalmente treinta años. El clima de una localidad está determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalita.

Climatología. Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes.

Continente marítimo. Es un término comúnmente utilizado por meteorólogos, climatólogos y oceanógrafos para describir la región entre los océanos Índico y Pacífico, incluidos los archipiélagos de Indonesia, Borneo, Nueva Guinea, las Islas Filipinas, la península malaya y los mares circundantes.

El Niño. El fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) es un patrón climático que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En periodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, en comparación al promedio. Este calentamiento oscilante es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Inglés). Afecta directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en otras partes del mundo. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS.

Frente Frío. Se produce cuando una masa de aire frío avanza hacia latitudes menores y su borde delantero se introduce como una cuña entre el suelo y el aire caliente. Al paso de este sistema, se pueden observar nubes de desarrollo vertical, las cuales podrían provocar chubascos o nevadas si la temperatura es muy baja. Durante su desplazamiento la masa de aire que viene desplazando el aire más cálido provoca descensos rápidos en las temperaturas de la región por donde pasa.

Helada. Fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0 °C. Si a las 18:00 horas se tiene un cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3 °C, existe una alta probabilidad de que se presente una helada.

ITCZ (Zona Intertropical de Convergencia). Región donde los vientos alisios del noreste (hemisferio norte) y sureste (hemisferio sur) confluyen para formar una banda de nubes o tormentas, a menudo continua, cerca del ecuador.

Monsoon Trough (Vaguada Monzónica). Porción de la ITCZ que se extiende sobre la circulación monzónica, en un mapa de tiempo se dibuja como una línea que ubica la presión mínima al nivel del mar. Esta línea coincide con el máximo de vorticidad ciclónica, con el flujo monzónico de dirección suroeste prevaleciendo al sur del eje de la vaguada. La convergencia de los vientos del suroeste al sur de la vaguada monzónica y vientos del noreste al norte de la vaguada monzónica crea un flujo que produce vorticidad ciclónica al sur del eje de la vaguada, lo cual es importante para la ciclogénesis tropical.

Normales Climatológicas. Valores medios de los elementos meteorológicos (temperatura, humedad, precipitación, evaporación, etc.) calculados con los datos recabados durante un periodo largo y relativamente uniformes, generalmente de 30 años.

OLR (Radiación Saliente de Onda Larga). Radiación reflejada por la superficie terrestre, las nubes y los gases que se encuentran presentes en la atmósfera. En las regiones tropicales valores menores a $240 \frac{W}{m^2}$ de OLR identifican áreas con nubes de gran desarrollo vertical y por lo tanto, zonas con precipitación.

Ondas de kelvin. Son oscilaciones que se generan en la interface entre dos masas de agua o aire de diferente densidad. Para que ocurran es necesario que exista una cortante vertical de velocidad, es decir, las masas deben moverse a velocidades diferentes. En la atmósfera las ondas de Kelvin ocurren en el ecuador y se propagan hacia la derecha en el hemisferio norte.

Ondas tropicales. También llamadas **ondas del este** es una ondulación de la corriente de vientos alisios cuyas características incluyen el desarrollo de un canal de baja presión, la generación de fuerte convección sobre la zona en la que se encuentre y un desplazamiento generalmente hacia el oeste aproximadamente entre los 5° y 15° de latitud.

Procesos de Convección. Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuales se pueden convertir en cumulonimbus (nubes de tormenta) si la convección es muy fuerte.

Precipitación. Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

Río Atmosférico. Región larga y estrecha en la atmósfera que es responsable de la mayor parte del transporte horizontal de vapor de agua fuera de los trópicos, generalmente produce fuertes precipitaciones en zonas extensas.

Temperatura Máxima. Es la mayor temperatura registrada durante el día, se presenta entre las 14:00 y las 16:00 horas.

Temperatura Media. Es el valor obtenido del promedio de la temperatura mínima y la máxima.

Temperatura Mínima. Es el valor más bajo registrado en 24h, usualmente se da al amanecer.

Tiempo Atmosférico. Es la actividad atmosférica en un corto periodo de tiempo y en un lugar determinado, o bien, se refiere a los cambios en las condiciones meteorológicas que existen diariamente. Es una información necesaria para la planificación de diversas actividades durante el día o la noche, que puede consultarse fácilmente en los medios de comunicación.

1. Condiciones Globales del Clima

El año 2023 destacó por diversos fenómenos climáticos a lo largo del año; no obstante, uno de los fenómenos más importantes, fue el establecimiento de un episodio de El Niño, que se manifestó entre otros por el incremento de las temperaturas. El año finalizó como el más cálido registrado en comparación con los últimos 174 años de observaciones a escala mundial. Este hecho contribuyó a consolidar al año 2023 como el noveno año consecutivo caracterizado por ser uno de los más calurosos, abarcando el periodo comprendido entre 2015 y 2023.

El incremento en las temperaturas globales generó severas sequías, y a su vez facilitó las condiciones propicias para la propagación de incendios forestales. Este fenómeno tuvo como consecuencia pérdidas humanas directamente relacionadas con estos eventos, afectando especialmente a regiones como Hawái, Canadá y Europa.

En la región central del océano Pacífico ecuatorial, la transición completa a la fase cálida del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) se oficializó en septiembre de 2023. No obstante, los patrones de temperaturas del mar exhibieron ciertas variaciones con respecto a las expectativas previstas en algunas áreas. Se observó un calentamiento más pronunciado en zonas del Atlántico y Pacífico, que superó las predicciones asociadas a una fase cálida típica del ENOS.

Paralelamente, las concentraciones de gases de efecto invernadero, incluyendo dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, continuaron en aumento debido a las actividades humanas. Este fenómeno contribuyó significativamente a la evolución de los patrones climáticos registrados en el año 2023.

La energía almacenada en los océanos alcanzó niveles sin precedentes, marcando el récord más alto en los últimos 65 años según las bases de datos disponibles. Este incremento notable se reflejó también en la altura del nivel del mar, la cual registró un nuevo máximo histórico. Este fenómeno se atribuye principalmente al descongelamiento acelerado de los glaciares, contribuyendo así a duplicar la tasa de crecimiento del nivel del mar en la última década. Estos resultados destacan la influencia significativa de los cambios en las masas de agua oceánica en la evolución del nivel del mar.

Se documentaron considerables devastaciones e inundaciones como resultado de precipitaciones extremas en diversas regiones. Un ejemplo fue la costa del Pacífico del este, específicamente en el puerto de Acapulco, México, que alberga a más de un millón de habitantes. Esta área se vio afectada por el huracán *Otis* de categoría 5, causando estragos significativos.

El cambio climático afecta de manera significativa a todas las regiones del planeta, y la Antártida no es una excepción. Durante el año pasado, esta región experimentó su nivel

más bajo registrado de extensión de hielo, considerablemente por debajo de los mínimos históricos previamente documentados. Este fenómeno resalta la magnitud de las transformaciones en curso en la región polar.

Además, en los últimos dos años, los glaciares de América del Norte y los Alpes han experimentado una pérdida considerable, alcanzando aproximadamente el 10% de su volumen de hielo. Estos cambios subrayan la vulnerabilidad de diversas masas de hielo a nivel global frente a las alteraciones climáticas.

En el año 2023, se observó un notable aumento en la migración de personas en busca de lugares con condiciones climáticas más favorables en todo el mundo. Esta tendencia plantea preocupaciones significativas sobre la seguridad agroalimentaria en varias regiones, ya que las condiciones actuales pueden poner en riesgo la capacidad de producir alimentos de manera sostenible.

Estos acontecimientos subrayan la urgente necesidad de que la humanidad aprenda a abordar, mitigar y transformar nuestras actividades para lograr un mejor equilibrio con el entorno. La seguridad alimentaria y la adaptabilidad a los cambios climáticos emergen como desafíos cruciales que requieren enfoques colaborativos y soluciones innovadoras para asegurar un futuro sostenible para todos.

La WMO ha desarrollado una serie de indicadores para el monitoreo global del clima estos 7 índices descritos en la Tabla 1.1, son los indicadores establecidos por el GCOS (por sus siglas en inglés, Global Climate Observing System) para representar los parámetros esenciales del estado global del clima.

Tabla 1.1: Indicadores para el monitoreo global del clima

Variable	Descripción
Temperatura	Promedio de la temperatura promedio global.
Calor oceánico almacenado.	Anomalía del contenido calórico global de los océanos.
Nivel del mar.	Promedio global de los cambios en la altura del nivel del mar, con respecto a las marcas de referencia (datos satelitales).
Extensión del hielo oceánico.	Extensión del hielo oceánico en el Ártico y Antártico.
Balace de masa de los glaciares.	Cambios en el balance global de los glaciares fuera de Groenlandia y la Antártica.
Acidificación del mar.	Promedio global del PH del océano.
Fracciones de los gases de efecto invernadero.	Promedio global de las fracciones de partículas de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O.

Blair et al.,2021, Headline Indicators for Global Climate Monitoring Trewin, American Meteorological Society, consultado el 19/01/2024 en journals.ametsoc.org

Temperaturas

Según el informe preliminar de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) y su análisis de las principales bases de datos de los centros internacionales de investigación climática, los últimos 9 años (2015-2023) han marcado un récord, siendo consecutivamente los más cálidos en los registros de los últimos 174 años. El informe señala que el año 2023 registró una anomalía de $+1.79\text{ }^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, superando los niveles preindustriales por $+1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 1.1).

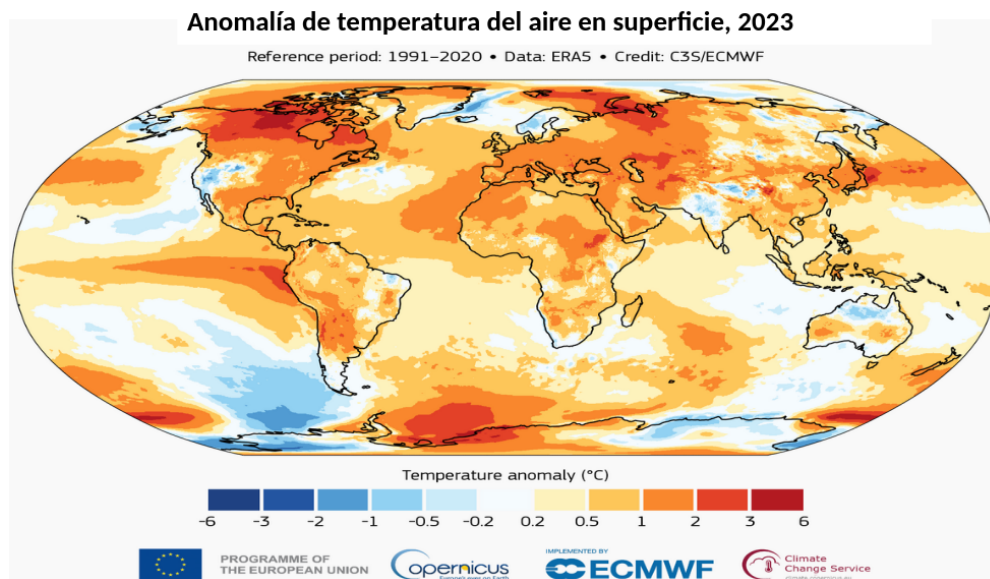


Figura 1.1: Distribución global de anomalía de temperatura superficial del aire en 2023. Anomalías calculadas a partir de la climatología 1991-2020. Recuperado de ERA-5, ECMWF, Copernicus Climate Change Service.

Estos resultados posicionan al 2023 como un año excepcionalmente cálido, se puede observar en la Figura 1.3 que ha superado incluso a los años previos, que fueron notables en el calentamiento global, como el 2016 con una anomalía de $+1.29\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el 2020 con $1.27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estos datos resaltan la intensificación del cambio climático y subrayan la necesidad urgente de abordar y mitigar sus impactos.

Es crucial destacar que, durante el año 2023, los registros de los meses de junio, julio, agosto y septiembre sorprendieron al exceder significativamente los registros más cálidos previamente registrados para esos meses en las bases de datos históricas mundiales. Estos cambios representan una modificación notable en las tendencias históricas, como se evidencia en los siguientes ajustes:

- Junio experimentó una elevación de los registros de temperatura, pasando de 0.14 y $0.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 0.46 y $0.51\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente.
- Septiembre también mostró un cambio significativo, aumentando de 0.02 a $0.17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- En el caso de julio, tradicionalmente el mes más cálido a nivel mundial, el 2023 estableció un nuevo récord al convertirse en el mes más cálido del mundo en comparación con todos los demás del año y del registro, superando así las marcas previas.

Estos ajustes subrayan la intensificación del calentamiento global y la variabilidad climática, enfatizando la necesidad de una atención continua y acciones concretas para abordar estos cambios. El aumento en las temperaturas globales se atribuye en gran medida al incremento de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera (Figura 1.2). Paralelamente, el cambio de fase del Fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS), transicionando de "La Niña" (con una duración desde la mitad de 2020 hasta principios de 2023) a la fase completamente desarrollada de "El Niño" en septiembre de 2023, desempeñó un papel determinante en el aumento de las temperaturas globales, especialmente en comparación con el año 2022.

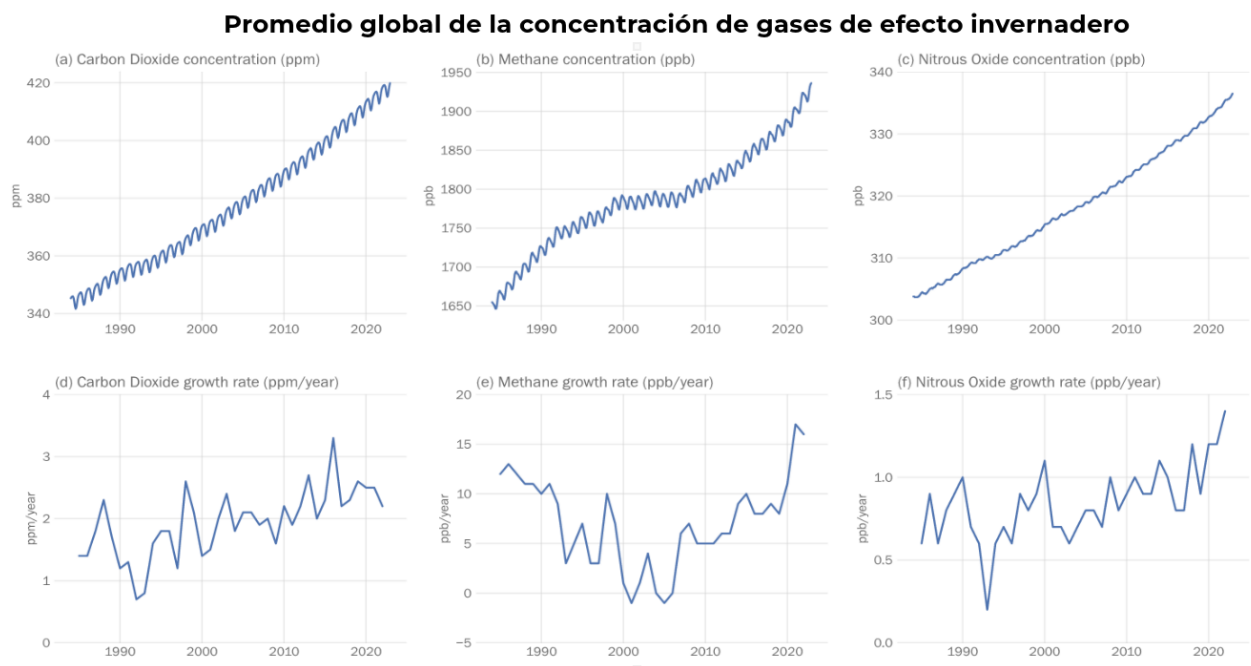


Figura 1.2: Promedio global de la concentración de los gases de efecto invernadero, (izquierda) CO_2 en partes por millón, (centro) CH_4 en parte por billón y (derecha) N_2O en partes por billón. Recuperado de reliefweb.int/report/world.

Es importante destacar que, a pesar de la influencia del ENOS en el calentamiento global (Figura 1.3), algunas áreas experimentaron temperaturas inusualmente cálidas, como el Atlántico del Norte. Estas anomalías no se alinean típicamente con los patrones de calentamiento o enfriamiento asociados al fenómeno de "El Niño". Este fenómeno destaca la complejidad de los factores que contribuyen a las variaciones climáticas regionales y subraya la necesidad de una comprensión detallada de los múltiples factores que influyen en el clima global.

Promedios anuales de anomalías globales de temperatura del aire en superficie (°C)

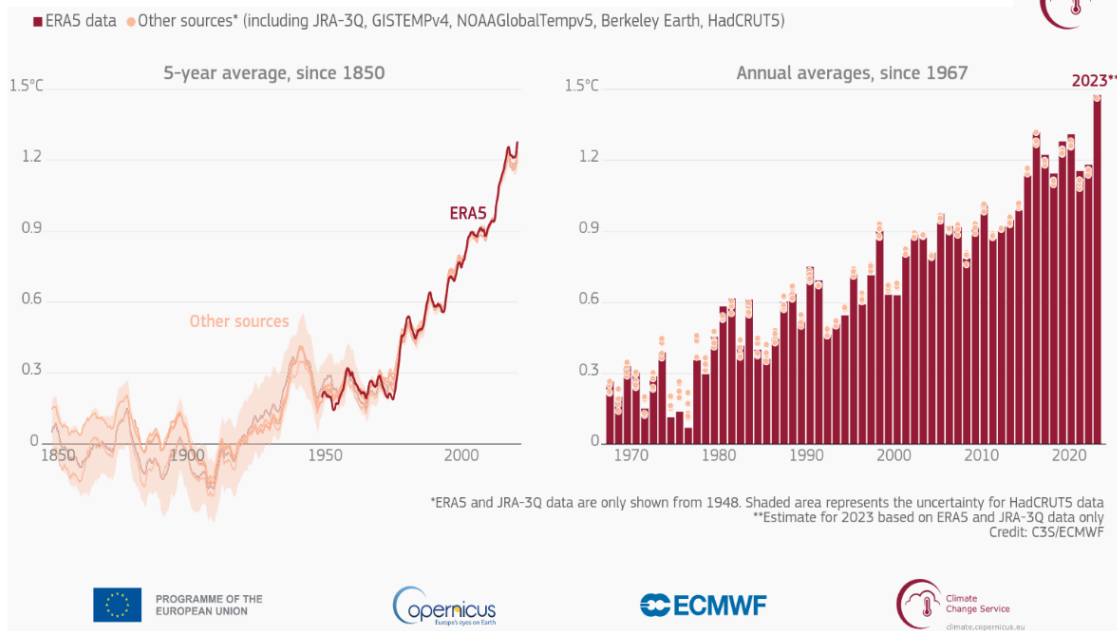


Figura 1.3: Promedios anuales de anomalías globales de la temperatura del aire en superficie (diferentes bases de datos), recuperado el 20/01/2024 en climate.copernicus.eu.

En los continentes y los océanos se registraron temperaturas por arriba de lo normal, en la Tabla 1.2 se muestran los registros globales de temperaturas para el 2023.

Tabla 1.2: Registro de anomalías de temperatura global del 2023

Enero – Diciembre 2023	Anomalía en °C	Lugar en el registro	Lugar en el registro frío	Registros más cálidos	Registros más fríos
Continentes	+1.79	1°	174°	2023 +1.79	1884 -1.33
Océanos	+0.91	1°	174°	2023 +0.91	1909 -0.79
Continentes y Océanos	+1.18	6°	174°	2023 +1.18	1909, 1917 -0.79

Recuperado de www.ncei.noaa.gov.

Océanos

Los océanos, que abarcan alrededor del 70% de la superficie del planeta, desempeñan un papel crucial en la regulación del clima global. Actúan como un amortiguador al absorber tanto el calor como dióxido de carbono (CO₂), actuando como una especie de freno “automático” en el calentamiento atmosférico. Este calor absorbido se retiene en el océano, lo que contribuye al deshielo de los polos y, por ende, al aumento del nivel del mar. Sin embargo, el almacenamiento del CO₂ (Figura 1.4) en el mar también tiene consecuencias negativas. Provoca la acidificación del agua, generando una reacción química que afecta significativamente a los corales y a la vida marina en general.

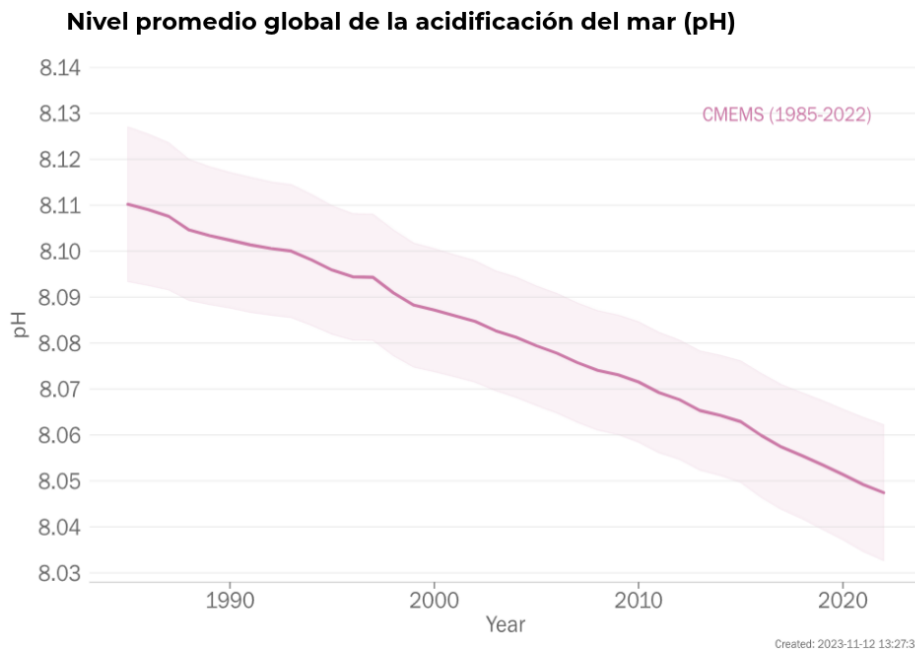


Figura 1.4: Promedio global anual del pH (línea color morado) del mar, periodo de 1985 a 2022, las áreas sombreadas son la incertidumbre estimada en los valores. Recueprado de Copernicus Environment Monitoring Service.

En el año 2022, se registró un almacenamiento de calor en los océanos de aproximadamente 17 +/- 9 ZJ (zetajulios), el 2023 registró 20 ZJ (zetajulios), marcando un máximo histórico. Todo indicaba que el año 2023 no se quedaría atrás, ya que se anticipa que el calentamiento del océano continuará de manera irreversible durante cientos o miles de años (Figura 1.5).

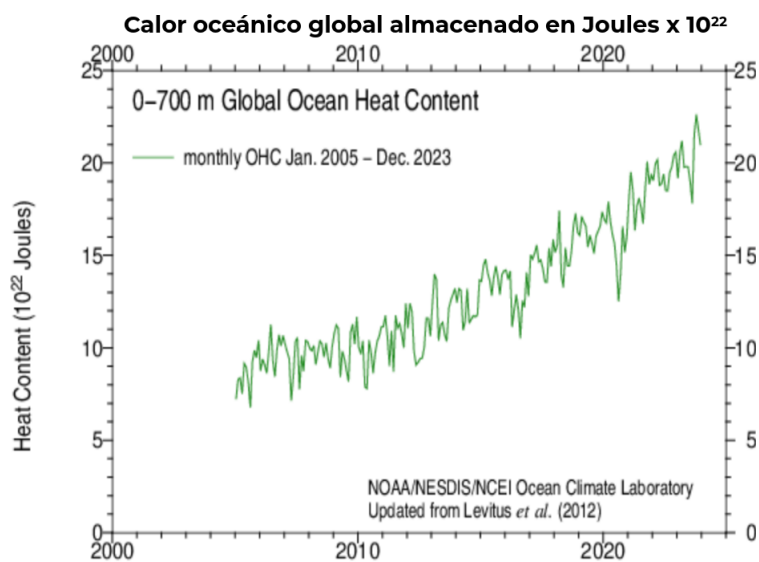


Figura 1.5: Calor oceánico global almacenado de 1955 a diciembre del 2023 en Joules $\times 10^{22}$. Recuperado de Monthly Ocean Heat Content and Temperature Anomalies.

Aunque el contenido de calor en el océano está experimentando un aumento exponencial en estos últimos años, es importante destacar que el calentamiento no es uniforme en todas las regiones. Las mayores tasas de calentamiento se han detectado en el océano Austral, el Atlántico Norte y el Atlántico Sur. El océano Austral destaca como el almacén de calor más grande a nivel mundial, representando aproximadamente el 36% del total, seguido por el océano Atlántico con el 33% y el océano Pacífico con el 20%.

La observación de niveles históricos en el nivel del mar en los océanos, comparados con imágenes satelitales desde 1993 hasta la actualidad, confirma la tendencia de un aumento significativo. La tasa de crecimiento del nivel del mar en los últimos 10 años (Figura 1.6) es preocupante, superando más del doble la tasa calculada en la primera década del registro (1993-2002).

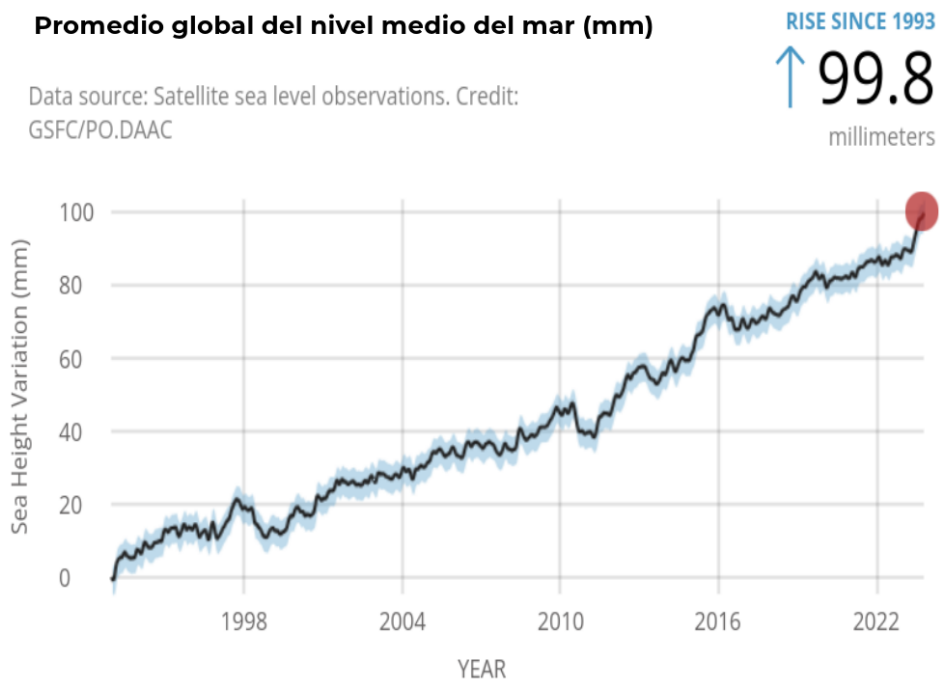


Figura 1.6: Nivel del mar en el mundo, datos de 1993 a 2023. Recuperado de WMO NASSA, *Global Mean Sea Level*, 2023.

Los glaciares y hielos en el planeta

Durante el año 2023, la extensión del hielo en el Ártico se mantuvo por debajo de los niveles normales, como se observa en la Figura 1.7, alcanzando el sexto lugar más bajo en los registros satelitales que abarcan 45 años. Este valor mínimo se registró el 19 de septiembre, con una extensión de hielo de aproximadamente 4.23 millones de kilómetros cuadrados. Es relevante señalar que, aunque el 2023 experimentó niveles bajos, los registros más bajos de la extensión de hielo en el Ártico se observaron en los años 2012 y 2020.

Extensión de hielo del Ártico (millones de km²)

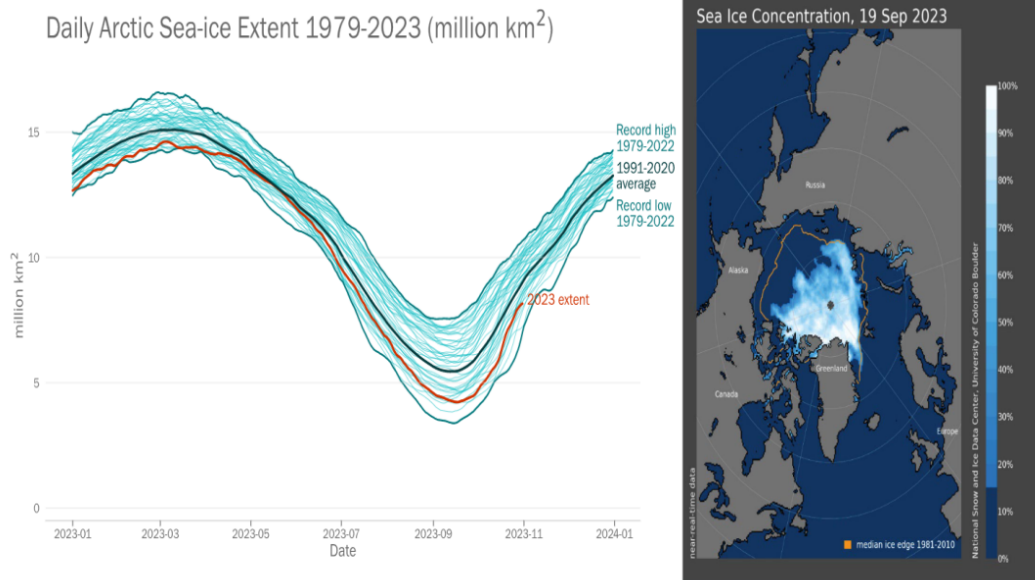


Figura 1.7: (Izquierda) Datos diarios de la extensión del hielo en el Ártico de enero a diciembre, remarcando el año 2023 en línea roja, la normal climatológica 1991–2020 en color negro y los máximos y mínimos en azul más fuerte. (Derecha) Concentración de hielo el 19 de septiembre de 2023 (registro más bajo del año), la línea naranja indica la extensión promedio normal del hielo en la región (1981–2010 climatología de extensión). Datos y mapa del Centro Nacional de Nieve y Hielo de Estados Unidos (National Snow and Ice Data Center).

En el mes de febrero de 2023, se registró la extensión de hielo más baja jamás documentada en la historia del Antártico, considerando datos desde 1979 hasta la actualidad. Durante este período, se observó una pérdida significativa, superando los 1.79 millones de kilómetros cuadrados en comparación con el extremo mínimo anterior registrado en 2022 (Figura 1.8).

En la misma figura a la derecha se observa el día del año con mayor extensión de hielo que corresponde al 19 de septiembre, sin embargo, este registro está muy por debajo de los mínimos antes registrados. Estos datos reflejan la magnitud de los cambios en la región antártica y subrayan las preocupaciones continuas sobre el deshielo de los glaciares y las capas de hielo en esta parte del mundo.

En el mes de mayo de 2023, la cobertura de nieve en el Hemisferio Norte fue la octava más baja registrada, y específicamente en América del Norte, alcanzó su mínimo histórico en comparación con los registros históricos comprendidos entre 1967 y 2023.

Este fenómeno fue impulsado en gran medida por una intensa onda de calor que provocó el derretimiento de la nieve desde el este hasta el noroeste de América del Norte. Se observó una disminución significativa, con una pérdida de 1.57 millones de kilómetros cuadrados, lo que representa un 17 % por debajo del promedio histórico.

Extensión de hielo del Antártico (millones de km²)

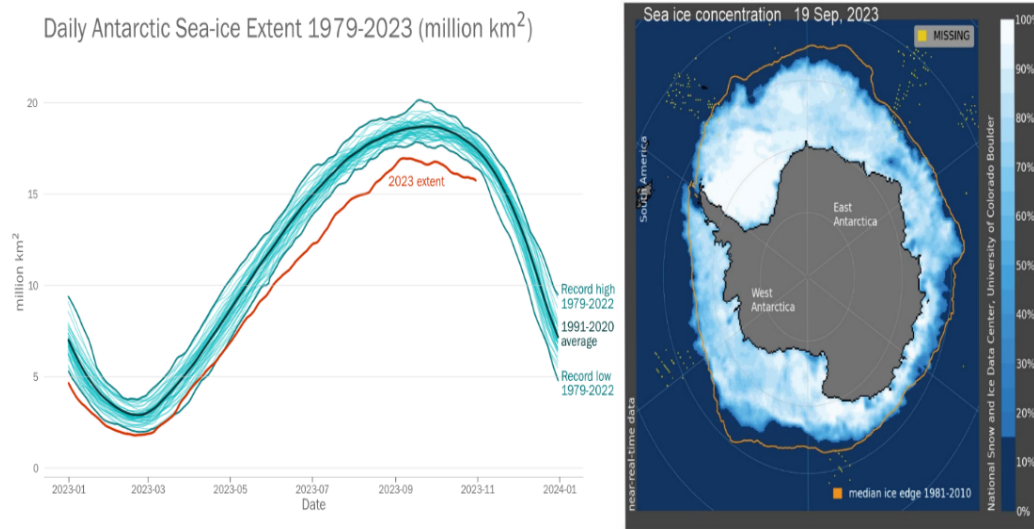


Figura 1.8: (Izquierda) Datos diarios de la extensión del hielo en el Antártico de enero a diciembre, remarcando el año 2023 en línea roja, la normal climatológica 1991 – 2020 en color negro y los máximos y mínimos en azul más fuerte. (Derecha) Concentración de hielo el 19 de septiembre de 2023 (registro más alto del año), la línea naranja indica la extensión promedio normal del hielo en la región (1981 – 2010 climatología de extensión). Datos y mapa del Centro Nacional de Nieve y Hielo de Estados Unidos (National Snow and Ice Data Center).

ENOS (El Niño Oscilación del Sur)

La Oscilación del El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), conocida por sus siglas en inglés (ENSO), destaca como uno de los moduladores climáticos más influyentes a escala mundial. Esta oscilación presenta dos fases principales: El Niño y La Niña, cada una con características distintivas que impactan significativamente en el clima local y global produciendo efectos como sequías, inundaciones y ondas de calor.

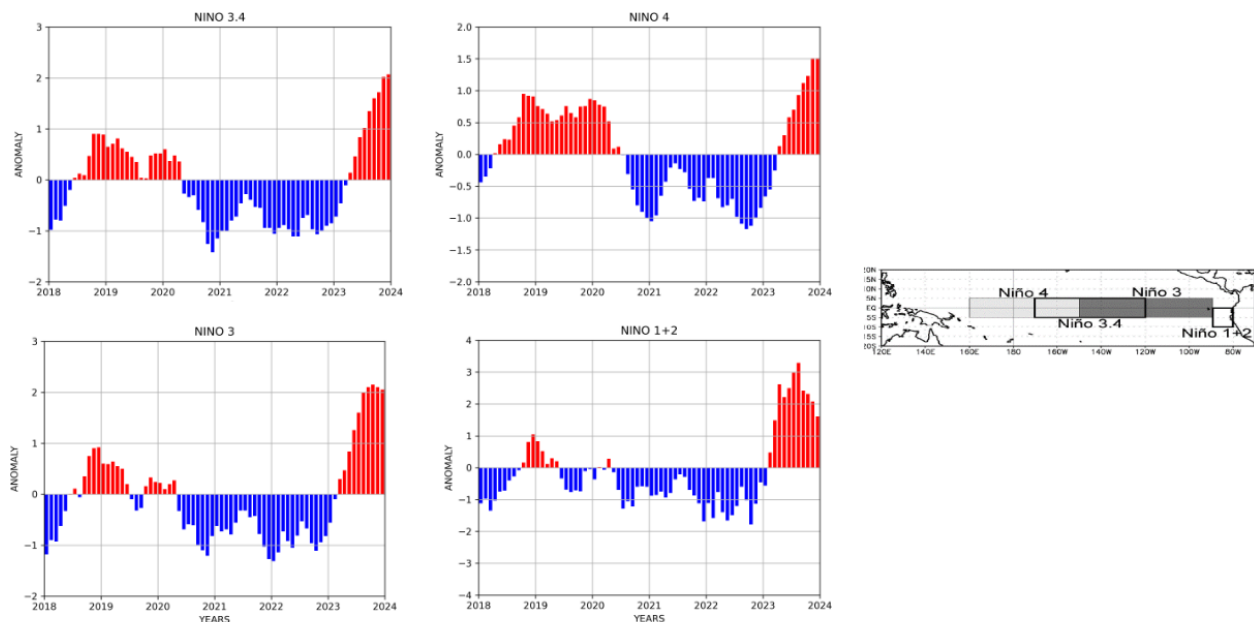
El fenómeno de El Niño se caracteriza por temperaturas más cálidas de la superficie del mar en la región este del océano Pacífico Tropical. Esto resulta en un debilitamiento de los vientos alisios y, generalmente, contribuye a un aumento en la temperatura global. Por otro lado, La Niña se manifiesta con temperaturas más frías que el promedio en el centro y este del océano Pacífico Tropical. Esto fortalece los vientos alisios y tiene un efecto de enfriamiento en la temperatura global.

