



REPORTE ANUAL
DEL CLIMA EN MÉXICO

2022

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

Comisión Nacional del Agua 2023

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 Ing. Yenifeer Loranca Domínguez Ing. Aurora Guadalupe Zavala Fajardo M. en C. Ana Elena Martínez Melgarejo M. en C. Julio Gómez Camacho Ing. Octavio Arturo Farias Nuñez Lic. Vianey Irais Olmos Caballero Ing. José Alfredo López Trujillo

Edición:

Aurora Guadalupe Zavala Fajardo

Revisión:

Reynaldo Pascual Ramírez
Minerva López Quiroz
Fernando Nicolás Arellano Guerrero

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

Índice general

Prólogo	9
Lista de Acrónimos y Siglas	11
Glosario	11
1 Condiciones Globales del Clima	14
2 Precipitación	23
2.1 Temporada de lluvias	28
2.2 Canícula	32
3 Ciclones tropicales	36
4 Ondas tropicales	44
5 Sequía	49
6 Temperatura	53
6.1 Frecuencia de días fríos y cálidos	56
6.1.1 Número de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C y percentiles.	56
6.1.2 Número de días con temperatura máxima mayor o igual a 40 °C y percentiles.	60
7 Frentes fríos	64
8 Eventos notables	79
Anexos	85
Bibliografía	89

Índice de tablas

1.1	Registro de anomalías de temperatura global del 2022	15
1.2	Indicadores para el monitoreo global del clima.	15
2.1	Lluvias máximas diarias por estado en el 2022.	27
4.1	Ondas tropicales enumeradas por la CGSMN durante el mes de julio de 2022 y ciclones tropicales asociados.	48
6.1	Temperatura mínima extrema a nivel estatal durante 2022.	58
6.2	Temperatura mínima extrema registrada en cada mes de 2022.	58
6.3	Temperatura máxima extrema a nivel estatal durante 2022.	61
6.4	Temperatura máxima extrema registrada cada mes durante 2022.	62
7.1	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 21.	66
7.2	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 28.	67
7.3	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 38.	69
7.4	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 41.	71
7.5	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 47.	71
7.6	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 1.	73
7.7	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 4.	75
7.8	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 9.	76
7.9	Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 19.	77
8.1	Tornados reportados en el año 2022.	82
8.2	Trombas marinas reportadas en el año 2022.	82
8.3	Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa	86
8.4	Temperatura máxima a nivel nacional y por entidad federativa	87
8.5	Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa	88
8.6	Temperatura mínima a nivel nacional y por entidad federativa	89

Índice de figuras

1.1	Anomalía anual de la temperatura del aire	14
1.2	Anomalía de la temperatura superficial del aire a nivel global	16
1.3	Series de tiempo de las anomalías (°C) de la TSM	17
1.4	Calor oceánico global almacenado de 2005 a diciembre del 2022	18
1.5	Nivel del mar en el mundo	19
1.6	Promedio global de la concentración de los gases de efecto invernadero . .	20
1.7	Series de tiempo de las anomalías (°C) de la TSM en las regiones de moni- toreo del Atlántico	20
1.8	Teleconexiones predominantes para América del Norte en 2022	21
1.9	Diagrama de fases de la MJO	22
2.1	Lluvia observada, climatología y anomalías del año 2022	23
2.2	Anomalías de precipitación a nivel nacional	24
2.3	Lluvia mensual comparada con su climatología	25
2.4	Láminas diarias de precipitación a nivel nacional	26
2.5	Mapa de lluvias de los días más lluviosos del año	26
2.6	Clasificación de lluvias promedio a nivel estatal	27
2.7	Anomalía climatológica de lluvia diaria	29
2.8	Inicio de la temporada de lluvias	30
2.9	Final de la temporada de lluvias	31
2.10	Duración de la temporada de lluvias	31
2.11	Pentadas de precipitación climatológica de la canícula	33
2.12	Pentadas de precipitación de la canícula en 2022	34
2.13	Anomalías de precipitación de la temporada de lluvias 2022	35
3.1	Ciclones tropicales formados en la cuenca del Pacífico	36
3.2	Ciclones tropicales formados en la cuenca del Atlántico	37
3.3	Lluvias asociadas al huracán Agatha	38
3.4	Lluvias asociadas a la tormenta tropical Alex	38
3.5	Lluvias asociadas al huracán Blas	39
3.6	Lluvias asociadas al huracán Kay	40
3.7	Lluvias asociadas a la tormenta tropical Lester	40
3.8	Lluvias asociadas al huracán Orlene	41
3.9	Lluvias asociadas a la tormenta tropical Karl	42
3.10	Lluvias asociadas al huracán Roslyn	42
3.11	Lluvias asociadas al huracán Lisa	43
4.1	Área de influencia de ondas tropicales	44
4.2	Distribución espacial de ondas tropicales	45
4.3	Ondas tropicales desarrolladas y contabilizadas por la CGSMN	46
4.4	Número de ondas tropicales en la República Mexicana	46

4.5	Seguimiento de ondas tropicales sobre la República Mexicana	47
4.6	Trayectorias de ondas tropicales	47
5.1	Porcentaje de área afectada con sequía a nivel nacional	49
5.2	Mapas del Monitor de Sequía en México	50
5.3	Porcentaje de áreas con sequía en Sonora, Michoacán y Estado de México .	52
6.1	Anomalía de la temperatura media anual	53
6.2	Temperatura media mensual en 2022	53
6.3	Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional	54
6.4	Anomalía de temperatura media registrada en el periodo 2000-2022	55
6.5	Temperatura media y anomalía a nivel nacional	56
6.6	Ranking de temperatura media estatal	56
6.7	Cantidad del número de días con heladas	57
6.8	Percentil promedio de temperatura mínima	59
6.9	Número de días de temperatura mínima en percentiles	60
6.10	Cantidad del número de días cálidos	61
6.11	Percentil promedio de temperatura máxima	62
6.12	Número de días de temperatura máxima en percentiles	63
7.1	Número de frentes fríos en el año 2022	64
7.2	Frentes fríos entre los meses de noviembre y marzo desde el año 2000 . . .	65
7.3	Principales sistemas meteorológicos el 11 de enero	66
7.4	Principales sistemas meteorológicos el 7 de febrero	68
7.5	Principales sistemas meteorológicos el 24 de marzo	69
7.6	Principales sistemas meteorológicos el 7 de abril	70
7.7	Principales sistemas meteorológicos el 22 de mayo	72
7.8	Principales sistemas meteorológicos el 27 de septiembre	73
7.9	Principales sistemas meteorológicos el 19 de octubre	74
7.10	Principales sistemas meteorológicos el 17 de noviembre	76
7.11	Principales sistemas meteorológicos el 24 de diciembre.	78
8.1	Mapa de eventos notables	79
8.2	Anomalía de la temperatura mínima del 7 al 10 de febrero	80
8.3	Precipitación acumulada del 18 al 21 de abril	81
8.4	Climatología de la precipitación acumulada de junio a septiembre	83
8.5	Anomalía de temperatura máxima y precipitación en N.L.	85

Prólogo

México cuenta con una gran variedad de climas, debido a su ubicación geográfica, misma que permite el ingreso de diversos fenómenos atmosféricos o climáticos 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 temporales o permanentes 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, generalmente una por cada variable climatológica o meteorológica. Se ilustran 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, 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. Se incluyen los registros que superaron algún valor máximo histórico de precipitación. Esta información se presenta en una tabla, que contiene el valor del récord histórico para cada estación climatológica durante el mes, destacando el municipio al que pertenece, la fecha en que ocurrió y un comparativo del récord que se superó.

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 en el 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 gran 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 continentalidad.

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

La WMO (World Meteorological Organization, por sus siglas en inglés) en su reporte preliminar y de acuerdo a su análisis de las principales bases de datos de los centros internacionales de investigación del clima, indica que se ha registrado un aumento abrupto de la temperatura global durante los últimos 8 años (2015–2022), y que junto con el aumento en los gases de efecto invernadero propician un incremento continuo de la temperatura a nivel global, ubicando preliminarmente, como se observa en la Figura 1.1, al año 2022 entre el quinto y sexto más cálido del registro.

De acuerdo con el reporte Monthly Global Climate Report for Annual 2022, publicado por la NOAA (National Centers for Environmental Information), este año se ubicó como el sexto más cálido en el hemisferio norte (promedio de la temperatura del aire en superficie a escala global) lo que significó 1.10 °C por arriba del promedio, mientras que el hemisferio sur se ubicó en el séptimo más cálido con una anomalía de +0.61 °C (tomando como referencia el periodo climatológico 1991-2020).

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

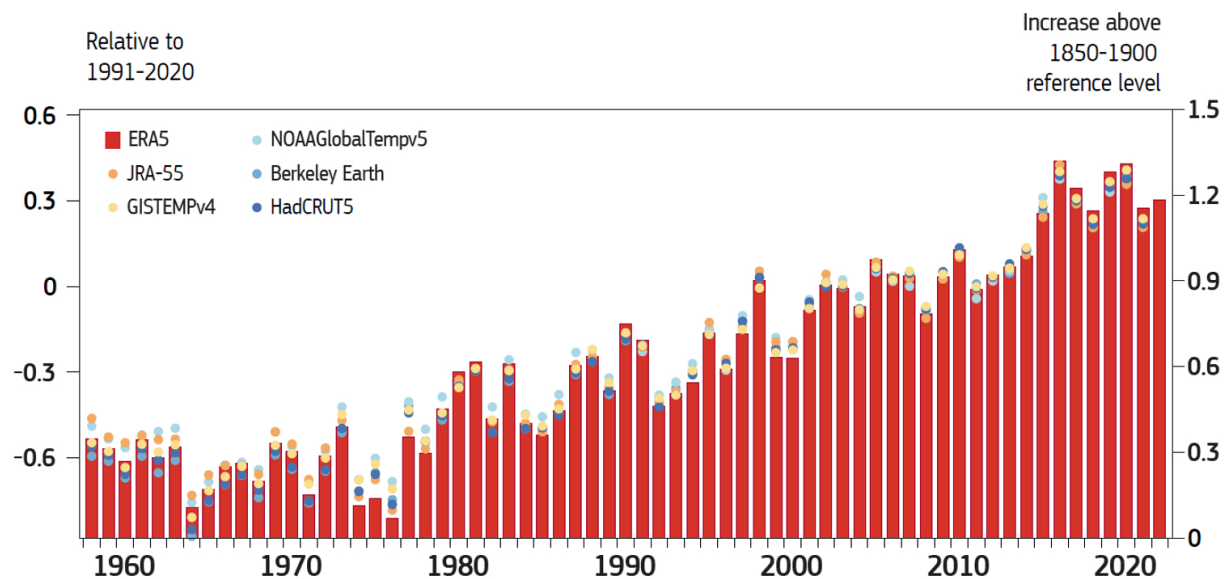


Figura 1.1: Promedio de la anomalía anual global de la temperatura del aire en superficie. Recuperado de climate.copernicus.eu.

En los continentes y los océanos se registraron temperaturas por arriba de lo normal para este año, en la Tabla 1.1 se muestran los registros globales de temperaturas para el 2022.

Tabla 1.1: Registro de anomalías de temperatura global del 2022

Enero–Diciembre 2022	Anomalía en °C	Lugar en el registro	Lugar en el registro frío	Registros más cálidos	Registros más fríos
Continentes	+1.29	7°	137°	2020 +1.57	1884 -0.70
Océanos	+0.69	6°	138°	2016 +0.79	1904 -0.46
Continentes y Océanos	+0.86	6°	138°	2016 +0.99	1904 -0.45

Información recuperada de NOAA, National Centers for Environmental Information ncei.noaa.gov.

El 2022 se caracterizó por registrar temperaturas por arriba del promedio en todo el mundo y también por posicionar nuevos registros en temperaturas más cálidas en algunas regiones. Este año se presentaron eventos extremos de inundaciones (India, Australia, Indonesia y Pakistán), sequías (México, Estados Unidos de América y África) e incluso grandes nevadas (Estados Unidos de América, Europa y Canadá) y bajas temperaturas extremas (Estados Unidos y Australia), que en las estadísticas mensuales y anuales no se aprecian, por ser eventos repentinos de algunos días.

La WMO ha desarrollado una serie de indicadores para el monitoreo global del clima estos 7 índices descritos en la Tabla 1.2, son los establecidos por el GCOS (por sus siglas en inglés, Global Climate Observing System) para representar los parámetros esenciales del estado global del clima.

Tabla 1.2: 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 Antártida.
Balace de masa de los glaciares.	Cambios en el balance global de los glaciares fuera del Groenlandia y la Antártida.
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.

Información recuperada de Blair et al., 2021, Headline Indicators for Global Climate Monitoring Trewin, American Meteorological Society.

El Centro Europeo para el Pronóstico Meteorológico a Mediano Plazo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast, por sus siglas en inglés) analizó su base de datos ERA5 del C3S/ECMWF para la temperatura del aire en superficie del 2022 (Figura 1.2) en donde se observan temperaturas por arriba del promedio en gran parte del planeta, en especial en Europa, norte de China, occidente del continente Antártico y al norte de Rusia, temperaturas por debajo del promedio se registraron en la región del ENOS (concordante con la fase La Niña), sur del océano Pacífico, regiones al noreste de Canadá, oriente de América del Sur y gran parte de Australia.

Anomalía de temperatura del aire en superficie, 2022

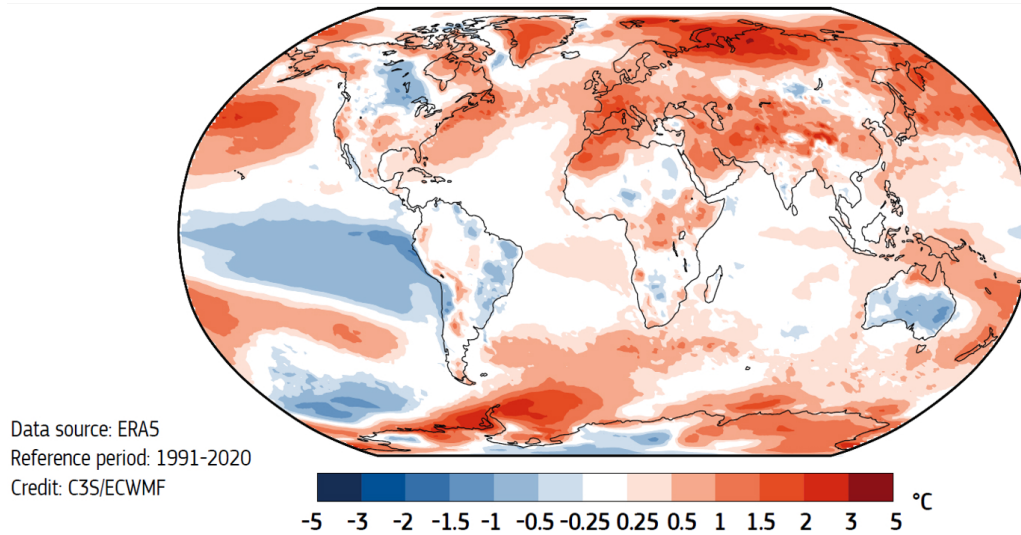


Figura 1.2: Distribución global de anomalía de temperatura superficial del aire en 2022. Anomalías calculadas a partir de la climatología 1991-2020. Recuperado de: climate.copernicus.eu.

El océano representa uno de los roles más importantes en la dinámica climática global, los océanos (en conjunto) pueden almacenar 1,000 veces más energía que la que almacena la atmósfera. En el tercer reporte de evaluación climática del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change por sus siglas en inglés), publicado en el 2001, concluyó que desde 1950 aumentó drásticamente la temperatura en los océanos.

Las mediciones de la temperatura del mar se realizan por medio de varios instrumentos, por ejemplo; satélites, termómetros de medición inversa miden presión y temperatura, bati-termógrafos expandibles y mecánicos, etc. El Niño/ La Niña oscilación del sur (EN-SO) es uno de los principales moduladores globales del clima. Este evento natural genera fluctuaciones en los registros de temperaturas superficiales del mar (TSM) en la región al este y centro del océano Pacífico ecuatorial; por lo tanto, propicia cambios en los patrones atmosféricos (ejemplo: intensidad y dirección de los vientos, precipitaciones, etc).

El ENOS tiene 3 fases: El Niño, La Niña y su fase Neutral, las fases cálidas (El Niño) y frías (La Niña) inician con cambios en la TSM y que posteriormente la atmósfera se va acoplando a estos cambios de temperaturas con fluctuaciones en las presiones del aire que generan desplazamientos de las masas de aire entre el océano Pacífico y el océano indo-australiano. La manera de saber en qué fase se encuentra el ENSO es mediante los índices climáticos; [ONI](#) y [SOI](#).

La fase de La Niña se mantuvo durante el año 2022, con algunas fluctuaciones interanuales, esta fase es asociada con una reducción en las temperaturas en el centro y al este del océano Pacífico ecuatorial. En las regiones de monitoreo del ENOS: Niño 3, Niño 4, Niño 3.4 y Niño 1+2 se registraron anomalías anuales de temperaturas promedio de $-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 1.3).