Como se aprecia en la Figura 1.9, la fase de La Niña comenzó a debilitarse a principios de 2023, fue hasta junio que se registraron temperaturas por arriba del promedio, indicando la transición hacia la fase cálida de El Niño. Sin embargo, fue hasta septiembre de 2023 que estas condiciones se acoplaron al sistema océano-atmósfera, generando una respuesta climática global.

Uno de los efectos más notables de este cambio se evidenció en Australia. A principios de 2023, se registraron precipitaciones de un 35% por encima del promedio nacional. En contraste, agosto del mismo año experimentó un déficit del 50% en las lluvias. Durante el periodo de julio a septiembre, se alcanzaron las temperaturas más altas jamás registradas en la historia de Australia (según 114 años de bases de datos), y septiembre se catalogó como el mes más seco registrado. Estos eventos fueron asociados al fortalecimiento de la fase cálida del ENOS.

Este año a comparación con los anteriores, la MJO (Maden Julian Oscillation) no tuvo efectos significativos en la modulación del clima, por otro lado, el ENOS fue el modulador principal del clima global del 2023.

Datos de Anomalías de los Índices de las Regiones de Monitoreo del ENOS



Datos actualizados de diciembre 2023

Figura 1.9: (Izquierda y centro) series de tiempo de las anomalías (°C) de la temperatura superficial del mar (TSM) actualizada hasta diciembre de 2023 en las regiones de monitoreo del fenómeno ENOS. (Derecha) regiones de monitoreo del fenómeno ENOS: Niño 1+2 (0° - 10° S, 90° - 80° O). Niño 3 (5° N - 5° S, 150° - 90° O), Niño 3.4 (5° N - 5° S, 170° - 120° O) y Niño 4 (5° N - 5° S, 160° E - 150° O). Datos recuperado de NOAA Optimum Interpolated Sea Surface Temperature (OISST V5).

2. Precipitación

En el 2023 llovieron a nivel nacional 589.9 milímetros, la climatología 1991-2020 es de 747.6 milímetros, por lo que se registró un déficit de 157.7 milímetros. De acuerdo con los registros desde 1941, el año 2023 se clasificó como el año más seco.

En la Figura 2.1, los mapas inferiores muestran la anomalía de lluvia a nivel nacional, en donde se puede apreciar que en la mayor parte del territorio las precipitaciones fueron menores que lo normal (climatología 1991-2020), solo en Baja California, norte y sur de Baja California Sur, sur de Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, porciones de Zacatecas, San Luis Potosí, Guerrero Oaxaca, Chiapas y la Península de Yucatán las lluvias fueron dentro y por arriba del promedio; en el Tabla 8.3 muestra la lámina de lluvia registrada para cada estado a lo largo del año.

De manera puntual, el valor máximo de lluvia fue reportado el 20 de octubre de 2023 en la estación San Vicente de la Sierra, del estado de Baja California Sur con 425.0 milímetros, este valor se asoció al impacto del huracán *Norma* sobre dicho estado. El segundo máximo diario se registró el 1 de noviembre en Veracruz, con 400.2 mm, en la estación San José del Carmen, éstas lluvias se asociaron al paso del frente frío número 8.

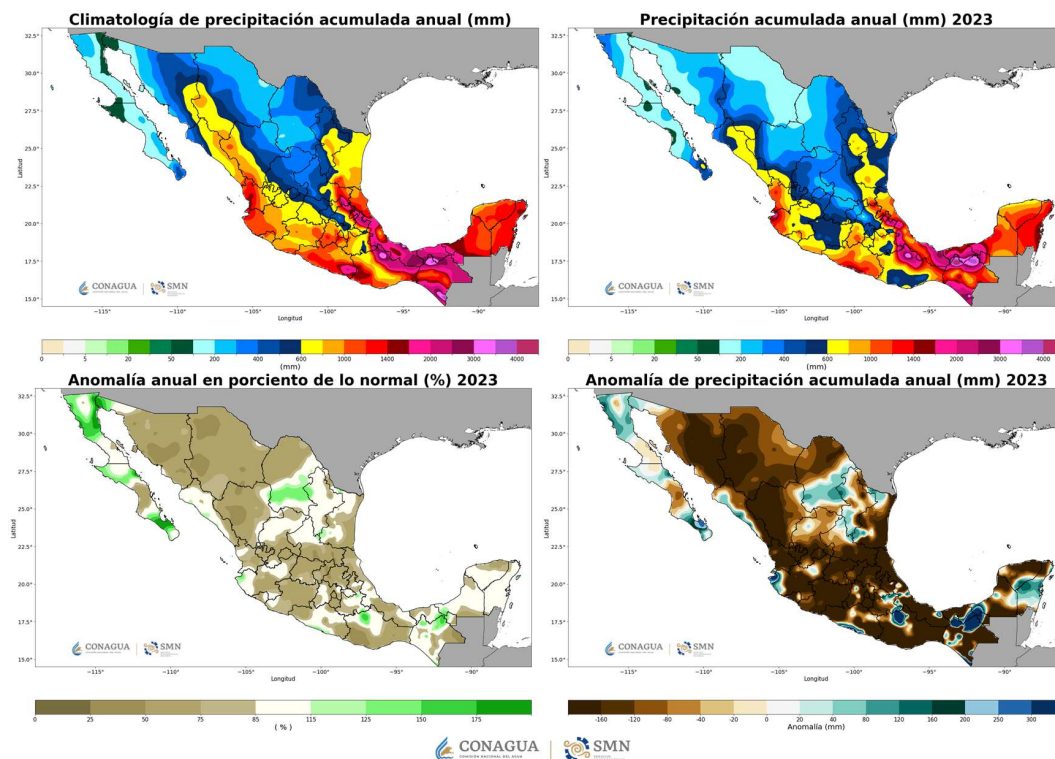


Figura 2.1: (Superior izquierda) lluvia observada en 2023. (Superior derecha) climatología 1991-2020. (Inferior izquierda) anomalía en por ciento de lo normal. (Inferior derecha) anomalía absoluta. Mapas elaborados con información disponible en diciembre de 2023 en el *SIH*, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En la Figura 2.2 se muestran las anomalías porcentuales de lluvia del periodo 1941-2023, en donde las barras azules representan la anomalía de lluvias para cada año y la línea roja continua es la media móvil de 5 años, como representación gráfica de la tendencia de dichas anomalías. Así bien, cuando una barra azul se encuentra por arriba de la línea central (cero) significa que la anomalía fue superior al valor promedio (1991-2020), caso contrario cuando se encuentra por debajo.

La lamina de lluvia promedio del año 2023 fue de 589.9 milímetros, la anomalía porcentual es de 21.1 % por debajo del promedio, por lo tanto, este año se clasificó como el menos lluvioso en los registros. De lado opuesto, el año 1958 fue el más lluvioso con 997.8 mm a nivel nacional, lo que representa una anomalía porcentual del 33.5 % por arriba de la climatología.

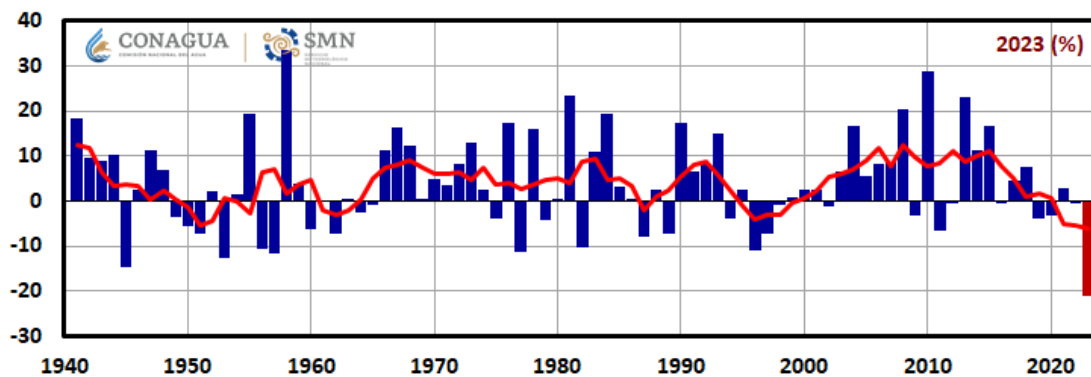


Figura 2.2: Anomalías porcentuales de precipitación a nivel nacional anual (barras azules), media móvil de cinco años (línea roja).

En la Figura 2.3 se muestra la lluvia mensual en el año 2023 comparada con su valor climatológico, los meses de octubre a diciembre fueron los únicos que registraron lluvias por arriba del promedio. En octubre se registró un superávit de 20.2 mm y se ubicó como el 12° octubre más lluvioso desde 1941; en noviembre llovieron 15.9 mm más que el promedio, por lo que se posicionó como el 7° noviembre más lluvioso; finalmente, en diciembre se registraron 3.2 mm más que lo normal, valor que lo clasifica con lluvias dentro de lo normal para un mes de diciembre.

En general, en el 2023 los meses más lluviosos fueron julio y agosto, aunque no rebasaron sus respectivos promedios, las lluvias en estos meses fueron promovidas principalmente por el Monzón mexicano, canales de baja presión, entrada de humedad de los océanos, las ondas tropicales y el impacto del ciclón tropical *Hilary*.

Como se observa en esta figura, de acuerdo a la climatología, el mes más lluvioso es septiembre, sin embargo, en septiembre de 2023 se registraron 65.9 mm que, comparados con su valor promedio, representa un déficit de 74.4 mm, de acuerdo con los registros históricos, de 1941 a la fecha, septiembre de 2023 se declaró como el septiembre más seco

a nivel nacional. La falta de precipitaciones se debió en parte a un sistema anticiclónico que permaneció sobre el país durante casi todo el mes, esto inhibió la entrada de humedad de los océanos, además no hubo incidencia de ciclones tropicales.

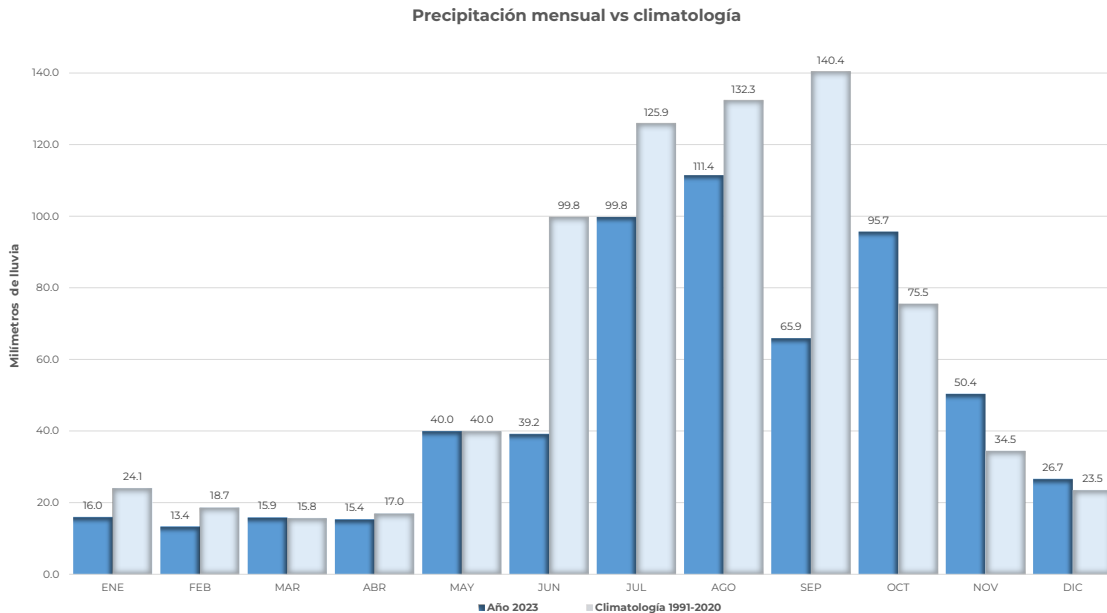


Figura 2.3: Lluvia acumulada mensual en el 2023 comparada con su climatología (1991-2020).

En la Figura 2.4 se muestran las láminas de lluvia diarias a lo largo del año 2023 (barras azules), además del comportamiento acumulado (línea azul) respecto a la climatología acumulada (línea negra).

Se puede observar que entre julio y octubre se registraron los mayores valores de lluvia diaria a nivel nacional, alcanzando los 10.1 mm el día 10 de octubre, lo que significa que en esta fecha se registró una mayor cobertura de áreas con lluvias en el país, en contraste los días más secos del año se registraron en febrero y en abril, en donde hubo días sin precipitaciones registradas en todo el territorio nacional.

En cuanto al acumulado de lluvias a lo largo del año, se puede observar que desde enero las precipitaciones se mantuvieron por debajo del promedio climatológico, a partir de junio el déficit de lluvias fue más marcado y para final de año la tendencia fue, en definitiva, muy por debajo del promedio con 157.7 milímetros menos que el promedio anual.

Por otro lado, en la Figura 2.5 se muestra la clasificación a nivel estatal de acuerdo a la lluvia acumulada de enero a diciembre de 2023, únicamente dos estados de la República se clasificaron dentro de los más húmedos, de ellos Colima registró su décimo año más húmedo desde 1941 y Morelos el décimo séptimo año más húmedo. Los estados con lluvias dentro de lo normal fueron Baja California, Baja California Sur, Jalisco, Nayarit y

Sinaloa. Veinticinco estados se clasificaron dentro de los más secos, entre ellos San Luis Potosí, Hidalgo y Chihuahua registraron su año más seco, mientras que Sonora, Puebla y Oaxaca su segundo año más seco desde 1941.

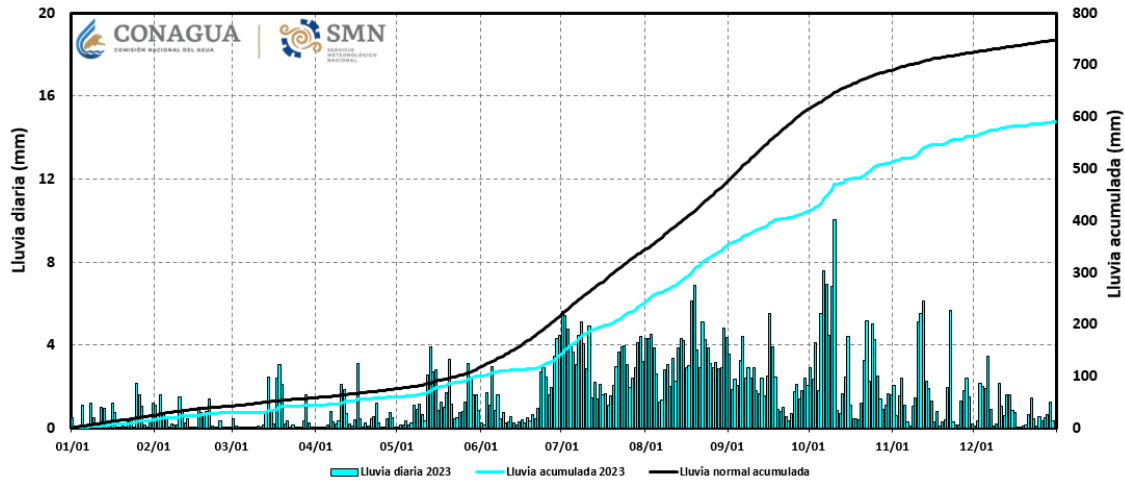


Figura 2.4: Laminas diarias de precipitación a nivel nacional (barras azules) del 1 de enero al 31 de diciembre y lluvia acumuladas para el mismo periodo (línea azul) comparado con el acumulado normal (línea oscura). Con información disponible en diciembre de 2023.

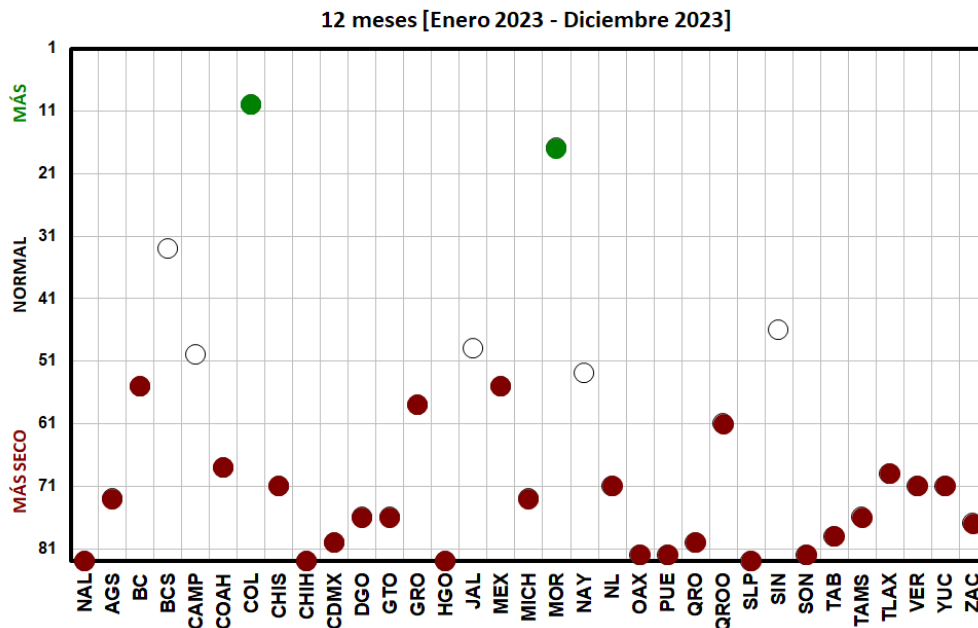


Figura 2.5: Clasificación de estados de acuerdo a la lluvia acumulada en el año 2023.

2.1. Temporada de lluvias

La mayor parte de las lluvias en el país son de régimen de verano, por lo que tradicionalmente se afirma que la temporada de lluvias en México inicia el 15 de mayo y termina el 30 de noviembre, coincidiendo con el inicio y final estadístico de la temporada de ciclones tropicales.

Si bien es cierto que los ciclones tropicales aportan una gran cantidad de precipitación cuando se acercan o se adentran al territorio nacional, los patrones estacionales de circulación atmosférica como el desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia hacia latitudes medias, flujos de humedad, la ubicación de sistemas semipermanentes de alta presión e incluso los efectos locales tal como el contraste térmico, se encargan de modular el inicio y duración de la temporada de lluvias a nivel regional y hacen diferente la temporada cada año calendario.

Para identificar el comportamiento de la temporada de lluvia en México durante el 2023, se realizó el siguiente análisis: se utilizaron mallas interpoladas obtenidas a partir de datos de estaciones climatológicas en México, la cobertura temporal abarca desde 1950 con una resolución temporal diaria y mensual, que operativamente se actualiza cada mes, y cuenta con una resolución espacial de $0.08^\circ \times 0.08^\circ$; es decir, aproximadamente 8 kilómetros. De esta manera, se tiene un producto con la suficiente cobertura temporal y espacial que permite los análisis meteorológicos y climatológicos.

Primero se calcula el periodo climatológico de la temporada de lluvias (periodo base 1991–2020) el cual se calcula con la metodología propuesta por Liebmann et al. (2012). El primer paso es obtener la anomalía climatológica de lluvia diaria acumulada (C), la cual es una función del día d , como se muestra en la Ecuación 2.1.

$$C(d) = \sum_{i=1}^d Q_i - Q_m \quad (2.1)$$

Donde Q_i es la precipitación climatológica de cada día, Q_m la precipitación climatológica diaria promedio y el índice d toma valores del 1 de enero al 31 de diciembre.

A continuación, se localiza el mínimo y máximo de la función C , que corresponden al inicio (d_i) y final (d_f) climatológico de la temporada de lluvias, respectivamente, como se muestra en la Figura 2.6. Cabe mencionar que en dicha figura se muestra un punto de la malla en particular, que no en todos los nodos sobre el país se tendrá ese mismo comportamiento, y que, a su vez, este procedimiento se aplica para cada punto de malla disponible.

Para analizar el comportamiento de la temporada de lluvias 2023 se hizo un procedi-

miento similar; sólo que en este caso se utilizó la anomalía de lluvia diaria acumulada $A(D)$ que se observa en la ecuación Ecuación 2.2.

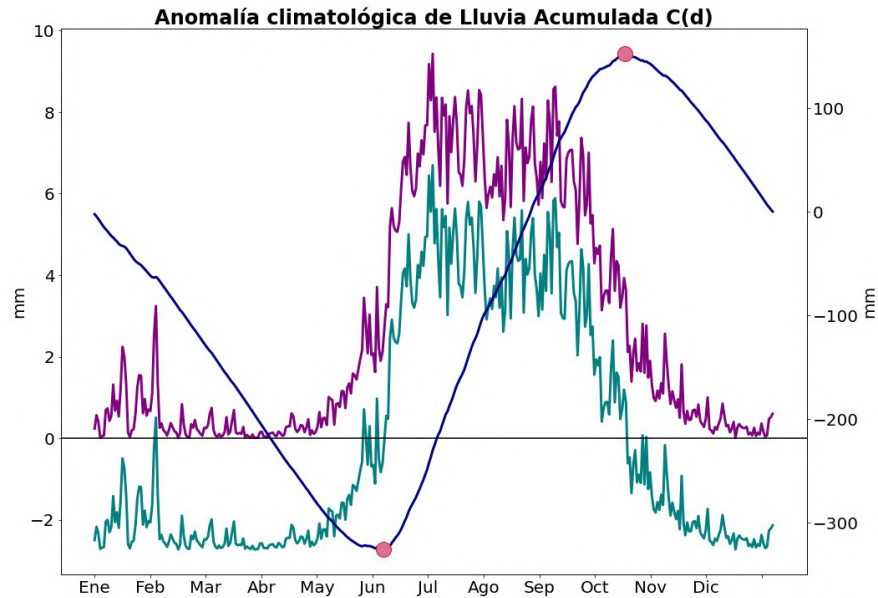


Figura 2.6: Ejemplo de la anomalía climatológica de lluvia diaria acumulada para un punto de malla. Los puntos indican el inicio (mínimo) y final (máximo) de la temporada de lluvia climatológica. La línea morada indica la climatología diaria de precipitación, la línea verde indica la anomalía de precipitación diaria.

$$A(D) = \sum_{j=d_i-50}^D R_j - Q_m \quad (2.2)$$

Donde R_j son los acumulados de lluvia en el día j , y j va del día $d_i - 50$ al $d_f + 50$, y a su vez d_i y d_f corresponden al inicio y fin climatológico de cada punto. Se considera que el día después del mínimo de $A(D)$ marca el inicio de la temporada de lluvias y el final queda determinado por el punto máximo.

En la Figura 2.7 a la izquierda, se indican las fechas de inicio climatológico de la temporada de lluvias. Como se puede observar, no hay una fecha homogénea para el inicio de lluvias todo el país. De acuerdo con la climatología, la temporada de lluvias inicia en el noreste del país, específicamente al norte de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas alrededor de la segunda semana de abril. Conforme el año avanza, comienza a precipitar sobre la Península de Yucatán, así como al sur de la costa del Pacífico a mediados de mayo. Posteriormente, se da el comienzo a lo largo de la Sierra Madre Occidental a principios de junio, y luego en el noroeste a finales de junio.

En el caso particular de la Península de Baja California, el inicio de la temporada de lluvias se da durante agosto a septiembre para Baja California Sur, y cerca de noviembre para Baja California; esto se debe a que, en dicha región, se presenta un régimen de lluvias de invierno, contrastando con el resto del país donde predomina un régimen de lluvias de verano.

A la derecha de la Figura 2.7, se muestra el comportamiento del inicio de la temporada de lluvias durante el 2023. Se puede observar que hubo un retraso muy marcado en el norte y noreste del país, principalmente en regiones de Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, y específicamente al norte Coahuila, norte de Nuevo León y sur de Tamaulipas, en los cuales el inicio de la temporada de lluvias ocurrió entre septiembre y octubre.

En contraste, en porciones de Puebla y Oaxaca, así como al norte de Tamaulipas, sur de Coahuila y sur de Nuevo León, la temporada de lluvias inició antes de lo habitual, alrededor de 15 a 25 días antes de lo que la climatología indica.

Cabe mencionar que las regiones que se muestran cubiertas en color gris, indican que no se observó un patrón característico de inicio de temporada de lluvia, es decir, que las lluvias se retrasaron demasiado o no fueron suficientes para marcar un inicio claro de la temporada de lluvias en la región, lo cual es más marcado en este 2023, el cual recordemos es el año con menores precipitaciones de todo el registro. Dichos patrones se pueden observar en localidades de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Oaxaca, Chiapas y Yucatán.

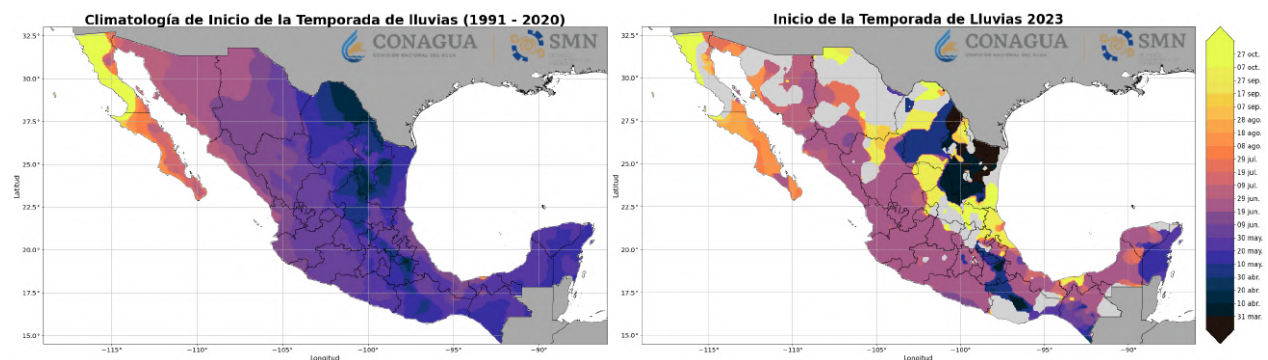


Figura 2.7: (Izquierda) climatología (1991-2020) del inicio de la temporada de lluvias. (Derecha) inicio de la temporada de lluvias en el año 2023 a nivel nacional.

En cuanto al final climatológico de la temporada de lluvia, este se observa a la izquierda de la Figura 2.8. Se puede notar que la precipitación termina primero al noroeste, y luego se desplaza el término de la temporada hacia el sureste. En general, la mayor parte el país termina su temporada de lluvias entre septiembre y noviembre, aun después de dichas fechas sigue precipitando hacia el final del año calendario en los alrededores del Istmo de Tehuantepec, pues es aquí donde climatológicamente llueve prácticamente todo el año.

A la derecha de la Figura 2.9, se muestra que para el año 2023 la temporada de lluvias terminó antes de lo normal al noroeste, norte, noreste, sobre el Bajío, centro y sobre los estados de la vertiente del Golfo, esto debido a la falta de actividad ciclónica en la cuenca el Atlántico y en general por la falta de actividad ciclónica durante el verano.

En contraste, al sur de Coahuila, norte de Zacatecas, norte de Nuevo León y sobre Quintana Roo, la temporada de lluvias terminó de 20 días hasta 30 días después de lo que normalmente termina, esto influenciado por los importantes sistemas frontales que se comenzaron a presentar en dichas regiones al principio de la temporada 2023–2024. Finalmente, en regiones de Sonora, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Oaxaca, Chiapas y Tabasco las precipitaciones no fueron suficientes para marcar un final claro de la temporada de lluvias.

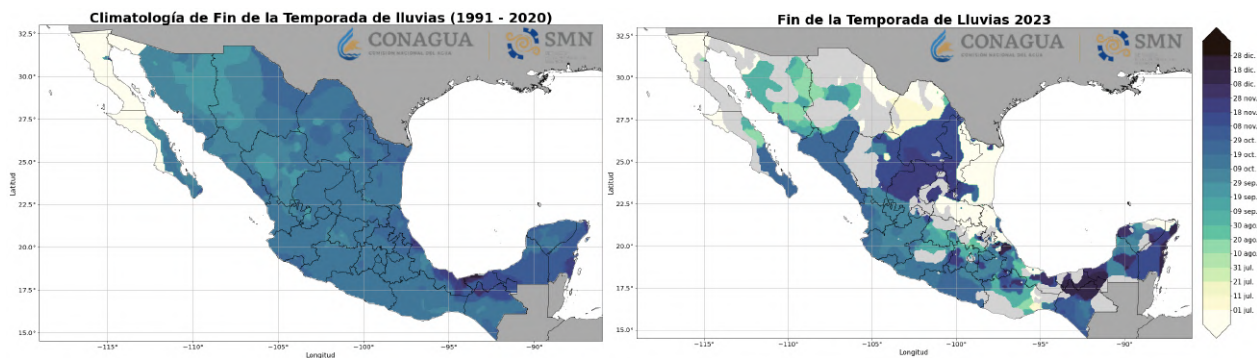


Figura 2.8: (Izquierda) Climatología (1991-2020) del final de la temporada de lluvias. (Derecha) final de la temporada de lluvias en el año 2023 a nivel nacional.

Como la Figura 2.9 se muestra la duración promedio de la temporada de lluvias, como se puede observar, la temporada suele durar menos en el noroeste, lo que tiene sentido, pues es la última región en donde comienzan las lluvias a nivel nacional y la primera en donde terminan. La temporada de lluvias dura en promedio 150 días en la mayor parte del país, y es hacia la Península de Yucatán en donde la temporada de lluvias suele durar más tiempo.

Como se puede apreciar en la Figura 2.9, la temporada de lluvia duró bastante menos de lo normal al noroeste, norte, noreste, centro, oriente y en las Penínsulas de Baja California y Yucatán. En gran parte del país la temporada de lluvias duró entre 30 y 90 días menos de lo normal. En contraste, en regiones de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, la temporada de lluvias duró hasta 30 días más de lo normal.

Es importante mencionar que una temporada de lluvias más corta de lo habitual no significa necesariamente que haya una condición seca, así como tampoco se puede aseverar que una temporada de lluvias más larga implique un superávit de humedad.

En México, las condiciones de más humedad de lo normal se presentaron en pequeñas regiones de Coahuila, Baja California Sur, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Tabasco, estos acumulados se debieron en su mayoría a la actividad ciclónica en la cuenca del Pacífico; exceptuando a Coahuila, los cuales fueron debidos a los primeros frentes fríos de la temporada 2023–2024. No obstante, el año 2023 se presentó el mayor déficit de precipitación en el país, principalmente al noroeste, centro, oriente y sur, recordemos que la aportación de humedad por ciclones en la cuenca del Atlántico para el 2023 fue muy baja.

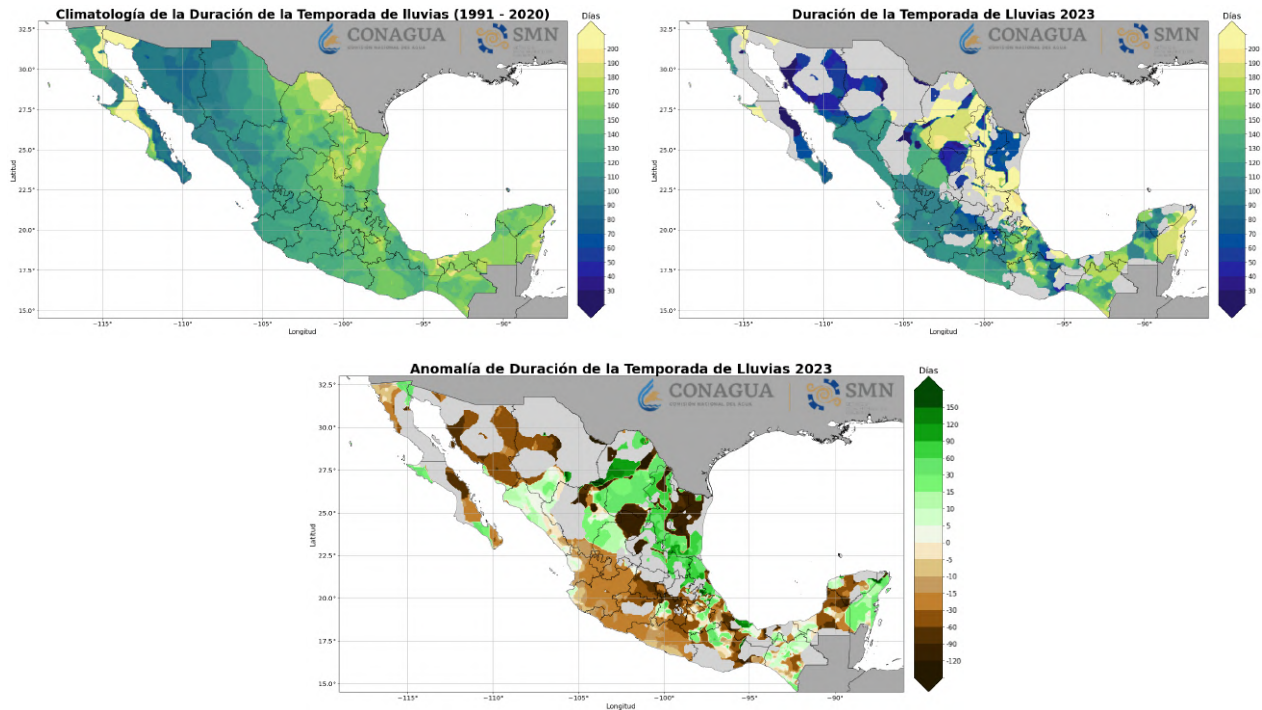


Figura 2.9: (Izquierda) climatología (1991-2020) de la duración de la temporada de lluvias. (Derecha) duración de la temporada de lluvias en el año 2023 a nivel nacional. (Inferior) Anomalía de la duración de la temporada de lluvias 2023.

2.2. Canícula

La canícula, sequía intraestival o veranillo, consiste en una disminución de precipitación durante lo que se conoce como la temporada de lluvias. El patrón de déficit de precipitación no es uniforme, es decir, no se presenta al mismo tiempo con la misma duración e intensidad y muchas veces puede ser suavizado por eventos extremos como el impacto de algún ciclón tropical o la llegada de ondas del este que dejen lluvia en estas regiones, o bien, por un año muy seco en el cual no se pueda diferenciar dicha disminución, por lo que su monitoreo es importante. Este fenómeno es más frecuente en los estados de la vertiente del Golfo de México, desde Tamaulipas hasta Yucatán, así como en Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco.

Hablar de un déficit de precipitación durante la temporada de lluvias, no significa que en cada evento individual de lluvia se presente menos precipitación, si no que se observa un patrón descendente en el acumulado de lluvias en varios días, al menos en los acumulados semanales o mensuales. Este evento de déficit se identifica en la serie de tiempo de las pentadas de precipitación, cuando en la tendencia se identifica un cambio drástico; el inicio del mismo se da cuando ocurre el mínimo cambio de la precipitación con respecto al tiempo Ecuación 2.3:

$$\min_{0 \leq t \leq \infty} \frac{\Delta p}{\Delta t} = \min_{0 \leq t \leq \infty} \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

Posterior a esto es cuando se observa el régimen de canícula, teniendo una precipitación promedio menor que el periodo previo. A partir de esto es cuando se monitorea el siguiente cambio del régimen y comienza el segundo pico de la temporada de lluvias, el cual se presenta en el máximo cambio de la precipitación con respecto al tiempo, Ecuación 2.4:

$$\max_{0 \leq t \leq \infty} \frac{\Delta p}{\Delta t} = \max_{0 \leq t \leq \infty} \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad (2.4)$$

A manera de analogía, es como ver una montaña rusa, en la cual se observa un pico más alto, conocido como el primer pico de la temporada de lluvias que ocurre habitualmente durante junio en la mayoría de las regiones, y después de este, comienzan a descender los acumulados de lluvias, no necesariamente tienen que ser nulos (es decir, que no se acumule nada de precipitación durante este periodo), es ahí cuando comienza el periodo canicular, que climatológicamente ocurre en el mes de julio.

La canícula finaliza, climatológicamente en el último tercio del mes de agosto (Figura 2.10); es decir, tiene una duración aproximada de 50 días, para posteriormente dar lugar a otro incremento de los acumulados de precipitación llegando al segundo pico de la temporada que normalmente se presenta durante septiembre, que es comúnmente el mes más lluvioso del año.

En cuanto a los patrones que modulan la canícula, algunos estudios recientes (García-Franco et. al., 2022) indican que las interacciones entre la convergencia de humedad y el vapor de agua precipitable, con las variaciones de la corriente de bajo nivel del Caribe, son capaces de explicar la duración e intensidad de este fenómeno. Para identificar el comportamiento de la canícula en México durante el año 2023, se realizó el siguiente análisis:

Durante la temporada de lluvias de 2023 se obtuvo un promedio de precipitación cada cinco días, lo que es conocido como pentadas. Dentro de dicha serie temporal se hallaron los puntos de máxima pendiente, es decir donde hubo el cambio de valores más drástico.