El índice de la región 3.4, es utilizado para definir la fase del fenómeno ENOS, con un valor de $-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, se dice que el ENOS se encuentra en fase “La Niña”; así mismo, durante el último trimestre, el valor del ONI, calculado a partir de las anomalías mensuales de TSM en la región Niño 3.4, indicó un valor de $-0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el trimestre de octubre a diciembre de 2022.

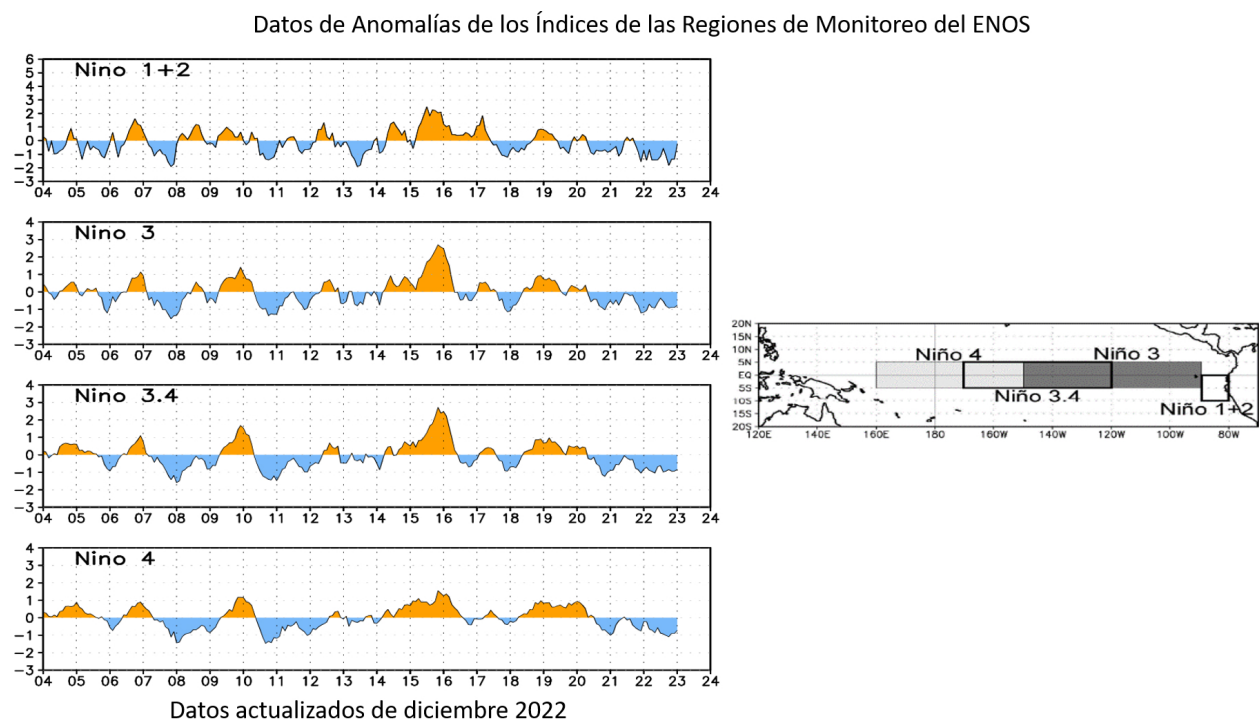


Figura 1.3: (Izquierda) series de tiempo de las anomalías ($^{\circ}\text{C}$) de la temperatura superficial del mar (TSM) actualizada hasta diciembre de 2022 en las regiones de monitoreo del fenómeno ENOS. (Derecha) regiones de monitoreo del fenómeno ENOS: Niño 1+2 (0° - 10° S, 90° - 80° O). Niño 3 (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). Anomalías calculadas respecto a la climatología 1991-2020. Información recuperada de Optimum Interpolated Sea Surface Temperature.

El calor oceánico almacenado se representa con la unidad de medida “Joule” y se obtienen midiendo la temperatura del mar en la columna de agua desde la superficie hasta los 700 metros de profundidad (zona representativa del comportamiento térmico, dinámico y químico del mar) esto integrado por el producto de la densidad del mar y la capacidad calorífica específica (J. Trevor et al., 2021).

La Figura 1.4 muestra el calor oceánico almacenado de 2005 a septiembre de 2022, donde se ha registrado año con año un aumento en la energía almacenada en el océano (datos medidos de 0 a 700 m de profundidad), esto debido al aumento en los gases de efecto invernadero, el océano almacena más calor del que puede disipar (J. Hansen et al., 2005).

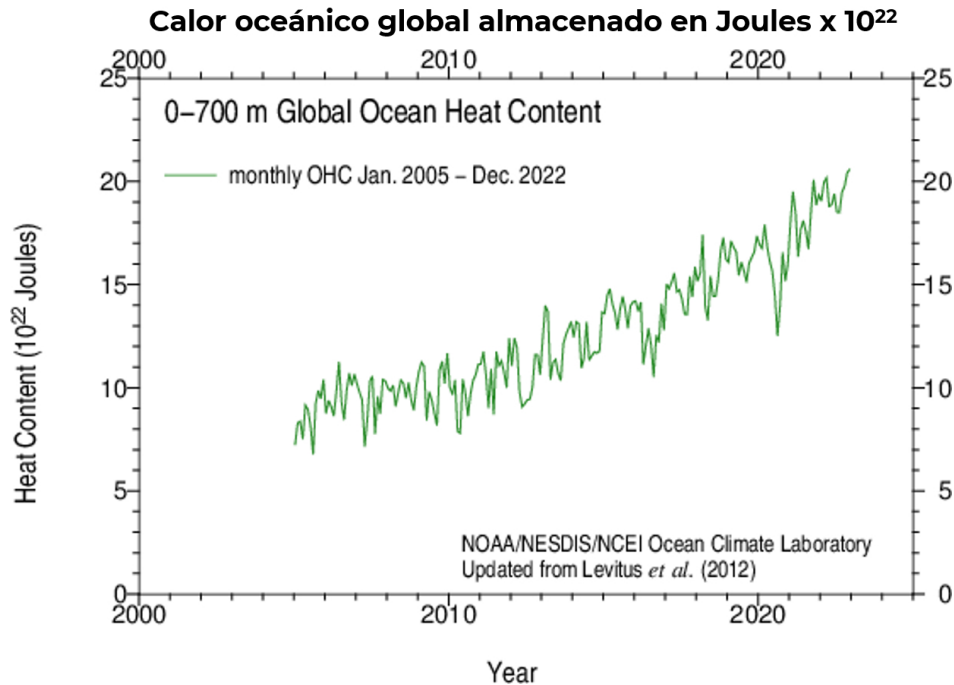


Figura 1.4: Calor oceánico global almacenado de 2005 a diciembre del 2022 en Joules $\times 10^{22}$. Recueprado de *Monthly Ocean Heat Content and Temperature Anomalies*.

El océano aumentó su nivel dramáticamente este año (comparado con datos de satélite desde 1993), llegando a registrar un aumento de 10 mm desde 2020, marcando así un nuevo record en el aumento del nivel del mar del 10% por arriba del promedio de 30 años de datos satelitales.

De enero 2021 a agosto 2022 el mar aumentó 5 mm, en la Figura 1.5 se observa que desde el 2012 a la fecha, la tasa de crecimiento en el nivel del mar (promedio de 3.4 mm/año) aumentó aproximadamente 0.12 mm por año (por arriba del promedio, 1993–2022), por otro lado, los últimos datos (*Satellite AltimetryData*) demuestran que desde 1993 hasta 2022 el nivel del mar en el mundo aumentó poco más de 11 cm (más de 100 mm) en total.

Este año los glaciares en el mundo se derritieron en gran medida. Groenlandia perdió masa glaciar por vigesimosexta vez y se observó lluvia por primera vez en un septiembre en lugar de nevadas en este país; también Suiza perdió volumen glaciar, el 6% entre 2021 y el 2022, reduciéndose así de 77 km^3 a 49 km^3 .

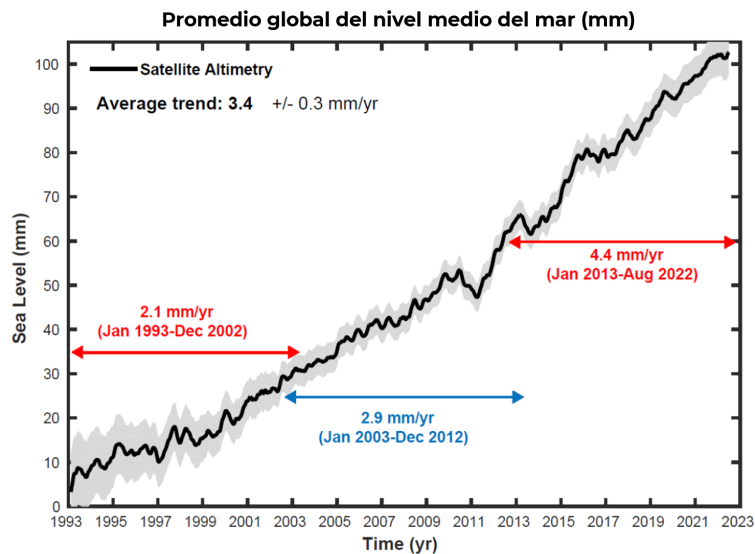


Figura 1.5: Nivel del mar en el mundo, datos de 1993 a 2022 y sus cambios en la tasa de crecimiento del nivel del mar. Recuperado de *Provisional State of the Climate*.

Todos los meses del 2022 el Ártico y el Antártico se ubicaron entre el segundo y quinto mes con menor cobertura de hielo, comparado con 44 años de registro de datos satelitales. Los gases de efecto invernadero representan un balance entre las emisiones por actividades humanas y las emisiones naturales del planeta.

El incremento en las partículas de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) son el detonante principal del cambio climático actual (desde la revolución industrial). Los últimos datos (Figura 1.6) indican que este año el CO_2 se mantuvo particularmente estable a lo registrado en 2019 y 2020 (sin embargo, aún se encuentra por arriba del promedio). El CH_4 aumentó dramáticamente de un promedio de 10 ppb (2007–2019) a 18 ppb (partes por billón) del 2020 al 2022.

El ENOS no es el único indicador y modulador del clima global, existen otro tipo de indicadores (oceánicos y atmosféricos) que permiten monitorear el estado del clima en regiones más pequeñas (América del Norte, México, etc). En el 2022 las perturbaciones o teleconexiones que tuvieron gran influencia en América del Norte fueron la [TNA](#), [TSA](#), [ATL3](#), [AO](#), [NAO](#), [PNA](#) y [PDO](#).

En verano y otoño fueron: TNA, TSA y ATL3 estas teleconexiones nos ayudan a conocer el estado de la temperatura del mar en la región ecuatorial del Atlántico, de esta manera podemos monitorear la ciclogénesis en esa región, en la Figura 1.7 se observa que la TNA se mantuvo con temperaturas por arriba del promedio; sin embargo, el índice TSA estuvo cercano al promedio por lo tanto, el análisis de la TNA-TSA arroja datos cercanos al promedio para el 2022, es por eso que, la actividad ciclónica en el Atlántico estuvo cercana al promedio.

Promedio global de la concentración de gases de efecto invernadero

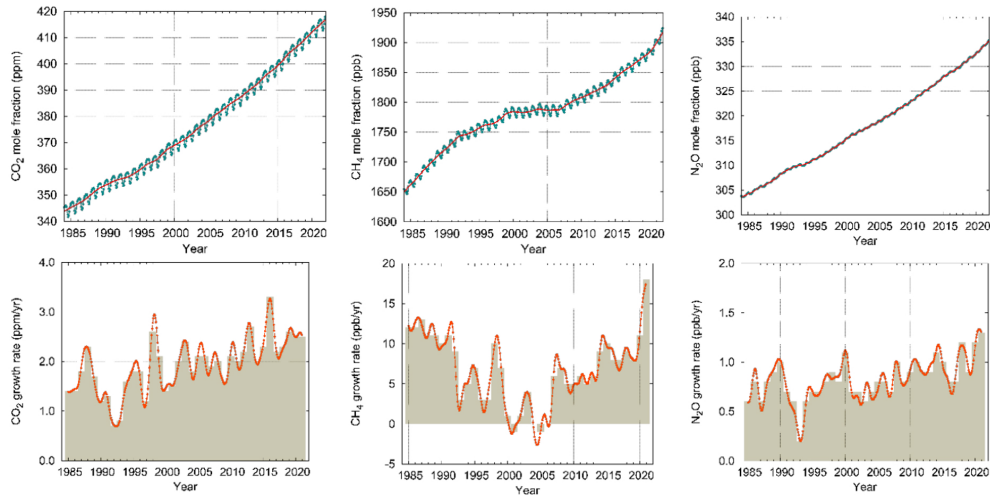


Figura 1.6: Promedio global de la concentración de los gases de efecto invernadero, (izquierda) CO₂, (centro) CH₄ y (derecha) N₂O en partes por billón. Recuperado de WMO Provisional State of the Global Climate 2022.

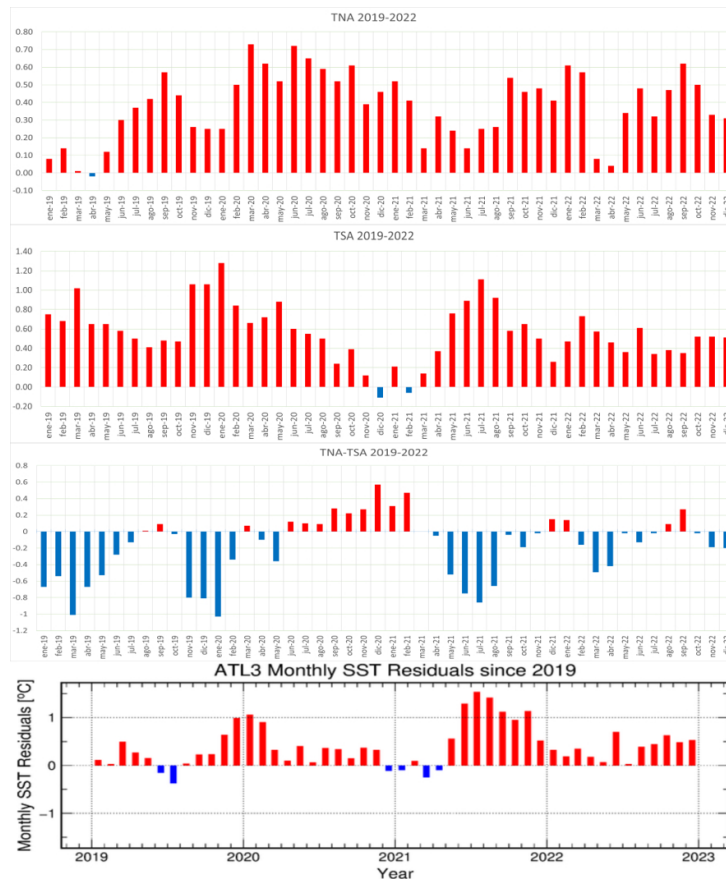


Figura 1.7: Series de tiempo de las anomalías (°C) de la temperatura superficial del mar del 2019 al 2022 (TSM) en las regiones de monitoreo de la TSM del Atlántico. Recuperado de noaa.gov/data/climateindices.

En invierno y primavera, la AO, NAO, PNA y PDO fueron los principales moduladores sinópticos del clima en Norteamérica (Figura 1.8).



Figura 1.8: Teleconexiones predominantes para América del Norte en 2022. Datos recuperados de noaa.gov/data/climateindices.

La Oscilación Madden Julian (MJO por sus siglas en inglés) es una perturbación de vientos, nubosidad y presión que regularmente se desplaza desde el oeste hacia el este, presenta una variabilidad intraestacional, es decir, tarda de 30 a 50 días en completar un ciclo, esta perturbación se asocia con el desarrollo convectivo y de tormentas en la región tropical.

El diagrama de la Figura 1.9 esta basado en el método estadístico de componentes principales y funciones empíricas ortogonales del viento zonal a 850 mb, a 200 mb y de la OLR. El movimiento en sentido contrario a las manecillas del reloj representa la propagación de la señal de esta oscilación hacia el este. Los colores de la línea sirven para diferenciar los meses. Mientras el movimiento sea más lejano al círculo central indica una señal más intensa, en cambio cuando se encuentra dentro del círculo central significa que no hay un patrón definido de la MJO, es decir, que se encuentra desorganizada.

La Oscilación de Madden Julian (Figura 1.9) muestra en sus resúmenes trimestrales para el 2022 su comportamiento de la siguiente manera:

En el trimestre enero–marzo presentó mayor intensidad en las fases 7, 8, 2 y 3; generando inhibición de la convección (disminución de lluvias) en regiones de Indonesia y Australia, por otro lado, favoreció la convección (aumentando la lluvia) al centro del Pacífico ecuatorial, América del Sur y algunas regiones de México. En el trimestre abril–junio se posicionó en fases 7, 8 y 1. El comportamiento predominante fue disminución de lluvias en Indonesia, India y regiones de China, favoreciendo la convección en México y América del Sur. De julio a septiembre la MJO estuvo primordialmente desorganizada, por lo

que no tuvo influencia en los patrones de lluvias y temperaturas, esto se asoció con la intensidad de la fase La Niña que, en gran medida desorganizó la MJO. En el trimestre octubre–diciembre predominaron las fases 5, 6 y 7, donde se inhibe la convección en regiones de América y favorece las precipitaciones en Indonesia, Japón, China y Australia.

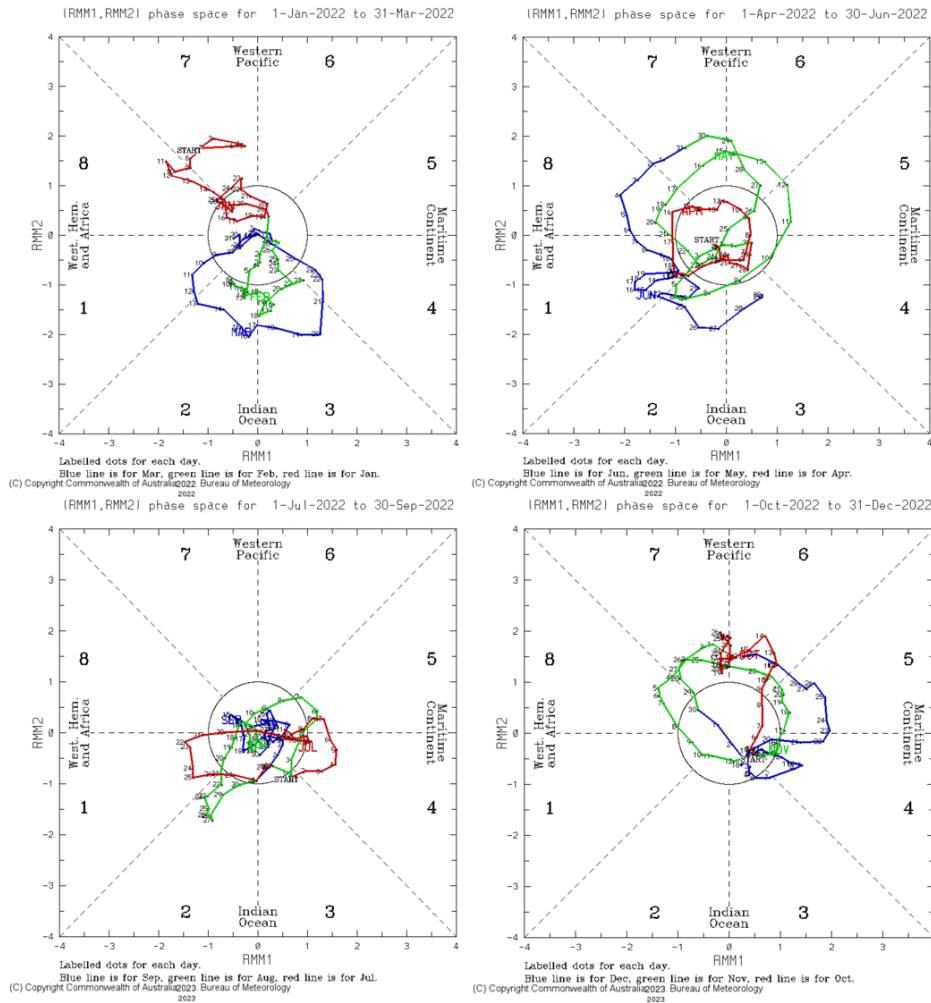


Figura 1.9: Diagrama de fases de la MJO de los 4 trimestres del 2022, (superior izquierdo) enero–marzo, (superior derecho) abril–junio, (inferior izquierdo) julio–septiembre, (inferior derecho) octubre–diciembre. Recuperado de bom.gov.au/climate/mjo.

2. Precipitación

En el año 2022 se acumularon un total 743.4 mm de lluvia a nivel nacional. El promedio anual de lluvia es de 747.6 mm, por lo tanto, con una mínima diferencia de 4.2 mm por debajo del promedio, este año se clasificó dentro de lo normal. En los mapas inferiores de la Figura 2.1 se muestra que aun cuando el valor a nivel nacional de lluvia fue muy similar a la climatología, las lluvias por arriba del promedio se concentraron en la Península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Tabasco, Campeche y porciones de Oaxaca y Chiapas.

De acuerdo a los registros, el estado que recibió la mayor cantidad de lluvia fue Tabasco; sin embargo, esta lluvia se ubicó dentro del promedio para ese estado, a diferencia de Baja California Sur en donde la lluvia acumulada en el año 2022 de 360.3 mm, fue casi el doble del promedio climatológico, 99.2% por arriba del promedio, el Anexo, Tabla 8.3 muestra la lámina de lluvia registrada para cada estado a lo largo del año.

En 2022 el máximo de lluvia acumulada fue reportado en la estación Jacatepec, del estado de Oaxaca con 5956.2 mm, el segundo de 5594.4 mm en la estación Juan de Grijalva y el tercer máximo fue en Sayula con 5567.6 mm ambas situadas en el estado de Chiapas.

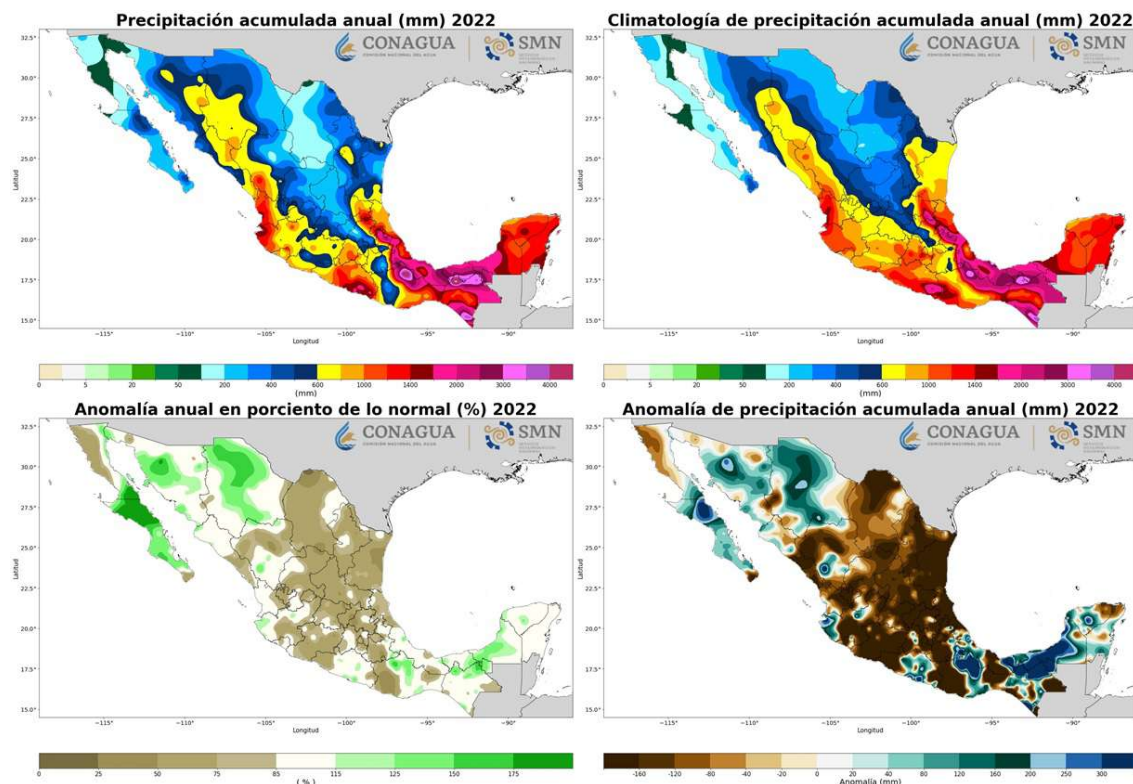


Figura 2.1: (Superior izquierda) lluvia observada en 2022. (Superior derecha) climatología 1991-2020. (Inferior izquierda) anomalía en por ciento del normal. (Inferior derecha) anomalía absoluta. Mapas elaborados con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En la Figura 2.2 se muestran las estadísticas anuales de las anomalías porcentuales de lluvia del periodo 1941-2022, 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 debajo de la línea central (cero) significa que la anomalía fue inferior al valor promedio, caso contrario cuando se encuentra por arriba.

El promedio de lluvia del año 2022 fue de 743.4 mm, la anomalía porcentual respecto a la climatología es de 0.6% por debajo del promedio, por tal motivo se considera un año dentro de lo normal como se muestra en la Figura 2.2. De acuerdo con los registros desde 1941, el año 1958 fue el más lluvioso con 997.8 mm a nivel nacional, lo que representa 33.5% por arriba de la climatología 1991-2020. De lado opuesto, en el año 1945 se registró una lluvia promedio anual de 638.8 mm, esto es 14.6% por debajo de lo normal.

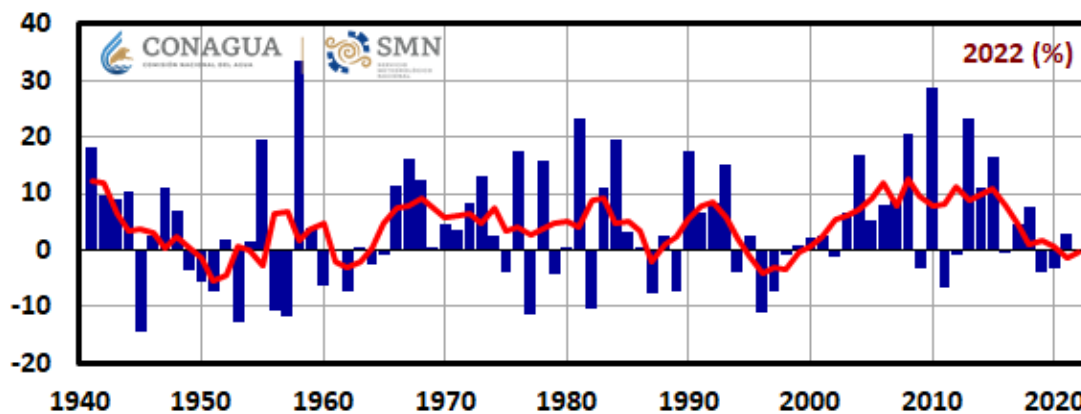


Figura 2.2: Anomalías de precipitación a nivel nacional anual (barras azules), media móvil de cinco años (línea roja)

En la Figura 2.3 se muestra la cantidad de lluvia mensual en el año 2022 comparada junto a su valor climatológico, en el primer trimestre (enero-marzo) la lluvia registrada a nivel nacional fue menor que el promedio, en abril llovieron 3.0 mm más, pero en mayo llovieron 10 mm menos que la climatología, recordando que la temporada de lluvias y ciclones tropicales inicia en este mes.

En junio los sistemas tropicales promovieron el aumento de las precipitaciones por lo que llovió 6.6 mm más que lo normal. En el mes de julio los sistemas de alta presión predominaron, además de que ningún ciclón tropical ingresó al país, por lo tanto, se ubicó como el décimo primer julio más seco desde 1941 con 16.8 mm menos que el promedio.

Como se observa en esta figura, de acuerdo a la climatología el mes más lluvioso es septiembre; sin embargo, en el 2022 agosto fue el mes más lluvioso con 171.5 mm, 39.2 mm mayor que el promedio de dicho mes. El monzón mexicano y las ondas tropicales fueron un factor importante que promovieron estas precipitaciones que permitieron a agosto

ubicarse como el décimo más lluvioso de los 82 agostos registrados.

En septiembre llovieron 154.9 mm a nivel nacional, 14.5 mm más que el promedio mensual. Los ciclones tropicales *Kery*, *Lester* y *Orlen* impactaron en las costas del Pacífico mexicano, lo que favoreció el ingreso de humedad. En el último trimestre del año las lluvias se mantuvieron por debajo del promedio.

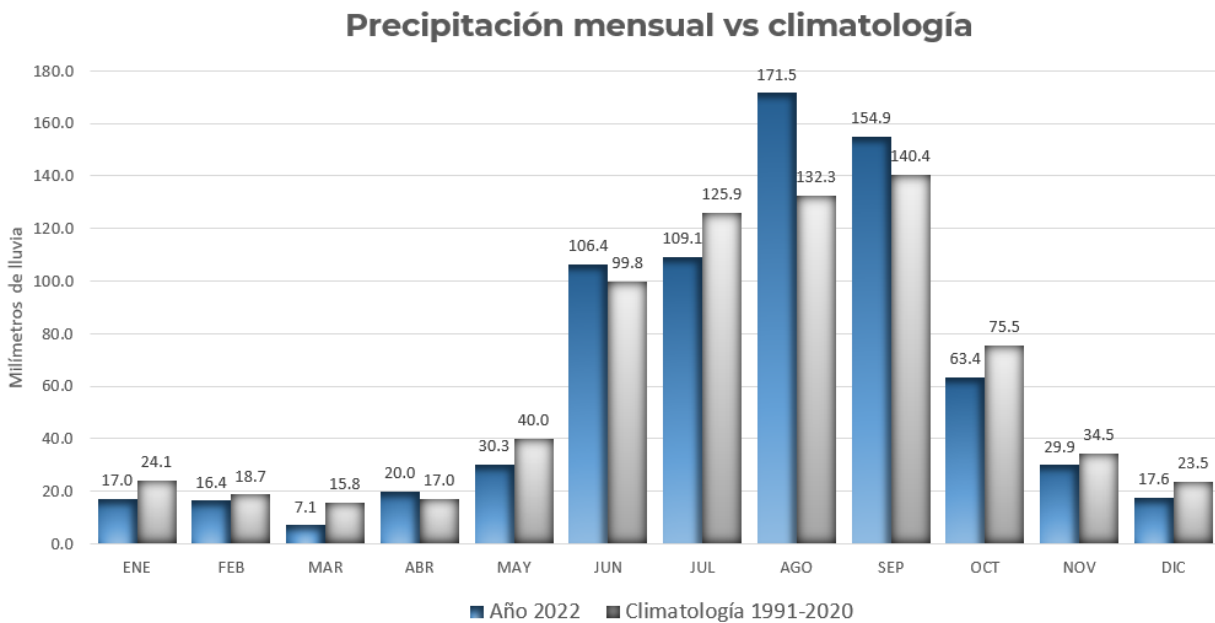


Figura 2.3: Lluvia acumulada mensual comparada con su climatología (1991-2020).

En la Figura 2.4 se muestran las láminas diarias de lluvias durante el año 2022 (barras azules), además del comportamiento acumulado (línea azul) respecto a la climatología acumulada (línea negra). Se puede observar que entre agosto y septiembre se registraron los mayores valores de lluvia diaria a nivel nacional, alcanzando un promedio a nivel nacional de 10.1 mm los días 30 de agosto y 5 de septiembre, esto significa que durante estos días, el país registró una mayor cobertura de regiones con lluvias (Figura 2.5). En contraste, los días más secos del año se registraron en marzo 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 apreciar (Figura 2.4) que del 1 de enero al 30 de agosto se mantuvo por debajo del promedio, la mayor diferencia se registró a finales de julio en donde la lluvia acumulada fue de 306.1 mm y el acumulado climatológico de 341.3 mm, esto es 35.2 mm por debajo del promedio.

Las lluvias durante agosto permitieron una rápida recuperación por lo que al 31 de agosto se registraron 477.6 mm, 4.0 mm más que la climatología. Como se puede observar, a partir del 1 de septiembre y hasta el 31 de diciembre los valores de lluvia y climatología

acumuladas mantuvieron un comportamiento muy similar, es por eso que el año 2022 se considera dentro de lo normal.

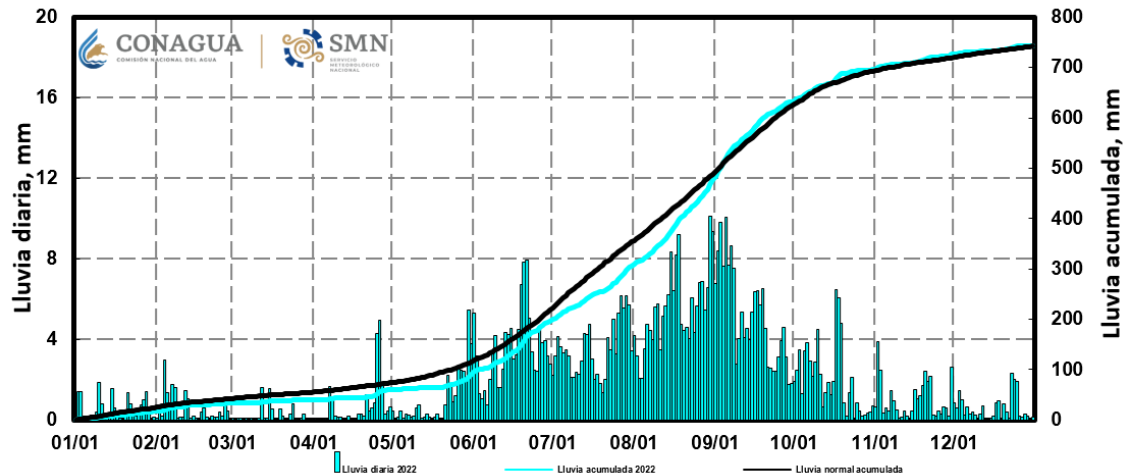


Figura 2.4: Laminas diarias de precipitación a nivel nacional (barras azules) del 1 de enero al 31 de diciembre y lluvia acumuladas para el mismo periodo (línea azul) comparado con el acumulado normal (línea oscura). Con información disponible en diciembre de 2022.