Primero de izquierda a derecha para encontrar la fecha de inicio del período canicular, y después de derecha a izquierda para localizar la fecha del fin de dicho periodo. Por lo tanto, se ha podido determinar que para la temporada 2023 la canícula dio inicio en la pentada del 10 de julio y finalizó en la pentada del 18 de septiembre, es decir que tuvo una duración de 14 pentadas o 70 días (Figura 2.11).

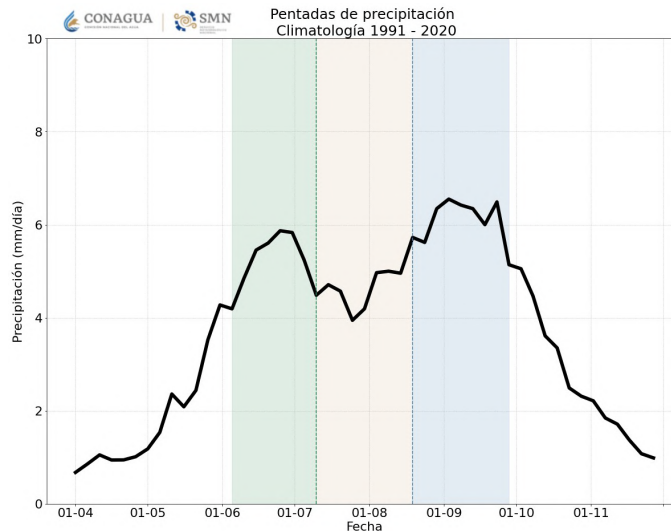


Figura 2.10: Pentadas de precipitación (mm/día) de la climatología 1991–2020, promediadas en los estados donde se presenta la canícula. Resaltado en verde se ubica el primero periodo pico de precipitaciones, en café el período canicular, y en azul el segundo periodo pico de precipitaciones.

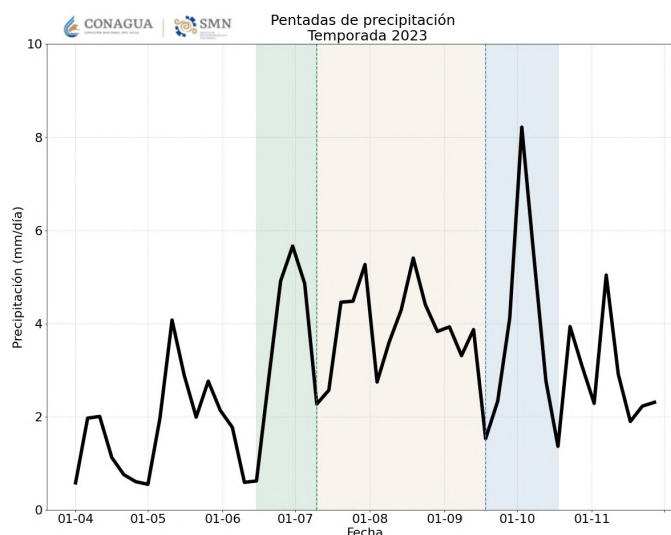


Figura 2.11: Pentadas de precipitación (mm/día) de la temporada de lluvia 2023, promediadas en los estados donde se presenta la canícula. Resaltado en verde se ubica el primero periodo pico de precipitaciones, en café el período canicular, y en azul el segundo periodo pico de precipitaciones.

El primer pico ocurrió 5 pentadas antes de la fecha de inicio de canícula, es decir, el inicio del primer periodo pico de lluvias de 2023 ocurrió entre el 15 de junio y el 10 de julio, llegando a un valor de hasta 5.6 mm; mientras que el final del segundo periodo pico de lluvias se situó 6 pentadas después del fin de la canícula, por lo cual, se localizó entre el 18 de septiembre y el 18 de octubre, el cual alcanzó un valor de hasta 8.2 mm.

Durante el año 2023, debido a la escasez de las lluvias, la canícula ha sido débil o casi nula. Los valores máximos registrados durante el período canicular difieren entre 0.2 y 0.4 mm, además, lo que podría considerarse como período canicular del 2023 tuvo una duración anómalamente larga, de 4 pentadas o 20 días más de lo que normalmente dura. Todo esto debido a la falta de aportación de humedad hacia el territorio nacional, pues como ya se ha mencionado, es el año más seco del registro histórico, además de que la temporada de lluvias tardó en comenzar.

Al promediar ambos periodos máximos de lluvias y compararlos con el anómalo período canicular, es posible identificar que en general no se presentó canícula, pues gracias a que el primer periodo máximo de precipitación no fue muy grande, sumado al hecho de que el período de disminución de lluvias o periodo canicular en el año 2023 duró más de lo normal, es notable que la lluvia acumulada durante los periodos máximos es mucho menor que durante lo que podría llamarse periodo canicular. Solamente en regiones de Coahuila y Nuevo León, se tuvieron entre 20 y 50 mm menos de precipitación entre el periodo de canícula y los periodos pico de la temporada de lluvias 2023 (Figura 2.12).

Gracias a la falta de transporte de humedad de fenómenos tropicales en la cuenca del Atlántico, así como la tardía formación de los mismos en la cuenca del Pacífico; sumado a las importantes ondas de calor que afectaron el territorio nacional durante los meses de verano, es que resultó en esta débil o casi nula canícula del año 2023.

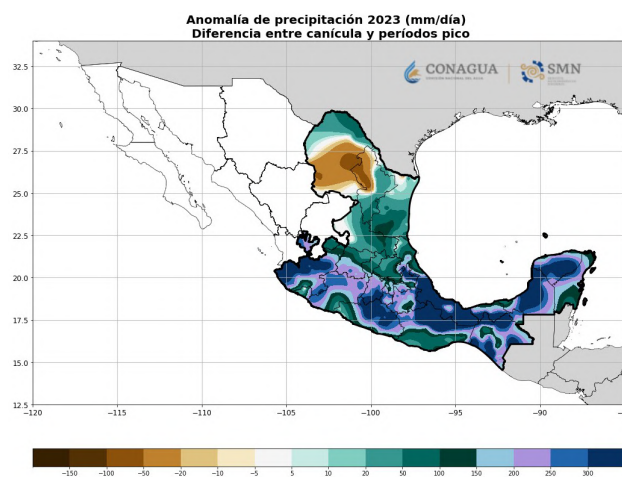


Figura 2.12: Anomalías de precipitación (mm/día) de la diferencia entre el periodo canicular y los periodos máximos de precipitación de la temporada 2023.

3. Ciclones tropicales

En la temporada de ciclones tropicales de 2023 se formaron 37 sistemas con nombre, considerando ambas cuencas, por lo que se ubicó como la cuarta más activa desde los años 50's, empatando con la temporada del año 2018 en donde se formaron la misma cantidad de ciclones. Estadísticamente, la temporada comienza el 15 de mayo en el océano Pacífico y 1 de junio en el océano Atlántico, finalizando en ambas cuencas el 30 de noviembre. El primer ciclón tropical de la temporada 2023 en formarse en el Atlántico fue la tormenta tropical *Arlene*, el 3 de junio; en el Pacífico el primero fue *Adrian* que se formó el 27 de junio.

En la cuenca del Atlántico se formaron veintidós ciclones, de los cuales doce fueron tormentas tropicales, cuatro huracanes de categoría 1 o 2 en la escala Saffir-Simpson, tres huracanes que alcanzaron categoría mayor a 3, dos depresiones tropicales y una tormenta subtropical, la cual se consideró fuera de temporada, debido a que se formó en el mes de enero de 2023 (Figura 3.1). Los ciclones tropicales *Harold* e *Idalia* generaron efectos en el territorio nacional.

Tomando en cuenta solo los ciclones nombrados; es decir, a partir de tormenta tropical, la temporada de ciclones del Atlántico con 20, fue más activa que el promedio que es de 14 en esta cuenca, y se ubicó como la cuarta temporada con más ciclones tropicales formados.



Figura 3.1: Ciclones tropicales formados en la cuenca del Atlántico en la temporada 2023. Datos de trayectorias recuperados de www.nhc.noaa.gov/gis.

En el océano Pacífico se formaron veinte ciclones, siete fueron tormentas tropicales, dos huracanes categoría 1 o 2, ocho huracanes categoría 3, 4 o 5 y tres depresiones tropicales (Figura 3.2).

Tomando en cuenta solo los ciclones nombrados; es decir, a partir de tormenta tropical, se consideró una temporada ligeramente por arriba del promedio en el Pacífico con 17 ciclones contabilizados dos más que el promedio en esta cuenca que es de 15 sistemas ciclónicos.

Durante la temporada de ciclones tropicales 2023, las costas del Pacífico mexicano fueron afectadas por cinco huracanes y una tormenta tropical. El huracán *Otis* fue el ciclón más significativo de la temporada al impactar en Guerrero, como huracán de categoría 5, la máxima en la escala Saffir-Simpson.

Es importante señalar que, en promedio, en septiembre ingresan al país la mayor cantidad de ciclones tropicales; así mismo, es considerado como el mes más lluvioso a lo largo del año. Sin embargo, en septiembre de 2023 no hubo impactos de ciclones sobre la República Mexicana lo que contribuyó a empeorar el déficit de lluvia en el país. De acuerdo con los registros históricos, de 1941 a la fecha, septiembre de 2023 se declaró como el septiembre con mayor déficit de lluvias a nivel nacional y el más cálido del registro de 1953 a 2023.



Figura 3.2: Ciclones tropicales formados en la cuenca del Pacífico en la temporada 2023. Datos de trayectorias recuperados de www.nhc.noaa.gov/gis

Julio

El primer ciclón que generó efectos en el país fue el huracán *Beatriz*, de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, que impactó la madrugada del 1 de julio, en los límites de los estados de Colima y Jalisco. Al desplazarse sobre la línea de costa se debilitó y para el mediodía se degradó a depresión tropical hasta disiparse en el mar.

Del 29 de junio al 1 de julio, *Beatriz* dejó acumulados máximos de lluvia de 199.5 milímetros (mm) y 180.0 mm en Acapulco y Laguna de Coyuca, respectivamente, ambas localidades de Guerrero, y de 159.4 mm en El Chiflón, Jalisco (Figura 3.3).

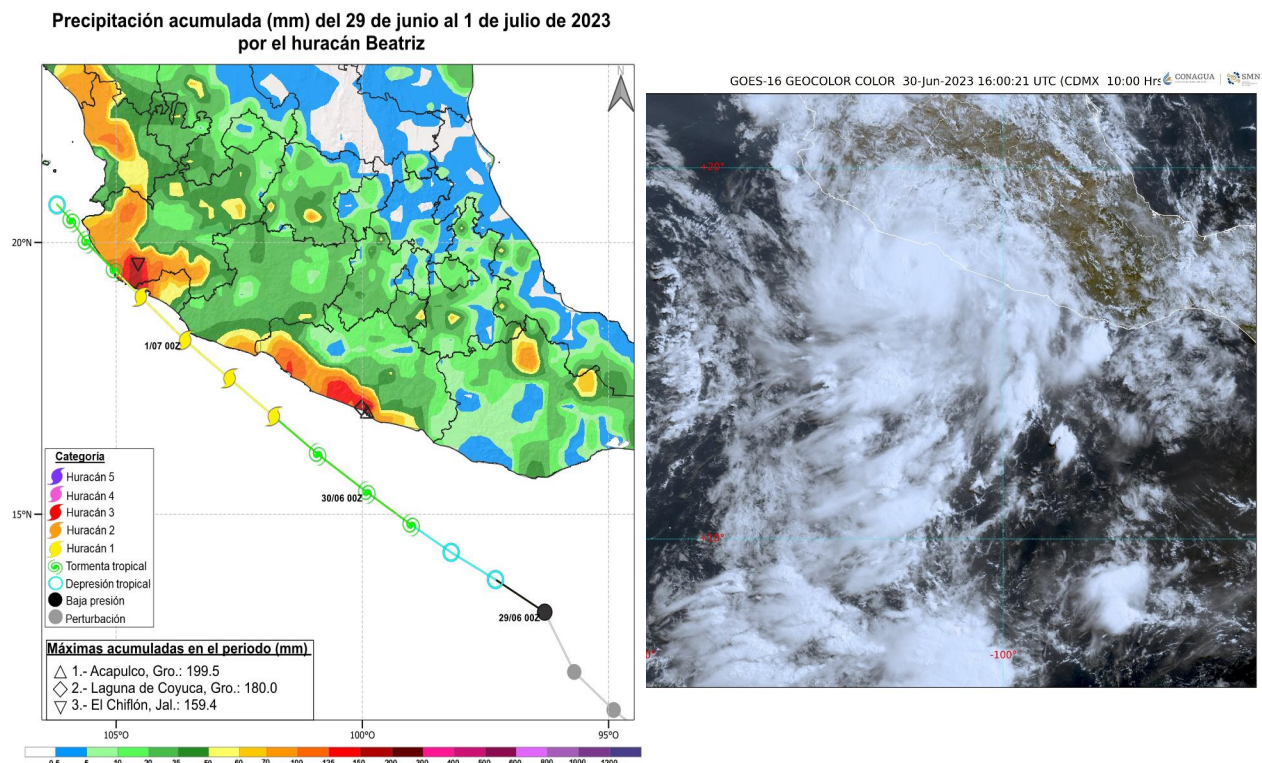


Figura 3.3: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán *Beatriz*. (Derecha) imagen satelital del huracán *Beatriz*.

Agosto

El 16 de agosto se formó la tormenta tropical *Hilary* sobre el océano Pacífico, tuvo una rápida intensificación hasta alcanzar la categoría 4, pero empezó a debilitarse, al adentrarse en aguas más frías. El 20 de agosto el centro del ciclón cruzó al oeste de Punta Eugenia, Baja California Sur, como huracán de categoría 1; posteriormente cruzó al oeste de Isla Natividad y en las inmediaciones de la costa occidente de Isla Cedros. El primer impacto de *Hilary* fue al cruzar en las cercanías al este de Punta Baja, en la costa occidental de Baja California.

El segundo impacto fue cuando tocó tierra cerca del mediodía, ahora como tormenta tropical, en las inmediaciones del municipio de San Quintín y de la localidad de San Fernando, en Baja California. *Hilary* continuó sobre la línea de costa, alternando su desplazamiento sobre mar y tierra hasta cruzar la frontera norte del país. Del 18 al 20 de agosto, los acumulados máximos de lluvia generados por *Hilary* fueron de 326.0 mm en San Lucas, de 275.5 mm en Santa Águeda y 243.3 mm en Santa Rosalía, localidades de Baja California Sur (Figura 3.4).

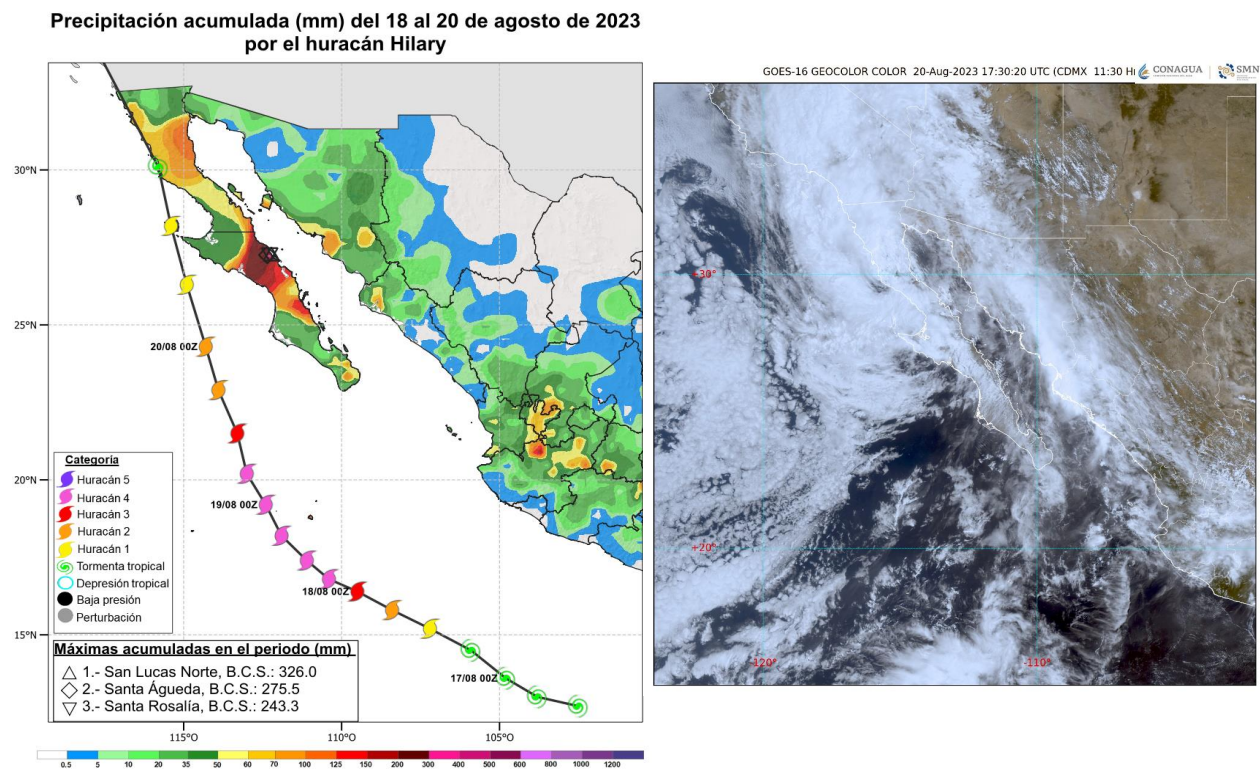


Figura 3.4: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Hilary. (Derecha) imagen satelital del huracán Hilary.

Octubre

La tormenta tropical *Max*, se desarrolló a partir de la depresión tropical *Dieciséis-E*, tocó tierra el mediodía del 9 de octubre en el municipio de Petatlán, a 50 km al sureste de Zihuatanejo y 65 km oeste-noroeste de Tecpan de Galeana, municipios pertenecientes a Guerrero. Su amplia circulación ocasionó lluvias intensas Guerrero y Michoacán, además de rachas fuertes de viento y oleaje elevado en costas del occidente y sur del país. Debido a su desplazamiento por el terreno montañoso la tormenta tropical se disipó rápidamente sobre el noroeste de la misma entidad. Generó acumulados de lluvia de 312.2 mm en San Jerónimo, 300.0 mm en Laguna de Coyuca y de 298.0 mm en Atoyac, en Guerrero, del 8 al 9 de octubre (Figura 3.5).

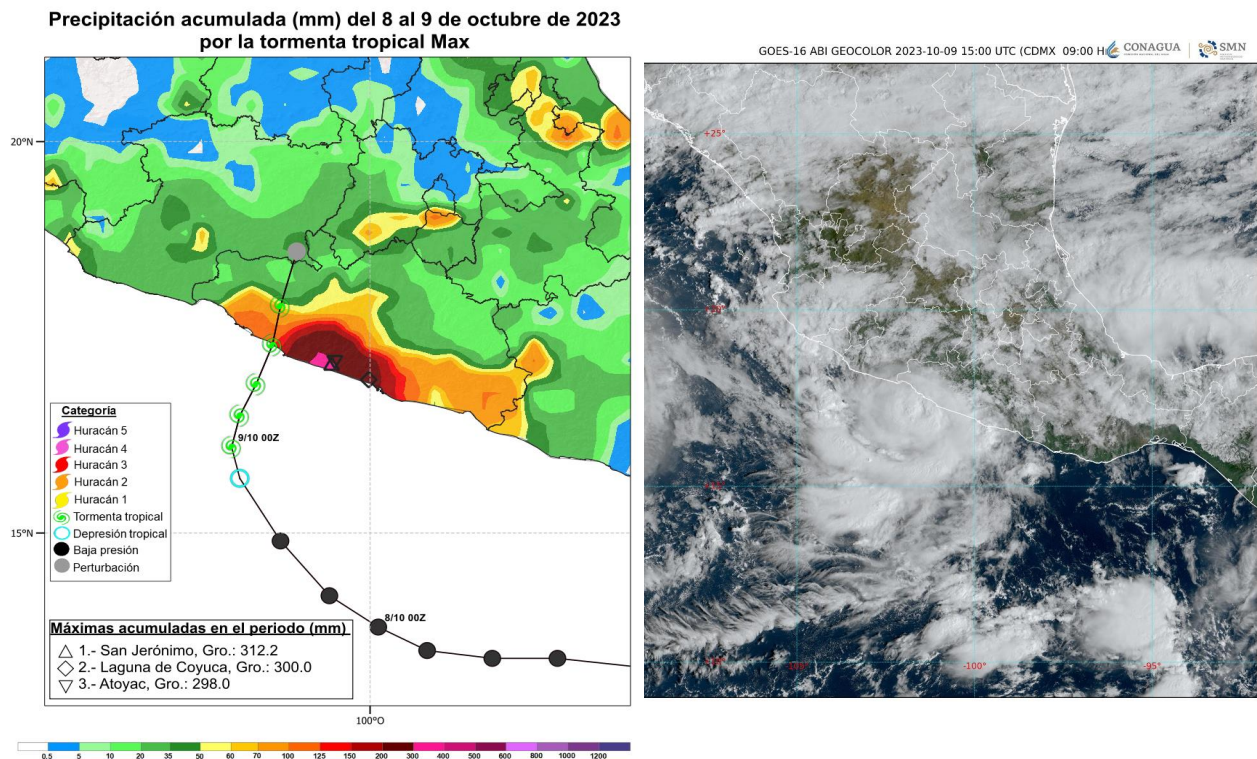


Figura 3.5: (Izquierda) lluvias asociadas a la tormenta tropical Max. (Derecha) imagen satelital del huracán Hilary.

El ciclón tropical *Lidia* se formó el 3 de octubre como tormenta tropical, su avance sobre las aguas cálidas y viento favorable fueron los principales factores para que *Lidia* evolucionara rápidamente hasta alcanzar la categoría de huracán 4, frente a las costas de Jalisco. Tocó tierra la tarde del 10 de octubre, en las inmediaciones del poblado de Tomatlán, a 25 km al sur-sureste de Cabo Corrientes, Jalisco. Su circulación originó fuertes precipitaciones en los estados de Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Zacatecas, además de viento con rachas fuertes y oleaje elevado en las costas. Una vez tierra adentro, *Lidia* se debilitó rápidamente, degradándose a tormenta tropical entre el norte de Jalisco y suroeste de Zacatecas. Del 10 al 11 de octubre originó acumulados de lluvia de 303.6 mm en Suchitlán, 296.3 mm en Peñitas y 251.0 mm en Comala, todas en Colima (Figura 3.6).

El siguiente ciclón que insidió en el país fue *Norma*. El 21 de octubre como huracán categoría 1, alcanzó las costas de Baja California Sur, en el poblado de Todos Santos, municipio de La Paz; se desplazó por tierra y salió al Golfo de California. Dos días después, el 23 de octubre, *Norma* nuevamente ingresó a tierra, ya debilitada como depresión tropical, a 10 km al noroeste de Altata, en la costa norte de Sinaloa, debido a que el ciclón ya se encontraba debilitado, se disipó rápidamente sin avanzar tierra adentro. Sus acumulados máximos de lluvia ocurrieron del 20 al 22 de octubre, en El Quemado con 488.0 mm, San Vicente de la Sierra con 480.0 y La Palmilla con 473.0 mm, todos en Baja California Sur (Figura 3.7).

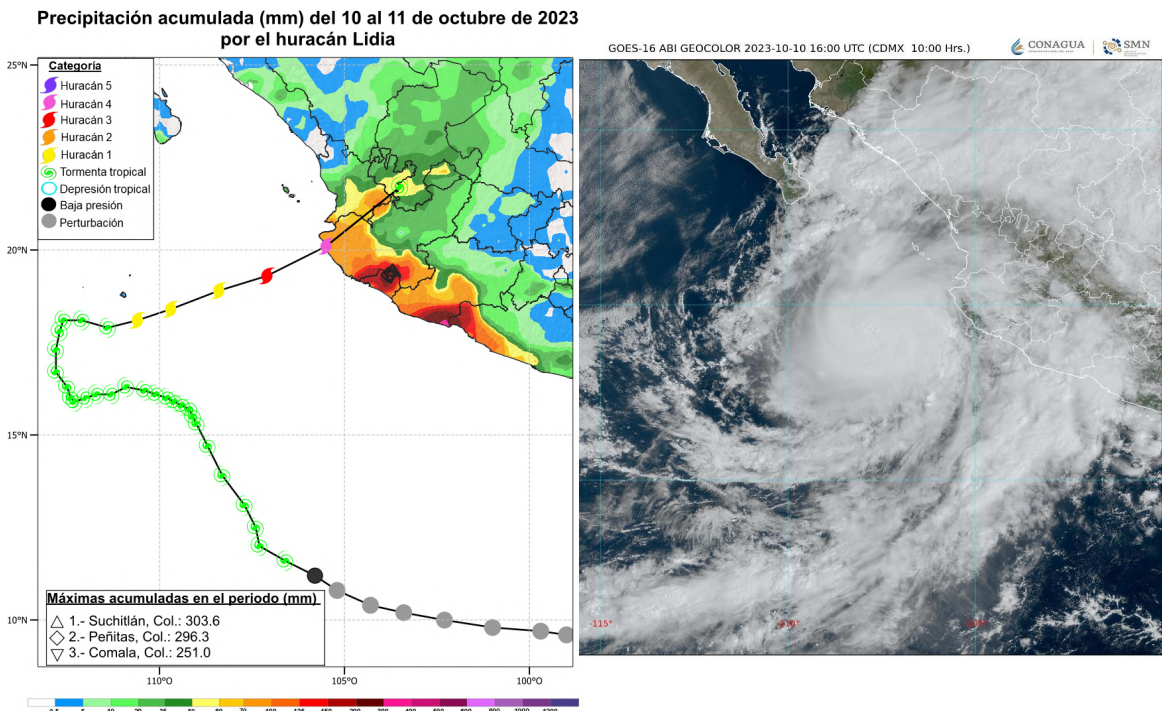


Figura 3.6: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Lidia. (Derecha) imagen satelital del huracán Lidia.

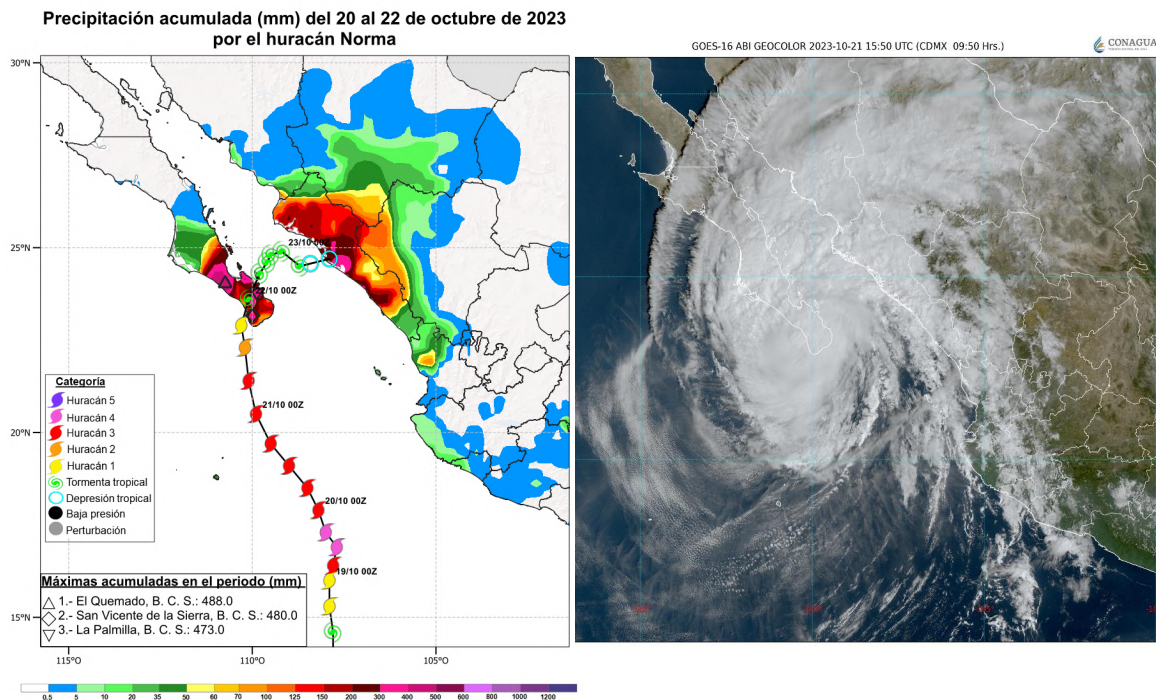


Figura 3.7: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Norma. (Derecha) imagen satelital del huracán Norma.

El último sistema que afectó por el lado del Pacífico fue el huracán *Otis* que en los primeros minutos del 25 de octubre impactó en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, como huracán de categoría 5, la máxima en la escala Saffir-Simpson, se registraron vientos máximos sostenidos de 270 km/h y rachas de 330 km/h, causando la pérdida de vidas humanas y daños materiales significativos.

Otis pasó de huracán de categoría 1 a categoría 5 en tan solo nueve horas, aumentó la velocidad de sus vientos de 130 km/h a 270 km/h en ese tiempo, el rápido fortalecimiento del sistema ciclónico fue un registro sin precedentes, motivo por el cual el impacto sobre la ciudad de Acapulco fue devastador.

El huracán *Otis* formado este año fue el primer huracán de categoría 5 en impactar las costas de Guerrero de acuerdo a los registros desde 1950. Del 24 al 25 de octubre, los acumulados máximos de lluvia generados en dicha entidad por *Otis*, fueron en Acapulco con 266.0 mm, El Veladero con 249.4 mm y Tierra Colorada con 220.0 mm (Figura 3.8).

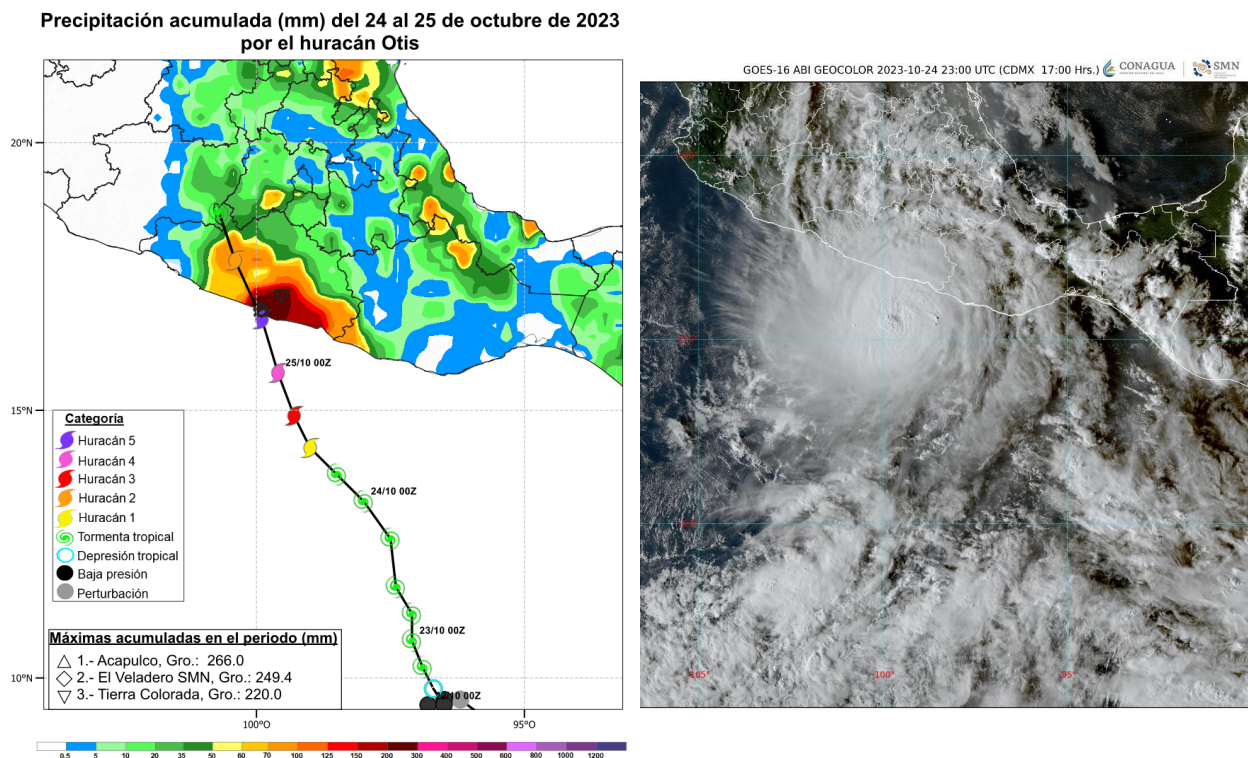


Figura 3.8: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán *Otis*. (Derecha) imagen satelital del huracán *Otis*.

Por el lado del Atlántico, solamente dos ciclones ingresaron al país. El primero fue *Harold* que la mañana del 22 de agosto entró a tierra como tormenta tropical en Isla del Padre, a 20 km del extremo norte de Laguna Madre, Texas, Estados Unidos de América. Se desplazó por tierra y por la tarde del mismo día ingresó a territorio mexicano, debilitado como depresión tropical, en la confluencia del río Bravo y los límites de Nuevo León

con Coahuila, en las inmediaciones de la población de Hidalgo, Coahuila, entidad en la que dejó acumulados máximos de lluvia de 120.0 mm en Cabeceras, de 104.2 en Piedras Negras y de 92.0 en San Miguel, entre el 22 y 23 de agosto (Figura 3.9).

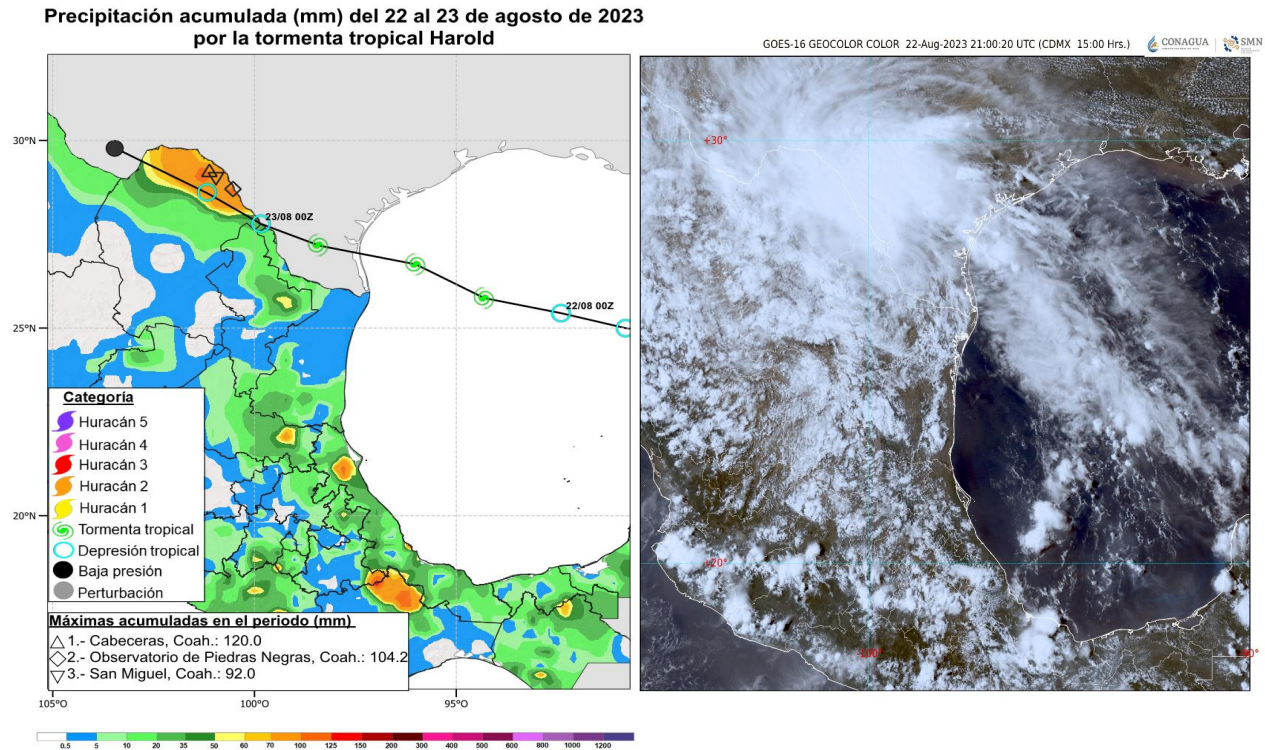


Figura 3.9: (Izquierda) lluvias asociadas a la tormenta tropical Harold. (Derecha) imagen satelital de la tormenta tropical Harold.