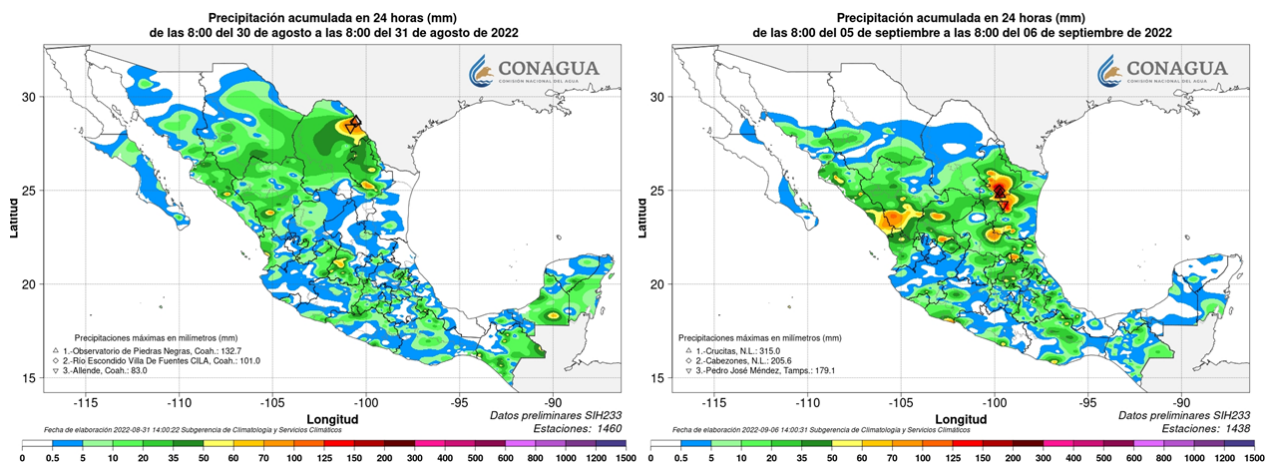


Figura 2.5: Precipitación observada el 30 de agosto y 5 de septiembre de 2022, días más lluviosos del año.

La lluvia máxima acumulada diaria se registró en Teapa, Tabasco con 462.0 mm, el día 17 de diciembre de 2022. El frente frío número 17 en combinación con un canal de baja presión y la entrada de humedad del Mar Caribe ocasionaron lluvias en el sureste de Tabasco, y norte de Chiapas. El segundo valor de acumulado máximo fue en Chiapas con 439.9 mm en la estación Chapultenango el 22 de noviembre, esta cantidad de lluvia fue ocasionada por la interacción del frente frío número 10 y canales de baja presión, en la Tabla 2.1 se muestran los máximos acumulados de lluvia para cada estado.

Tabla 2.1: Lluvias máximas diarias por estado en el 2022.

Edo.	Prec. (mm)	Lugar	Día	Edo.	Prec. (mm)	Lugar	Día
AGS	75.0	Sandoval	04/09/2022	MOR	119.5	Tequesquitengo	07/09/2022
BC	88.2	Observatorio de San Felipe*	08/09/2022	NAY	133.5	Acaponeta	23/10/2022
BCS	383.0	Guadalupe	07/09/2022	NL	315.0	Crucitas	05/09/2022
CAMP	214.0	Palizada	19/10/2022	OAX	426.9	Tonameca	30/05/2022
CHIH	136.0	Majalca	24/08/2022	PUE	172.0	Cuetzalan del Progreso	10/01/2022
CHIS	439.9	Chapultenango*	22/11/2022	QRO	67.0	El Batán	05/10/2022
COAH	160.0	Ciudad Acuña	04/05/2022	QROO	213.0	Cozumel	25/12/2022
COL	185.4	Cerro de Ortega	10/09/2022	SIN	160.0	Andrew Weiss	19/09/2022
CDMX	77.0	Avenida Cien Metros	06/05/2022	SLP	165.0	Santa Rosa	15/08/2022
DGO	108.5	El Salto	05/09/2022	SON	146.2	Ejido 21 de Marzo+++	27/08/2022
GRO	200.0	Laguna de Coyuca	15/06/2022	TAB	462.0	Teapa	17/12/2022
GTO	94.0	Ameche	07/09/2022	TAMS	179.1	Pedro José Méndez	05/09/2022
HGO	128.0	Huejutla	09/01/2022	TLAX	70.7	Observatorio de Tlaxcala	06/09/2022
JAL	158.0	Guadalajara Centro	13/06/2022	VER	289.0	Planta de Bombeo 2 de La Cangrejera	10/10/2022
MEX	72.0	Dos Ríos	21/06/2022	YUC	189.0	Dzilam*	18/08/2022
MICH	129.0	José María Morelos y Pavón	18/09/2022	ZAC	115.0	Río Grande	26/04/2022

Nota. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, ****Automática SEMAR, +Automática CILA, ++Automática SACMEX, +++REMEX, (+) Automática UNAM.

En la Figura 2.6 se muestra la clasificación a nivel estatal de acuerdo a la cantidad de lluvia acumulada de enero a diciembre de 2022, comparada con cada año desde 1941. Se puede observar que seis estados de la República Mexicana se clasificaron dentro de los más húmedos, de ellos Baja California Sur registró su tercer año más húmedo desde 1941, Colima el noveno, Morelos y Sonora registraron su décimo año más lluvioso, en tanto que once estados tuvieron lluvias dentro de lo normal. Por el contrario, San Luis Potosí registró su año más seco, Tlaxcala y Puebla su segundo año más seco e Hidalgo registró tercer año más seco.

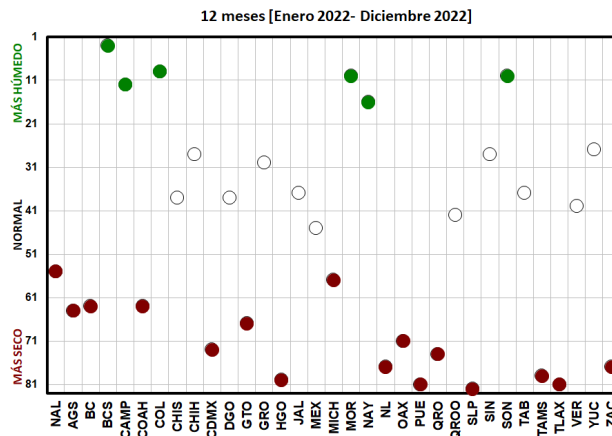


Figura 2.6: Clasificación de lluvia por estado en el año 2022.

2.1. Temporada de lluvias

Generalmente 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 lluvia a nivel regional y hacen difiere cada temporada.

Para identificar el comportamiento de la temporada de lluvia en México durante el 2022, se hizo 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 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 ayudar en 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 2.7. Cabe mencionar que en dicha figura se muestra un punto de la malla en particular, es decir que no todo el país 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 2022 se hizo un procedimiento 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.

Anomalía climatológica de Lluvia Acumulada C(d)

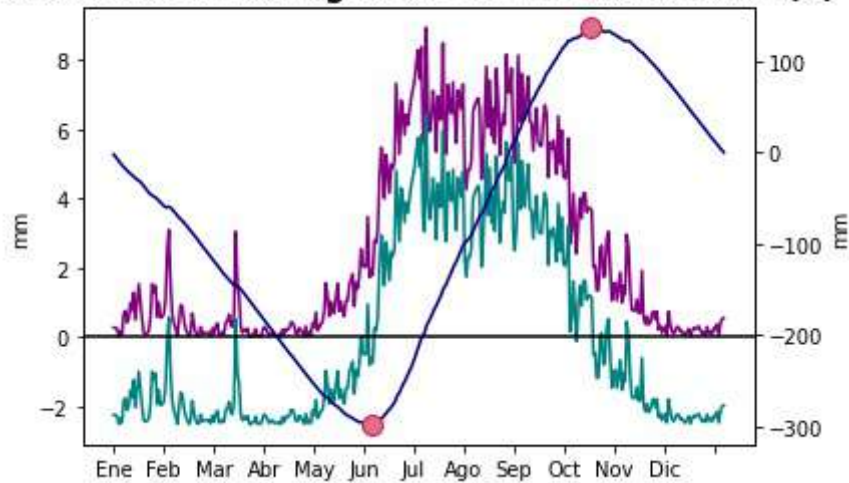


Figura 2.7: Ejemplo de la anomalía climatológica de lluvia diaria acumulada para un punto de malla. Los puntos indican el inicio (mínimo) y final (máximo) de la temporada de lluvia climatológica. La línea morada indica la climatología diaria de precipitación, la línea verde indica la anomalía de precipitación 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 2.8 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 noroeste del país, específicamente al norte de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas alrededor de la segunda semana de abril. Conforme el año avanza, inician las lluvias en 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, en comparación del resto del territorio nacional donde domina un régimen de lluvias de verano.

A la derecha de la Figura 2.8, se muestra el comportamiento del inicio de las lluvias durante el 2022. Se puede observar que hubo un retraso importante en el noreste del país, principalmente en Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí, en donde el inicio de lluvias ocurrió aproximadamente en agosto. En contraste, en algunas porciones de Campeche, así como en el noroeste, la temporada de lluvias inicio alrededor de 15 días antes de lo que usualmente inicia, esto está relacionado con un Monzón de Norteamérica bastante activo en el caso de la región noroeste.

Cabe mencionar que las regiones que se muestran cubiertas en color gris indican que no se observó un patrón característico de temporada de lluvia, es decir que las lluvias se retrasaron demasiado o no fueron suficientes para marcar un inicio de la temporada de lluvia en la región, como se puede observar en porciones de Baja California Coahuila, Tamaulipas y Oaxaca.

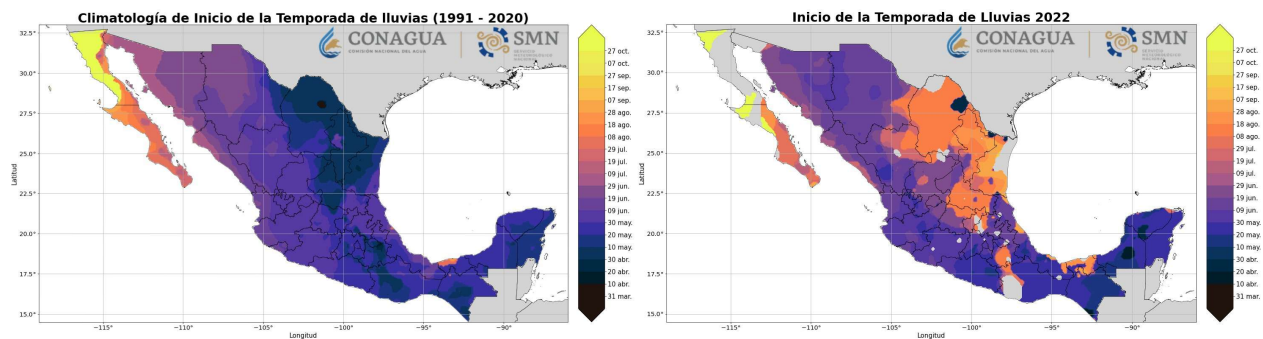


Figura 2.8: (Izquierda) climatología (1991-2020) del inicio de la temporada de lluvias. (Derecha) inicio de la temporada de lluvias en el año 2022 a nivel nacional.

En cuanto al final climatológico de la temporada de lluvia, éste se observa a la izquierda de la Figura 2.9. Se nota que la precipitación termina primero en el noroeste y luego se desplaza hacia el sureste. En general, la mayor parte del país termina su temporada de lluvias entre septiembre y noviembre, siendo el más alejado en los alrededores del Istmo de Tehuantepec donde climatológicamente llueve todo el año.

Para el 2022 (Figura 2.9, derecha) la temporada de lluvias terminó antes de lo normal en Baja California Sur, en la región centro, norte del país y a lo largo de los estados de la vertiente del Golfo de México, probablemente debido a la falta de actividad ciclónica. En contraste, en el noroeste, la temporada de lluvias terminó al menos una quincena después de lo que normalmente termina, por lo cual se consideró que el Monzón de Norteamérica de este año fue bastante activo. Finalmente, en los alrededores el Istmo de Tehuantepec la temporada de lluvias se extendió cerca de treinta días.

Finalmente, el caso de la Figura 2.10, se muestra la duración promedio de la temporada de lluvias, como se puede observar, la temporada suele durar menos en el noroeste,

que tiene sentido al ser la última región en donde empiezan las lluvias a nivel nacional y la primera en donde terminan. La temporada de lluvias dura aproximadamente 150 días en la mayor parte del país, y es hacia la Península de Yucatán en donde la temporada de lluvias suele durar mayor tiempo.

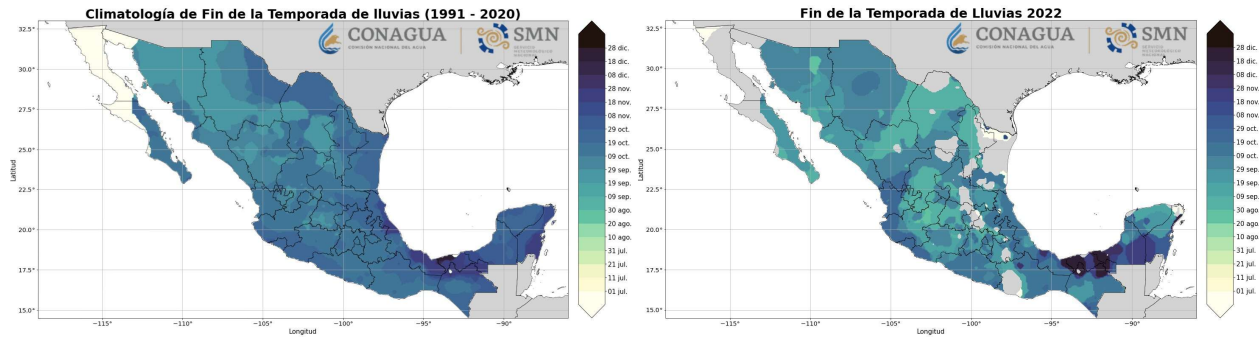


Figura 2.9: (Izquierda) Climatología (1991-2020) del final de la temporada de lluvias. (Derecha) final de la temporada de lluvias en el año 2022 a nivel nacional.

Como la Figura 2.10 muestra, la temporada de lluvias duró considerablemente menos de lo normal en el noreste, Baja California, el centro y porciones de la Península de Yucatán. En algunas de estas regiones, la temporada de lluvias duró hasta 90 días menos de lo normal. En contraste, en el noroeste, partes de Nayarit, Jalisco, Durango y en los alrededores del Istmo de Tehuantepec, la temporada de lluvias duró hasta 30 días más de lo normal.

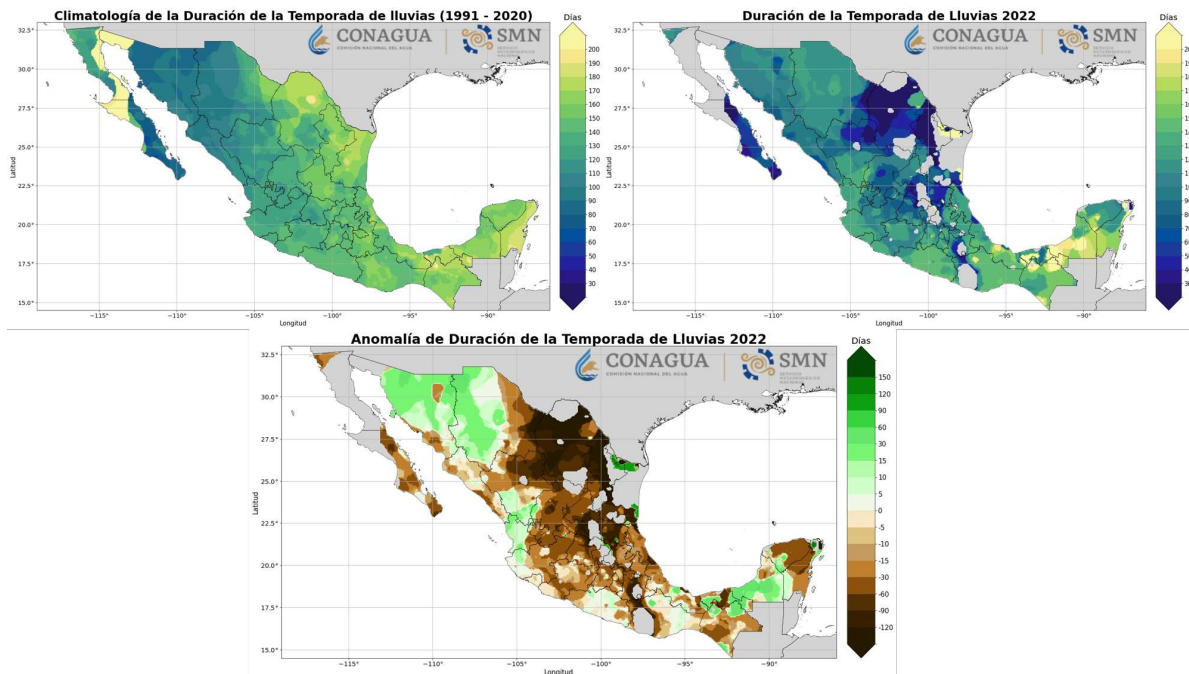


Figura 2.10: (Izquierda) Climatología (1981-2010) de la duración de la temporada de lluvias. (Derecha) duración de la temporada de lluvias en el año 2022 a nivel nacional. (Inferior) Anomalía de la duración de la temporada de lluvias 2022.