Posteriormente, la madrugada del 27 de agosto, la depresión tropical diez tocó tierra en la porción noreste de la Isla de Cozumel, Quintana Roo; el sistema se intensificó paulatinamente y avanzó en dirección noreste, hasta que, el 30 de agosto impactó en Florida, Estados Unidos de América como huracán de categoría 3 con el nombre de *Idalia*, en su desplazamiento evolucionó a categoría 4 en la escala Saffir-Simpson.

Del 26 al 29 de agosto, las bandas nubosas del ciclón cubrieron los estados de Yucatán y Quintana Roo, ocasionando lluvias fuertes con acumulados máximos de 83.1 mm en Banco Chinchorro, de 74.0 en Cancún y de 41.5 en Cozumel (Figura 3.10).

Precipitación acumulada (mm) del 26 al 29 de agosto de 2023 por el huracán Idalia

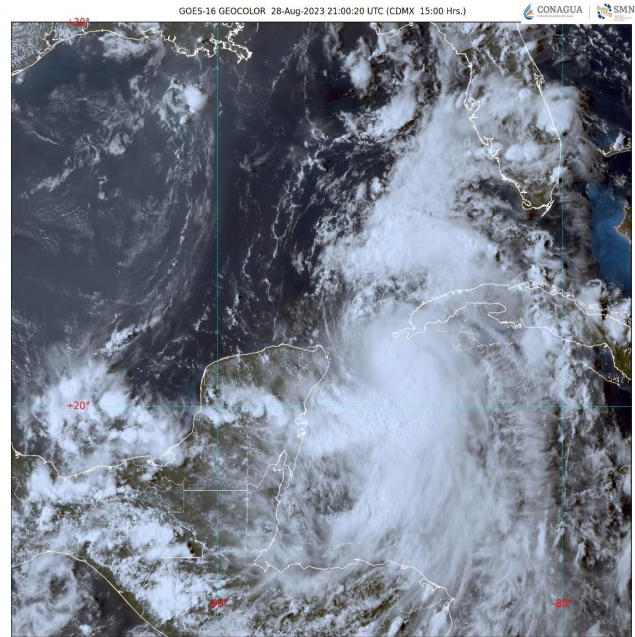
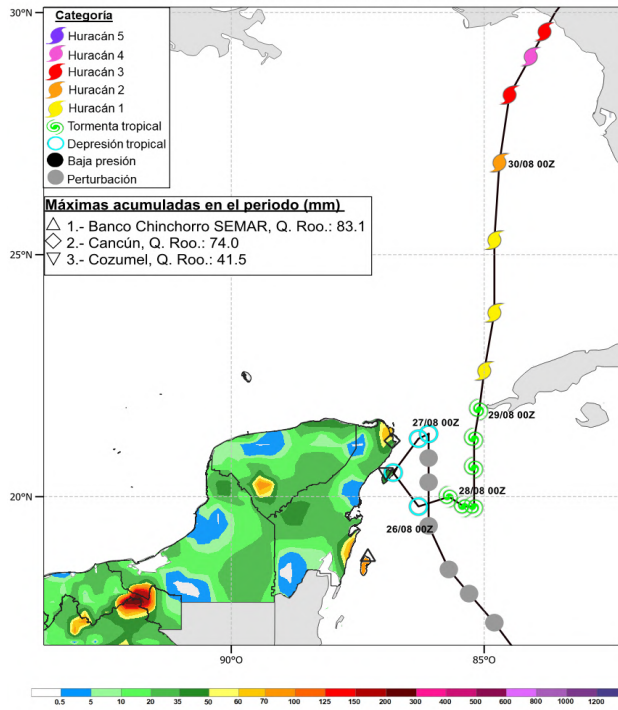


Figura 3.10: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Idalia. (Derecha) imagen satelital del huracán Idalia.

4. Ondas tropicales

La Coordinación Nacional del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN) indica que, una onda tropical (OT) o también llamada onda del este, es una ondulación de la corriente de vientos alisios cuyas características incluyen el desarrollo de un canal de baja presión, la generación de fuerte convección sobre la zona en la que se encuentre y un desplazamiento generalmente hacia el oeste, aproximadamente entre los 5° y 15° de latitud norte.

La CGSMN numera a las ondas tropicales que superan los 85° de longitud oeste y que generan inestabilidad atmosférica sobre nuestro país. Climatológicamente, el mes de mayo marca el inicio de la temporada de actividad de las ondas tropicales y finaliza en noviembre.

Durante el 2023 se desarrollaron 49 ondas tropicales que recorrieron el Atlántico ecuatorial hasta llegar al continente americano, de las cuales la CGSMN número 29 que superaron los 85° de longitud oeste.

Con base en las cartas de análisis de presión superficial, emitidas por la NOAA, se realizó un análisis del área de influencia de las ondas tropicales en su avance diario durante el periodo de mayo a noviembre de 2023. Se identificó que las zonas de mayor densidad de concentración de ondas fueron: frente a las costas de África y en las Islas Cabo Verde (en el océano Atlántico), Centroamérica, Mar Caribe y costas del Pacífico (Figura 4.1).

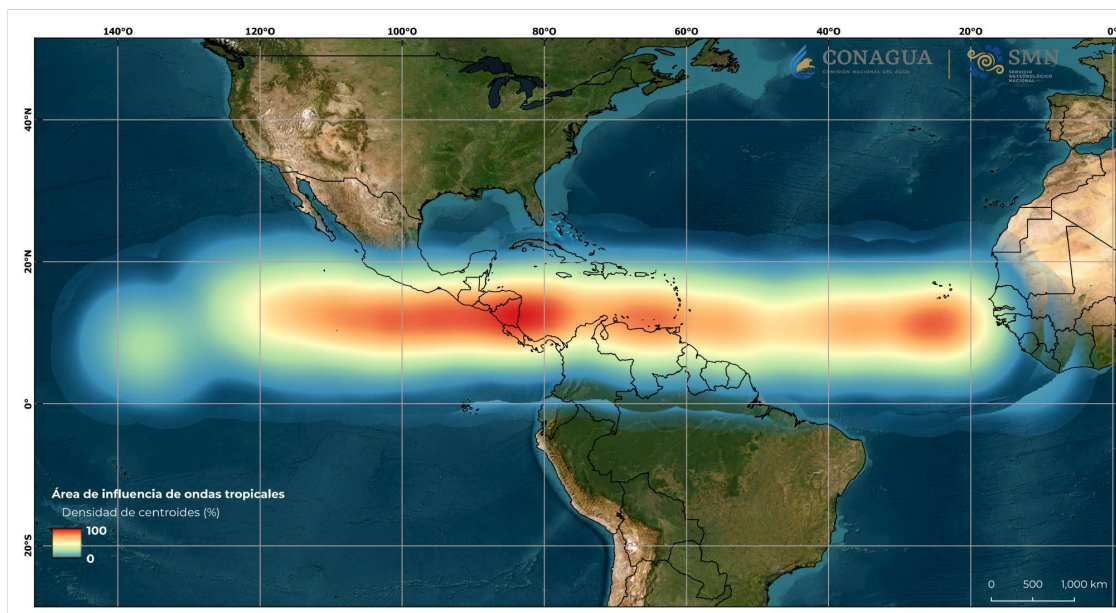


Figura 4.1: Área de influencia de ondas tropicales durante el periodo de mayo a noviembre de 2023, procedentes del Jet Africano del Este. Elaborado con datos de NHC/Tropical and Forecast Branch.

En la Figura 4.2 se muestra el número de ondas del este registradas por la CGSMN de 1995-2023. De acuerdo con estos datos, el año 2003 destacó como el más activo con un total de 59 ondas tropicales. En cambio, en el 2012 solo se registraron 16 ondas tropicales, posicionándose como el año con la menor cantidad ondas en el país. En 2023 se contabilizaron 29 ondas, es decir, 9 ondas tropicales por debajo del promedio.

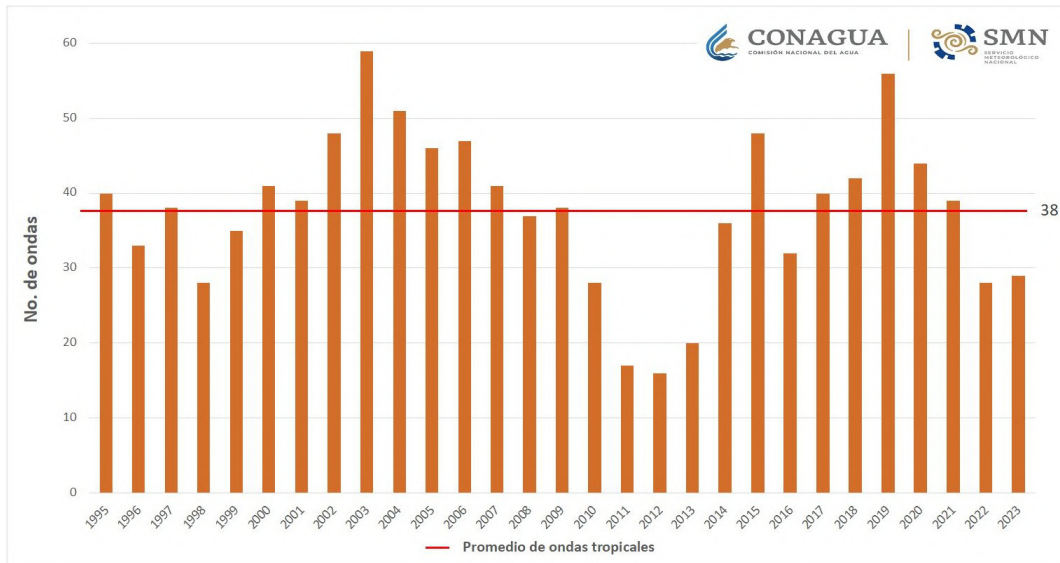


Figura 4.2: Climatología y tendencia de ondas tropicales de mayo a noviembre en la República Mexicana (1995-2023). La temporada de ondas tropicales inicia en mayo y termina en noviembre de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional.

Como se mencionó anteriormente, el mes de mayo marca el comienzo de la temporada de actividad de ondas tropicales u ondas del este. Por lo que, en el 2023 se registró un total de 29 ondas tropicales, de las cuales ninguna se presentó en mayo, 8 se registraron en el mes de junio, 10 en julio, 6 en agosto, 4 en septiembre, una en octubre y ninguna en noviembre.

Comparado con la climatología por mes, se tiene que junio y julio estuvieron igual al promedio, mientras que mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre se ubicaron por debajo de lo normal (Figura 4.3). Estas ondas estuvieron asociadas a inestabilidades atmosféricas o bien, dieron origen a ciclones tropicales que provocaron lluvias y vientos significativos sobre las costas del Pacífico, centro, occidente y sur del país.

En la Figura 4.4 se muestra las trayectorias de las ondas tropicales, de estas la onda número 28 fue la que tuvo un mayor acercamiento al territorio nacional. Esta onda interactuó en su trayectoria con canales de baja presión situados sobre la Península de Yucatán, sureste y oriente, además de inestabilidad en niveles altos de la atmósfera, lo que provocó intensas precipitaciones en regiones de Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Estas lluvias ocasionaron deslaves e inundaciones en las zonas bajas de los estados mencionados, además de lluvias fuertes en Oaxaca, Veracruz y Tabasco.

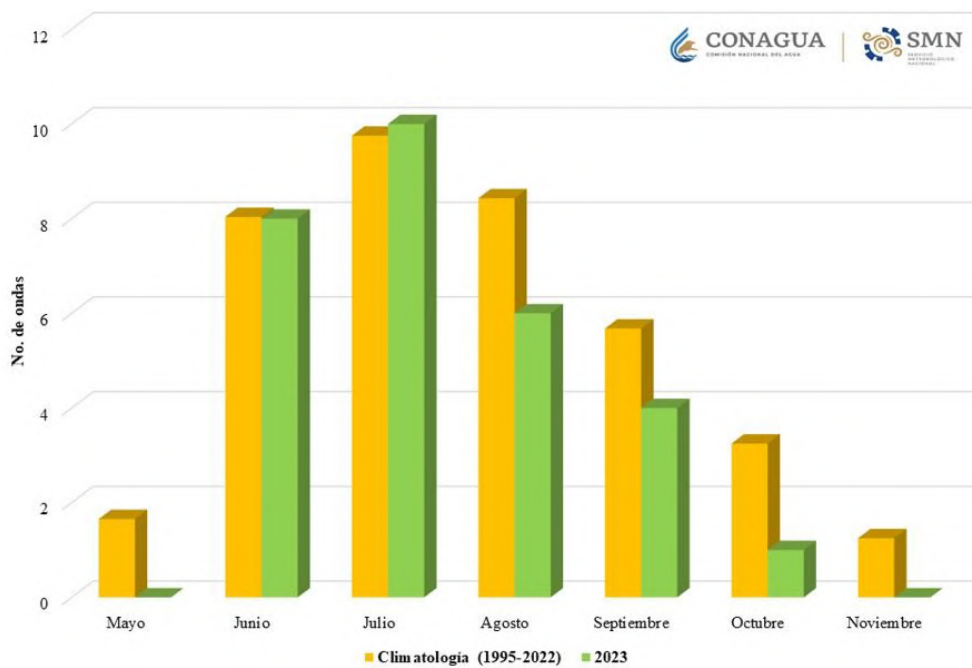


Figura 4.3: Seguimiento de ondas tropicales contabilizadas por la CGSMN durante el 2023, comparado con la climatología (1995-2022).

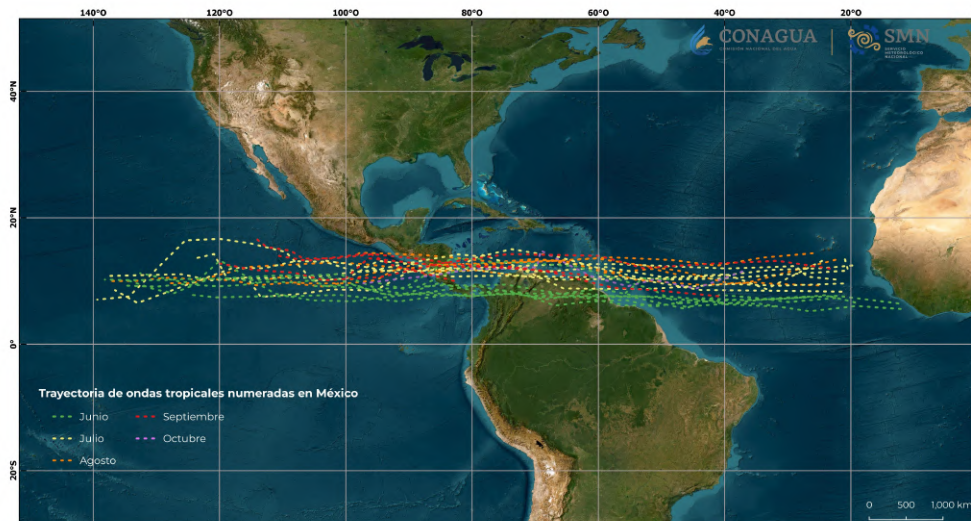


Figura 4.4: Trayectoria de ondas tropicales durante el periodo de mayo a noviembre de 2023 enumeradas por la CGSMN.

Como cada año, las ondas tropicales que se desarrollaron en 2023 tuvieron influencia en las condiciones meteorológicas del país, en mayor o menor medida, durante su trayectoria por el Caribe y Pacífico mexicano. De manera general, de las 29 ondas numeradas, 22

ondas tropicales no evolucionaron a sistemas de categoría mayor, sin embargo, estuvieron asociadas a inestabilidades atmosféricas con efectos como lluvias intensas, descargas eléctricas, caída de granizo, rachas de viento en el centro, occidente y sureste del país.

Por otra parte, hubo 7 ondas que se intensificaron a los siguientes sistemas: una depresión tropical; una tormenta tropical; un huracán categoría 1; dos huracanes categoría 2; un huracán categoría 3; y un huracán categoría 4. En la Tabla 4.1 se describen las ondas tropicales más significativa durante el 2023.

Tabla 4.1: Ondas tropicales más significativas en el 2023 e inestabilidades atmosféricas asociadas.

Fecha de enumeración	Nº de onda tropical	Efectos e inestabilidades atmosféricas	Tiempo significativo
27/06/2023	8	Huracán <i>Beatriz</i> categoría 2.	Lluvias fuertes en Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero, Oaxaca y Michoacán.
07/07/2023	11	Huracán <i>Calvin</i> categoría 2.	Lluvias intensas en las costas de Jalisco y Guerrero. Lluvias fuertes en Nayarit, Michoacán y Colima.
29/07/2023	17	Huracán <i>Dora</i> categoría 3.	Lluvias con descargas eléctricas, caída de granizo y rachas de viento sobre el sur y sureste del país.
13/08/2023	22	Absorbida por el huracán <i>Hilary</i> .	Lluvias acompañadas de descargas eléctricas en el noroeste, occidente y centro del país.
01/09/2023	25	Huracán <i>Jova</i> categoría 4.	Ocasionó lluvias en Baja California y en regiones del centro-occidente del país.
26/09/2023	28	Interacción con canales de baja presión	Generó lluvias intensas, deslaves e inundaciones en Chiapas Campeche, Yucatán y Quintana Roo.
11/10/2023	29	Interacción con una vaguada monzónica.	Generó lluvias y rachas de viento en regiones del centro, sur y sureste del país.

5. Sequía

El 2023 fue un año particularmente seco y cálido, de acuerdo a los datos de precipitación y temperatura se clasificó como el año más seco desde 1941 y el más cálido desde 1953, respectivamente. Lo anterior, contribuyó a la intensificación de las áreas con sequía a nivel nacional; durante 2023 el mes de septiembre se posicionó como el septiembre con mayor superficie con sequía de moderada a excepcional (D1 a D4) de los últimos 21 años, de acuerdo al Monitor de Sequía de México. Mientras que, en los registros de sequía a nivel estatal, 8 estados superaron sus valores máximos de áreas con sequía extrema y excepcional (D3 y D4).

Respecto al comportamiento de la sequía a lo largo del año, en enero las áreas con sequía de moderada a extrema (D1 a D3) se localizaron principalmente en el norte, noreste, occidente y centro de país, extendiéndose en el 44.27% del territorio nacional (Figura 5.1 y Figura 5.2 superior izquierda); esta cifra, representa una diferencia de 29.9% respecto a inicios del año anterior (2022) cuando la sequía D1 a D3 cubría el 14.37% del territorio nacional.

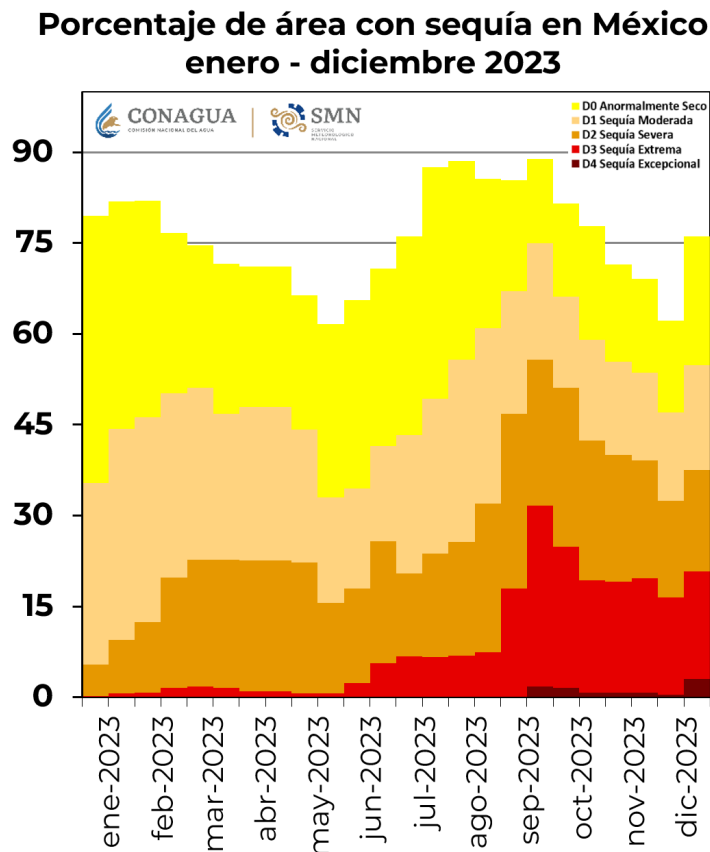


Figura 5.1: Porcentaje de área afectada con sequía a nivel nacional de enero a diciembre de 2023. Obtenido del Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

En los registros históricos de lluvia, los primeros dos meses de 2023 se clasificaron como meses secos, enero fue el decimosexto enero más seco y febrero el decimotercer febrero más seco, en tanto que marzo fue un mes con lluvias cercanas al promedio, aunado a esto, en los registros históricos de temperatura enero fue el octavo más cálido desde 1953 y marzo el quinto más cálido, ocasionando principalmente el incremento de áreas con sequía de severa a extrema (D2 a D3) que a nivel nacional pasaron de 9.44% en enero a 22.66% a finales de marzo.

Los meses de abril y mayo registraron lluvias cercanas al promedio y temperaturas cálidas, abril se ubicó como el segundo más cálido de los registros históricos y mayo como el decimotercer mayo más cálido a nivel nacional. Sin embargo, en la segunda quincena del mes de mayo se observaron lluvias favorables en el oriente del país, que permitieron una ligera reducción de área con sequía, por lo que, al 31 de mayo de 2023 con el comienzo de la temporada de lluvias y ciclones tropicales, el 33.05% de México tenía sequía de moderada a extrema (D1 a D3), una disminución de 11.22% respecto a inicios de ese año (Figura 5.1 y Figura 5.2 superior derecha).

A pesar de las precipitaciones registradas a finales de mayo, durante los siguientes cuatro meses (junio a septiembre) las lluvias fueron escasas y las temperaturas muy cálidas; en este periodo, junio y septiembre se clasificaron como el junio y el septiembre más secos desde 1941, en tanto que los cuatro meses se ubicaron como el junio, julio, agosto y septiembre más cálidos desde 1953. Esto provocó que durante el verano las áreas con sequía en el país se incrementaran progresivamente.

En septiembre, uno de los últimos meses de la temporada de lluvias y ciclones tropicales en México, surgió la categoría de sequía excepcional (D4), en conjunto las áreas con sequía de moderada a excepcional (D1 a D4) cubrieron el 74.96% del territorio nacional, es por ello que septiembre de 2023 ha sido el septiembre con mayor superficie con sequía (D1 a D4) dentro de los 21 años de registros del Monitor de Sequía de México (Figura 5.1 y Figura 5.2 inferior izquierda).

En el mes de octubre la actividad ciclónica aumentó en el océano Pacífico, cinco ciclones tropicales ingresaron humedad al territorio nacional, dos de ellos fueron huracanes de categoría mayor (4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson), esto permitió a octubre de 2023 ubicarse como el decimosegundo octubre más húmedo de los registros históricos, pero también fue el octubre más cálido desde 1953. Las lluvias en este mes ayudaron a reducir las áreas con sequía mayormente en las costas del Pacífico mexicano y en la región centro norte.

Noviembre también fue un mes húmedo y cálido a nivel nacional, mientras que diciembre tuvo precipitaciones y temperaturas cercanas al promedio. Al finalizar el año, el 54.84% del país padeció sequía de moderada a excepcional (D1 a D4), valor 20.12% menor que lo cuantificado en septiembre de este mismo año (Figura 5.1 y Figura 5.2 inferior derecha).

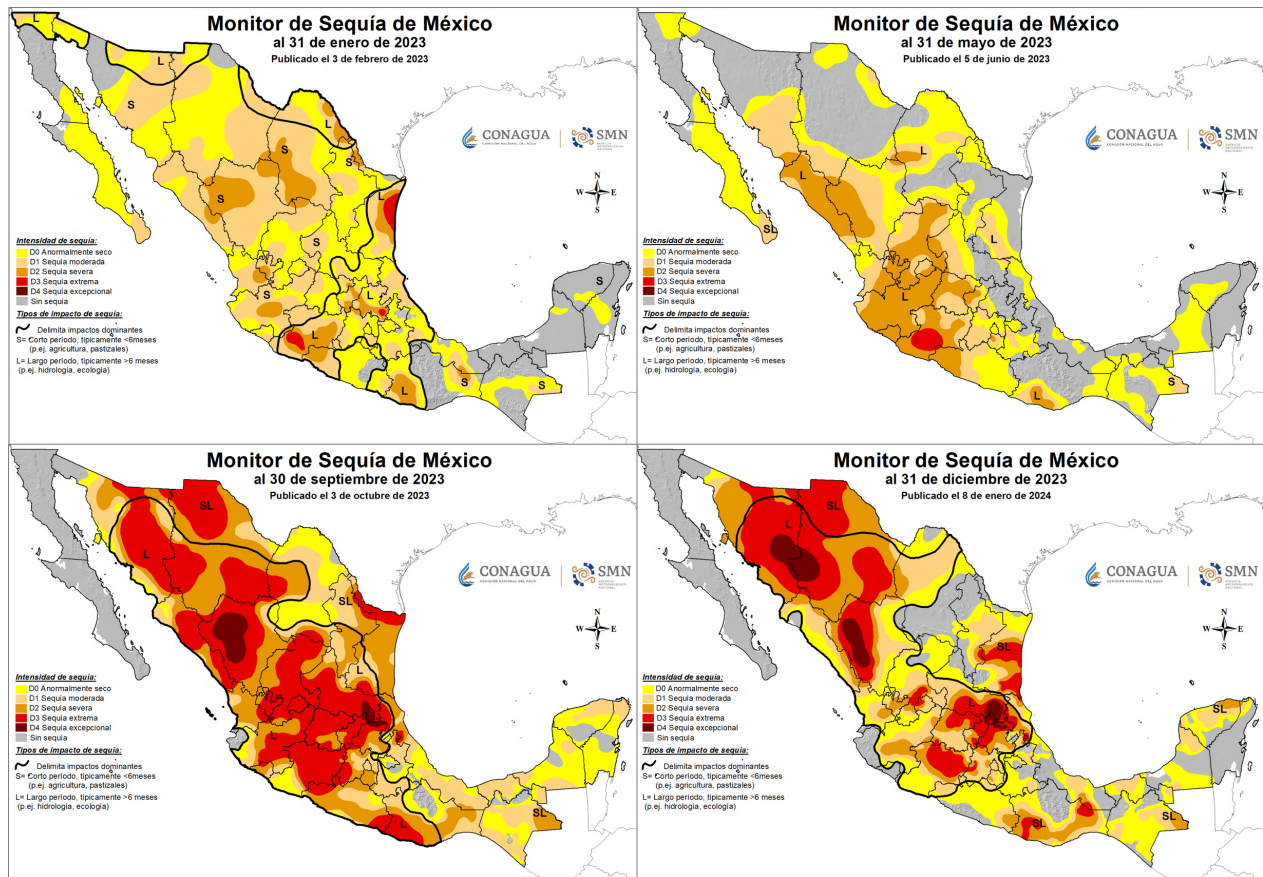


Figura 5.2: Mapas del Monitor de Sequía de México: (Superior izquierdo) al 31 de enero, (superior derecho) al 31 de mayo, (inferior izquierdo) al 30 de septiembre y (inferior derecho) al 31 de diciembre.

En 2023, algunas entidades registraron mayores afectaciones por sequía como es el caso de Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Guerrero en donde la sequía extrema se extendió desde el 20 hasta el 70% de sus superficies; así como Durango, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo que registraron sequía excepcional (D4) durante la segunda mitad del año. En las Figura 5.3 y Figura 5.4, se muestra el porcentaje de áreas con sequía desde enero de 2003 a diciembre 2023 en 5 de las 8 entidades mencionadas.

En Durango, como se observa en la Figura 5.3 superior, se ha registrado sequía excepcional (D4) en 5 ocasiones, en los años 2006, 2008, 2011, 2012 y 2023. En 2011 y 2023 la sequía excepcional (D4) cubrió más del 20% del estado. Sin embargo, en 2023 fue ligeramente superior a 2011, por lo que con 23.7% de la superficie del estado con sequía D4, el 2023 se ha clasificado como el de mayor superficie con esta categoría de los últimos 21 años.

Como se muestra en la Figura 5.3 inferior, de 2003 a 2023 se han observado en San Luis Potosí tres periodos de sequía, en 2011-2012, 2019 y 2023, este último el de mayor intensidad y superficie de los registros históricos, ya que la sequía extrema (D3) se extendió en

cerca del 80 % de su superficie y la sequía excepcional (D4) en el 12 %.

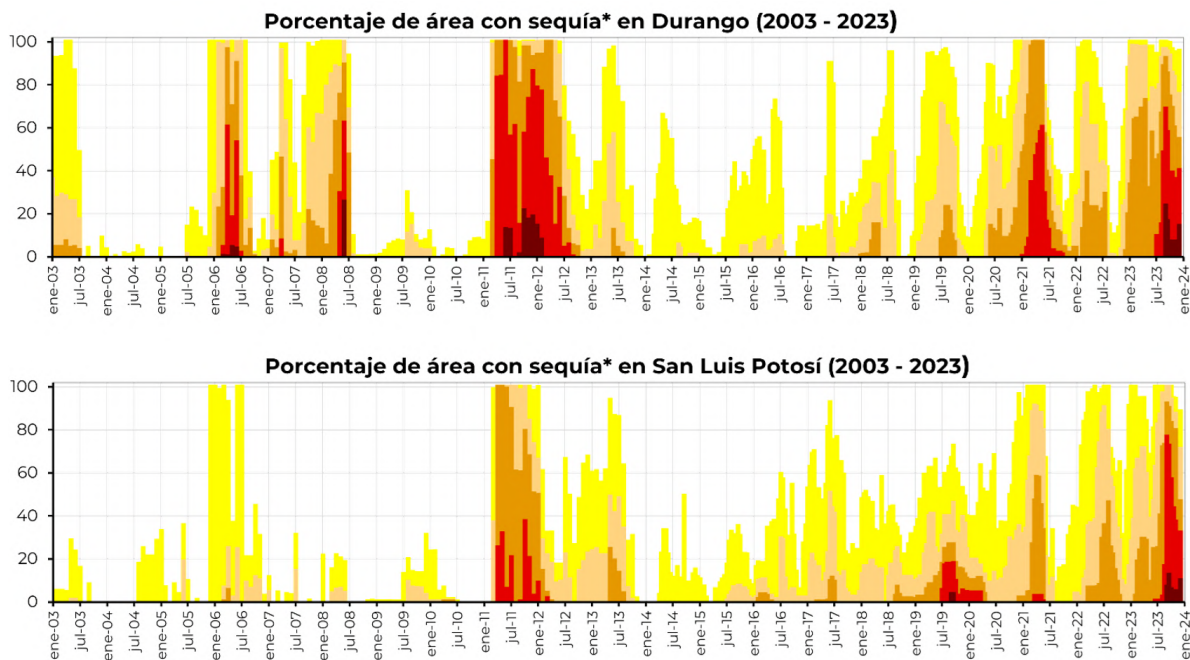


Figura 5.3: Porcentaje de áreas con sequía en Durango (Superior) y San Luis Potosí (Inferior) de enero de 2003 a diciembre de 2023.

En la Figura 5.4 superior, se observa que Jalisco ha tenido periodos de sequía extrema (D3) en diferentes ocasiones, en 2006, 2007, 2008, 2011, 2021 y 2023. Solo a finales de 2011 se ha registrado sequía excepcional (D4) en cerca 20 % de su territorio. Sin embargo, durante 2023 se ha alcanzado la mayor cobertura de áreas con sequía extrema (D3) de los 21 años de registros, en julio de ese año esta categoría cubrió el 59.2% de la entidad.

En 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2018, 2021 y 2023 la categoría de sequía extrema (D3) se ha registrado en Michoacán. De los 21 años de registros, el mayor porcentaje de área con sequía extrema (D3) en el estado se ha observado en 2023, ya que en septiembre el 70% de Michoacán tenía esta categoría de sequía, cabe mencionar que la sequía extrema (D3) ha persistido durante todo 2023 (Figura 5.4 central).

Por último, los periodos con sequía en Hidalgo se han registrado en 2011-2012, 2018-2019 y de 2022 a 2023, en este último periodo se ha tenido la mayor cobertura de sequía excepcional (D4) en el estado, cerca del 10% de su territorio ha registrado esta categoría durante los últimos 3 meses de 2023 (Figura 5.4 inferior).

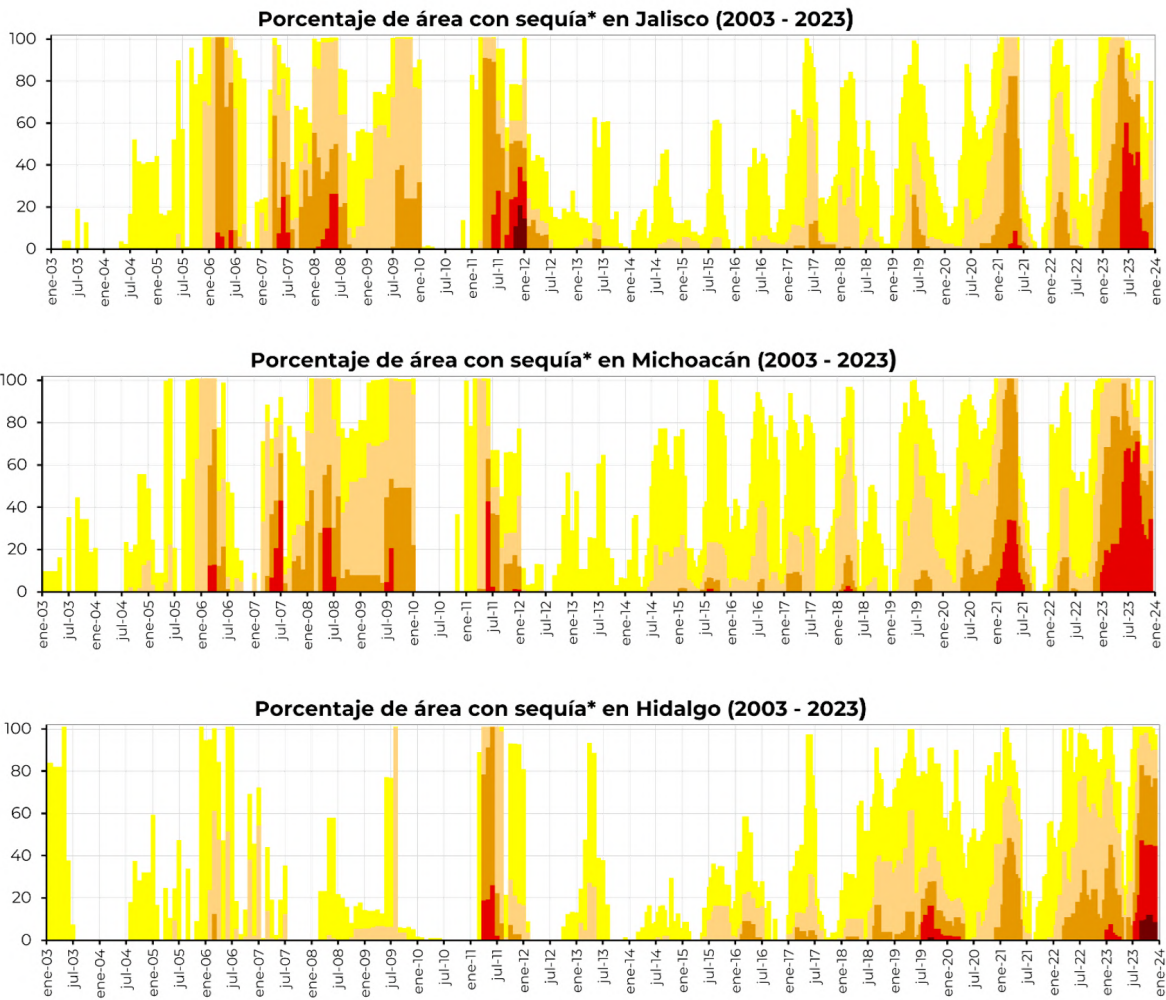


Figura 5.4: Porcentaje de áreas con sequía en Jalisco (Superior), Michoacán (Central), Hidalgo (Inferior) de enero de 2003 a diciembre de 2023.

6. Temperatura

El promedio de la temperatura media nacional en 2023 fue de 22.7 °C, 1.3 °C por arriba del promedio climatológico 1991-2020. Este año se sumó a la tendencia que se observa desde el 2005, donde cada año ha superado la normal climatológica de referencia, además de ser el año más cálido de acuerdo al registro histórico desde 1953 (Figura 6.1).