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 regiones que presentaron condiciones más húmedas de lo normal fueron Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, parte de Jalisco, norte de Oaxaca y una parte de la Península de Yucatán, estos acumulados se debieron principalmente a la actividad del Monzón de Norteamérica, y la actividad ciclónica en la cuenca del Pacífico y en menor medida a la actividad del Atlántico cercano a las costas nacionales.

No obstante, en general se presentó un déficit de precipitación en la mayor parte del país, principalmente al noreste y en la costa norte del Golfo de México en donde la influencia de ciclones tropicales fue prácticamente nula.

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, 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 cuando en la serie de tiempo de las pentadas de precipitación 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:

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

Posterior a esto es cuando se observa el régimen de canícula, teniendo una precipitación promedio menor que el período 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:

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

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 período canicular, que climatológicamente puede ocurrir en el mes de julio.

La canícula finaliza, climatológicamente en el último tercio del mes de agosto (Figura 2.11); 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, comúnmente el mes el más lluvioso del año.

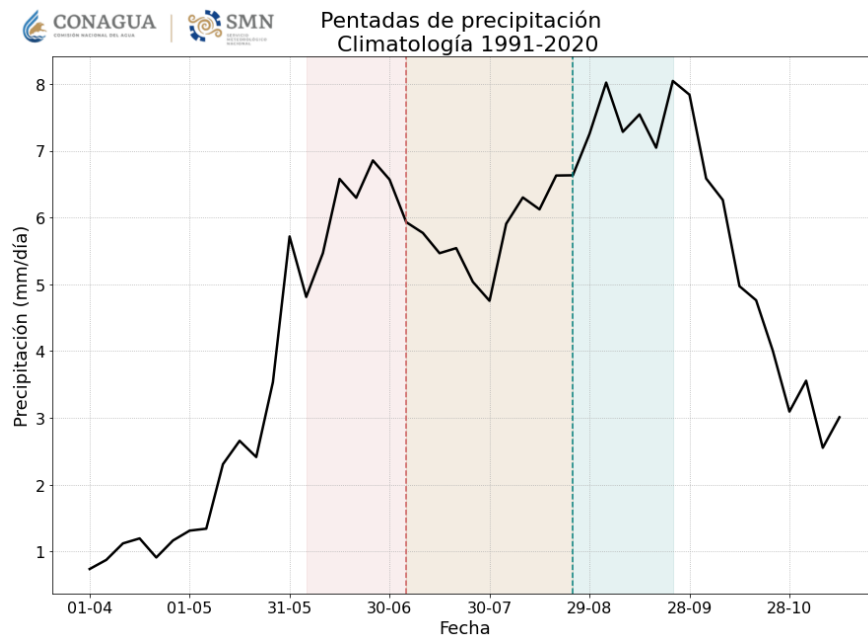


Figura 2.11: Pentadas de precipitación (mm/día) de la climatología 1991–2020 promediadas en los estados donde se presenta la canícula. Resaltado en rojo se ubica el primer período pico, en café el período canicular y en azul el segundo período pico.

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 2022, se realizó el siguiente análisis.

Durante la temporada de lluvias de 2022 se obtuvo un promedio de precipitación cada cinco días, o pentadas dentro de dicha serie temporal se hallaron los puntos de máxima pendiente, es decir donde hubo el cambio más intenso. Primero de derecha a izquierda para encontrar la fecha de inicio del período canicular, y después de izquierda a derecha para localizar la fecha del fin de dicho periodo. Por lo tanto, se ha podido determinar que para la temporada 2022 la canícula dio inició en la pentada del 25 de junio y finalizó en la pentada del 19 de agosto, es decir que tuvo una duración de 11 pentadas o 55 días (Figura 2.12).

El primer período pico ocurrió 6 pentadas atrás de la fecha de inicio de canícula, es decir, el inicio de la temporada de lluvias de 2022 ocurrió entre el 26 de mayo y 25 de junio para la mayor parte del país; mientras que el segundo período pico de lluvias se situó 6 pentadas después del fin de la canícula; por lo cual, el fin de la temporada 2022 se localizó entre el 19 de agosto y el 18 de septiembre para la mayor parte del país.

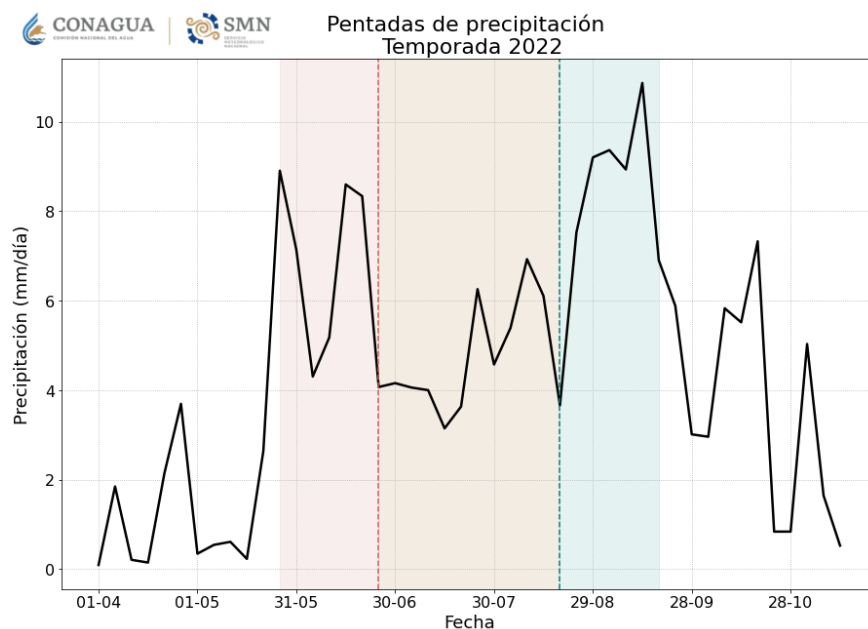


Figura 2.12: Pentadas de precipitación (mm/día) de la temporada de lluvia 2022 promediadas en los estados donde se presenta la canícula. Resaltado en rojo se ubica el primer período pico, en café el período canicular y en azul el segundo período pico.

Al promediar ambos períodos de pico máximo de lluvias y compararlos con el período canicular, es posible identificar las regiones donde la canícula se ha presentado con mayor intensidad. En el año 2022 los estados de Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Veracruz y el sur de Guerrero tuvieron más de 6 mm/día de diferencia entre el período de canícula y los periodos pico de la temporada de lluvias 2022 (Figura 2.13). A pesar de que la temporada de huracanes 2022 fue activa, sobre todo en la cuenca del Pacífico, los sistemas que

impactaron en la región no fueron suficientes como para contrarrestar los efectos de la canícula. Sin embargo, durante julio y agosto se registraron un total de 9 ondas tropicales en cada mes, las cuales aportaron suficiente humedad para contrarrestar los impactos de la canícula en los estados de Michoacán, Colima y Jalisco, incluso registrando mayor cantidad de precipitación durante el período canicular que durante los periodos pico de precipitación.

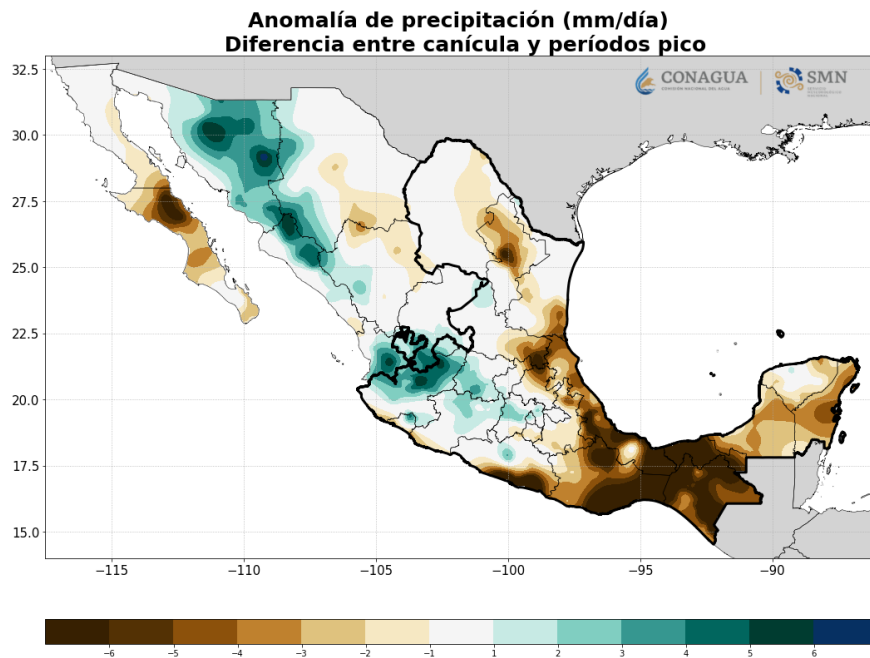


Figura 2.13: Anomalías de precipitación (mm/día) de la diferencia entre el periodo canicular y los períodos pico de precipitación de la temporada 2022.

3. Ciclones tropicales

La temporada de ciclones tropicales inicia estadísticamente el 15 de mayo en la cuenca del océano Pacífico y el 1° de junio en la cuenca del océano Atlántico, para ambas cuencas termina el 30 de noviembre. En el año 2022 el primer ciclón tropical en el Pacífico fue el huracán *Agatha*, el cual se formó el 28 de mayo; por otro lado, el último fue el huracán *Roslyn* el cual se disipó el 23 de octubre. En el Atlántico, el primer ciclón fue la tormenta tropical *Alex* el 5 de junio y el último, *Nicole* que se disipó el 11 de noviembre.

En la temporada de ciclones tropicales de 2022 se desarrollaron 31 sistemas (17 en el Pacífico y 14 en el Atlántico) de los cuales 13 fueron tormentas tropicales, 12 huracanes de categoría 1 o 2 en la escala Saffir-Simpson y 6 huracanes mayores; es decir, de categoría 3 o 4 (Figura 3.1 y Figura 3.2). Esta temporada ningún huracán alcanzó la categoría 5.

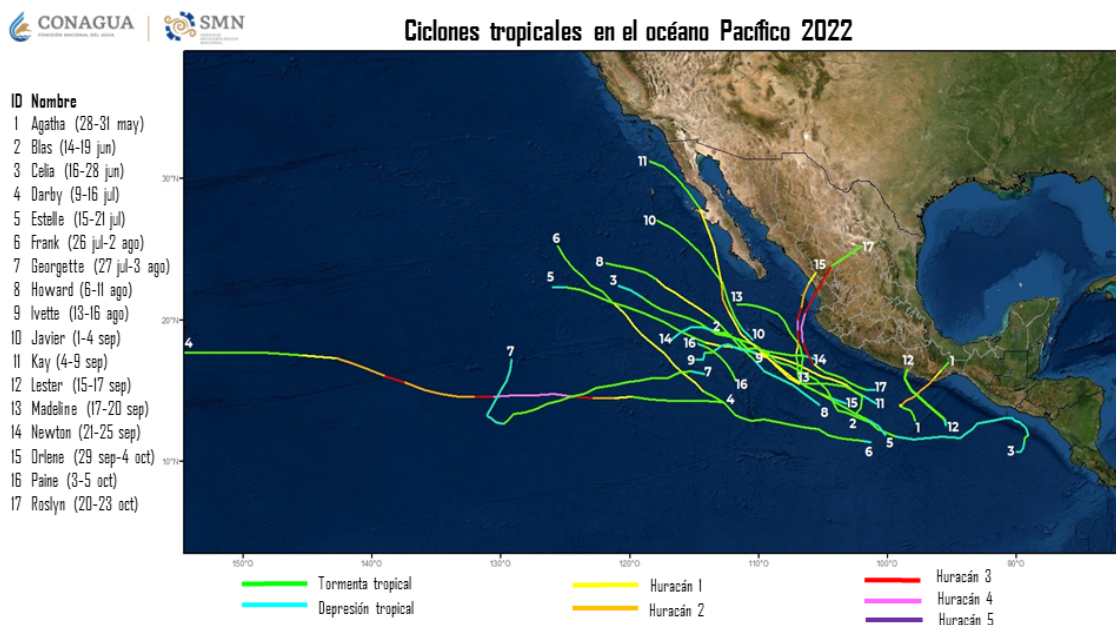


Figura 3.1: Ciclones tropicales formados en la cuenca del Pacífico en la temporada 2022. Datos de trayectorias recuperados de www.nhc.noaa.gov/gis.

La fecha de inicio de *Alex* rompió con la tendencia de los últimos 7 años (2015-2021), en los que, la temporada ciclónica en el Atlántico inició de manera anticipada. Por otro lado, durante el mes de agosto no se formaron ciclones tropicales, situación que sólo había ocurrido en 1961 y 1997. Así mismo, el periodo del 4 de julio al 31 de agosto, es decir 59 días consecutivos, no hubo formación de ciclones en esta cuenca. Por otro lado, los huracanes *Bonnie* y *Julia* que se formaron en el Atlántico cruzaron hacia el Pacífico (Figura 3.2), la última ocasión en que dos ciclones tropicales cruzaron del Atlántico al Pacífico en una temporada fue en 1996 con *Cesar* y *Dolly*. En general, la temporada de ciclones tropicales de 2022 concluyó como la 19° más activa, considerando información desde 1950.

Ciclones tropicales en el océano Atlántico 2022

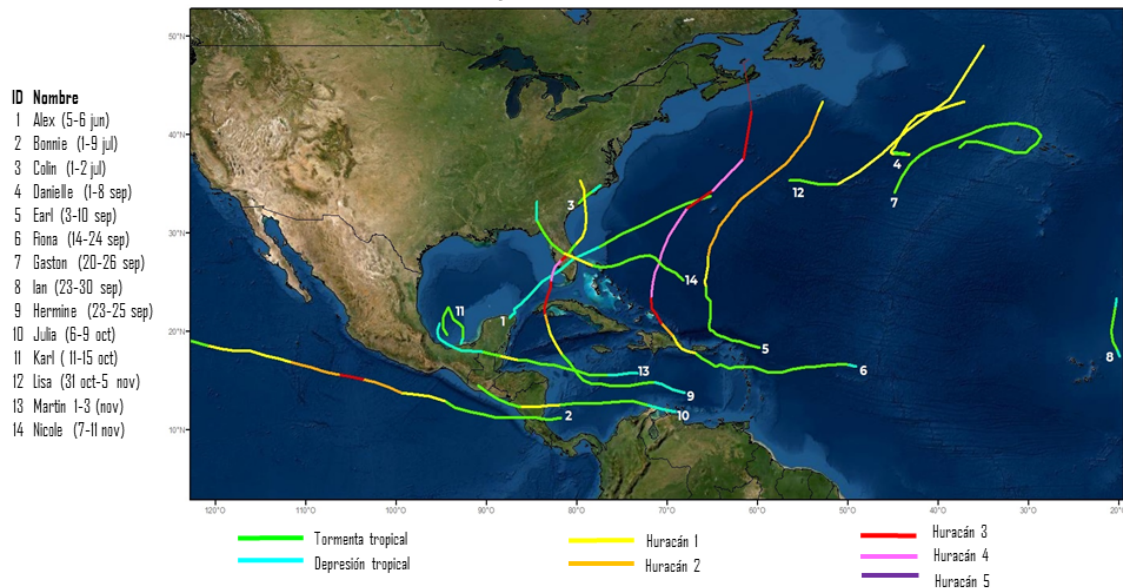


Figura 3.2: Ciclones tropicales formados en la cuenca del Atlántico en la temporada 2022. Datos de trayectorias recuperados de www.nhc.noaa.gov/gis

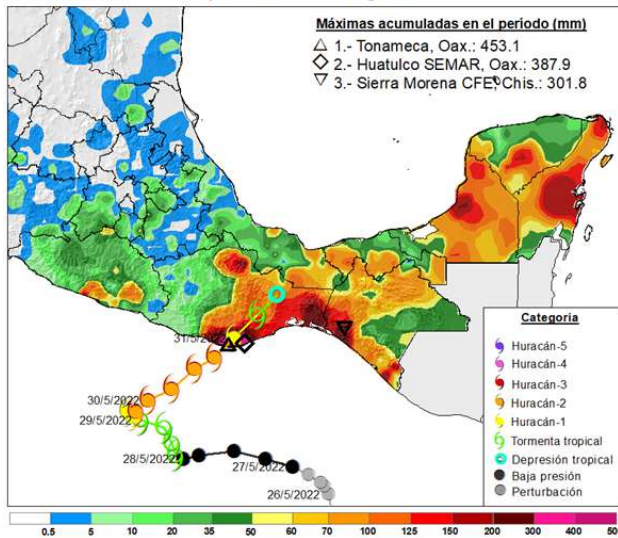
En México, 9 ciclones tropicales tuvieron efectos importantes en el país. Siete impactaron directamente al país; 5 ingresaron a tierra en costas del Pacífico; mientras que una tormenta tropical y un huracán impactaron en el sureste y la Península de Yucatán. Por otro lado, dos ciclones que no ingresaron al país causaron lluvias de consideración; uno se aproximó por el Pacífico y otro el en Golfo de México.

La presencia de los 9 ciclones contribuyó a disminuir las condiciones de sequía, principalmente en la región del Pacífico y el noroeste del país. Antes del inicio de la temporada de lluvias y ciclones tropicales (15 de mayo al 30 de noviembre), el 56.17 por ciento (%) del territorio nacional tenía sequía de moderada a excepcional. Gracias a las lluvias de los ciclones tropicales y el monzón mexicano, esta cifra se redujo al 9.72% al termino de la temporada. A continuación, se presenta un resumen de cada ciclón con incidencia en el país durante la temporada 2022.

Mayo

El primer ciclón que impactó al país fue el huracán *Agatha* el 30 de mayo cerca de San Pedro Pochutla, Oaxaca, con vientos máximos de 165 km/h. Esta intensidad de viento lo hace ser el más intenso que haya impactado a Oaxaca durante un mes de mayo, además es el primer huracán de categoría 2 en ingresar al país en el mes del inicio de la temporada de ciclones tropicales en el Pacífico, de acuerdo con la información disponible desde 1950. Del 27 al 31 de mayo, *Agatha* dejó un acumulado de lluvias de 453.1 milímetros (mm) en la estación Tonameca, del municipio de Santa María Tonameca, Oaxaca (Figura 3.3).

Precipitación acumulada (mm) del 27 al 31 de mayo de 2022 por el huracán Agatha



GOES-16 GEOCOLOR COLOR 30-May-2022 20:00:20 UTC (CDMX 15:00 Hrs.)

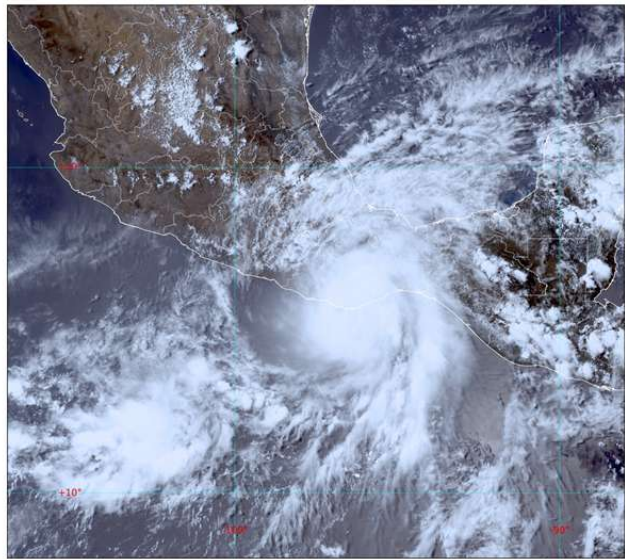


Figura 3.3: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Agatha. (Derecha) imagen satelital del huracán Agatha.

Junio

El 2 de junio, *Alex* en sus inicios como depresión tropical se formó sobre Quintana Roo a 120 km al noroeste de Cozumel, con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, dejó acumulados de lluvias de 157.4 mm en Puerto Juárez y 104.3 mm en Cancún, localidades de Quintana Roo, y 111.0 mm en Tantaquín, Yucatán (Figura 3.4).

Precipitación acumulada (mm) del 01 al 03 de junio de 2022 por la tormenta tropical Alex

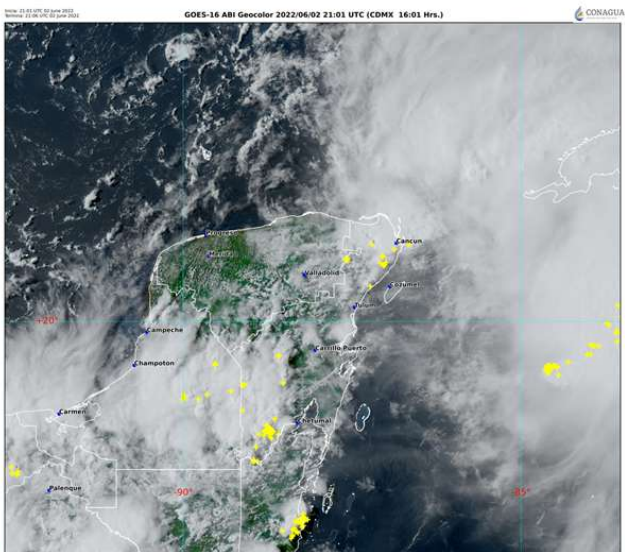
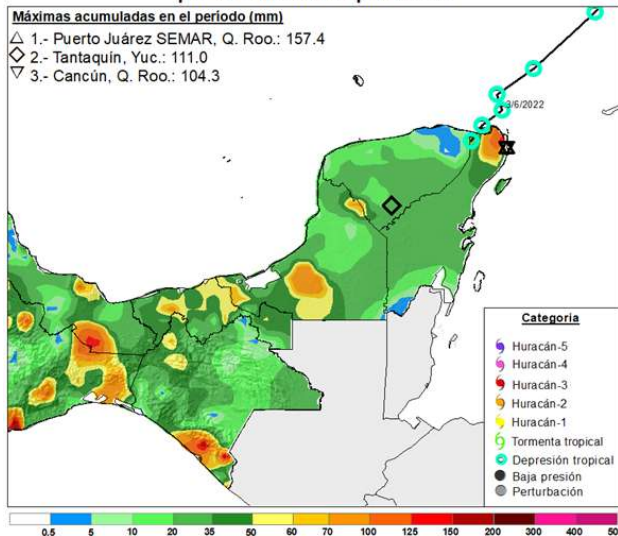


Figura 3.4: (Izquierda) lluvias asociadas a Alex. (Derecha) imagen satelital de la tormenta tropical Alex en sus inicios como depresión tropical.

El huracán *Blas* de categoría 1 no ingresó al país, sin embargo, su trayectoria cercana a las costas del Pacífico entre el 14 y 17 de junio provocó 320 mm de lluvia en la estación Laguna de Coyuca, 202.0 mm en la estación kilómetro 21 y 201.2 mm en el Observatorio de Acapulco, todas ellas localizadas en el estado de Guerrero. A demás, su amplia nubosidad y lento desplazamiento provocaron tiempo inestable y lloviznas entre 10 y 50 mm sobre Michoacán, Colima y Jalisco (Figura 3.5).

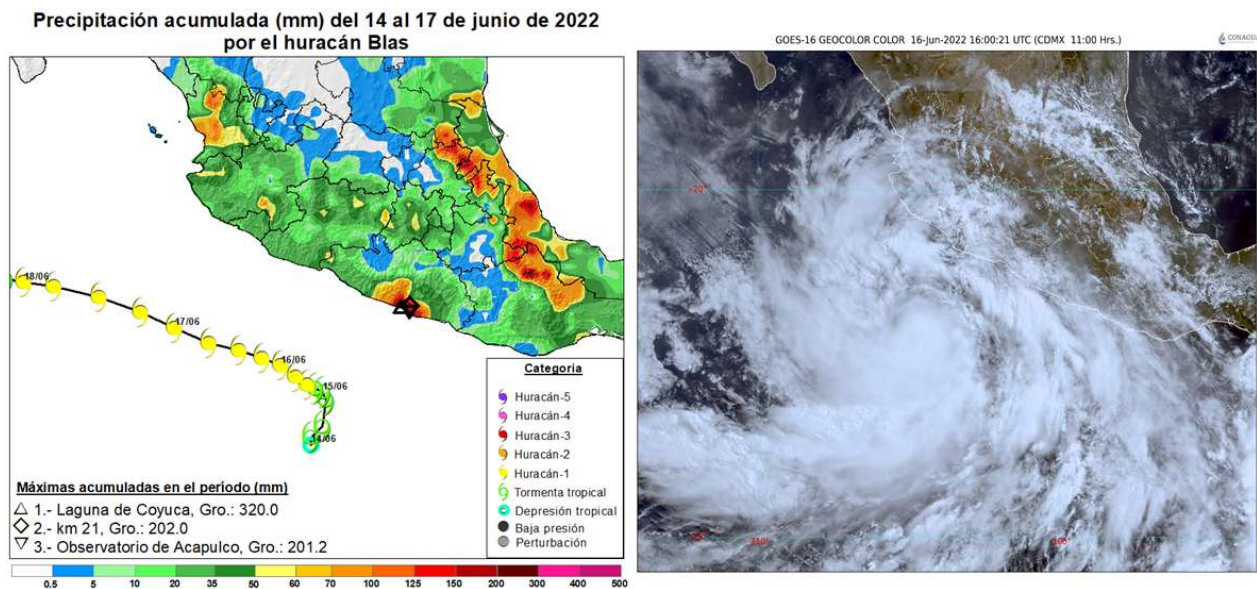


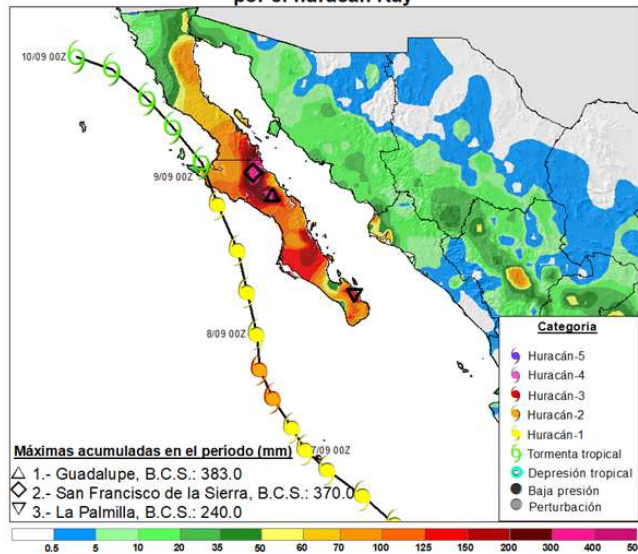
Figura 3.5: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Blas. (Derecha) imagen satelital del huracán Blas.

Septiembre

El huracán *Kay* se desplazó paralelo a las costas de Baja California Sur, en dirección noreste e ingresó a tierra el 8 de septiembre a las 16:00 horas en las cercanías de Bahía Asunción, Baja California Sur, como huracán de categoría 1. Posteriormente emergió al océano, pero su trayectoria continuó muy cercana a las costas de Baja California hasta su disipación. Durante el periodo del 6 al 9 de septiembre, se registró un acumulado de lluvias de 383.0 mm en la estación Guadalupe, Baja California Sur. Así mismo, las bandas nubosas cubrieron porciones de Sonora y Sinaloa en el mismo periodo (Figura 3.6).

La tormenta tropical *Lester* fue un ciclón de corta duración. En tan solo dos días pasó de ser la depresión tropical DT13-E a tormenta tropical y se disipó el mismo día que impactó al país, aproximadamente a las 12:00 horas del 17 de septiembre. Su centro como depresión tropical tocó tierra al sureste de la población de Punta Maldonado, Guerrero. *Lester* dejó un acumulado de lluvias de 363.5 mm del 15 al 17 de septiembre en la estación Coyuca de Benítez en el estado de Guerrero (Figura 3.7).

Precipitación acumulada (mm) del 06 al 09 de septiembre de 2022 por el huracán Kay



GOES-17 ABI COMPOSITE RGB 08-Sep-2022 18:00:32 UTC (CDMX 13:00 Hrs.)

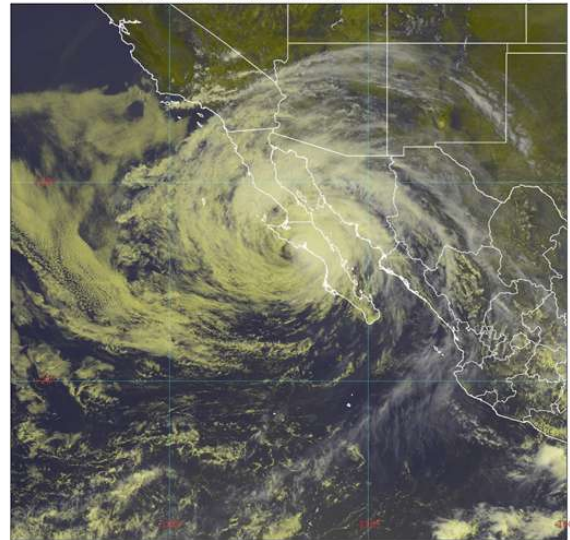
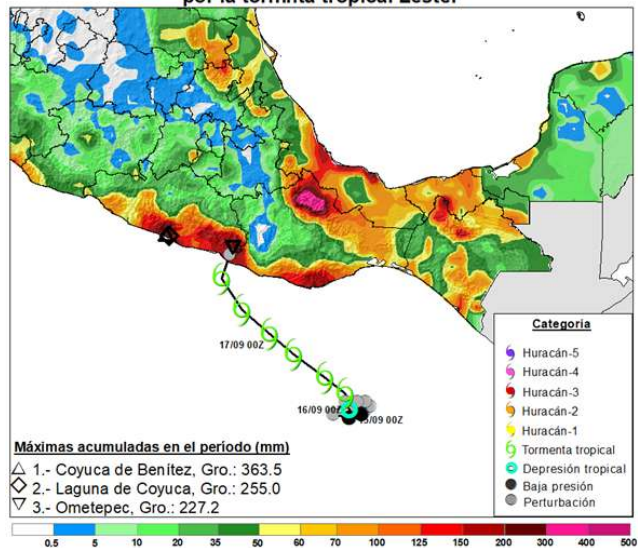


Figura 3.6: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Kay. (Derecha) imagen satelital del huracán Kay.

Precipitación acumulada (mm) del 15 al 17 de septiembre de 2022 por la tormenta tropical Lester



GOES-16 GEOCOLOR COLOR 17-Sep-2022 15:00:20 UTC (CDMX 10:00 Hrs.)

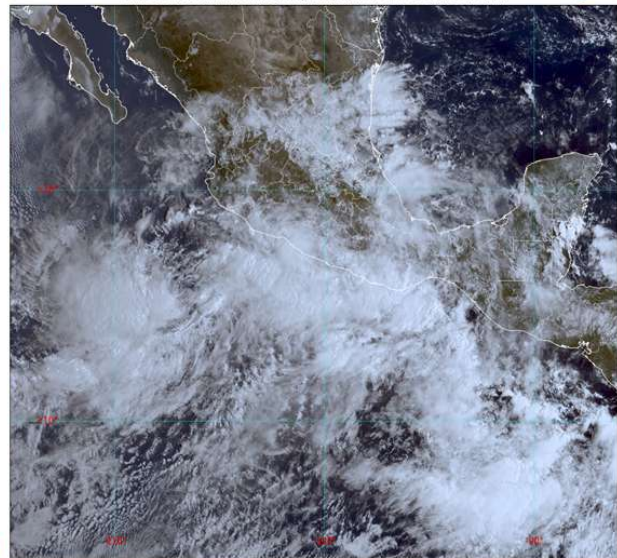


Figura 3.7: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Lester. (Derecha) imagen satelital del huracán Lester.

Octubre

A finales de septiembre se formó *Orlene* sobre el océano Pacífico, este ciclón tropical que alcanzó la categoría de huracán 4, en la escala Saffir-Simpson, ingresó a tierra en la población de El Roblito, Sinaloa el 3 de octubre, a las 8:45 horas, como huracán de categoría

1. Su trayectoria cercana a las costas de Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa aportó lluvias que alcanzaron los 193.8 mm en Cihuatlán, Jalisco y 164.7 mm en La Estancia, Nayarit, durante el periodo del 1 al 3 de octubre Figura 3.8.