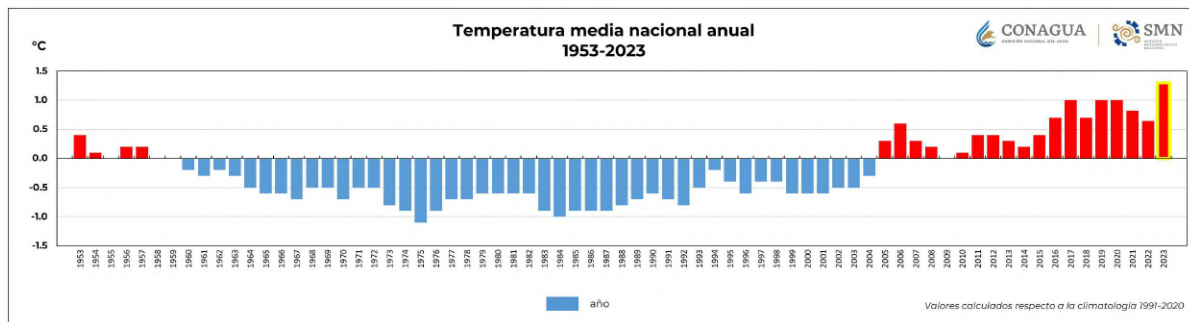


Figura 6.1: Anomalia de la temperatura media anual en grados Celsius (°C) del periodo 1953-2023. Elaborado con base en las estimaciones de anomalía desde 1953 del Servicio Meteorológico Nacional.

De acuerdo a la Figura 6.2, a excepción de febrero y diciembre, el país experimentó temperaturas más cálidas que el promedio en todo el año. La mayor diferencia entre un valor mensual y su promedio fue correspondiente a julio, con 2.9 °C por arriba del promedio. De manera particular, julio de 2023 se ubicó como el julio más cálido de los registros históricos, así como el mes más cálido comparado con cualquier otro mes del registro histórico desde 1953. Asimismo, julio, agosto, septiembre y octubre de 2023, se posicionaron como los meses más cálidos, respecto de sus propios registros.

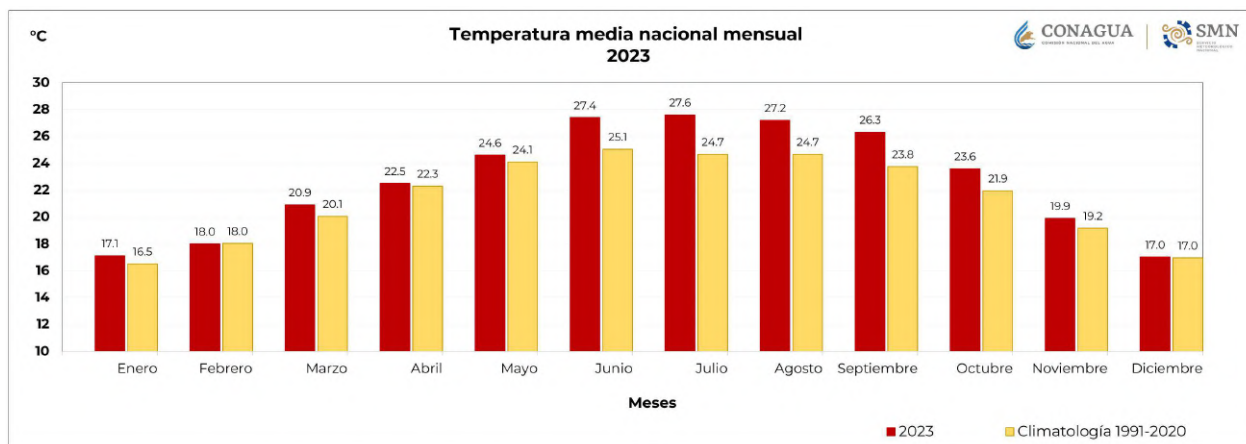


Figura 6.2: Temperatura media mensual durante 2023 comparada con su climatología 1991-2020. Elaborado con información disponible al 31 de diciembre de 2023 en el SIH y el registro histórico desde 1953. Cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En el seguimiento diario de los promedios de temperatura de la Figura 6.3, se aprecia que, los valores de temperatura mínima en 2023 fueron más cálidos que el promedio al superar el promedio climatológico 1991-2020 e inclusive ubicarse por arriba del umbral de una desviación estándar. El periodo más cálido en el país respecto de ésta variable fue de mayo a octubre.

En cuanto a la temperatura máxima y media, estos registros también superaron la normal de referencia, pero en menor número de ocasiones. La temperatura máxima de mediados de abril y principios de junio, estuvo cercana a lo normal, inclusive por debajo de la misma, en tanto que, la temperatura media de junio y hasta la tercera semana de septiembre se mantuvo por arriba del promedio.

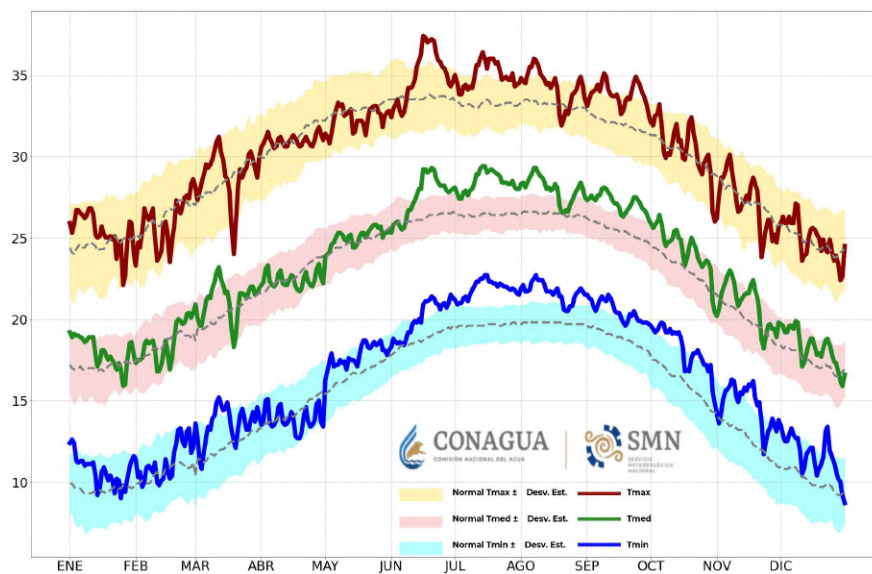


Figura 6.3: Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional (°C) de enero a diciembre de 2023. Los umbrales para las desviaciones estándar fueron calculados respecto a la normal 1991-2020. Con información disponible en diciembre de 2023 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

La ubicación geográfica del país permite que México tenga su temporada más cálida (verano) en los meses de junio a septiembre y la más fresca (invierno) de diciembre a febrero.

En la primavera de 2023, se registró una temperatura media nacional de 22.7 °C, valor que se ubicó 0.5 °C por arriba del promedio 1991-2020, este valor se sumó a la tendencia de primaveras cálidas que se observa de forma consecutiva desde 2016. Hasta el momento la primavera observada en 2020 ha sido la más cálida del registro histórico desde 1953, cuando se experimentó una temperatura media nacional de 23.4 °C lo que significó 1.2 °C por arriba de la normal climatológica (Figura 6.4).

Desde el año 2006, la temperatura media nacional registrada en la temporada de verano se ha ubicado por arriba de la normal de referencia, este 2023 no fue la excepción con

un valor de 27.4 °C, 1.7 °C por arriba del promedio; cifra que permitió colocarse como el verano más cálido en los registros desde 1953. Por otro lado, durante el otoño de 2023 se registró una temperatura media nacional de 23.3 °C, posicionándose también como el otoño más cálido con una anomalía positiva de 1.7 °C respecto a la normal de referencia.

Aun cuando mes con mes los registros de temperatura mínima, en los meses que comprenden la estación de invierno (diciembre, enero y febrero), han sido más cálidos que el promedio, esto no ha contribuido a tener un invierno cálido desde el año 2017. Para el invierno de 2022-2023, se observó una temperatura media nacional de 17.5 °C, valor -0.1 °C por debajo de la normal climatológica 1991-2020 (Figura 6.4).

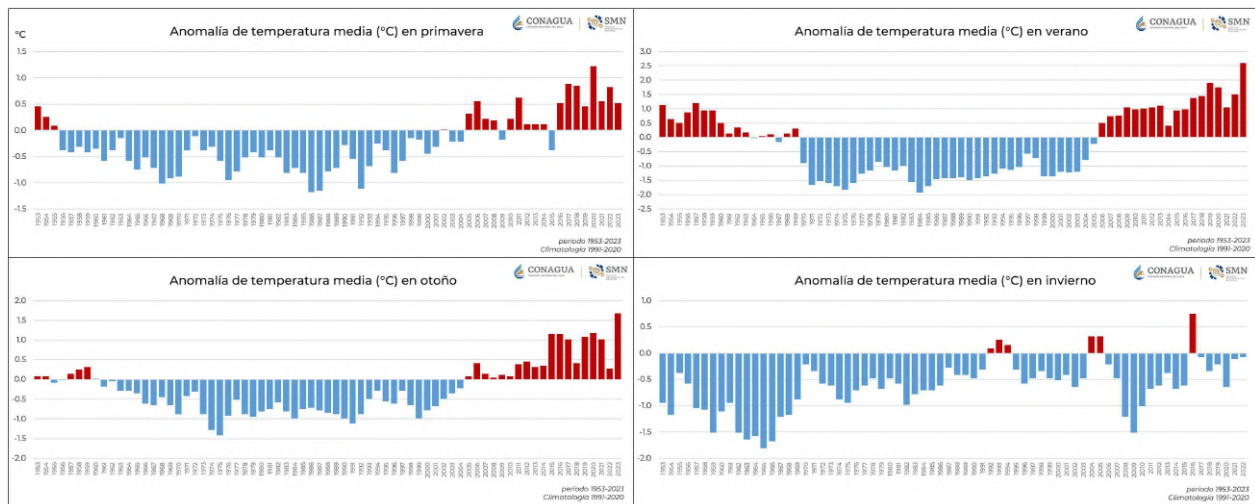


Figura 6.4: Anomalía de temperatura media registrada en el periodo 1953-2023. Valores calculados respecto a la normal 1991-2020. Con información disponible en diciembre de 2023 en el *SIH*, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En la (Figura 6.5), se muestra que durante el año 2023 los Estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo se presentaron las condiciones más cálidas, con valor promedio anual mayor de 30.0 °C. A estos estados le siguieron, las regiones del Pacífico norte y Golfo de México en los que se experimentaron temperaturas mayores a 25.0 °C.

En cuanto a la anomalía de temperatura, gran parte del territorio nacional presentó condiciones más cálidas de lo normal, en zonas puntuales de las regiones de la Mesa del Norte, Sureste y Península de Yucatán los valores estuvieron 2.0 °C por arriba del promedio climatológico 1991-2020; así mismo, en Guerrero y Coahuila alcanzaron 3.0 °C por arriba del promedio.

De modo opuesto, sobre la Península de Baja California, Pacífico norte y el noroeste, las condiciones de temperatura estuvieron de modo general cercanas a lo normal, con pequeñas zonas en donde se observaron por debajo de lo normal, sin descartar que, en Baja

California Sur más de la mitad de su territorio se presentaron condiciones mas cálidas que el promedio.

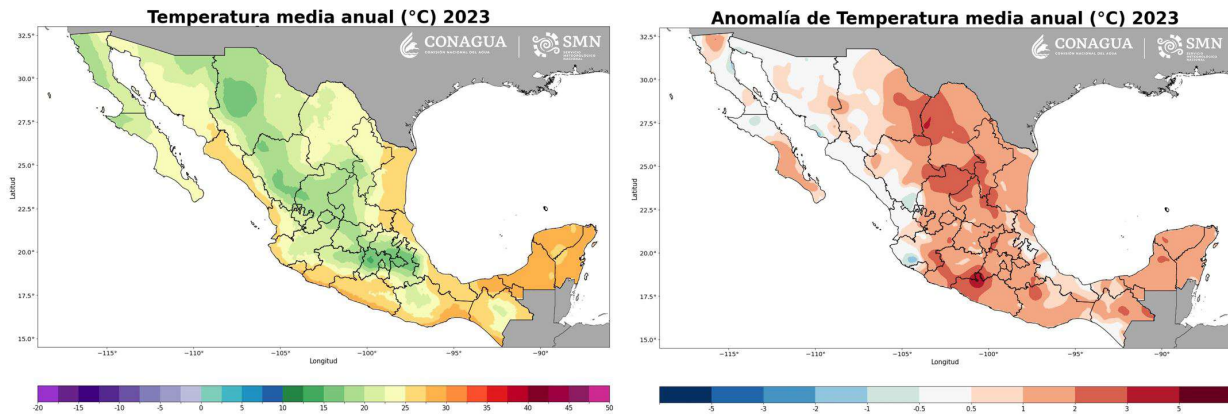


Figura 6.5: (Derecha) temperatura media en 2023, (izquierda) anomalía de temperatura media en 2023. Con información disponible en diciembre de 2023 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

A nivel estatal, a excepción de Baja California, el resto de estados experimentó un año cálido en 2023. Veintinueve estados se ubicaron dentro de los diez más cálidos de su registro. Aguascalientes, Campeche, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas tuvieron su año más cálido (Figura 6.6).

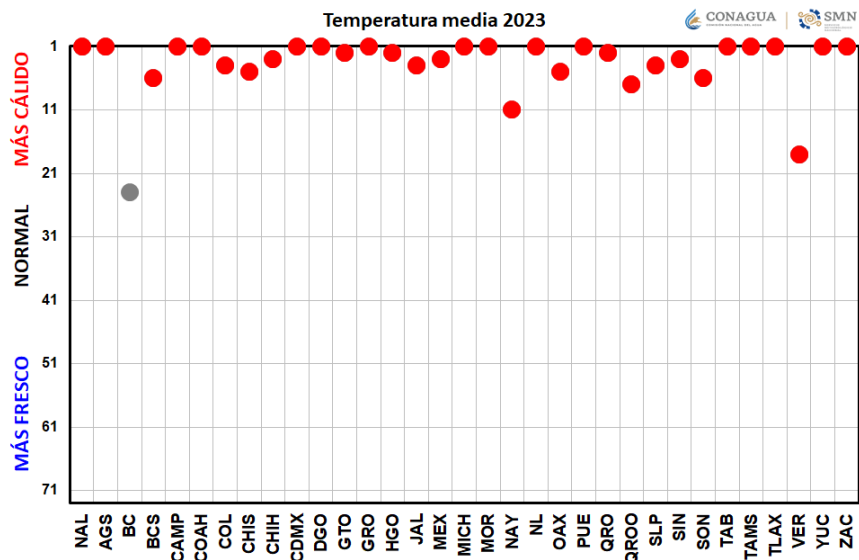


Figura 6.6: Clasificación de la temperatura media estatal en 2023. De acuerdo a la información disponible en el registro histórico desde 1953 y con información al 31 de diciembre de 2023 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

6.1. Frecuencia de días fríos y cálidos

6.1.1. Número de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C y percentiles.

Los meses en los que se presenta un mayor número de días con valores de temperatura mínima menor o igual a los 0.0 °C sobre el territorio nacional son de enero a marzo y de octubre a diciembre, denominados como días con heladas.

Durante los meses de enero a marzo, la mayor cantidad de días con heladas se registraron en las regiones del noroeste, norte y centro del territorio nacional (Figura 6.7); por ejemplo, en el estado de Chihuahua y Durango se contabilizaron más de 70 días; Baja California, Sonora, Zacatecas y Estado de México tuvieron de 30 a 70 días con condiciones de heladas.

Por otra parte, para el periodo de octubre a diciembre de 2023 se presentó una disminución en la cantidad de días con heladas; Baja California, Chihuahua y Durango destacaron como los estados con mayor número de días bajo estas condiciones (de 30 a 50 días). Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y en zonas particulares del centro del territorio nacional, se registraron de uno a 10 días con temperaturas menores o iguales a los 0.0 °C.

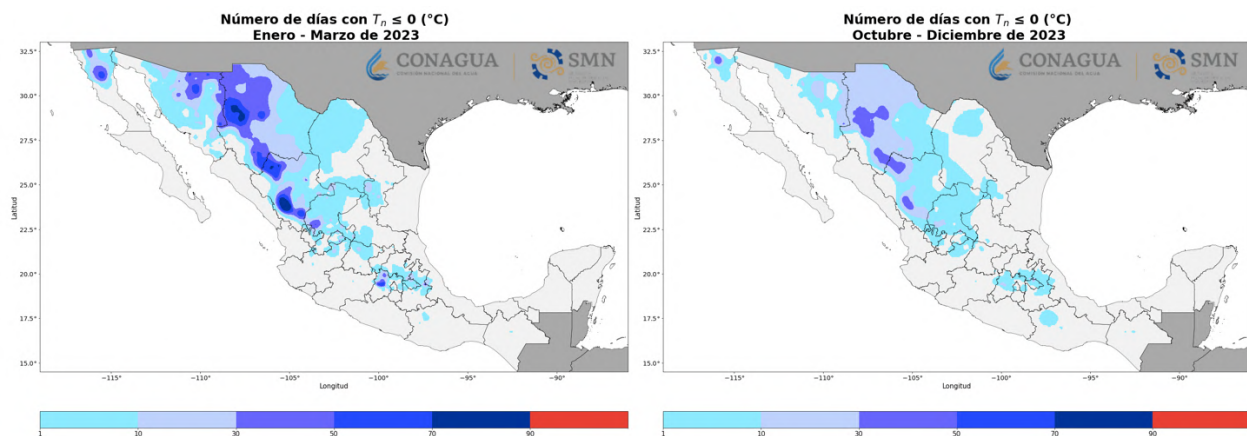


Figura 6.7: Número de días con heladas (izquierda) de enero a marzo, (derecha) de octubre a diciembre. Con información disponible en diciembre de 2023 en el SIH, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Para el año 2023, veinticinco de las treinta y dos entidades del país registraron en algún momento una temperatura igual o menor a los 0.0 °C, destacando el valor de -18.0 °C observado el día 22 de enero en la estación de La Rosilla, ubicada en el estado de Durango, siendo el registro más bajo del año. En relación a la Tabla 6.1, el día 25 de enero se registraron -17.0 °C en Peñitas, Chihuahua. En la estación de Yécora, Sonora, para el día 25 de enero se presentó una temperatura de -13.0 °C; el 23 de febrero en San Pedro Mártir, Baja California fue de -12.9 °C y de -11.5 °C el 19 de diciembre en Zayaleta, Veracruz.

En relación al análisis mensual (Tabla 6.2), destacan julio y agosto como los únicos meses en donde no se experimentaron temperaturas menores o iguales a los 0.0 °C. Por otra parte, se observa que las estaciones con el registro más bajo de temperatura durante la mayor cantidad de meses fueron La Rosilla y Navíos Viejos, Durango. Así mismo, el estado de Durango fue donde se presentó el mayor número de registros de temperaturas mínimas para dicho periodo.

Tabla 6.1: Temperatura mínima nacional por entidad federativa en el año 2023.

Edo.	Tn (°C)	Estación	Fecha	Edo.	Tn (°C)	Estación	Fecha
AGS	-6.0	Cosío, Ags.	14/01/2023	MOR	-5.5	Lagunas de Zempoala, Mor.*	28/12/2023
BC	-12.9	San Pedro Mártir, B.C. (+)	23/02/2023	NAY	1.0	Aeropuerto Internacional de Tepic, Nay. (++)	17/01/2023
BCS	-0.5	Díaz Ordaz, B.C.S.	18/12/2023	NL	-6.0	San Rafael, N.L.	11/02/2023
CAMP	8.5	Calakmul, Camp. *	15/01/2023	OAX	-8.0	San Juan Tepecolula, Oax.	20/12/2023
CHIH	-17.0	Peñitas, Chih.	25/01/2023	PUE	-7.5	Alchichilca, Pue.	19/12/2023
CHIS	-2.5	Puente Morelos, Chis.	29/01/2023	QRO	0.0	Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, Qro. (++)	14/01/2023
COAH	-5.4	Nueva Rosita, Coah. *	11/02/2023	QROO	11.0	Playa del Carmen, Q. Roo.	29/10/2023
COL	9.0	La Esperanza, Col.	19/12/2023	SIN	-1.0	El Fuerte, Sin.	22/01/2023
CDMX	-3.7	Ajusco Medio, Cd. de Méx. (+++)	04/02/2023	SLP	-4.0	Aeropuerto Internacional de San Luis Potosí, S.L.P. (++)	14/01/2023
DGO	-18.0	La Rosilla, Dgo.	22/01/2023	SON	-13.0	Yécora, Son.	25/01/2023
GRO	3.0	Olinalá, Gro.	19/12/2023	TAB	12.0	Cañón Usumacinta, Tab.*	18/12/2023
GTO	-4.0	La Quemada, Gto.	14/01/2023	TAMPS	0.0	Puerto de Valles, Tamps.	19/02/2023
HGO	-4.9	ITESA Apan, Hgo.*	06/02/2023	TLAX	-7.0	El Carmen Tequexquitla, Tlax.	19/12/2023
JAL	-5.0	San Gaspar de los Reyes, Jal.	17/01/2023	VER	-11.5	Zalayeta, Ver.	19/12/2023
MEX	-7.0	Danxhó, Méx.	14/01/2023	YUC	6.0	Cantamayec, Yuc.	15/01/2023
MICH	-3.3	Mariposa Monarca 2, Mich.*	28/12/2023	ZAC	-7.1	La Florida, Zac.*	31/12/2023

Con información disponible en diciembre de 2023 en el SIH, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

*Automática CONAGUA, (+) Automática UNAM, (++) Automática Aeropuerto, (+++) Automática SGIRPC.

Tabla 6.2: Temperatura mínima nacional por mes en el año 2023.

Mes	Tn (°C)	Estación	Fecha
ENE	-18.0	La Rosilla, Dgo.	22/01/2023
FEB	-14.0	Navíos Viejos, Dgo.	09/02/2023
MAR	-14.5	Navíos Viejos, Dgo.	06/03/2023
ABR	-13.5	La Rosilla, Dgo.	08/04/2023
MAY	-7.0	La Rosilla, Dgo.	10/05/2023
JUN	-4.5	La Rosilla, Dgo.	08/06/2023
JUL	1.0	Oyameles, Pue.	01/07/2023
AGO	1.0	Oyameles, Pue.	04/08/2023
SEP	-5.6	Guerrero, Chih. (++++)	23/09/2023
OCT	-8.0	Navíos Viejos, Dgo.	26/10/2023
NOV	-13.0	La Rosilla, Dgo.	23/11/2023
DIC	-15.5	La Rosilla, Dgo.	27/12/2023

Con información disponible en diciembre de 2023 en el SIH, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

(++++) Automática JCAS.

Los mapas de percentiles añaden información complementaria a los mapas de anomalías, sirven como una herramienta para determinar qué tan insólito es un evento de temperatura en comparación con un periodo base o serie histórica, considerado para este reporte el periodo 1950-2022.

Brindan una idea cuantitativa de que tan inusual es una condición en particular y puede interpretarse en términos de porcentajes. Por ejemplo, si una medición cae en el percentil 100 (P100), significa que dicha medición fue más cálida que el 100% de todas las temperaturas que se tienen en el periodo base, si, por el contrario, la medición cae en el percentil 30 (P30), significa que el 70% de los datos son más cálidos que dicha medición.

En relación al mapa de percentiles de temperatura mínima (Figura 6.8), la mayor parte del territorio nacional presentó registros por arriba del P95. Sobresalen las zonas del norte, noreste, centro, vertiente del Golfo de México, costa sur del Pacífico y Península de Yucatán en donde alcanzaron a ubicarse en el P99, es decir, que en dichas regiones durante el año 2023 se experimentaron temperaturas mínimas dentro del 1% más cálido con relación a la serie histórica.

No obstante, en algunas regiones aisladas de Sonora, Durango y Puebla, se presentaron valores de temperatura mínima que estuvieron por debajo del P10, es decir, que en dichas regiones las temperaturas mínimas durante el año 2023 fueron del 10% más frías desde que se tiene registro.

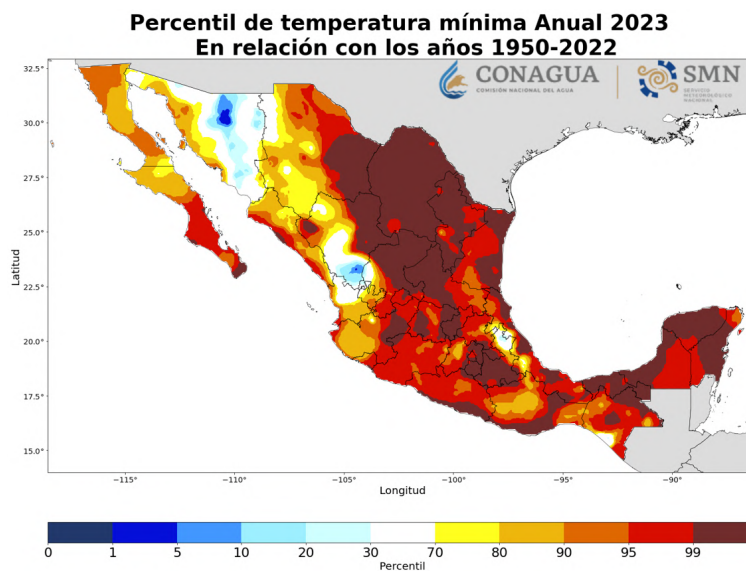


Figura 6.8: Percentil promedio de temperatura mínima del año 2023 comparado con el periodo 1950-2022. Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

En el conteo de días, la temperatura mínima estuvo por debajo del P5, de 20 a 50 días en parte del noroeste, Durango, Zacatecas, Nayarit, Puebla y Chiapas, mientras que, en los

estados de Sonora y Durango, se registraron más de 50 días con temperaturas mínimas por debajo del percentil 5 (Figura 6.9).

Se contabilizaron entre 50 y 90 días donde la temperatura mínima sobrepasó el P95, es decir, dentro del 5% más cálido respecto a la serie histórica, en la mayor parte del territorio nacional, a excepción de partes aisladas en los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, Veracruz y Oaxaca, en donde dichas condiciones se presentaron durante 20 días.

Cabe destacar que, en algunas zonas particulares de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Campeche, dichas condiciones se presentaron por arriba de los 180 días.

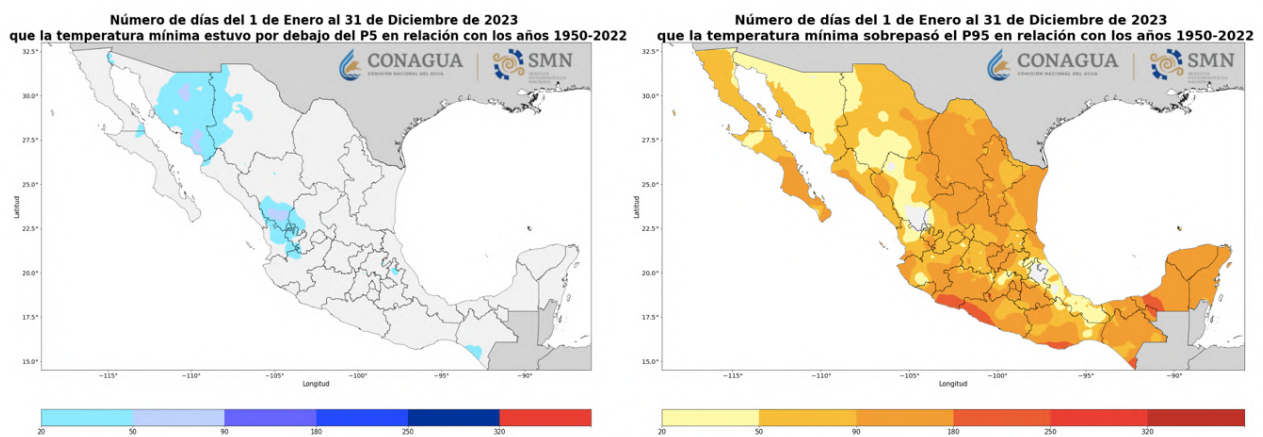


Figura 6.9: (Izquierda) número de días en que la temperatura mínima estuvo por debajo del percentil 5, (derecha) por arriba del percentil 95. Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

6.1.2. Número de días con temperatura máxima mayor o igual a 40 °C y percentiles.

Los meses en los que se presenta un mayor número de días con valores de temperatura máxima mayor o igual a los 40.0 °C sobre el territorio nacional son de abril a junio y de julio a septiembre, conocidos como días calurosos.

En relación a la Figura 6.10, al contrario del año 2022, el mayor número de días calurosos se presentó en el periodo de julio a septiembre, por arriba de los 50 y 70, registrados en partes del noroeste, norte y noreste del país.

Durante el periodo de abril a junio, los días más calurosos (50) se registraron en los estados de Michoacán y Guerrero. Sin embargo, en diversas zonas del territorio nacional se experimentaron al menos entre 10 y 30 días temperaturas mayores o iguales a los 40.0 °C, resaltando las regiones del noroeste, norte, noreste, occidente y sur del país.

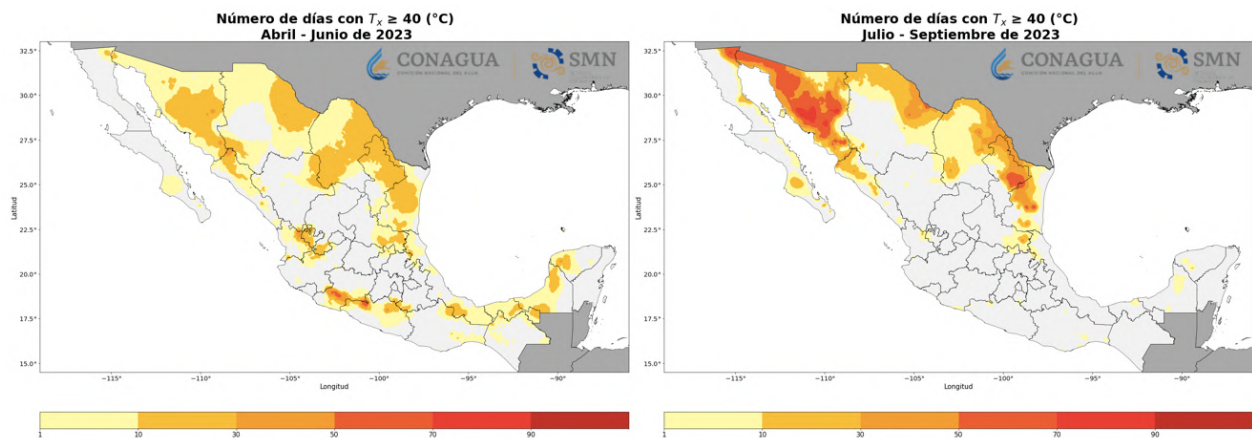


Figura 6.10: Número de días cálidos (temperatura máxima diaria mayor o igual a 40°C) en la temporada primavera-verano. (Izquierda) de abril a junio y (derecha) de julio a septiembre.

La temperatura máxima extrema para el 2023 se registró el 29 de agosto en la estación de Mexicali, Baja California, con un valor de 51.4 °C, y se posicionó como el día más cálido para un mes de agosto en dicha estación (Tabla 6.3). Otros valores de temperatura máxima durante el año 2023 se reportaron en los estados de Chihuahua y Sonora, con un valor de 49.5 °C en las estaciones de Urique e Ing. Rodolfo Félix Valdés, los días 21 y 25 de junio, respectivamente; seguido de otros reportes en la estación de Nueva Rosita, Coahuila con 48.2 °C el 21 de junio; 48 °C el 24 de junio en la estación Ballesmi ubicada en el estado de San Luis Potosí y el día 19 del mismo mes con un valor de 47.5 °C en la estación La Pamona, en Nuevo León.

Tabla 6.3: Temperatura máxima nacional por entidad federativa en el año 2023.

Edo.	Tx (°C)	Estación	Fecha	Edo.	Tx (°C)	Estación	Fecha
AGS	41.0	Media Luna, Ags.	11/06/2023	MOR	44.0	Higuerón, Mor.	05/03/2023
BC	51.4	Mexicali, B.C.	29/08/2023	NAY	46.0	Jesús María, Nay.	19/05/2023
BCS	44.2	Obs. de Ciudad Constitución, B.C.S.	15/08/2023	NL	47.5	La Pamona, N.L.	19/06/2023
CAMP	44.6	Monclova, Camp.*	11/06/2023	OAX	47.0	Valle Nacional, Oax.	15/06/2023
CHIH	49.5	Urique, Chih.	21/06/2023	PUE	44.0	Chila de la Sal, Pue.	16/04/2023
CHIS	44.0	San Joaquín, Chis.*	18/06/2023	QRO	45.0	Jalpan, Qro.	15/06/2023
COAH	48.2	Nueva Rosita, Coah.*	21/06/2023	QROO	40.0	José María Morelos, Q. Roo.*	29/04/2023
COL	42.0	Tecomán, Col.	19/02/2023	SIN	47.0	Huites hidrométrica, Sin.	20/06/2023
CDMX	38.0	Campamento Amealco, Cd. de Méx.	18/06/2023	SLP	48.0	Ballesmi, S.L.P.	24/06/2023
DGO	44.0	Santiago Papasquiaro, Dgo.	17/07/2023	SON	49.5	Ing. Rodolfo Félix Valdés, Son.	25/06/2023
GRO	46.9	Ciudad Altamirano, Gro.*	13/06/2023	TAB	43.5	El Porvenir, Tab.*	14/06/2023
GTO	40.5	Abasolo, Gto.	18/06/2023	TAMPS	47.4	Obs. de Ciudad Victoria, Tamps.	18/06/2023
HGO	43.0	Huejutla, Hgo.	20/06/2023	TLAX	34.0	Cuapixtla, Tlax.	03/04/2023
JAL	46.0	Cuixtla, Jal.	13/06/2023	VER	45.0	Platón Sánchez, Ver.	09/06/2023
MEX	38.0	Santo Tomás, Méx. **	13/06/2023	YUC	44.0	Chocholá, Yuc.	04/05/2023
MICH	45.0	Melchor Ocampo L.C., Mich.	25/07/2023	ZAC	45.5	José María Morelos, Zac.	12/06/2023

Con información disponible en diciembre de 2023 en el SIH, cualquier calculo posterior podrá resultar diferente.

*Automática CONAGUA, **Automática CFE.

La Tabla 6.4, muestra los registros de la temperatura máxima mensual durante el año 2023. Se observa que las temperaturas máximas ocurrieron en los meses consecutivos de junio a septiembre, resaltando julio y agosto con valores superiores a los 51 °C en la estación de Mexicali, Baja California.

Tabla 6.4: Temperatura máxima nacional por mes en el año 2023.

Mes	Tx (°C)	Estación	Fecha
ENE	40.4	Obs. de Puerto Ángel, Oax.*	08/01/2023
FEB	43.6	Puente Mezcal, Gro.**	27/02/2023
MAR	45.0	Magiscatzín Dos, Tamps.	02/03/2023
ABR	45.3	Puente Mezcal, Gro.**	02/04/2023
MAY	46.4	Puente Mezcal, Gro.**	07/05/2023
JUN	49.5	Urique, Chih.	21/06/2023
JUL	51.1	Mexicali, B.C.	19/07/2023
AGO	51.4	Mexicali, B.C.	29/08/2023
SEP	48.5	Chínipas, Chih.	25/09/2023
OCT	45.9	Casa Colorada, Son. +++	19/10/2023
NOV	42.0	Acaponeta, Nay.	14/11/2023
DIC	40.0	Atoyac, Gro.	05/12/2023

Con información disponible en diciembre de 2023 en el SIH, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.
 *Automática CONAGUA, **Automática CFE, +++REMAS.

En la Figura 6.11, se observa que la temperatura máxima durante el año 2023, se posicionó por arriba del P95 en la mayor parte del territorio nacional; es decir, en el 5% más cálido desde que se tiene registro. Destacan los estados de Sonora, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, zonas particulares del centro del país, así como el sur y sureste, en donde las temperaturas se posicionaron dentro del 1% más cálido. Por el contrario, en regiones puntuales de la Península de Baja California, Pacífico norte, occidente y Veracruz, las temperaturas máximas se presentaron dentro del 10% menos cálido en relación a la serie histórica.

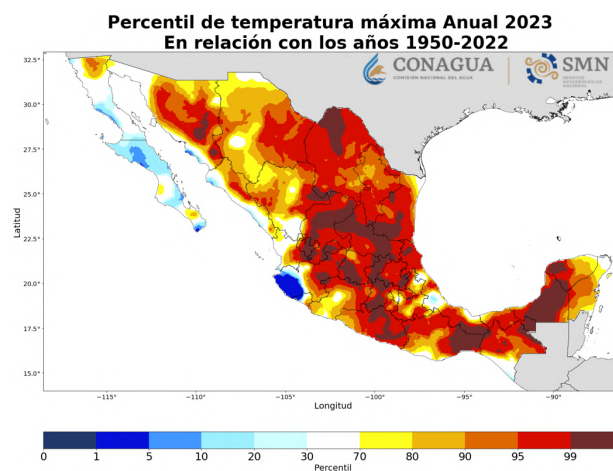


Figura 6.11: Percentil promedio de temperatura máxima del año 2023 comparado con el periodo 1950-2022. Nota: Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

Durante el 2023, las temperaturas máximas se colocaron dentro del 5% más fresco desde que se tiene registro, alrededor de 20 a 50 días. El mayor número de días con dicha condición se presentó en el estado de Jalisco, donde se superaron 90 días, continuando con Baja California Sur en donde se rebasaron los 50 días. Por otra parte, entre 50 y 90 días la temperatura máxima se presentó dentro del 5% más cálida desde que se tiene registro, en zonas del noroeste, norte, noreste, occidente, sur y sureste del territorio nacional (Figura 6.12).

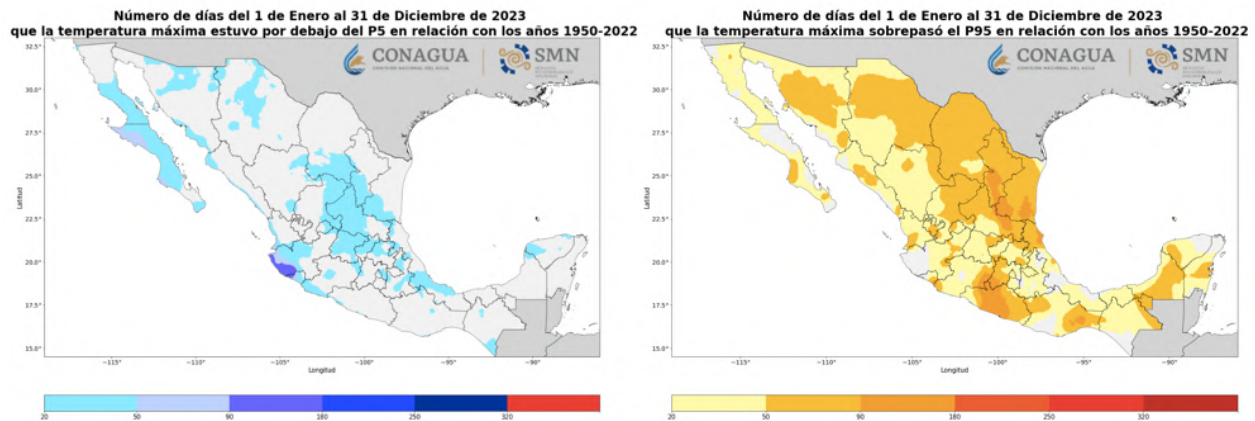


Figura 6.12: Número de días en que la temperatura máxima durante el 2023 estuvo por debajo del P5 (izquierda) y por arriba del P95 (derecha). Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

7. Frentes fríos

Se denomina frente frío a una masa de aire frío que a nivel de superficie desplaza a otra menos fría, provocando un descenso de la temperatura. Estas masas de aire frío provienen del norte de Canadá, de Estados Unidos de América o incluso desde el Ártico e ingresan a México por la frontera norte. Dejando un enfriamiento del aire sobre las regiones que estos suelen pasar. Su desplazamiento por el país tiene una duración aproximada de 3 a 7 días. Suelen ocasionar algunos efectos como: bajas temperaturas, lluvias, nevadas, fuertes oleajes y/o vientos, su recorrido generalmente va del norte al sureste del país.

Estadísticamente la temporada comienza en el mes de septiembre y concluye en el mes de mayo del siguiente año. Esto significa que durante un año calendario, se contabiliza los sistemas frontales de dos temporadas. Durante el año 2023 culminó la temporada 2022-2023 y comenzó la temporada 2023-2024. A pesar de que normalmente la temporada termina en mayo, durante los meses de junio a agosto, puede ingresar algún frente frío, que se consideran fuera de temporada, pero forman parte del conteo anual.

En la temporada 2022-2023 se observaron 55 frentes fríos, cinco más de la climatología y cuatro más que lo pronosticado. Durante los meses de enero a mayo de 2023 se registraron 34 frentes fríos (Figura 7.1), el mes con más sistemas frontales observados fue marzo en donde se contabilizaron 10, es decir, 4 más que la climatología y 3 más que lo pronosticado, por otro lado, en abril se contabilizaron 6 sistemas frontales, situación que se destaca porque en este mes se igualó al pronóstico y la climatología. El frente frío 55 fue el último de la temporada 2022-2023 e ingreso al país del 13 al 16 de mayo.

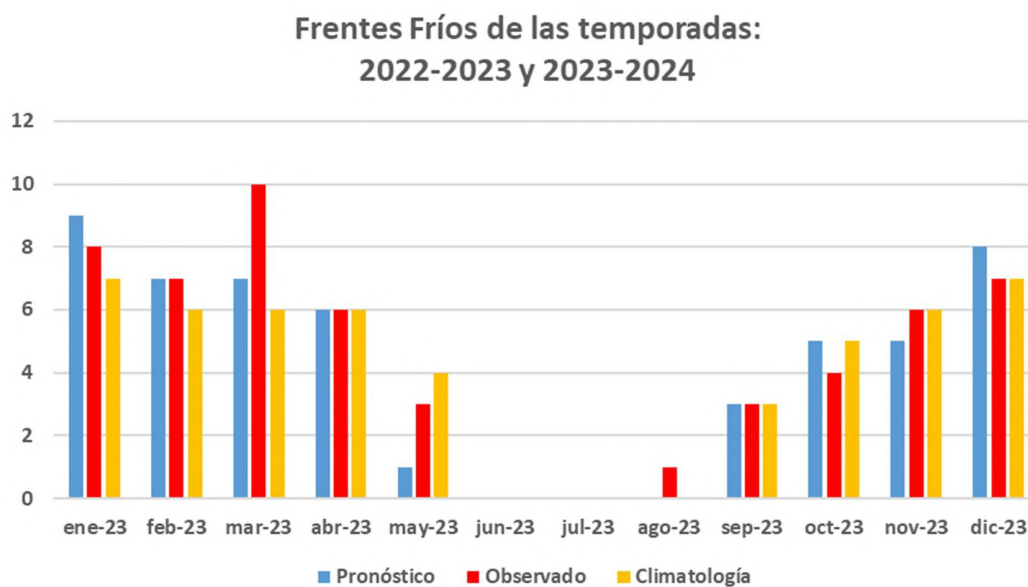


Figura 7.1: Frentes fríos en el año 2023, climatología 1991-2020 y pronóstico.

En la segunda mitad del 2023, inició la temporada de frentes fríos 2023-2024 con 3 sistemas frontales observados en septiembre. Para esta temporada se pronosticaron 56 frentes fríos, seis más que la climatología. En los meses de septiembre a diciembre de 2023 se registraron 20 frentes fríos (Figura 7.1), en este periodo diciembre fue el mes con más sistemas frontales, se observaron 7, mismos que la climatología, en contraste, el mes con menos sistemas frontales observados, respecto a lo pronosticado y la climatología, para este año fue octubre 2023 con 4 frentes fríos. Cabe mencionar que en el año 2023 se registró un sistema frontal fuera de temporada, el cual ingresó por el noroeste del país del 28 al 29 de agosto.

Generalmente el periodo de noviembre a marzo es el de mayor ocurrencia de sistemas frontales. Para el periodo noviembre de 2022 a marzo de 2023 se registró el ingreso de 40 sistemas frontales considerado el segundo periodo más activo. Por otro lado, la temporada con mayor número de frentes fríos de noviembre a marzo fue la 2015-2016 con 42 frentes fríos, en contraste, el periodo donde se registraron menos frentes fue el de noviembre de 2000 a marzo de 2001 con 27 (Figura 7.2).

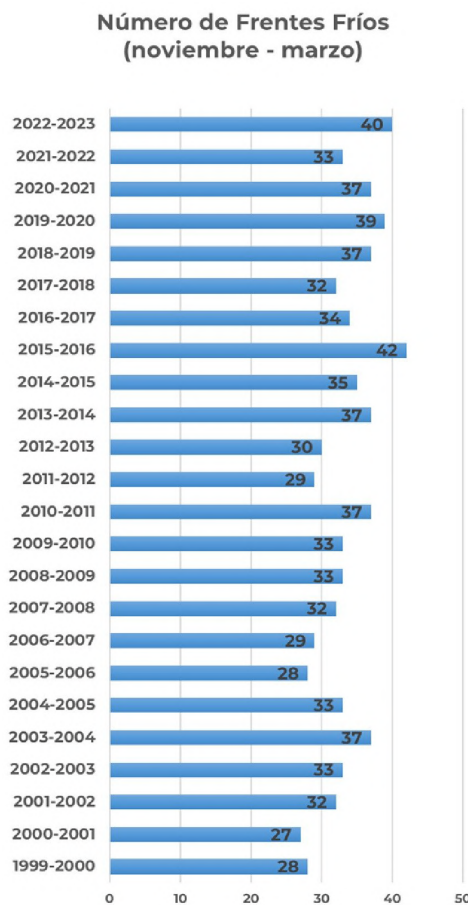


Figura 7.2: Número de frentes fríos de noviembre-marzo desde 1999.

En total se contabilizaron 52 sistemas frontales durante el 2023. En la Tabla 7.1 se muestra el registro de los sistemas frontales que ingresaron al país en los meses de enero a mayo, los cuales forman parte de la temporada 2022-2023.

Tabla 7.1: Seguimiento de sistemas frontales de enero a mayo de 2023.

Mes	Pronóstico	Observado	Climatología
Enero	9	8	7
Febrero	7	7	6
Marzo	7	10	6
Abril	6	6	6
Mayo	1	3	4
Total	30	34	29

Enero

Se observaron 8 frentes fríos, uno más a la climatología 1991-2020 y uno menos que lo pronosticado.

El sistema frontal que tuvo mayor impacto en este mes es el **frente frío Núm. 28** que se desarrolló del 29 de enero al 6 de febrero, fue un sistema frontal de larga duración, que ingresó al país por el norte y tras mantenerse ahí por unos días, se desplazó sobre la costa del Golfo acompañado de un evento de “Norte”.

En su desplazamiento logró llegar hasta la Península de Yucatán donde se disipó. Las principales lluvias debido a este sistema se concentraron en el oriente del país debido a la interacción con un sistema de alta presión (Figura 7.3).

La temperatura mínima se registró en el estado de Chihuahua, con $-14.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Madera. La precipitación máxima registrada fue el 3 de febrero en Chiapas con 238.6 mm en Sunuapa. En la Tabla 7.2 se representan las temperaturas mínimas registradas en el periodo que transcurrió el frente frío Núm. 28.

Tabla 7.2: Temperaturas mínimas del 29 de enero al 6 de febrero durante el sistema frontal Núm. 28

Edo.	Municipio	Tmín	Día
CHIH	Madera	-14.0	31-ene
			03-feb
COAH	Torreón	-2.0	2-feb
NL	Aramberri	-2.0	04 y 05-feb
	Galeana		04 al 06-feb
TAMP	Reynosa	1.0	01-feb
SLP	Villa de Reyes	-2.0	04-feb
	San Luis Potosí		
DGO	Guanaceví	-11.0	05-feb

Tabla 7.2: Continuación.

Edo.	Municipio	Tmín	Día
ZAC	General Pánfilo Natera	-2.4	06-feb
QRO	Jalpan de Serra	-0.7	04-feb
GTO	San Felipe	-3.0	04 y 05-feb
	Coroneo		06-feb
HGO	Apan	-4.9	06-feb
TLAX	Huamantla	-4.3	06-feb
PUE	Tepeyahualco	-5.0	06-feb
VER	Perote	-8.0	04 y 06-feb
OAX	San Juan Teposcolula	0.0	31-ene 03-feb
CHIS	San Cristóbal de las Casas	-2.5	29-ene
YUC	Mérida	10.0	30-ene

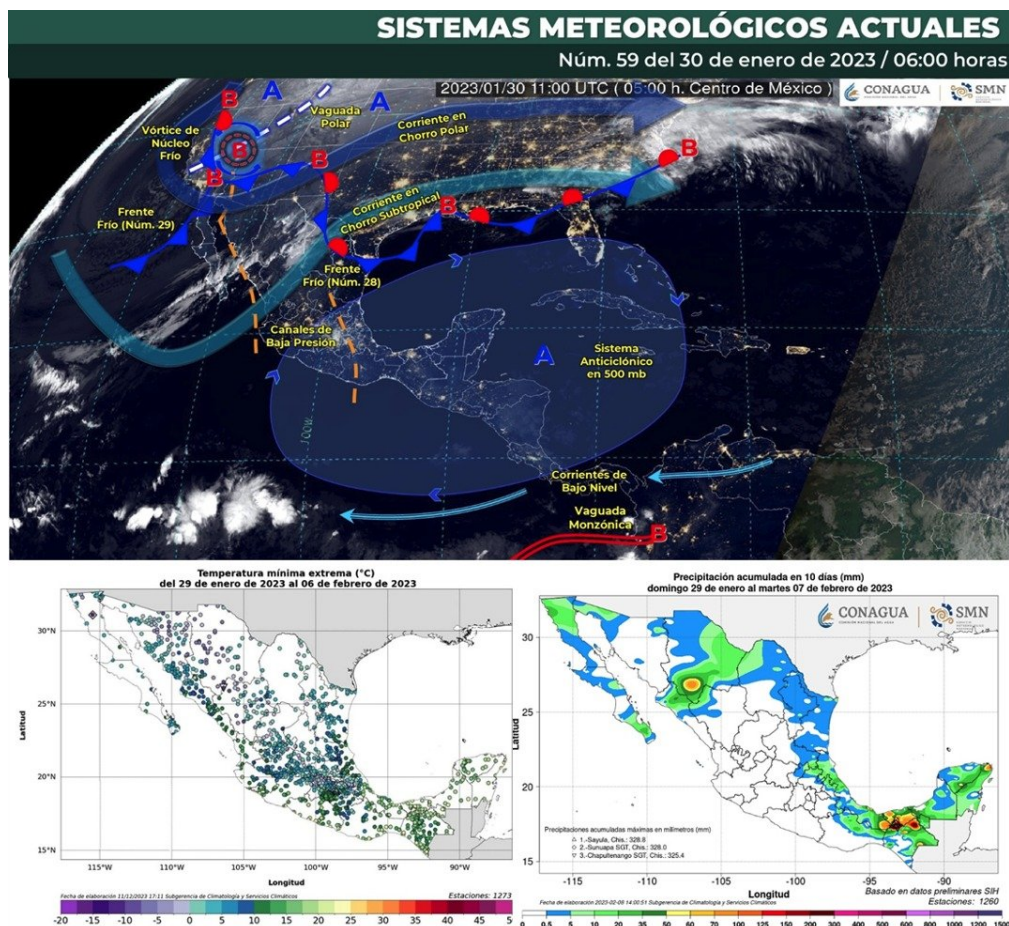


Figura 7.3: (Superior) sistemas meteorológicos del 30 de enero. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 29 de enero al 6 de febrero. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 29 de enero al 7 de febrero.

Febrero

En el mes de febrero de 2023 se observaron 7 frentes fríos, mismos que igualaron a la cantidad pronosticada pero superaron a la climatología 1991-2020 por un sistema frontal.

El **frente frío Núm. 32** del 11 al 14 de febrero, ingresó sobre Baja California, el cual se asoció con un vórtice de núcleo frío, con la corriente en chorro polar y subtropical. El sistema frontal dio origen a la sexta tormenta invernal que se localizó en el noroeste del territorio nacional, por lo que se generaron bajas temperaturas sobre el noreste de México y caída de nieve, aguanieve en zonas montañosas de Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango.

La temperatura mínima registrada fue de -13.0°C en el municipio de Madera, Chihuahua. La precipitación máxima registrada debido a este sistema frontal fue de 16.0 mm en el municipio de Huachinera, Sonora, el 13 de febrero (Figura 7.4 y Tabla 7.3).

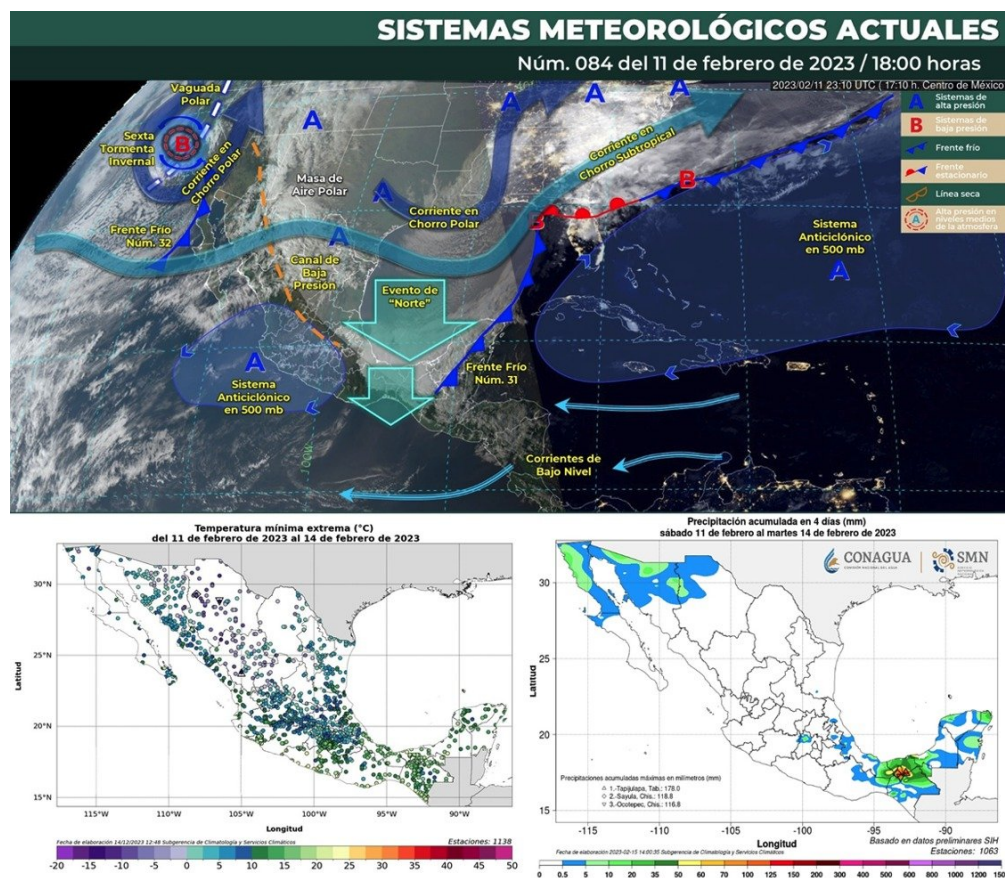


Figura 7.4: (Superior) Principales sistemas meteorológicos del 11 de febrero. (Inferior izquierda) mapa de las temperaturas mínimas extremas del 11 al 14 de febrero. (Inferior derecha) mapa de la precipitación (mm) del 11 al 14 de febrero.

Tabla 7.3: Temperaturas mínimas del 11 al 14 de febrero durante el sistema frontal Núm. 32

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-10.0	13-feb
BCS	Los Cabos	2.0	11-feb
SON	Yécora	-9.0	11-feb
CHIH	Madera	-13.0	11 al 14-feb
COAH	San Juan de Sabinas	-5.4	11-feb
NL	Galeana	-6.0	11-feb
TAMP	Nuevo Laredo	1.0	11-feb

El Frente frío Núm. 34 estuvo activo del 20 al 22 de febrero, su ingreso fue sobre la Península de Baja California y se asoció con un vórtice de núcleo frío, una vaguada polar y la corriente en chorro polar. Estas condiciones dieron origen a la séptima tormenta invernal, con la interacción del río atmosférico produjo lluvias fuertes en el noroeste del país y rachas de viento mayores a 100 km/h, así como la caída de nieve y aguanieve en las zonas serranas, generando un ambiente muy frío (Figura 7.5).

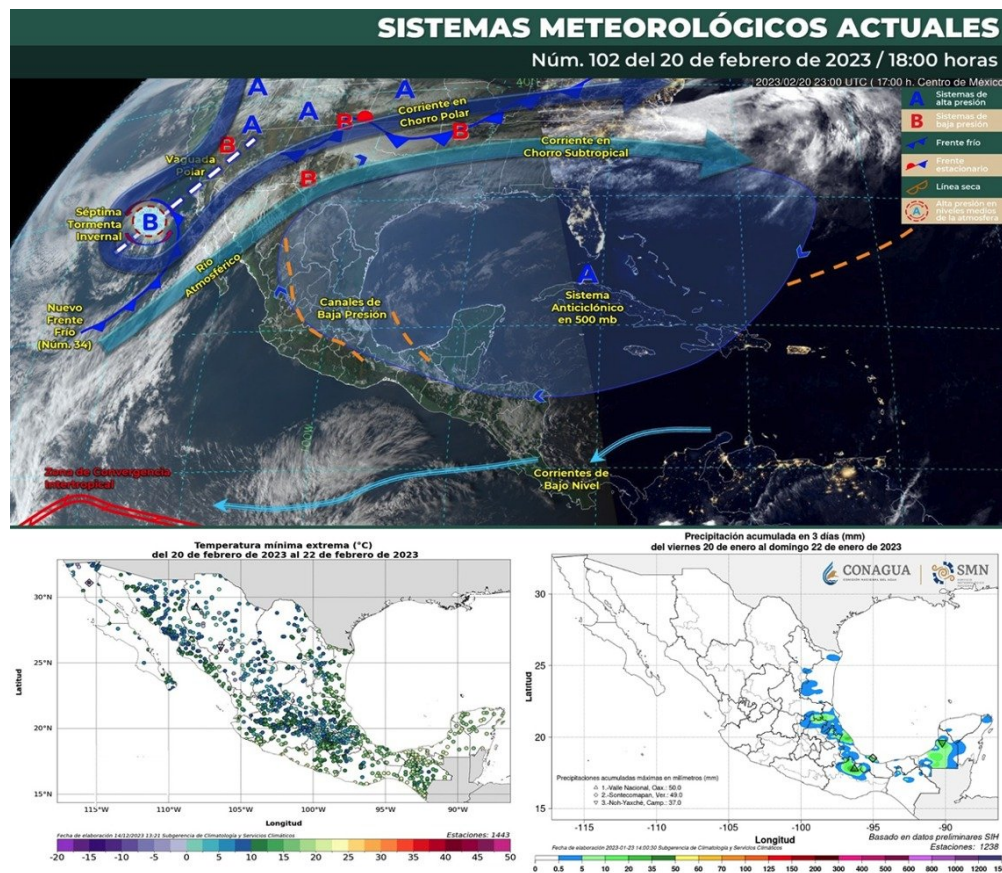


Figura 7.5: (Superior) Principales sistemas meteorológicos del 20 de febrero. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 20 al 22 de febrero. (Inferior derecha) mapa de la precipitación (mm) del 20 al 22 de febrero.

La temperatura mínima registrada fue de -13.0 °C en el municipio de Madera, Chihuahua. La precipitación máxima de 28.8 mm el 20 de febrero en el municipio de Hermosillo, Sonora (Tabla 7.4).

Tabla 7.4: Temperaturas mínimas del 20 al 22 de febrero durante el sistema frontal Núm. 34

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-12.0	22-feb
BCS	La Paz	3.7	21-feb
SON	Yécora	0.8	21-feb
CHIH	Madera	-13.0	20-feb
COAH	Acuña	3.0	20-feb
SIN	Sinaloa	1.5	20-feb
DGO	Guanaceví	-10.0	20-feb

El Frente frío Núm. 36 del 25 al 27 de febrero, ingresó al norte de Baja California, su interacción con una vaguada polar y las corrientes en chorro polar y subtropical, dieron origen a la octava tormenta invernal, lo que provocó ambiente frío, así como lluvias y rachas de viento mayor a 80 km/h y caída de nieve al norte de Baja California (Figura 7.6).

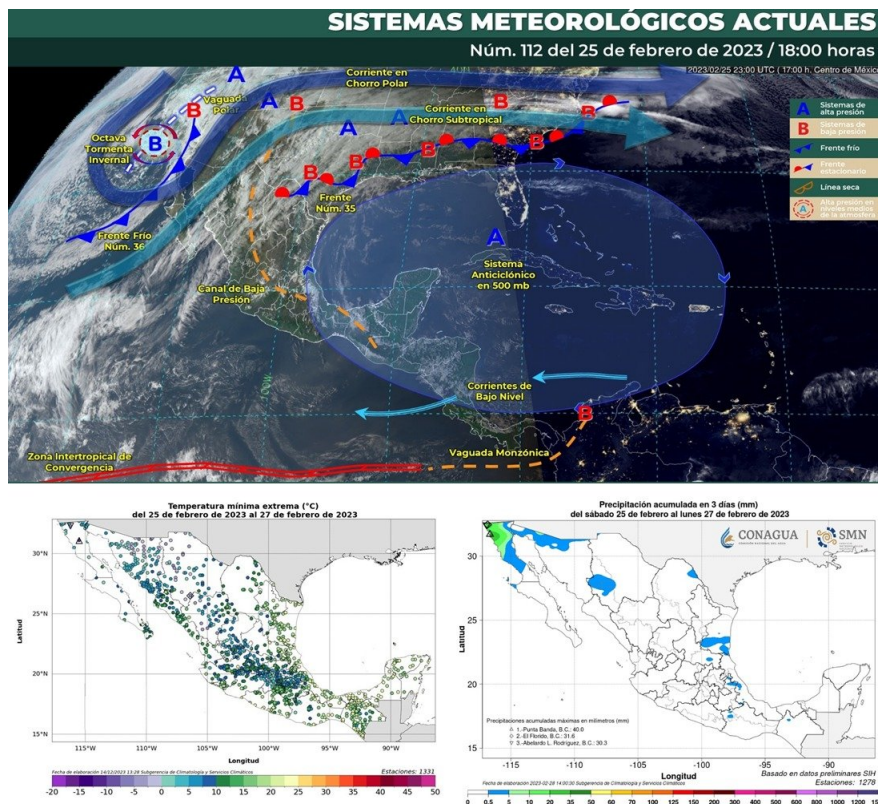


Figura 7.6: (Superior) Principales sistemas meteorológicos del 25 de febrero. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 25 al 27 de febrero. (Inferior derecha) mapa de la precipitación (mm) del 25 al 27 de febrero.

La temperatura mínima registrada de -11.7 °C se reportó en el municipio de Ensenada, Baja California (Tabla 7.5). La precipitación máxima de 40.0 mm se registró el 25 de febrero en el municipio de Ensenada, Baja California.

Tabla 7.5: Temperaturas mínimas del 25 al 27 de febrero durante el sistema frontal Núm. 36

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-11.7	26-feb
BCS	Mulegé	2.0	25 y 27-feb
SON	Agua Prieta	-5.5	27-feb
CHIH	Temósachic	-7.6	27-feb
COAH	Saltillo	8.9	25-feb
NL	Aramberri	2.0	25-feb
TAMP	Nuevo Laredo	3.0	25-feb

Marzo

En el mes de marzo se observó un total de 10 sistemas frontales, tres más de lo pronosticado y cuatro más que la climatología 1991-2020. Fue el mes con la mayor cantidad de sistemas frontales de la temporada 2022-2023. De ellos, los más significativos fueron el 37 y 41.

El **Frente frío Núm. 37** ingresó por el noroeste y se mantuvo del 1 al 4 de marzo. Entró en interacción con una vaguada polar, con ambas corrientes en chorro y la novena tormenta invernal. Propició lluvias en el noroeste, así como descenso de temperaturas y fuertes rachas de viento. Se desplazó hacia el oriente y generó un evento de “Norte” el cual provocó oleajes de hasta 3 metros en las costas del Golfo de México (Figura 7.7). La temperatura mínima registrada fue de -12.0 °C en el municipio de Madera, Chihuahua (Tabla 7.6).

Tabla 7.6: Temperaturas mínimas del 1 al 4 marzo durante el sistema frontal Núm. 37

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-10.5	2-mar
BCS	Mulegé	1.0	01 ,03 y 04-mar
SON	Yécora	-9.0	03-mar
SIN	Sinaloa	2.0	04-mar
CHIH	Madera	-12.0	03-mar
COAH	Múzquiz	2.0	03-mar
NL	Galeana	1.0	04-mar
TAMP	Hidalgo	5.9	04-mar
SLP	Villa de Reyes Santa María del Río	2.0	04-mar
DGO	Durango	-13.0	04-mar
ZAC	Valparaíso	-5.4	04-mar
GTO	Coroneo	1.0	03-mar
HGO	Apan	2.6	04-mar
TLAX	El Carmen Tequexquitla	2.0	01-mar
PUE	Puebla	3.0	03-mar
VER	Perote	-4.0	04-mar

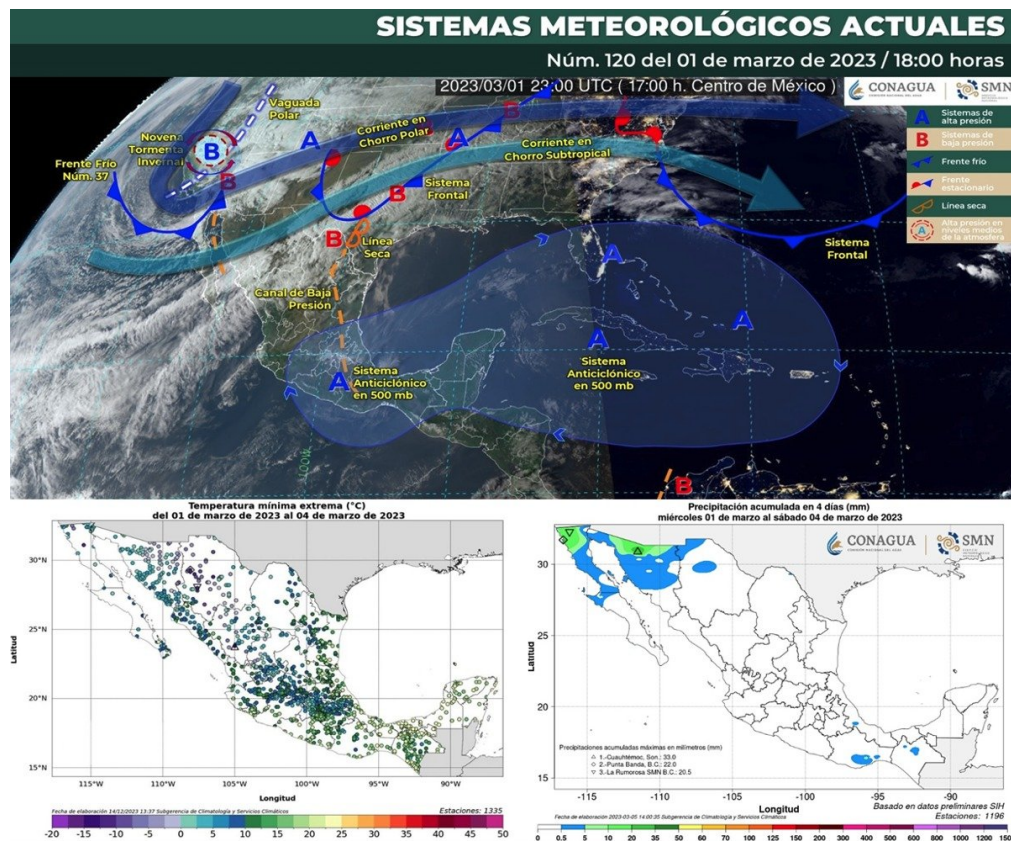


Figura 7.7: (Superior) sistemas meteorológicos del 1 de marzo. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 1 al 4 de marzo. (Inferior derecha) precipitación acumulada (mm) del 1 al 4 de marzo.

Frente frío Núm. 41, activo del 16 al 20 de marzo. Este sistema frontal ingresó por el noroeste e interactuó con una línea seca, se desplazó sobre el Golfo de México e interactuó con ambas corrientes en chorro, lo que provocó lluvias a sus paso (Figura 7.8).

En su desplazamiento se generó la décima tormenta invernal de la temporada sobre el noroeste e interactuó con la vaguada polar y la masa de aire polar que estaban asociados al sistema frontal, desplazándose sobre el norte del territorio donde aportó una buena cantidad de humedad, así como la caída de nieve y aguanieve en las sierras de Chihuahua, Durango, Coahuila y Nuevo León.

La masa de aire frío asociada a este sistema frontal provocó bajas temperatura sobre el norte, noroeste y el oriente. Adicionalmente, generó un evento de “Norte” con rachas de viento de hasta 110 km/h. Su interacción con una masa de aire ártico le dio un reforzamiento al frente frío y provocó lluvias en el centro y sur del país.

La temperatura mínima fue de -7.0 °C y se registró en el municipio de Guanaceví, Durango el 20 de marzo (Tabla 7.7). La precipitación máxima registrada fue el 18 de marzo con 155.3 mm en el municipio de Salto de Agua, Chiapas.

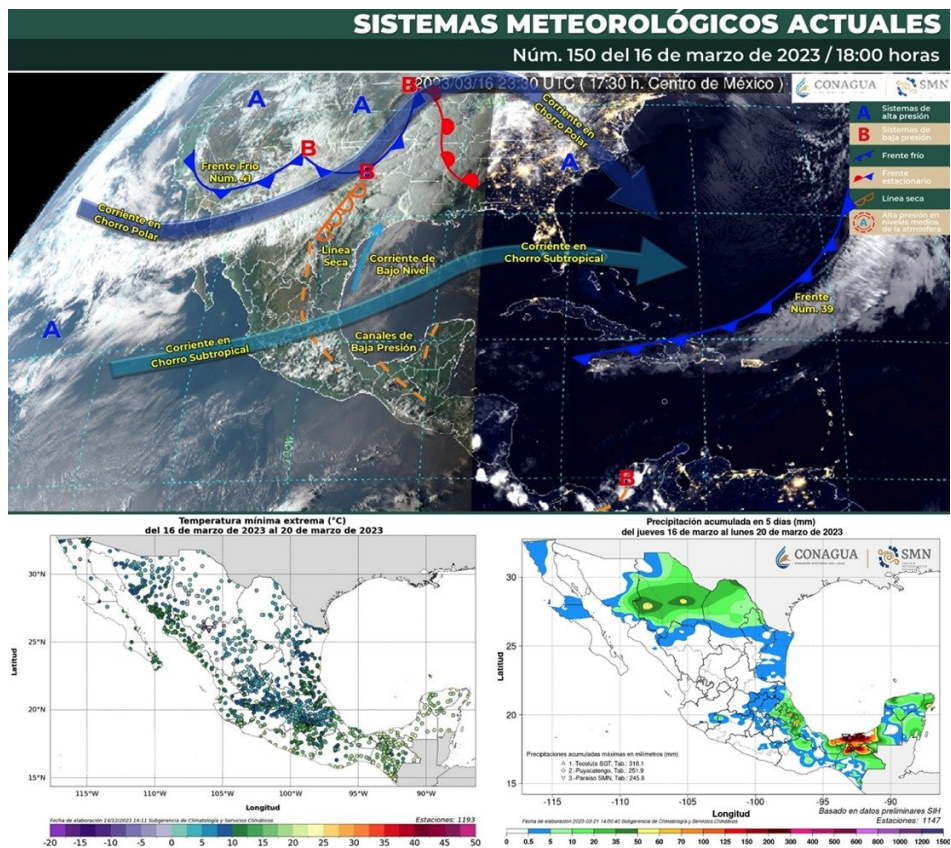


Figura 7.8: (Superior) Principales sistemas meteorológicos del 16 de marzo. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 16 al 20 de marzo. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 16 al 20 de marzo.

Tabla 7.7: Temperaturas mínimas del 16 al 20 marzo durante el sistema frontal Núm. 41

Edo.	Municipio	Tmín	Día
SON	Santa Cruz	-1.2	18-mar
CHIH	Madera	-5.0	16-mar
COAH	Saltillo	-2.0	19-mar
NL	Galeana	-2.0	19-mar
TAMP	Camargo	5.0	19-mar
SLP	Villa de Ramos	1.0	19 al 20-mar
DGO	Guanaceví	-7.0	20-mar
ZAC	Calera	-2.2	20-mar
QRO	Huimilpan	1.0	20-mar
GTO	Coroneo	-1.0	20-mar
HGO	Actopan	0.0	20-mar
TLAX	Huamantla	-0.3	20-mar
PUE	Tepeyahualco	-5.0	20-mar
VER	Perote	-2.0	20-mar
OAX	San Juan Teposcolula	1.0	20-mar
CHIS	Ángel Albino Corzo	6.1	18-mar
TAB	Balancán	16.9	20-mar

Abril

En este mes se observaron 6 frentes fríos, misma cantidad que lo pronosticado y que la climatología 1991-2020. Para este mes, destacaron tres sistemas frontales.

El **frente frío Núm. 49**, del 15 al 17 de abril. Ingresó por la frontera norte del país, junto con la masa de aire frío asociada. Debido a su iteración con un canal de baja presión generó precipitaciones en Nuevo León y San Luis Potosí (Figura 7.9).

En su desplazamiento sobre la litoral del Golfo generó lluvias con granizo y lluvias puntuales; la masa de aire frío asociada propició descenso de temperaturas en el norte y oriente del país. La temperatura mínima registrada fue de $-3.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de San Dimas, en Durango (Tabla 7.8). La precipitación máxima registrada fue de 123.0 mm el 16 de abril en el municipio de Misantla, Veracruz.