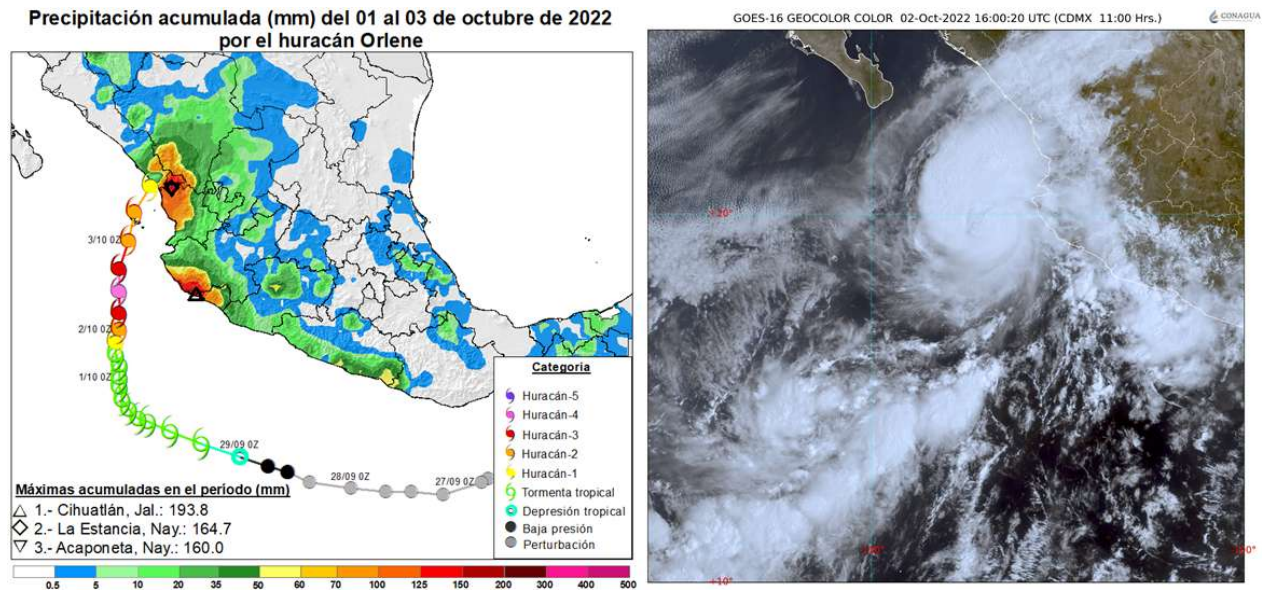


Figura 3.8: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Orlene. (Derecha) imagen satelital del huracán Orlene.

La tormenta tropical *Karl* en su desplazamiento errático sobre el Golfo de México, del 11 al 15 de octubre, causó lluvias acumuladas de 393.7 mm en Camoapa, Tabasco; 353.8 mm en Chapultenango y 347.4 mm en Río de Janeiro, localidades del estado de Chiapas (Figura 3.9).

Karl no impactó directamente, pero su cercanía a las costas en interacción con un canal de baja presión sobre la vertiente del Golfo de México y otro al sur de Oaxaca cubrieron de nubosidad los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, el norte de Oaxaca y Chiapas, ocasionando descenso de temperaturas, lluvias y oleaje elevado.

Por otro lado, *Roslyn* fue el tercer huracán mayor (categoría 4) formado en el océano Pacífico durante la temporada 2022, tuvo una trayectoria similar a *Orlene*, dejando lluvias en Colima, Jalisco, Nayarit y porciones de Sinaloa y Durango. Ingresó a tierra como huracán de categoría 3 la mañana del 23 de octubre en Santiago Ixcuintla, Nayarit. Dejó lluvias de 183.2 mm Aguamilpa Solidaridad, 159.0 mm en Acaponeta y 134.0 mm en Pajaritos, localidades de Nayarit.

Roslyn fue el ciclón tropical de mayor categoría en ingresar al país en la temporada 2022, así como el de mayor desplazamiento sobre territorio continental, aproximadamente 530.0 km, recorrió desde la costa norte de Nayarit hasta el sur de Coahuila (Figura 3.10).

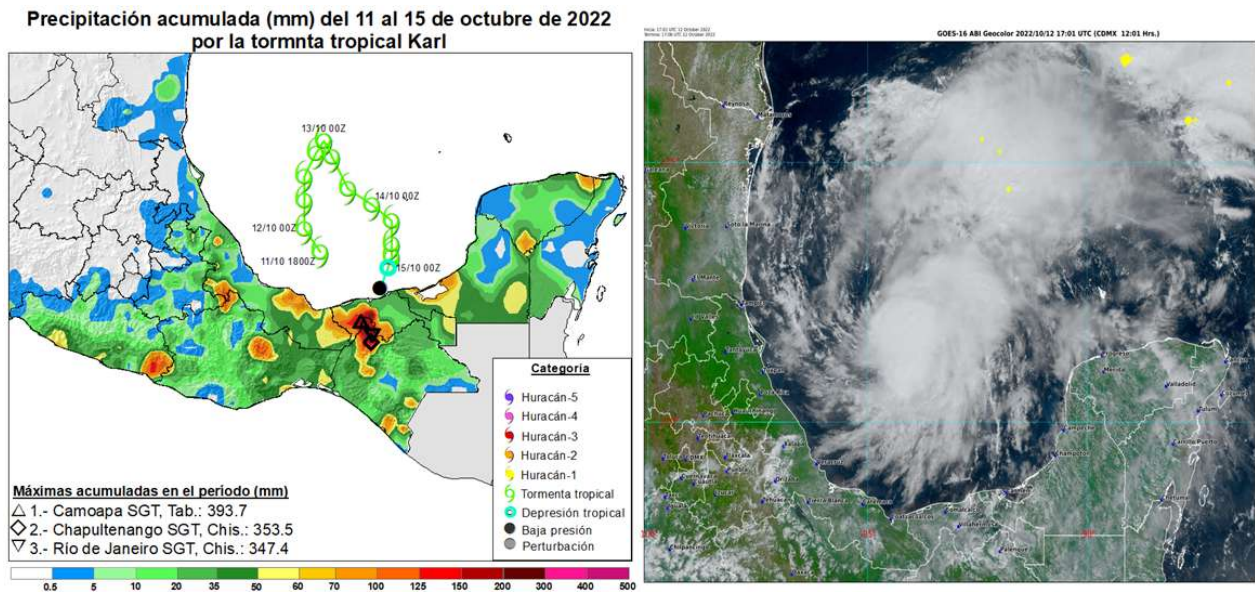


Figura 3.9: (Izquierda) lluvias asociadas a la tormenta tropical Karl. (Derecha) imagen satelital de la tormenta tropical Karl.

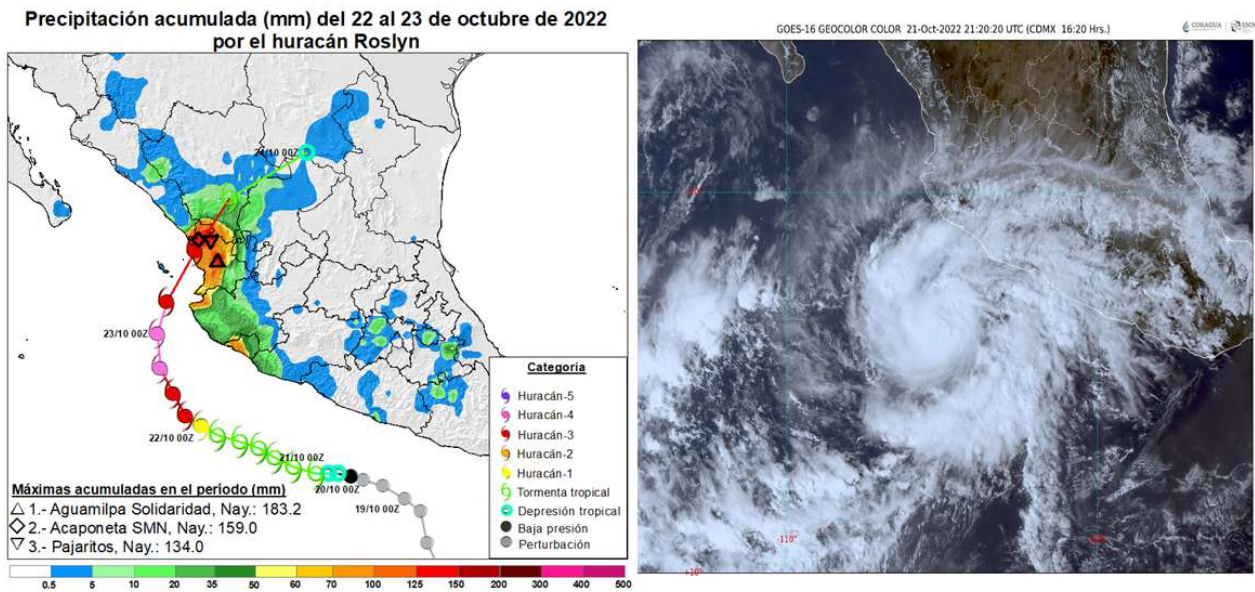


Figura 3.10: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Roslyn. (Derecha) imagen satelital del huracán Roslyn.

Noviembre

El huracán *Lisa* de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, fue el último ciclón que ingresó al territorio mexicano proveniente de la cuenca del Atlántico. El 2 de noviembre impactó en la ciudad de Belice, Belice. Continuó su avance sobre el norte de Guatemala y llegó a territorio mexicano en el sur de Campeche. Posteriormente avanzó a lo largo del

estado de Tabasco y finalmente salió hacia el Golfo de México, en donde se desplazó paralelo a las costas de Veracruz para después disiparse en dirección noreste.

Su circulación dejó lluvias sobre la Península de Yucatán, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, centro y sur de Veracruz, con máximas acumuladas de 323.8 mm en La Cangrejera, 315.0 mm en la estación climatológica de Planta de Bombeo de La Cangrejera, ambas en Veracruz, y 301.7 mm en Paraíso, Tabasco (Figura 3.11).

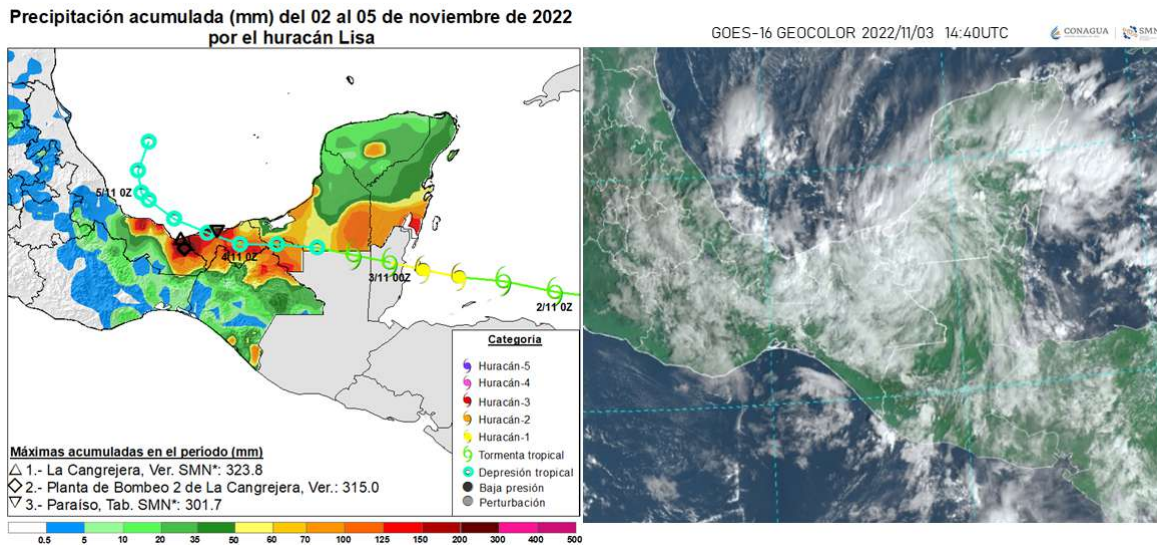


Figura 3.11: (Izquierda) lluvias asociadas al huracán Lisa. (Derecha) imagen satelital del huracán Lisa.

Finalmente, la temporada de ciclones tropicales 2022 con 31 sistemas, se ubicó como la 19° más activa considerando información desde 1950. El año con la mayor cantidad de ciclones tropicales formados, tomando en cuenta ambas cuencas fue el 2020 con 47 ciclones tropicales. Por el contrario, en 1977 solo se formaron 14 ciclones.

En México, el promedio (1991-2020) de impactos anuales es de 5 ciclones. En 2022 impactaron 7, los años con mayor cantidad de impactos son 1971, 2003 y 2013 con 9 impactos respectivamente, por otro lado, los años con menor cantidad de ciclones que entraron a territorio nacional fueron 1960, 1982, 1985 y 1987 con el impacto de un solo ciclón tropical respectivamente. En 1952 y 1953 ningún ciclón tropical ingresó al país.

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.

Ferreira y Schubert (1997), encontraron que las ondas evolucionan a partir de las inestabilidades baroclínicas y barométricas entre el oeste de África y el este del océano Atlántico, son provocadas por una inversión del gradiente de vorticidad potencial meridional dentro del Jet Africano del Este (JAE), así como al fuerte gradiente de temperatura meridional en superficie.

Durante el 2022 se desarrollaron 51 ondas tropicales que recorrieron el Atlántico ecuatorial, hasta llegar al continente americano, de las cuales la CGSMN numeró 28 que cruzaron los 85° de longitud oeste; es decir, poco más de la mitad del total de ondas desarrolladas. En la Figura 4.1 se observa el área de influencia de las ondas tropicales, conforme su avance diario durante el periodo de mayo a noviembre de 2022. Asimismo, se identifica que las ondas del este tienen una mayor concentración en el Atlántico occidental y al llegar al continente americano comienza su evolución a sistemas de mayor categoría o bien su disipación

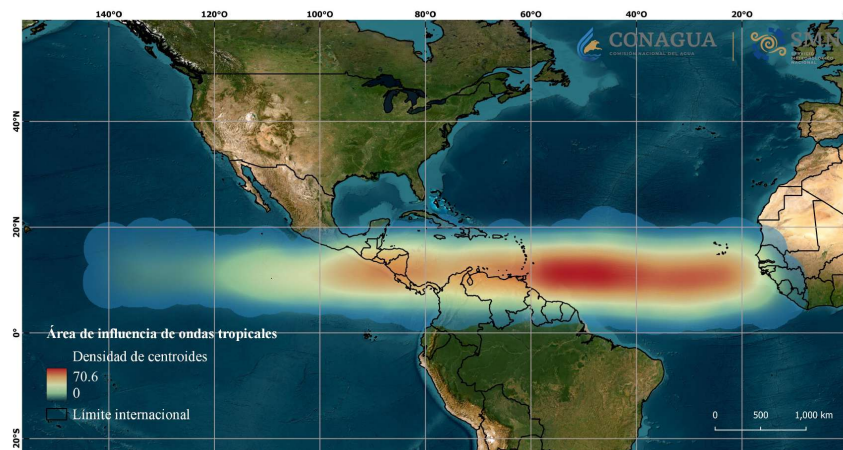


Figura 4.1: Área de influencia de ondas tropicales durante el periodo de mayo a noviembre de 2022, procedentes del Jet Africano del Este. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

De acuerdo con las cartas de análisis de presión superficial del Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos, la distribución espacial de las ondas tropicales abarcó las latitudes desde 1.3° sur hasta 26.9° norte y longitudes entre 12.2° y 140.0° oeste. En la Figura 4.2 se observa el avance diario de las ondas identificadas durante el periodo de mayo a noviembre de 2022, así como su extensión aproximada.

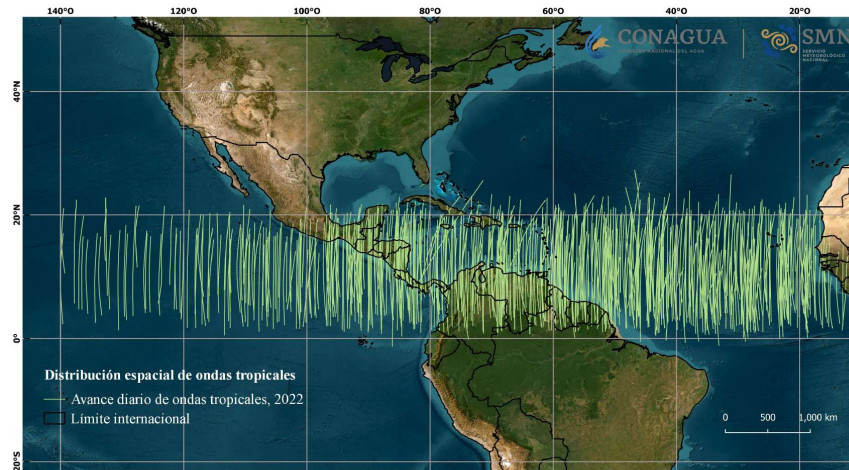


Figura 4.2: Distribución espacial de ondas tropicales durante el periodo de mayo a noviembre de 2022, procedentes del Jet Africano del Este. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

Con siete ondas tropicales activas, los días 14 de julio, además del 5 y 26 de agosto fueron identificados como los días de mayor actividad de ondas tropicales durante el año 2022, considerando las cuencas del Atlántico y Pacífico. Por el contrario, a principios de mayo y en noviembre solo se identificó una onda tropical.