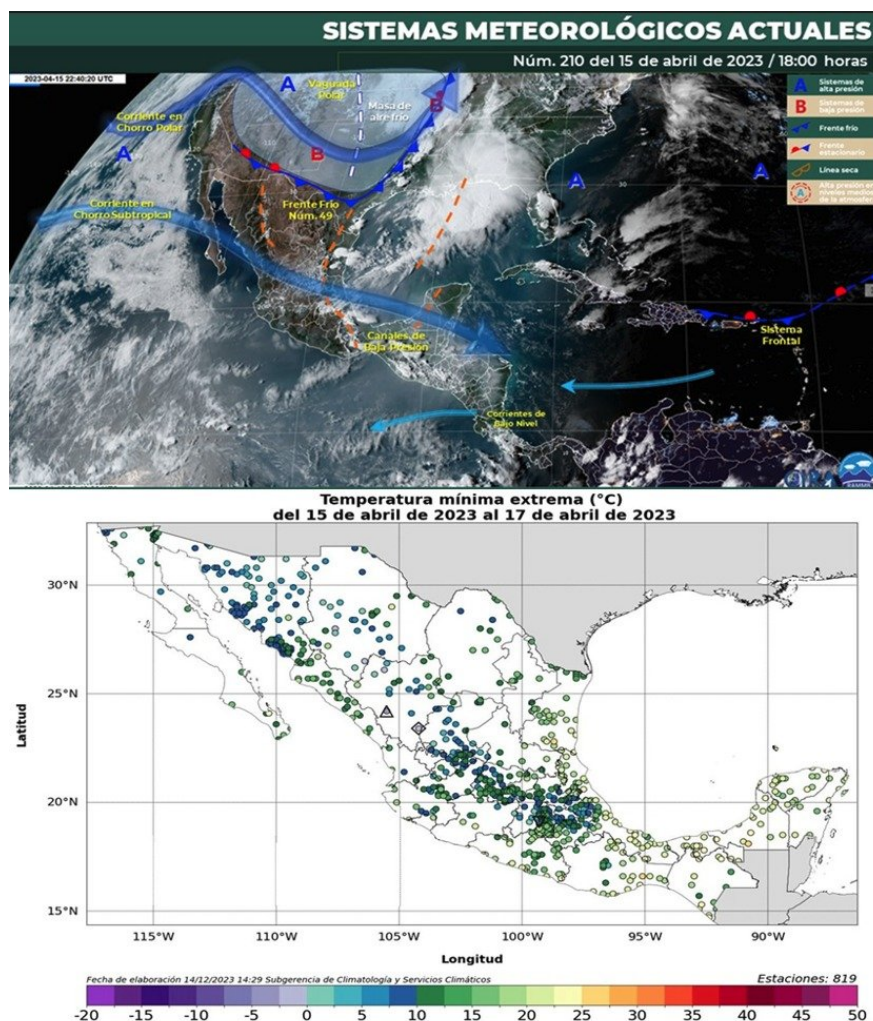


Figura 7.9: (Superior) sistemas meteorológicos del 15 de abril. (Inferior) temperatura mínima del 15 al 17 de abril.

Tabla 7.8: Temperaturas mínimas del 15 al 17 abril durante el sistema frontal Núm. 49

Edo.	Municipio	Tmín	Día
SON	Agua Prieta	1.2	15-abr
CHIH	Balleza	-0.4	17-abr
COAH	Múzquiz	8.6	17-abr
NL	Monterrey	11.9	17-abr
TAMP	Mainero	10.0	16-abr
SLP	San Luis Potosí	12	16 al 17-abr
DGO	San Dimas	-3.1	17-abr
ZAC	Valparaíso	0.9	16-abr
QRO	Huimilpan	8.3	15-abr
GTO	Coroneo	3.5	15-abr
HGO	Mineral del Chico	5.3	17-abr
TLAX	Huamantla	5.4	15-abr
PUE	Tepeyahualco	3.0	15 -abr
	Tlatlauquitepec		17-abr
VER	Perote	1.0	15-abr
OAX	Villa Díaz Ordaz	4.0	15-abr
CHIS	Ángel Albino Corzo	10.7	15-abr

El **frente frío Núm. 52** registrado del 28 al 30 de abril, tuvo su ingreso por el norte del país, y se desplazó por el sureste y la Península de Yucatán.

Este sistema frontal se asoció con un canal de baja presión y provocó lluvias en Veracruz, Tabasco, Chiapas y Oaxaca, y lluvias muy fuertes en Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En su desplazamiento interactuó con una masa de aire frío, que originó un evento de “Norte” con rachas de viento de 90 km/h y oleaje de 2 a 4 metros en las costas del Golfo de México.

Mientras se disipaba en el país, este mantuvo condiciones de precipitación sobre la Península de Yucatán. La temperatura mínima registrada fue de -2.9 °C en el municipio de Súcil, Durango (Tabla 7.9 y Figura 7.10). La precipitación máxima registrada fue el 29 de abril con 96.3 mm en el municipio de Totutla, Veracruz.

Tabla 7.9: Temperaturas mínimas del 28 al 30 de abril durante el sistema frontal Núm. 52

Edo.	Municipio	Tmín	Día
SON	Guaymas	0.0	28 al 30-abr
CHIH	Balleza	-2.2	29-abr
COAH	Múzquiz	0.0	30-abr
NL	Monterrey	0.0	30-abr
TAMP	Abasolo	0.0	28 al 30-abr
	Hidalgo		
DGO	Güémez	-2.9	28-abr
	Súcil		

Tabla 7.9: Continuación.

Edo.	Municipio	Tmín	Día
	Coatzacoalcos		
	Alvarado		
VER	Tamiahua	0.0	28 al 30-abr
	Paso del Macho		
	Aquismón		
OAX	Santa María Huatulco	0.0	28 al 30-abr
	San Pedro Mixtepec		
	Altamirano		
CHIS	Tapachula	0.0	28 al 30-abr
	Bochil		
	Huimanguillo		
TAB	Centro	0.0	28 al 30-abr
	Cárdenas		
CAMP	Campeche	0.0	28 al 30-abr
YUC	Progreso	0.0	28 al 30-abr
QROO	Othón P. Blanco	0.0	28 al 30-abr
PUE	Xicotepec	0.0	28 al30-abr

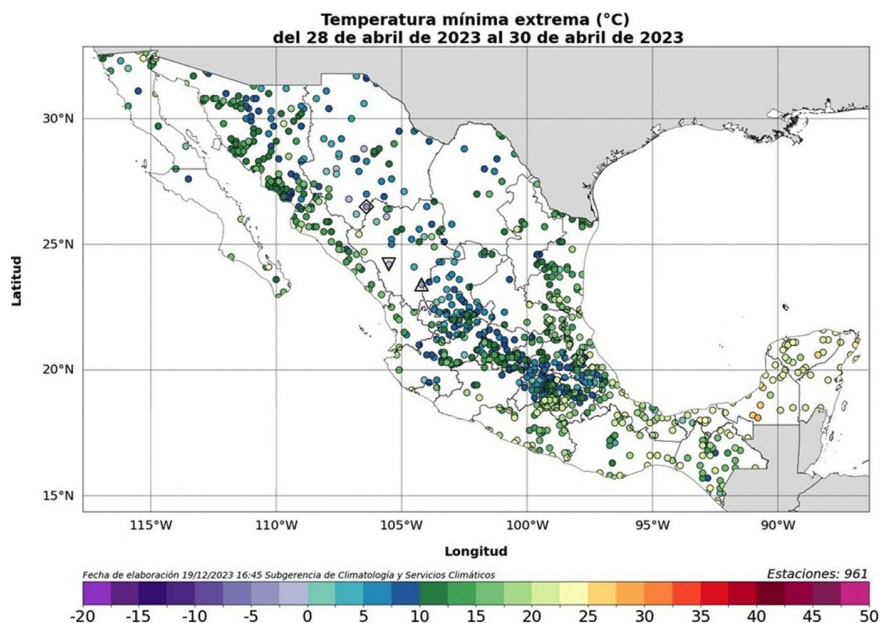


Figura 7.10: Temperaturas mínimas extremas del 28 al 30 abril.

Mayo

Para el mes de mayo de 2023 se observaron 3 sistemas frontales, dos más que lo pronosticado y uno menos a la climatología 1991-2020. Cabe mencionar que la temporada 2022-2023 concluyó el 15 de mayo, por lo que, los sistemas posteriores no se contabilizaron.

El **frente frío Núm. 55** Se desarrolló del 13 al 16 de mayo; ingresó sobre el norte del país, este sistema frontal interactuó con un canal de baja presión el cual se situó en dicha región, ocasionando lluvias torrenciales en Tamaulipas, así como intensas en Nuevo León y San Luis Potosí. A pesar de volverse estacionario, la interacción del frente con una vaguada en niveles medios y altos generó precipitaciones en el norte y noroeste del país y rachas de viento de 60 a 80 km/h, hasta su disipación mantuvo las mismas condiciones (Figura 7.11).

La temperatura mínima registrada fue en Chihuahua, con $-2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Guachochi (Tabla 7.10). La precipitación máxima registrada fue el 16 de abril en Veracruz, con 96.8 mm en el municipio de Totutla.

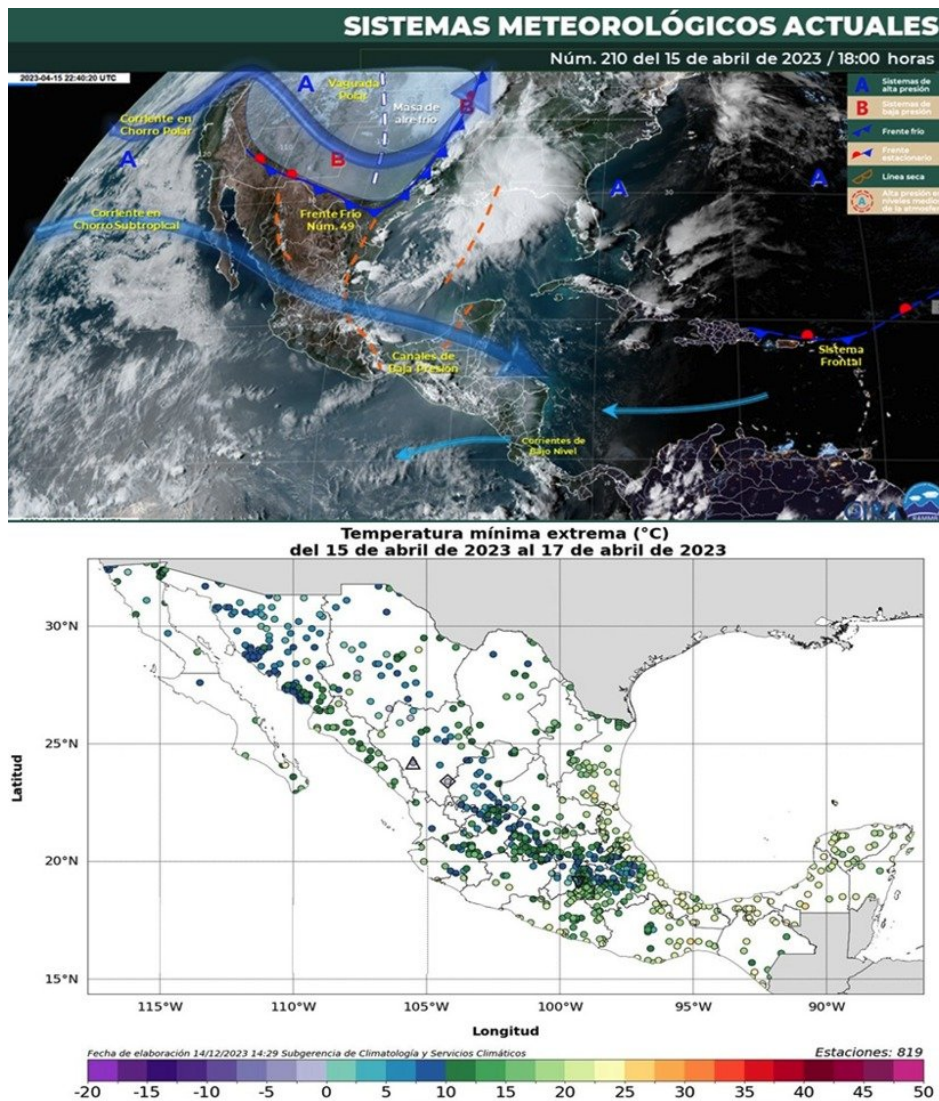


Figura 7.11: Temperaturas mínimas extremas del 13 al 16 de mayo.

Tabla 7.10: Temperaturas mínimas del 13 al 16 de mayo durante el sistema frontal Núm. 55

Edo.	Municipio	Tmín	Día
CHIH	Guachochi	-2.6	13-may
COAH	Ramos Arizpe	13.0	15-may
NL	Monterrey	18.3	13-may
TAMP	Victoria	10.5	14-may

En la Tabla 7.11 se muestra el registro de los sistemas frontales de agosto a diciembre de 2023 que forman parte de la temporada 2023-2024, así como un resumen de los más significativos.

Tabla 7.11: Sistemas frontales de agosto a diciembre de 2023.

Mes	Pronóstico	Observado	Climatología
Agosto	-	1	-
Septiembre	3	3	3
Octubre	5	4	5
Noviembre	5	6	6
Diciembre	8	7	7
Total	21	21	21

Agosto

Para este mes, se contabilizó el **frente frío Núm. 1**, considerado fuera de temporada, sin embargo se consideró el primer sistema frontal de la temporada 2023-2024.

Estuvo activo del 28 al 29 de agosto. Ingresó por el noroeste del país, generando lluvias puntuales acompañadas de descargas eléctricas en Coahuila, lluvias aisladas en Nuevo León y Tamaulipas. Dejó de afectar al país cuando salió por el noreste y se extendió hacia el Golfo de México.

La temperatura más baja registrada fue en Nuevo León, con 9.0 °C en el municipio de Galeana. La precipitación máxima fue el 28 de agosto con 40.0 mm en Coahuila en el municipio de Sabinas y en el municipio de Linares, Nuevo León.

Septiembre

Para el mes de septiembre se observaron 3 frentes fríos, la misma cantidad que lo pronosticado y que la climatología 1991-2020.

El **frente frío Núm. 4** fue el de mayor impacto en el país, debido a que recorrió la mayor parte de la República. Se mantuvo activo del 30 de septiembre al 9 de octubre. El desplazamiento de este sistema frontal lo llevo a convertirse estacionario sobre el sureste

del Golfo de México y la Península de Yucatán, en donde interactuó con una zona de baja presión con potencial ciclónica en el sur de México provocando lluvias puntuales intensas y de fuertes a muy fuertes (Figura 7.12). La temperatura más baja registrada para este sistema frontal fue de 0.1 °C en el municipio de Ensenada en Baja California (Tabla 7.12). La precipitación máxima debido este sistema fue de 348.6 mm en el municipio de Tamiagua, Veracruz, el 7 de octubre.

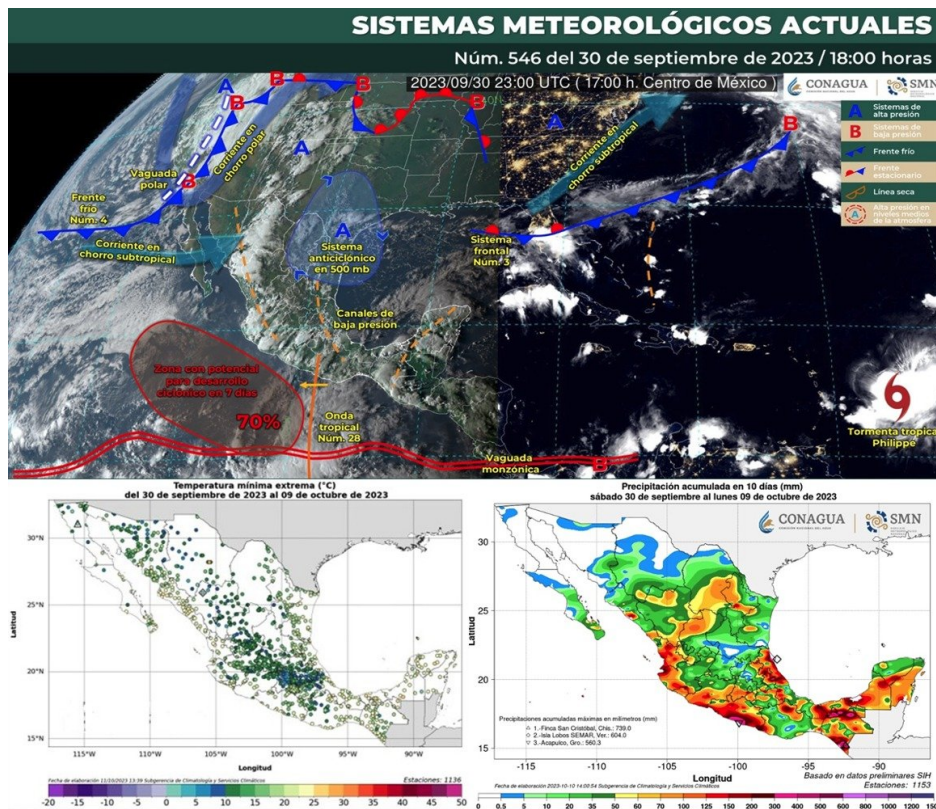


Figura 7.12: (Superior) sistemas meteorológicos el 30 de septiembre al 09 de octubre. (Inferior izquierda) temperatura mínima extrema del 30 de septiembre al 09 de octubre. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 30 de septiembre al 09 de octubre.

Tabla 7.12: Temperaturas mínimas del 30 de septiembre al 9 de octubre durante el sistema frontal Núm. 4.

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	0.1	1-oct
SLP	Villa de Ramos	10.0	3-oct
CHIS	San Cristóbal de las Casas	7.0	2-oct
COAH	Saltillo	10.1	8-oct
HGO	Mineral del Chico	7.3	9-oct
NL	Aramberri	8.0	2, 5 y 7 -oct
OAX	San Juan Teposcolula	5.0	7-oct
PUE	Tlatlauquitepec	1.0	1, 8 y 9 -oct
SON	Santa Cruz	5.2	3-oct
VER	Perote	6.0	4-oct

Octubre

En este mes se observaron 4 frentes fríos, uno menos que lo pronosticado y la climatología 1991-2020.

El sistema frontal que dejó mayor impacto este mes fue el **frente frío Núm. 8**, con una duración de 9 días, del 28 de octubre al 05 de noviembre. Ingresó sobre los estados fronterizos del noreste y norte del territorio nacional, acompañado de una masa de aire ártico, que generó descenso de temperatura e interactuó con las corrientes en chorro polar y subtropical, provocó lluvias de fuertes a muy fuertes acompañadas de descargas eléctricas y caída de granizo. Las rachas de viento de 70 a 80 km/h formaron torbellinos y tornados, mientras que los vientos de 50 a 70 km/h lo llevo a recorrer el Golfo de México donde produjeron lluvias torrenciales (Figura 7.13).

Así mismo, sobre el sureste mexicano interactuó con la extensa circulación de la tormenta tropical *Pilar* y con el evento del “Norte” provocando vientos de 100 a 120 km/h, oleaje de 1 a 2 metros de altura en la costa de Tabasco, Yucatán y Campeche.

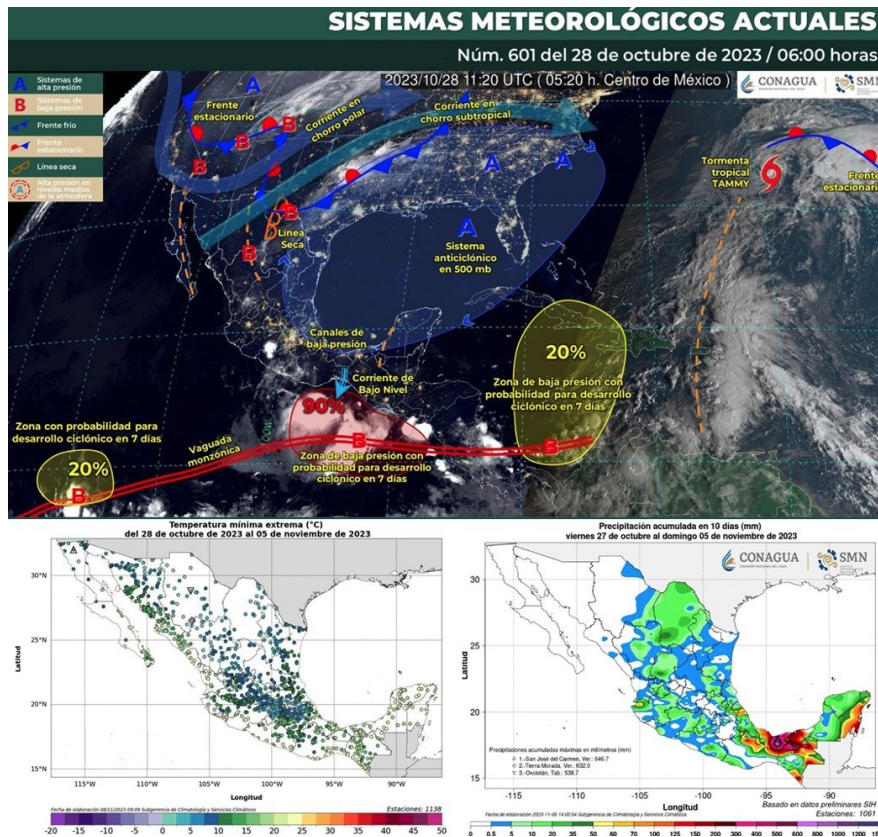


Figura 7.13: (Superior) sistemas meteorológicos el 28 de octubre. (Inferior izquierda) temperatura mínima extrema del 28 de octubre al 5 de noviembre (Inferior derecha) precipitación acumulada (mm) del 28 de octubre al 5 de noviembre.

La temperatura más baja registrada fue de $-6.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Ensenada, en Baja California (Tabla 7.13). La precipitación máxima se reportó el 1 de noviembre con 400.2 mm en el municipio de Las Choapas, Veracruz.

Tabla 7.13: Temperaturas mínimas del 28 de octubre al 5 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 8

Edo.	Municipio	Tmín	Día
COAH	San Juan de Sabinas	-0.5	1-nov
CHIH	Balleza	-5.0	2-nov
BC	Ensenada	-6.9	3-nov
NL	Aramberri	2.0	2,3-nov
TAMP	Nuevo Laredo	4.0	1-nov
	Hidalgo		2-nov
PUE	Chignahuapan	-1.0	5-nov
	Tlatlauquitepec		
VER	Acajete	2.5	5-nov
OAX	Villa Díaz Ordaz	4.0	29-nov
CHIS	San Cristóbal de las Casas	10.0	29-oct y 1-nov
	Tuzantán		4-nov

Noviembre

En noviembre se observaron 6 frentes fríos, uno más de lo pronosticado, y los mismos que la climatología 1991-2020.

Se presentó la primera tormenta invernal de la temporada 2023-2024 y los sistemas frontales con mayor impacto fueron el 11 y el 13.

Frente frío Núm. 11, activo del 19 al 24 de noviembre sobre el noreste y norte del territorio nacional. Tuvo interacción con una masa de aire polar, y las corrientes en chorro subtropical y polar, ocasionando chubascos y lluvias puntuales fuertes en zonas del norte, noroeste, oriente y centro del país.

Generó temperaturas de -10 a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, con heladas en la sierra de Sonora, Chihuahua y Durango, así como valores de -5 a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y heladas en la sierra de Baja California, Coahuila y Nuevo León (Figura 7.14).

Este sistema frontal se desplazó sobre el oriente, centro y sureste del territorio nacional en donde se estableció un evento de “Norte” y la primera tormenta invernal de la temporada, generando lluvias puntuales intensas en zonas de Veracruz (sur), Oaxaca, Chiapas y Tabasco; muy fuertes en Puebla.

La temperatura mínima registrada fue de $-13.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Guanaceví, Durango (Tabla 7.14). La precipitación máxima registrada fue el 21 de noviembre en Chiapas con 220.4 mm en el municipio de Ostucán.

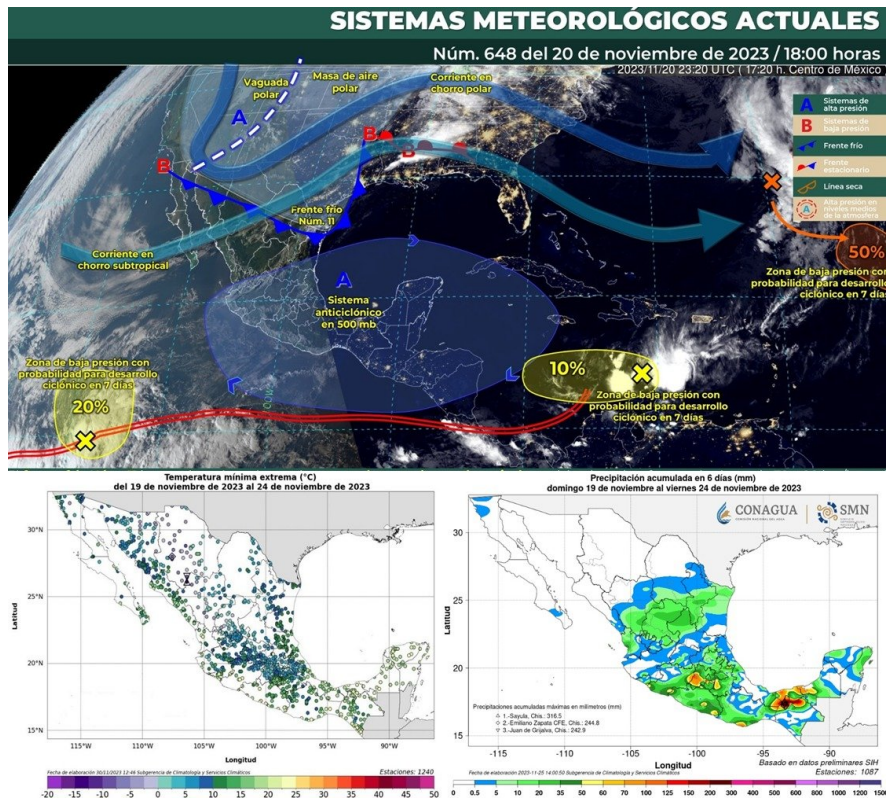


Figura 7.14: (Superior) sistemas meteorológicos el 20 de noviembre. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 19 al 24 de noviembre. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 19 al 24 de noviembre.

Tabla 7.14: Temperaturas mínimas del 19 al 24 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 11

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-3.3	23-nov
SON	Yécora	-5.0	24-nov
CHIH	Bocoyna	-9.1	23-nov
COAH	Jiménez	1.0	22-nov
NL	Galeana	1.0	24-nov
TAMP	Hidalgo	6.2	24-nov
SLP	Villa de Ramos	1.0	22-nov
DGO	Guanaceví	-13.0	23-nov
ZAC	Valparaíso	-3.3	24-nov
QRO	Colón	4.0	24-nov
GTO	San Luis de la Paz	0.0	22 y 23-nov
	San Felipe	0.0	24-nov
HGO	Actopan	1.0	19-nov
TLAX	El Carmen Tequexquitla	0.0	19-nov
PUE	Tepeyahualco	-1.0	19-nov
	Chignahuapan	-1.0	22-nov
VER	Perote	-3.0	19-nov
OAX	San Juan Teposcolula	0.5	19-nov
CHIS	Tuxtla Gutiérrez	0.0	24-nov

Frente frío Núm. 13, del 30 de noviembre al 7 de diciembre. Ingresó sobre la región fronteriza de Nuevo León y Coahuila.

Tras su desplazamiento sobre el Golfo de México interaccionó con una vaguada en niveles medios y altos de la atmósfera, con las corrientes en chorro subtropical y polar y con un canal de baja presión manteniendo a su vez un evento de “Norte” sobre el sur del país (Figura 7.15).

Se extendió sobre la Península de Yucatán y el sureste, donde se mantuvo la masa de aire frío y el ingreso de humedad del Golfo de México y Mar Caribe. La temperatura mínima registrada fue de -15.0 °C en el municipio de Guanaceví, Durango. La precipitación máxima registrada fue el 3 de diciembre en Yucatán con 212.4 mm en el municipio de Chocholá.

En la Tabla 7.15 se representan las temperaturas mínimas registradas en el periodo que transcurrió el frente frío Núm. 13.

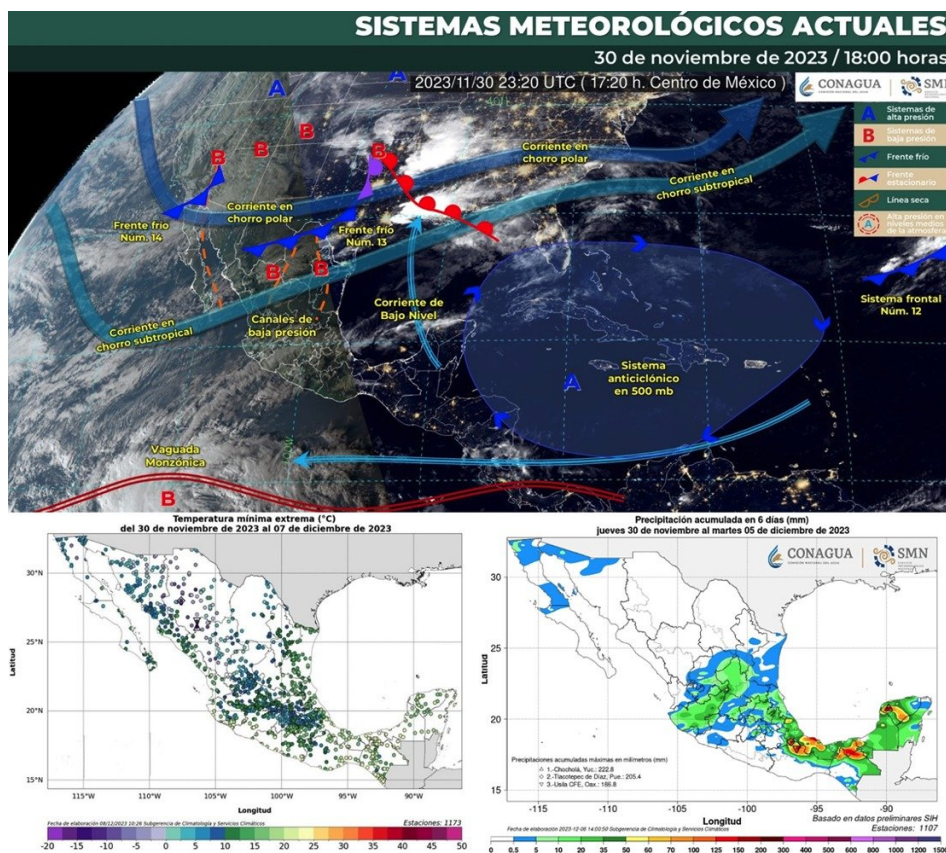


Figura 7.15: (Superior) sistemas meteorológicos el 30 de noviembre. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 30 de noviembre al 7 de diciembre (Inferior derecha) precipitación acumulada (mm) del 30 de noviembre al 7 de diciembre.

Tabla 7.15: Temperaturas mínimas del 30 de noviembre al 7 de diciembre durante el sistema frontal Núm. 13

Edo.	Municipio	Tmín	Día
CHIH	Bocoyna	-12.3	03-dic
COAH	San Juan de Sabinas	2.2	04-dic
NL	Galeana	4.0	01 y 03 -dic
TAMP	El Mante	7.5	01-dic
SLP	Villa de Ramos	6.0	01 al 02 y 04 al 06 -dic
DGO	Guanaceví	-15.0	03-dic
ZAC	Valparaíso	0.0	01 02-dic
QRO	Huimilpan	8.9	02-dic
GTO	Irapuato	3.0	03-dic
HGO	Mineral del Chico	5.1	06-dic
TLAX	Calpulalpan	3.0	30-nov
PUE	Tlatlauquitepec	1.0	30-nov 06 al 07-dic
VER	Altotonga	1.0	30-nov
OAX	San Pedro y San Pablo Ayutla	3.0	02-dic
	Villa Díaz Ordaz		04-dic
CHIS	San Cristóbal de las Casas	6.5	01-dic

Diciembre

En este mes se observaron 7 frentes fríos, uno menos de lo pronosticado y la misma cantidad que la climatología 1991-2020.

Se presentó la segunda tormenta invernal de la temporada, los sistemas frontales 16 y 19 fueron los más sobresalientes.

Frente frío Núm. 16, del 8 al 13 de diciembre. Con una duración de 6 días, ingresó sobre la frontera norte de México e interactuó con una línea seca (Figura 7.16).

En su desplazamiento también se combinó con la corriente en chorro polar y subtropical, además de un canal de baja presión; este sistema frontal se extendió hasta el oriente de la República Mexicana, provocó lluvias puntuales fuertes y chubascos.

La masa de aire frío generó un marcado descenso de temperaturas, un evento de “Norte”, y caída de aguanieve y nieve en cimas montañosas del centro y oriente del país. Mantuvo un ambiente nocturno y matutino de frío a muy frío, con heladas y bancos de niebla sobre todo el noroeste, norte, noreste, centro, oriente y sureste del territorio nacional.

La temperatura mínima registrada fue de -9.8 °C en el municipio de Chihuahua en Chihuahua. La precipitación máxima registrada fue de 250.8 mm en el municipio de Solosuchiapa, Chiapas, el 10 de diciembre.

En la Tabla 7.16 se representan las temperaturas mínimas registradas en el periodo que transcurrió el frente frío Núm. 16.

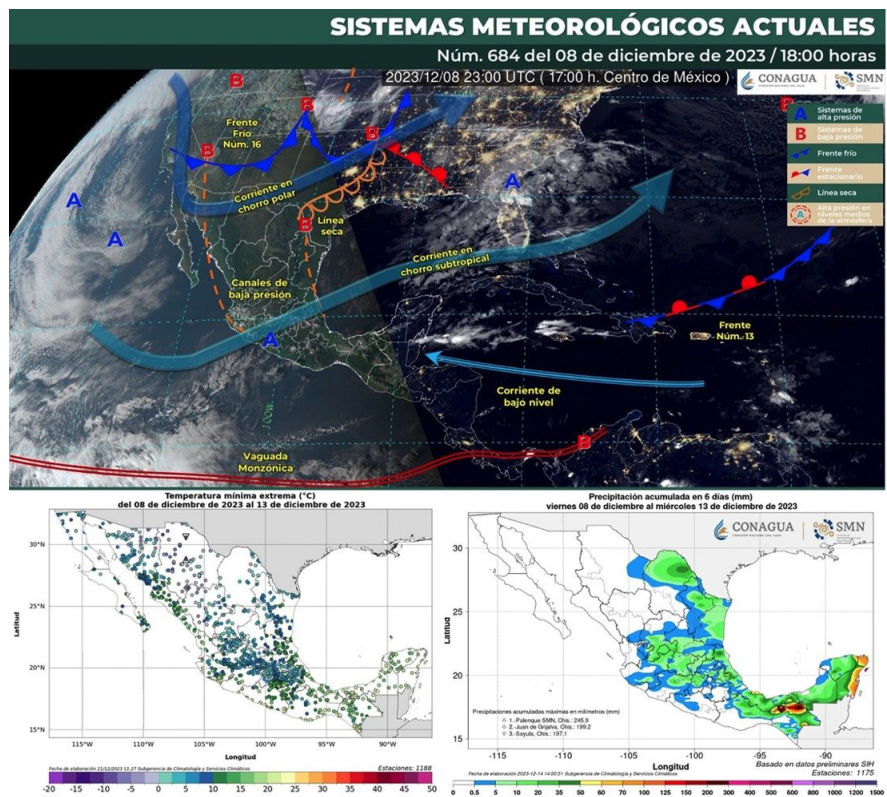


Figura 7.16: (Superior) sistemas meteorológicos el 8 de diciembre. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 8 al 13 de diciembre. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 8 al 13 de diciembre.

Tabla 7.16: Temperaturas mínimas del 8 al 13 de noviembre durante el sistema frontal Núm. 16

Edo.	Municipio	Tmín	Día
BC	Ensenada	-7.6	13-dic
BCS	Mulegé	2.0	11 al 12 -dic
SON	Yécora	-6.8	11-dic
CHIH	Chihuahua	-9.8	11-dic
COAH	San Juan de Sabinas	-2.1	11-dic
NL	Galeana	2.0	12-dic
TAMP	Reynosa	1.0	11-dic
SLP	Salinas	2.0	12-dic
DGO	Durango	-8.0	10-dic
ZAC	General Pánfilo Natera	-0.1	12-dic
QRO	Huimilpan	4.3	12-dic
GTO	San Felipe	0.0	12-dic
	Irapuato		12 al 13-dic
HGO	Apan	0.8	12-dic
TLAX	Cuapixtla	-2.0	12-dic
PUE	Tepeyahualco	0.0	12-dic
	Chignahuapan		12-dic
VER	Perote	0.0	12-dic
OAX	Villa Díaz Ordaz	0.0	11-dic
CHIS	Tuxtla Gutiérrez	0.0	08-dic

Frente frío Núm. 19, activo del 21 al 26 de diciembre. Con una duración de 6 días, ingresó sobre la Península de Baja California junto con la segunda tormenta invernal. Este sistema frontal se asoció a una baja presión en niveles medios y altos de la atmósfera e interactuó con la corriente en chorro polar y subtropical (Figura 7.17).

Generó lluvias puntuales intensas en Baja California y Sonora, muy fuertes en Chihuahua y Baja California sur, así como caída de aguanieve y nieve en Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango y Zacatecas.

Durante el avance de este sistema frontal hacia la Península de Yucatán tuvo una interacción con una vaguada polar, la masa de aire frío de este sistema cubrió la mayor parte del territorio nacional y propició descenso de temperatura en zonas altas de Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango.

La temperatura mínima registrada fue de $-10.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el municipio de Chihuahua, Chihuahua. La precipitación máxima registrada fue en el municipio de Trincheras, Sonora, el 22 de diciembre con 57.5 mm. En la (Tabla 7.17) se representan las temperaturas mínimas registradas en el periodo que transcurrió el frente frío Núm. 19.

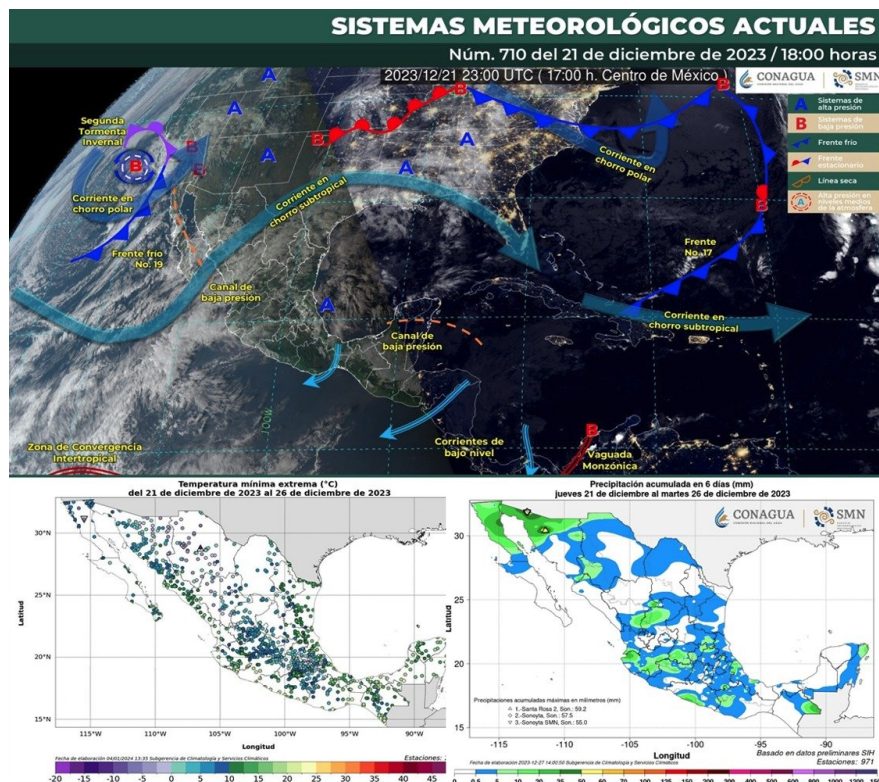


Figura 7.17: (Superior) sistemas meteorológicos el 21 de diciembre. (Inferior izquierda) temperaturas mínimas extremas del 21 al 26 de diciembre. (Inferior derecha) precipitación (mm) del 21 al 26 de diciembre.

Tabla 7.17: Temperaturas mínimas del 21 al 26 de diciembre durante el sistema frontal Núm. 19

Edo.	Municipio	Tmín	Día
NL	Galeana	-4.0	28-dic
TAMP	Nuevo Laredo	3.0	28-dic
	Gustavo Díaz Ordaz		30-dic
SLP	Villa de Reyes	0.0	28-dic
QRO	Colón	3.0	28-dic
HGO	Apan	-1.3	29-dic
TLAX	Atlangatepec	-2.0	29-dic
PUE	Chignahuapan	-2.0	28-dic
	Puebla		29-dic
VER	Perote	-3.0	28-dic
OAX	San Juan Teposcolula	-1.0	29-dic
CHIS	San Cristóbal de las Casas	6.5	27-dic
TAB	Macuspana	16.0	30-dic
CAMP	Hopelchén	13.0	30-dic
YUC	Conkal	6.9	27-dic
QROO	Solidaridad	14.0	30-dic

8. Eventos notables

A pesar de que el año 2023 ha sido el más seco y el más cálido en los registros, el inicio del mismo fue con nevadas y heladas en las regiones serranas al norte, noroeste y centro del país durante los meses de enero, febrero y marzo debido a la incidencia de frentes fríos y tormentas invernales, condiciones similares se registraron durante los meses de noviembre y diciembre, siendo el estado de Chihuahua donde se presentó el mayor número de estos eventos.

Por otro lado, tornados y trombas marinas se observaron entre los meses de marzo a octubre, siendo el mes de mayo el de mayor actividad, que afectaron principalmente municipios en el estado de Tlaxcala. Finalmente, importantes sistemas convectivos propiciaron lluvias severas, algunas acompañadas de granizadas significativas, afectando en su mayoría al estado de Puebla (Figura 8.1). A continuación, se describen los eventos meteorológicos más sobresalientes del año.



Figura 8.1: Mapa de estados donde se presentó con mayor frecuencia los eventos hidrometeorológicos más significativos durante el año 2023.

Heladas y nevadas

En el 2023 se presentaron nevadas y heladas importantes, sobre todo en el estado de Chihuahua, siendo las del mes de febrero las de mayor contraste térmico. Del 7 al 9 de febrero, el frente frío No. 30 de la temporada 2022-2023 se extendió sobre el noroeste del país, posteriormente, del 11 al 12 de febrero, el frente frío No. 31 de la temporada 2022-

2023 tuvo interacción con la sexta tormenta invernal. Dichos eventos propiciaron marcados descensos de temperaturas en diversos municipios de Chihuahua, Durango, Sonora y Baja California.

La climatología 1991-2020 del 7 al 12 de febrero muestra que la temperatura mínima promedio alcanza hasta los 5 °C en los estados antes mencionados, mientras que, del 7 al 12 de febrero de 2023, la temperatura mínima fue hasta 6 grados más fría que lo normal sobre el noroeste del país (Figura 8.2).

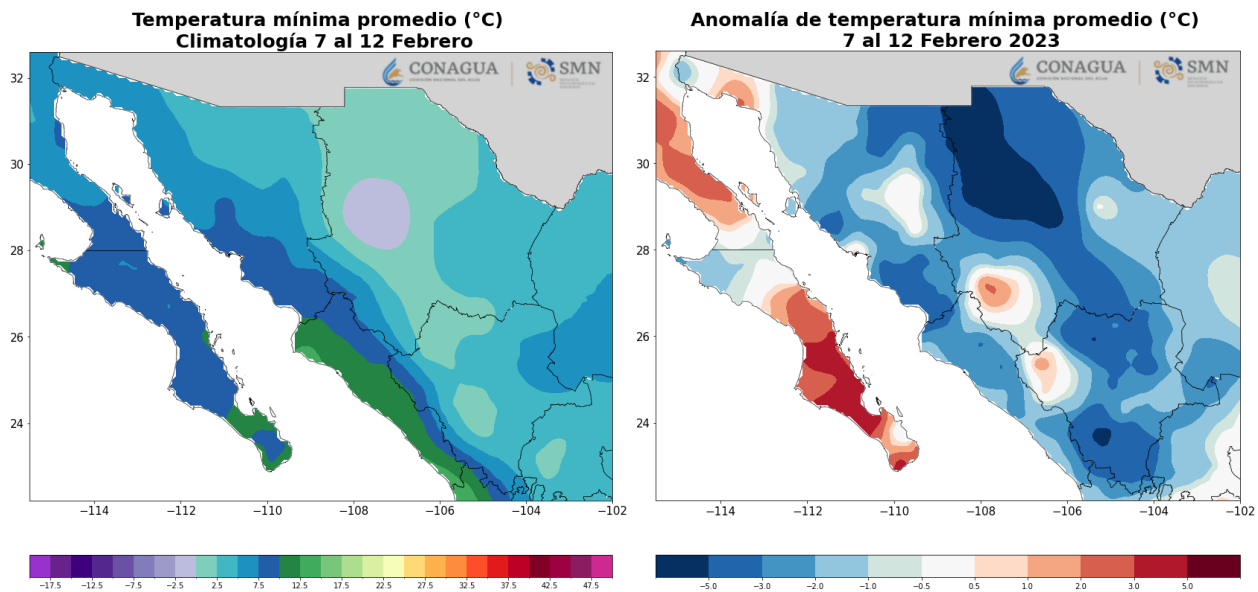


Figura 8.2: (Izquierda) climatología de la temperatura mínima del 7 al 12 de febrero. (Derecha) anomalía en grados Celsius de la temperatura mínima del 7 al 12 de febrero de 2023.

Granizadas severas

En mayo 2023 se registraron varios eventos de caída de granizo severo, los cuales afectaron los estados de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango, Morelos, Veracruz, Chiapas, Estado de México, Ciudad de México y Puebla, siendo este último donde se reportó la mayor cantidad de eventos de granizo durante todo el año.

Del 11 al 15 de mayo de 2023, la presencia de diversos canales de baja presión al centro del país, y su respectiva interacción con la entrada de humedad desde ambos litorales propició el desarrollo de fuertes tormentas acompañadas de caída de granizo. Posteriormente, del 16 al 21 de mayo, la interacción entre un frente frío fuera de temporada y una canal de baja presión generaron tormentas intensas desde el noreste hasta el centro del país. De acuerdo a la climatología 1991-2020, del 11 al 21 de mayo se acumulan entre 20 y 50 mm de lluvias sobre el estado de Puebla, para dichas fechas, pero en 2023, se acumuló lo mismo que el promedio al sur del estado, pero se acumularon hasta 50 mm

de precipitación por arriba del promedio al norte del estado de Puebla, producto de las intensas tormentas antes mencionadas (Figura 8.3).

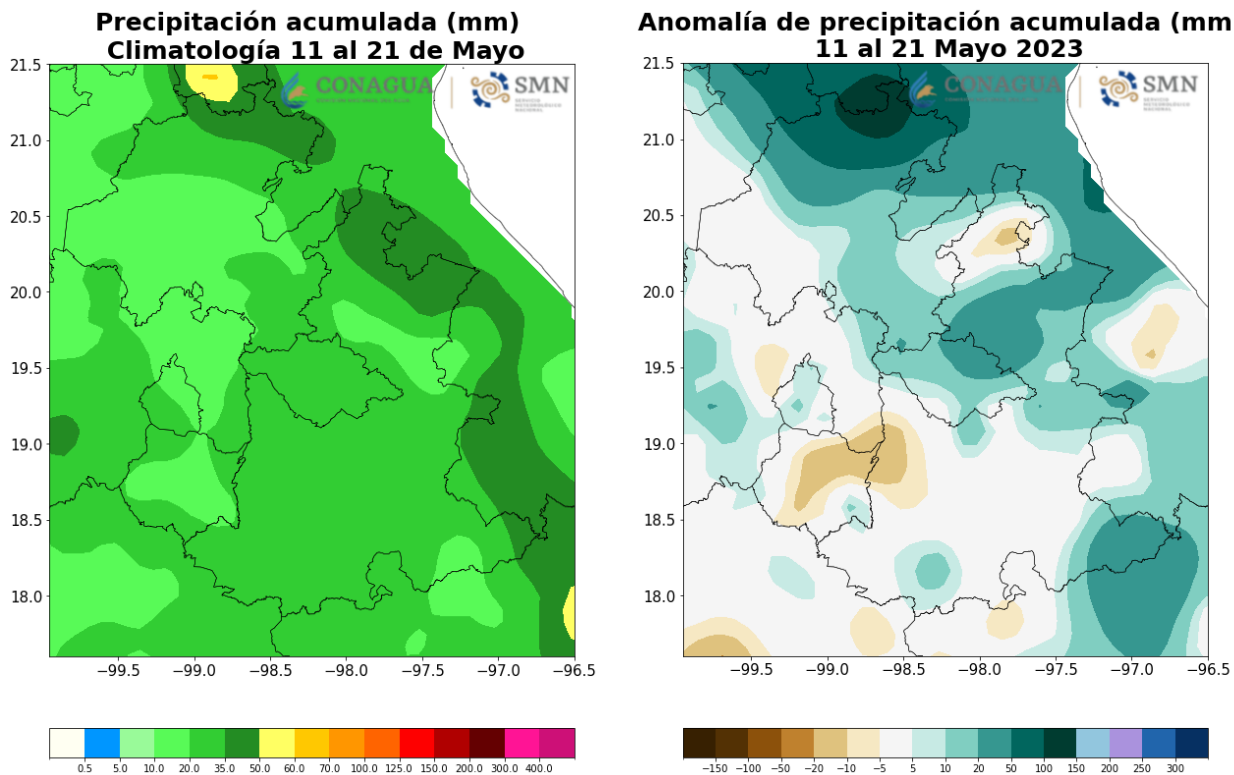


Figura 8.3: (Izquierda) climatología de la precipitación acumulada del 11 al 21 de mayo. (Derecha) anomalía en milímetros de la precipitación acumulada 11 al 21 de mayo de 2023.

Tornados y trombas marinas

De acuerdo con los datos de la CGSMN, durante el año se contabilizaron un total de 18 tornados y 4 trombas o mangas de agua, lo cual se resume en las Tabla 8.1 y la Tabla 8.2.

Durante el año 2023 no se reportó ningún tornado supercelda, tampoco hubo daños importantes generados por este tipo de fenómenos. Sin embargo, durante mayo de 2023 se reportaron 6 tornados en los estados de Tlaxcala, Estado de México, Querétaro, Coahuila y Puebla. El primer tornado del año se registró en el municipio de Huamantla, en Tlaxcala, la tarde del 11 de marzo, esto debido a la interacción de un canal de baja presión al centro del país con el ingreso de humedad del Golfo de México, dicha condición propicio el desarrollo de tormentas convectivas que dieron lugar al tornado no supercelda.

En cuanto a mangas de agua, se contabilizaron 4 vórtices en los meses de marzo, abril, mayo y agosto, respectivamente, en tanto que en el estado de Quintana Roo se reportaron dos trombas durante el año 2023. No se reportaron daños o afectaciones de las trombas sobre embarcaciones o infraestructuras en las zonas costeras.

Tabla 8.1: Tornados reportados en el año 2023.

Estado	Mes	Día	Municipio
Tlaxcala	Marzo	11	Huamantla
Hidalgo	Marzo	13	Tula de Allende
Hidalgo	Marzo	14	Zempoala
San Luis Potosí	Marzo	15	Zaragoza
Tlaxcala	Marzo	29	Huamantla
Estado de México	Mayo	8	Otumba
Tlaxcala	Mayo	8	Huamantla
Querétaro	Mayo	8	San Juan del Río
Coahuila	Mayo	8	Allende
Puebla	Mayo	14	Chalchicomula de Sesma
Coahuila	Mayo	14	Ocampo
Nuevo León	Junio	28	Galeana
Tlaxcala	Julio	11	Hueyotlipan
Yucatán	Julio	18	Mérida
Chihuahua	Agosto	8	Cuauhtémoc
Chiapas	Septiembre	17	San Cristóbal de las Casas
Oaxaca	Octubre	8	San Pedro Mixtepec
Chihuahua	Octubre	10	Namiquipa

Tabla 8.2: Trombas marinas reportadas en el año 2023.

Estado	Mes	Día	Municipio
Quintana Roo	Marzo	11	Solidaridad
Quintana Roo	Abril	17	Benito Juárez
Veracruz	Mayo	15	San Andrés Tuxtla
Jalisco	Agosto	2	Chapala

Anexos

Tabla 8.3: Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa, láminas estimadas de enero a diciembre de 2023, valores expresados en milímetros (mm).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	0.0	0.0	0.1	1.0	9.6	6.7	75.9	82.7	12.9	67.7	53.9	43.1	353.5
Baja California	32.7	20.2	24.5	0.0	0.4	0.2	2.4	40.1	1.7	1.3	11.1	12.8	147.5
Baja California Sur	7.0	3.5	1.0	0.1	0.3	1.6	8.0	83.6	12.2	66.0	2.9	1.0	187.2
Campeche	59.3	30.9	33.1	14.6	58.4	75.4	141.8	210.2	202.0	105.7	133.4	68.0	1132.5
Coahuila	2.1	1.1	12.8	6.9	50.7	10.6	30.6	22.1	14.8	51.8	30.8	8.0	242.2
Colima	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	137.3	269.3	217.4	170.6	542.1	20.6	13.1	1371.4
Chiapas	66.2	63.7	38.2	23.5	96.6	207.8	263.7	224.6	250.1	247.9	139.2	80.0	1701.4
Chihuahua	8.5	12.9	18.9	1.3	17.7	10.0	37.8	56.3	25.0	24.5	8.4	3.3	224.5
Ciudad de México	0.4	0.1	21.8	10.1	43.2	28.2	118.1	97.3	62.9	37.3	34.2	4.0	457.7
Durango	1.1	2.1	0.9	2.7	12.0	11.0	90.9	57.8	42.9	78.0	29.7	3.7	332.7
Guanajuato	0.8	0.1	3.8	5.5	23.8	20.1	92.9	139.8	35.0	46.5	27.7	39.3	435.1
Guerrero	0.1	0.0	1.2	7.0	49.5	97.7	182.6	237.7	131.1	272.2	45.9	5.6	1030.7
Hidalgo	5.9	7.1	20.6	31.3	61.4	11.5	54.7	71.2	14.4	70.9	33.3	31.1	413.2
Jalisco	0.3	0.0	0.4	0.1	4.0	56.1	198.6	190.0	118.8	156.9	18.5	37.6	781.3
Estado de México	0.7	1.1	17.6	18.7	80.2	35.6	190.2	169.3	75.5	110.0	77.5	15.2	791.6
Michoacán	0.4	0.2	5.0	1.4	17.0	42.3	158.7	158.3	82.1	149.7	30.6	25.4	670.9
Morelos	0.1	0.0	4.4	16.4	92.1	43.3	306.9	257.7	154.8	166.4	97.0	3.5	1142.4
Nayarit	0.1	0.1	0.4	3.6	3.5	36.4	262.3	292.2	203.7	191.1	22.4	6.2	1022.1
Nuevo León	2.2	1.2	23.0	50.5	103.5	15.3	33.9	21.1	31.9	69.3	92.1	12.9	456.8
Oaxaca	8.0	5.1	12.9	34.3	63.4	121.0	164.5	192.9	89.4	119.5	70.3	36.4	917.5
Puebla	9.6	5.8	22.5	45.4	90.7	54.9	160.0	224.3	85.4	131.1	67.3	35.7	932.6
Querétaro	3.2	2.4	8.2	12.3	46.3	11.6	66.4	71.8	16.1	52.4	17.6	23.8	332.2
Quintana Roo	98.0	23.3	47.0	29.0	109.1	97.7	109.5	114.1	136.0	103.3	159.1	85.6	1111.5
San Luis Potosí	2.7	2.8	7.2	34.4	71.1	11.7	45.6	44.6	16.8	65.5	67.4	32.2	401.9
Sinaloa	7.8	3.3	0.6	1.1	1.0	5.6	186.7	191.2	80.5	240.8	13.5	1.6	733.6
Sonora	19.1	25.7	7.9	0.1	2.1	4.6	62.2	87.9	18.3	17.8	1.5	14.5	261.5
Tabasco	120.7	158.5	116.5	19.6	48.1	127.4	186.9	183.4	176.2	216.9	329.9	136.7	1820.7
Tamaulipas	3.1	2.4	28.1	74.8	129.8	31.0	25.9	36.2	33.9	72.1	71.8	26.6	535.6
Tlaxcala	0.4	0.0	15.8	23.0	80.2	53.2	116.5	122.3	65.7	62.3	39.4	16.9	595.9
Veracruz	28.1	34.2	37.1	71.9	63.7	81.6	210.8	194.4	102.6	208.6	130.1	106.7	1269.8
Yucatán	69.0	23.0	32.5	13.7	62.1	57.6	121.0	159.5	150.6	69.3	87.5	65.4	911.3
Zacatecas	0.2	0.0	0.0	3.4	13.5	7.7	77.3	73.0	30.3	80.1	66.4	21.9	373.9
Nacional	16.0	13.4	15.9	15.4	40.0	39.2	99.8	111.4	65.9	95.7	50.4	26.7	589.9

Nota. Con información disponible en diciembre de 2023 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Tabla 8.4: Temperatura máxima promedio a nivel nacional y por entidad federativa de enero a diciembre de 2023, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	23.6	25.8	28.8	29.0	30.7	33.7	29.8	28.8	29.5	25.7	24.6	19.7	27.5
Baja California	18.4	18.2	20.3	23.1	25.6	28.2	33.9	33.0	30.3	28.6	24.2	21.5	25.4
Baja California Sur	24.5	23.9	26.9	27.8	29.7	32.7	35.5	35.5	34.8	31.7	28.9	26.3	29.9
Campeche	31.0	32.0	34.8	36.4	36.7	37.8	36.5	35.4	34.7	33.8	31.3	29.7	34.2
Coahuila	24.0	24.7	29.2	30.2	32.7	37.5	36.1	37.2	36.4	29.3	23.2	21.2	30.1
Colima	32.0	32.7	31.9	29.3	34.1	35.1	34.6	34.1	34.7	33.0	33.8	31.7	33.1
Chiapas	29.3	29.9	32.0	31.6	32.7	34.4	32.3	32.4	32.0	31.0	30.0	28.7	31.4
Chihuahua	21.0	21.7	25.7	27.6	30.9	36.0	35.8	34.5	33.7	28.1	21.7	19.6	28.0
Ciudad de México	22.6	24.4	26.1	26.2	26.6	28.9	25.5	24.9	26.0	24.7	24.2	21.1	25.1
Durango	23.5	24.7	28.8	30.4	31.1	35.1	32.1	32.4	32.7	27.1	24.0	21.8	28.6
Guanajuato	25.4	27.1	30.1	31.0	31.3	34.0	29.7	28.5	29.9	27.0	26.2	21.4	28.5
Guerrero	31.4	32.8	33.4	34.3	35.1	35.4	33.4	32.7	32.8	31.7	32.4	31.0	33.0
Hidalgo	24.9	26.3	28.9	29.1	28.9	32.0	29.1	28.7	30.2	27.2	24.9	21.0	27.6
Jalisco	26.9	28.8	31.0	30.8	33.2	35.3	30.9	30.0	30.5	28.0	27.9	23.7	29.8
Estado de México	21.3	22.8	24.9	24.8	25.7	26.9	23.5	22.8	23.7	22.4	22.1	18.7	23.3
Michoacán	27.3	29.1	30.8	30.7	32.7	34.3	30.0	29.4	29.6	27.9	28.3	25.2	29.6
Morelos	28.6	30.8	32.6	33.9	33.9	34.3	30.7	30.3	30.2	29.6	29.3	27.1	30.9
Nayarit	28.8	31.2	31.7	34.0	35.4	37.3	35.3	34.5	34.4	32.5	32.8	29.3	33.1
Nuevo León	25.8	27.1	30.4	29.5	30.7	37.6	37.8	37.9	37.2	30.1	24.6	21.5	30.9
Oaxaca	28.9	30.9	33.0	33.8	34.0	33.6	31.9	32.0	33.1	31.5	29.6	27.3	31.6
Puebla	24.6	25.8	28.3	28.8	28.8	29.9	27.0	26.5	27.2	25.8	24.9	22.2	26.7
Querétaro	25.1	26.6	30.1	30.9	31.8	33.6	30.4	28.6	30.1	26.5	25.6	19.9	28.3
Quintana Roo	30.1	30.8	32.0	33.1	34.0	34.5	34.4	34.7	34.4	33.3	31.1	29.2	32.6
San Luis Potosí	27.1	28.5	32.2	31.5	33.0	36.7	34.8	35.0	36.0	30.4	26.9	23.0	31.3
Sinaloa	29.1	29.0	31.4	34.0	35.8	37.7	37.4	36.9	38.0	34.5	32.8	31.4	34.0
Sonora	23.3	23.3	27.1	31.8	33.9	37.9	40.3	39.0	38.5	34.7	29.7	26.3	32.2
Tabasco	30.5	30.8	34.1	34.7	35.9	37.4	34.8	34.6	34.4	33.3	29.7	28.7	33.2
Tamaulipas	27.4	27.8	31.4	30.2	33.1	37.2	37.4	37.5	37.7	32.2	26.4	23.9	31.9
Tlaxcala	22.7	24.7	26.5	25.3	26.1	27.5	24.9	24.4	25.4	24.0	23.7	20.6	24.7
Veracruz	26.3	26.5	29.9	30.8	32.0	33.6	31.3	31.0	31.3	28.8	25.2	23.9	29.2
Yucatán	31.0	31.9	34.5	36.1	36.7	37.3	36.2	35.6	35.2	33.9	31.3	29.0	34.1
Zacatecas	24.2	25.9	29.3	29.8	31.0	34.6	30.5	29.7	30.1	26.6	24.5	20.0	28.0
Nacional	25.5	26.3	29.4	30.6	32.3	35.3	34.4	33.9	33.3	30.1	26.8	24.2	30.2

Nota. Con información disponible en diciembre de 2023 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Tabla 8.5: Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa de enero a diciembre de 2023, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	13.3	15.8	17.8	19.5	21.4	24.3	22.4	21.3	21.1	18.3	16.2	12.5	18.7
Baja California	12.8	12.4	14.4	16.9	19.6	21.8	27.1	26.9	24.3	22.0	17.4	14.8	19.2
Baja California Sur	17.9	17.7	20.2	21.9	23.1	26.1	29.6	29.9	29.2	26.3	23.2	19.9	23.8
Campeche	25.3	26.0	28.1	29.6	30.3	31.3	30.4	29.7	29.3	28.6	26.5	24.7	28.3
Coahuila	16.0	16.8	21.2	23.1	26.3	30.4	29.7	30.5	29.3	23.2	16.9	14.6	23.2
Colima	24.8	25.5	25.2	25.0	28.2	29.0	29.1	28.9	29.3	27.9	28.0	25.7	27.2
Chiapas	22.7	23.1	25.2	25.4	26.1	28.2	26.8	27.0	26.5	26.1	24.9	23.2	25.4
Chihuahua	11.3	12.3	16.0	18.5	22.1	26.5	27.7	26.6	25.1	20.0	14.3	10.5	19.2
Ciudad de México	15.4	16.5	18.8	19.7	19.9	22.2	19.5	19.3	19.5	18.5	17.3	14.9	18.5
Durango	13.0	14.5	18.1	20.4	21.6	25.4	24.5	24.3	23.9	19.5	15.9	12.8	19.5
Guanajuato	15.5	17.2	20.1	21.6	22.6	24.9	22.3	21.4	21.7	20.0	17.8	14.4	20.0
Guerrero	23.9	25.1	25.9	26.8	28.0	28.4	27.0	26.4	26.5	25.7	25.7	23.9	26.1
Hidalgo	16.0	17.0	20.0	21.4	21.6	24.0	22.3	22.2	22.5	20.6	17.4	14.7	20.0
Jalisco	17.4	19.4	21.1	21.9	24.4	26.5	24.3	23.5	23.7	21.8	20.5	17.1	21.8
Estado de México	12.2	13.4	15.7	16.5	17.6	18.4	16.9	16.5	16.6	15.8	14.5	12.1	15.5
Michoacán	17.5	19.1	21.0	22.3	24.2	25.4	22.9	22.3	21.9	20.9	20.1	17.6	21.3
Morelos	19.7	21.5	23.5	25.0	25.8	26.7	24.1	23.8	23.7	23.1	22.1	19.8	23.2
Nayarit	20.8	22.2	22.3	23.8	27.1	29.7	29.3	28.7	28.9	27.1	26.2	22.4	25.7
Nuevo León	17.6	18.4	22.3	23.6	25.1	29.7	30.1	30.1	29.2	24.1	18.1	15.6	23.7
Oaxaca	21.2	22.9	24.8	26.6	26.9	26.5	25.6	25.5	26.3	25.2	22.9	20.3	24.6
Puebla	16.1	17.0	19.6	20.7	21.2	22.1	20.3	20.1	20.1	19.4	17.7	15.4	19.1
Querétaro	16.3	17.6	21.3	22.8	23.8	25.4	23.5	22.1	22.5	20.2	18.2	14.0	20.6
Quintana Roo	25.2	25.7	26.9	27.6	28.9	29.7	30.0	29.8	29.4	28.7	26.8	24.9	27.8
San Luis Potosí	19.1	19.9	23.7	24.6	25.9	29.0	27.9	27.8	28.2	24.0	20.3	17.4	24.0
Sinaloa	19.8	19.9	21.8	24.1	26.9	30.1	31.5	30.9	31.8	28.3	25.3	22.2	26.1
Sonora	13.7	14.2	17.5	20.5	23.5	28.1	32.8	31.7	30.2	26.3	20.9	16.4	23.0
Tabasco	25.4	25.7	28.3	28.8	30.1	31.3	29.5	29.3	29.3	28.6	25.8	24.7	28.1
Tamaulipas	20.7	20.6	24.7	24.7	27.4	30.9	31.3	31.1	31.0	26.4	20.6	18.5	25.7
Tlaxcala	12.6	14.2	16.3	16.6	17.8	18.7	17.5	17.2	17.3	16.7	15.3	12.6	16.1
Veracruz	20.2	20.3	23.6	24.9	26.2	27.5	25.9	25.7	25.6	23.8	20.6	19.2	23.6
Yucatán	24.6	25.4	27.4	28.8	29.7	30.6	30.4	29.8	29.4	28.4	26.3	24.0	27.9
Zacatecas	13.6	15.7	18.2	19.7	21.4	25.0	23.1	22.4	22.2	19.3	16.4	12.6	19.1
Nacional	17.1	18.0	20.9	22.5	24.6	27.4	27.6	27.2	26.4	23.6	19.9	17.0	22.7

Nota. Con información disponible en diciembre de 2023 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Tabla 8.6: Temperatura mínima promedio a nivel nacional y por entidad federativa de enero a diciembre de 2023, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	2.9	5.8	6.7	10.1	12.1	15.0	14.9	13.9	12.7	10.9	7.9	5.4	9.9
Baja California	7.1	6.6	8.5	10.7	13.7	15.3	20.2	20.7	18.4	15.5	10.5	8.1	12.9
Baja California Sur	11.3	11.6	13.5	16.1	16.5	19.5	23.6	24.3	23.5	20.8	17.5	13.4	17.6
Campeche	19.6	20.1	21.5	22.9	23.8	24.7	24.4	24.1	23.9	23.3	21.7	19.8	22.5
Coahuila	8.0	8.8	13.3	16.1	19.8	23.2	23.4	23.8	22.2	17.1	10.6	8.0	16.2
Colima	17.6	18.2	18.4	20.7	22.3	23.0	23.5	23.6	23.9	22.7	22.2	19.7	21.3
Chiapas	16.1	16.4	18.4	19.3	19.4	21.9	21.3	21.5	21.1	21.1	19.7	17.8	19.5
Chihuahua	1.5	2.9	6.3	9.4	13.2	17.0	19.5	18.6	16.5	11.9	6.9	1.4	10.4
Ciudad De México	8.1	8.6	11.4	13.2	13.2	15.5	13.5	13.6	13.0	12.4	10.4	8.7	11.8
Durango	2.5	4.2	7.3	10.5	12.2	15.7	16.9	16.3	15.1	11.9	7.8	3.8	10.4
Guanajuato	5.5	7.2	10.0	12.2	13.9	15.8	15.0	14.3	13.5	12.9	9.5	7.5	11.4
Guerrero	16.4	17.5	18.3	19.2	20.8	21.3	20.6	20.1	20.3	19.7	18.9	16.8	19.2
Hidalgo	7.1	7.8	11.1	13.7	14.3	16.0	15.5	15.7	14.8	14.0	10.0	8.4	12.4
Jalisco	7.8	10.0	11.2	13.0	15.6	17.6	17.8	17.1	17.0	15.5	13.1	10.4	13.8
Estado De México	3.1	3.9	6.6	8.2	9.5	9.8	10.2	10.1	9.4	9.2	6.9	5.4	7.7
Michoacán	7.8	9.2	11.2	13.9	15.6	16.6	15.7	15.2	14.1	13.9	11.8	10.0	12.9
Morelos	10.8	12.3	14.4	16.2	17.6	19.1	17.4	17.3	17.1	16.7	14.8	12.5	15.5
Nayarit	12.7	13.2	12.9	13.6	18.8	22.1	23.4	23.0	23.5	21.6	19.6	15.5	18.3
Nuevo León	9.4	9.6	14.2	17.7	19.4	21.9	22.3	22.2	21.2	18.2	11.6	9.8	16.5
Oaxaca	13.5	14.9	16.6	19.3	19.8	19.5	19.4	19.1	19.4	18.8	16.2	13.4	17.5
Puebla	7.6	8.2	10.9	12.7	13.5	14.2	13.6	13.8	13.0	13.0	10.5	8.5	11.6
Querétaro	7.4	8.7	12.4	14.7	15.8	17.2	16.7	15.7	14.9	14.0	10.8	8.1	13.0
Quintana Roo	20.4	20.6	21.8	22.1	23.9	24.8	25.6	24.8	24.3	24.1	22.6	20.6	23.0
San Luis Potosí	11.0	11.2	15.2	17.7	18.9	21.3	21.0	20.6	20.4	17.6	13.8	11.9	16.7
Sinaloa	10.5	10.7	12.1	14.2	18.0	22.4	25.5	24.9	25.5	22.2	17.8	13.0	18.1
Sonora	4.1	5.2	7.9	9.1	13.1	18.2	25.3	24.4	22.0	17.8	12.1	6.5	13.8
Tabasco	20.3	20.5	22.5	22.9	24.3	25.2	24.2	24.0	24.1	23.8	21.9	20.6	22.9
Tamaulipas	14.0	13.4	18.0	19.1	21.8	24.5	25.1	24.7	24.2	20.6	14.8	13.1	19.4
Tlaxcala	2.6	3.7	6.2	7.9	9.4	10.0	10.2	10.1	9.2	9.3	7.0	4.6	7.5
Veracruz	14.2	14.0	17.2	19.0	20.3	21.5	20.5	20.5	19.9	18.9	16.0	14.5	18.0
Yucatán	18.2	18.9	20.3	21.5	22.7	23.8	24.5	24.0	23.6	22.8	21.3	19.0	21.7
Zacatecas	3.0	5.4	7.0	9.7	11.7	15.3	15.6	15.1	14.3	12.0	8.2	5.1	10.2
Nacional	8.8	9.7	12.4	14.5	16.8	19.4	20.9	20.5	19.4	17.0	13.1	9.8	15.2

Nota. Con información disponible en diciembre de 2023 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Bibliografía

- [1] AEMET. Meteoglosario visual. diccionario ilustrado de meteorología. Recuperado de: "<https://meteoglosario.aemet.es/>", 2020.
- [2] CONAGUA. Terminología. Recuperado de: "<https://app.conagua.gob.mx/spr/glosario.html>", 2020.
- [3] Blair et al. Headline indicators for global climate monitoring trewin, american meteorological society. Recuperado de: "https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/102/1/BAMS-D-19-0196.1.xml?tab_body=pdf", 2021.
- [4] Copernicus Climate Change Service. The 2023 annual climate summary, global climate highlights 2023. Recuperado de: "<https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>", 2023.
- [5] J L García-Franco, R Chadwick, L J Gray, S Osprey, and D K Adams. Revisiting mechanisms of the mesoamerican midsummer drought. *Climate Dynamics*, pages 1–21, 2022.
- [6] World Meteorological Organization. Provisional state of the global climate, 2023. Recuperado de: "<https://wmo.int/files/provisional-state-of-global-climate-2023>".
- [7] National Centers for Environmental Information. Annual 2023 global climate report, 2023. Recuperado de: "<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>".
- [8] National Oceanic and Atmospheric Administration. Monthly ocean heat content and temperature anomalies, 2023. Recuperado de: "https://www.ncei.noaa.gov/access/global-ocean-heat-content/monthly_analysis.html".
- [9] NASSA, Understanding Sea Level. Global mean sea level, 2023. Recuperado de: "<https://www.usgs.gov/media/images/bathythermograph>".
- [10] B Liebmann, I Bladé, G N Kiladis, L M Carvalho, G B Senay, D Allured, and C. Funk. Seasonality of african precipitation from 1996 to 2009. *Journal of Climate*, 25(12):4304–4322, 2012.