En la Figura 4.3, se observa el total de ondas desarrolladas en el Atlántico, así como las contabilizadas por la CGSMN durante el periodo de mayo a noviembre de 2022. Asimismo, resalta el mes de julio con el mayor número de ondas desarrolladas; mientras que las ondas enumeradas corresponden a los meses de julio y agosto. Cabe mencionar que en los meses de septiembre y noviembre, la CGSMN no identificó ondas tropicales que cruzaran los 85° de longitud oeste.

Con base en los registros de mayo a noviembre de los años 1995 a 2022, se han contabilizado un total de 1067 ondas tropicales en la República Mexicana, es decir, que cruzaron los 85° de longitud oeste. En el año 2003 se desarrollaron un total de 59 ondas, siendo el año con el mayor número reportado hasta el momento. Por otra parte, en 2012 se identificaron 16 ondas tropicales, con lo que se posicionó como el año con menor número registrado. Asimismo, los meses con mayor número de registros de acuerdo al periodo mencionado, son junio (225), julio (273), y agosto (236) que en su conjunto suman más de 700 ondas tropicales reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

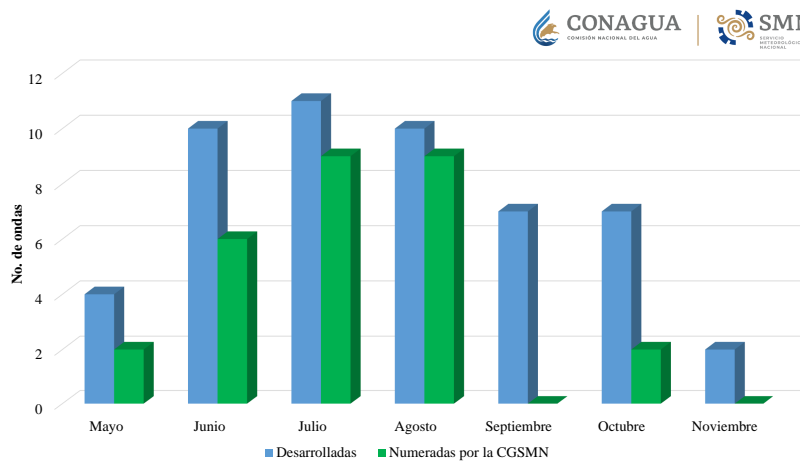


Figura 4.3: Ondas tropicales desarrolladas y contabilizadas por la CGSMN durante el 2022. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

En la Figura 4.4, se muestra el número de ondas del este registradas por la CGSMN de 1995 a 2022. De acuerdo con estos datos, el año con más ondas numeradas por la CGSMN corresponde al 2003 con 59 ondas; mientras que en 2012 solo se registraron 16 ondas tropicales. En 2022 se contabilizaron 28 ondas, lo cual se ubica por debajo del promedio (1995-2021).

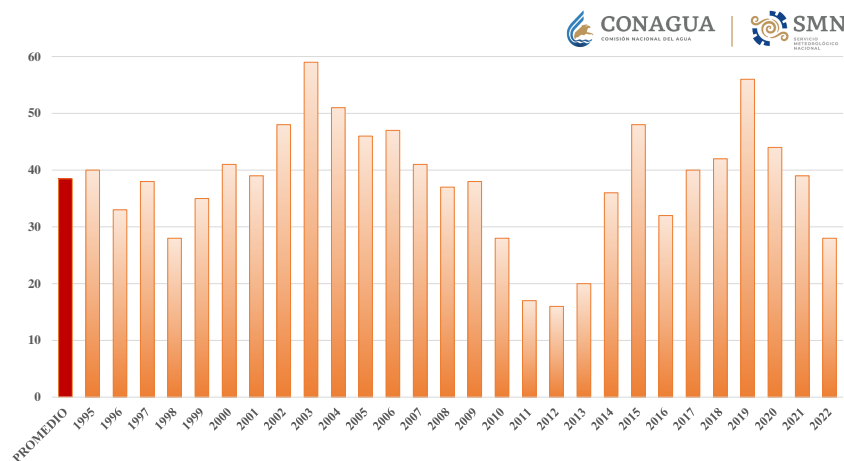


Figura 4.4: Climatología de ondas tropicales en la República Mexicana (1995-2022). La temporada de ondas tropicales inicia en mayo y culmina en noviembre de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional.

Como se mencionó anteriormente, en 2022 se numeraron 28 ondas tropicales, 2 contabilizadas en el mes de mayo, 6 en junio y 9 en julio, 9 en agosto, 0 en septiembre, 2 en octubre y 0 en noviembre. Comparado con la climatología por mes, se tiene que mayo y agosto estuvieron por arriba de lo normal, mientras que junio, julio, septiembre, octubre y noviembre se ubicaron debajo de lo normal. Ninguna de las ondas tropicales de este año

ubicó su centro de giro sobre México, sin embargo, estuvieron asociadas a inestabilidades atmosféricas, o bien, dieron origen a ciclones tropicales que provocaron afectaciones, sobre todo en las costas del Pacífico, centro y occidente del país (Figura 4.5 y Figura 4.6).

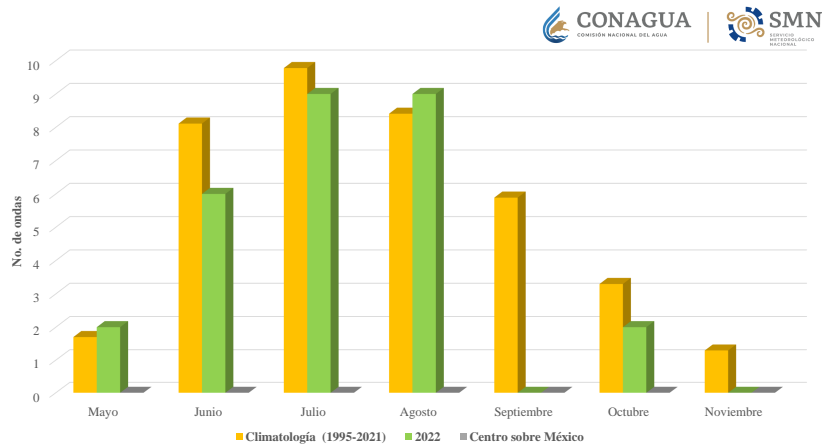


Figura 4.5: Seguimiento de ondas tropicales sobre la República Mexicana del año 2022, comparado con la climatología (1995-2021).

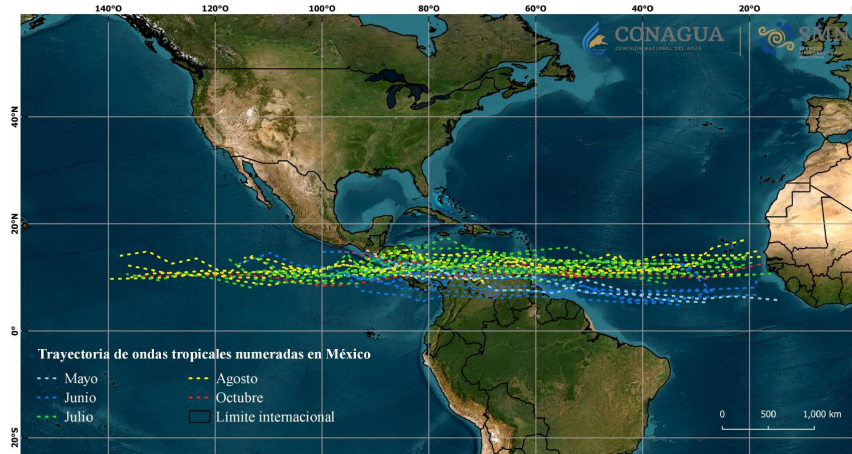


Figura 4.6: Trayectorias de ondas tropicales durante el periodo de mayo a noviembre de 2022, procedentes del Jet Africano del Este y contabilizadas por la CGSMN. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

Como cada año, las ondas tropicales que se desarrollaron en 2022 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 28 ondas numeradas, 13 ondas tropicales no evolucionaron a sistemas de mayor categoría; sin embargo, estuvieron asociadas a inestabilidades atmosféricas con efectos como lluvias, descargas eléctricas y

caída de granizo en el centro, occidente y sureste del país. Por otra parte, 15 evolucionaron a ciclones tropicales (tres tormentas tropicales, cuatro huracanes categoría 1, dos huracanes categoría 2 y dos huracanes categoría 4). En la Tabla 4.1 se señalan las ondas tropicales que dieron origen a ciclones tropicales, de los cuales 3 tuvieron impacto directo en territorio mexicano: el huracán *Agatha* en Oaxaca a finales del mes de mayo, *Kay* en Baja California Sur los últimos días de agosto y *Roslyn* en Nayarit del 20 al 23 de octubre.

Tabla 4.1: Ondas tropicales enumeradas por la CGSMN durante el mes de julio de 2022 y ciclones tropicales asociados.

No. de onda tropical	Fecha de numeración de onda tropical	Ciclones tropicales asociados	Periodo de actividad de ciclones	Categoría máxima (Saffir-Simpson)	Impacto en territorio mexicano
1 2	19/05/2022 27/05/2022	Agatha	28 al 31 de mayo	H2	Sí (Oax.)
3	08/06/2022	Blas	14 al 20 de junio	H1	No
4 5	10/06/2022 14/06/2022	Celia	16 al 29 de junio	TT	No
9	05/07/2022	Darby	9 al 12 de julio	H4	No
12	13/07/2022	Estelle	15 al 21 de julio	H1	No
14	19/07/2022	Georgette	27 al 31 de julio	TT	No
15	21/07/2022	Frank	26 de julio al 2 de agosto	H1	No
19	03/08/2022	Howard	6 al 11 de agosto	H1	No
20 21	08/08/2022 10/08/2022	Ivette	13 al 16 de agosto	TT	No
25 26	30/08/2022 31/08/2022	Kay	4 al 11 de septiembre	H2	Sí (B.C.S.)
27	16/10/2022	Roslyn	20 al 23 de octubre	H4	Sí (Nay.)

5. Sequía

El mes de enero de 2022 inició con condiciones incipientes de sequía, al 15 de enero de ese año, solo el 13.08% del país tenía sequía de moderada a extrema (D1 a D3), que se localizó principalmente en el norte (Figura 5.1 y Figura 5.2 izquierda). Los meses de invierno y primavera de 2022 fueron mayormente secos y cálidos, por lo que la temporada de estiaje se intensificó y las áreas con sequía incrementaron gradualmente. Particularmente, marzo de 2022 se clasificó como el tercer marzo más seco de los registros de precipitación a nivel nacional, en tanto que, para la temperatura media nacional, abril de 2022 se clasificó como el segundo abril más cálido y mayo de 2022 como el mayo más cálido desde 1953.

Dicha situación, ocasionó que al 31 de marzo de 2022 se registrara el mayor incremento quincenal de áreas con sequía de 2022, en esa fecha el aumento de áreas con sequía fue 15.61% mayor que lo registrado en la quincena previa (15 de marzo de 2022), durante este mes también surgió la sequía excepcional (D4) al norte de Coahuila. Otro dato a destacar, fue que, durante mayo de 2022 se observó el mayor porcentaje de áreas con sequía a nivel nacional de 2022, se contabilizó al 15 de mayo con 56.87% de sequía de moderada a excepcional (D1 a D4), que afectó a los estados del norte, occidente y centro del país (Figura 5.1 y Figura 5.2 central).

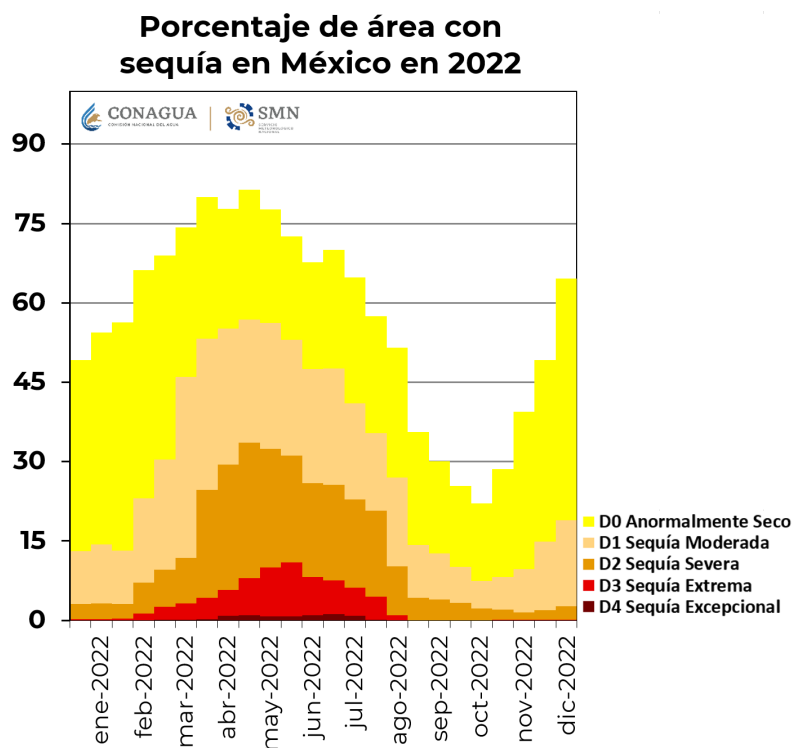


Figura 5.1: Porcentaje de área afectada con sequía a nivel nacional de enero a diciembre de 2022. Obtenido del Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

Cabe mencionar que, de enero a mayo de 2022, el porcentaje de áreas con sequía incrementó quincena a quincena. Sin embargo, en junio de 2022 con el establecimiento de la temporada de lluvias y la temporada de ciclones tropicales, se tuvo el aporte de humedad del huracán *Blas* categoría 1 y la tormenta tropical *Celia* en el océano Pacífico, la influencia de 6 ondas tropicales y el inicio del Monzón mexicano, que ayudaron a reducir las condiciones de sequía en el noroeste, occidente, oriente y sur del país, reflejándose en una reducción del porcentaje de áreas con sequía en junio de 2022. Al 30 de junio de 2022 el área con sequía de moderada a excepcional (D1 a D4) fue de 47.48% a nivel nacional, 8.69% menor que lo cuantificado a finales de mayo del mismo año (Figura 5.1).

En general, en los meses del verano y otoño de 2022, mismos en los que tiene lugar la temporada de lluvias y ciclones tropicales, hubo un aporte de humedad al país, lo que fue benéfico para algunas regiones que padecían sequía. Específicamente, agosto de 2022 se ubicó como el décimo agosto más lluvioso y septiembre de 2022 como el vigesimotercer septiembre más lluvioso de los registros históricos.

Lo anterior favoreció la disminución de sequía durante estos meses, la sequía de moderada a excepcional (D1 a D4) que se observó en mayo, se eliminó casi en su totalidad en las regiones del noroeste, norte y occidente, mientras que en el centro y sur estas áreas se redujeron ligeramente.

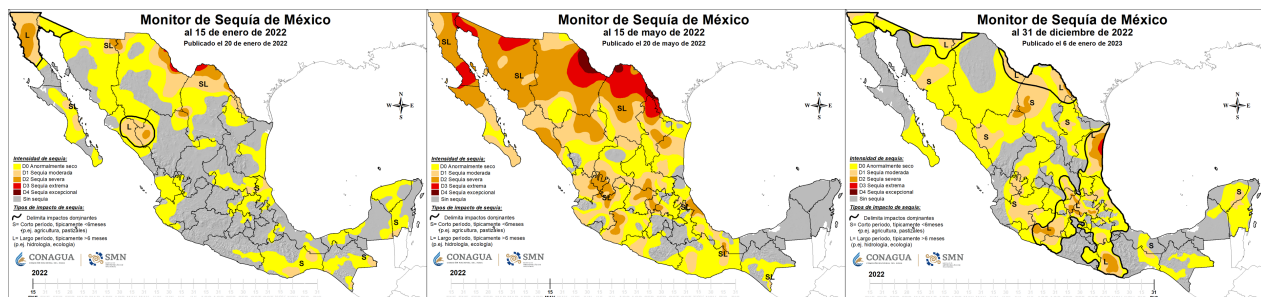


Figura 5.2: Mapas del Monitor de Sequía de México.: (izquierda) al 15 de enero, (central) al 15 de mayo, y (derecha) al 31 de diciembre de 2022.

En septiembre de 2022, se registró la mayor disminución quincenal de áreas con sequía de 2022, al 15 de septiembre se tuvo una disminución de 12.78% respecto a la quincena previa (31 de agosto de 2022). También en este periodo (junio-noviembre), se contabilizó en menor porcentaje de áreas con sequía a nivel nacional de 2022, que fue de 7.42% al 31 de octubre de 2022, en este mes la sequía solo se localizó en pequeñas porciones del norte y en el oriente y centro del país.

El último mes del año, fue un mes seco y cálido a nivel nacional. Diciembre de 2022, se clasificó como el vigésimo octavo más seco en los registros de precipitación y como el octavo más cálido en los registros históricos de temperatura, situación que propició el aumento de áreas con sequía de moderada a extrema (D1 a D3) en el noroeste, norte, no-

reste, occidente, centro y sur de México. Al 31 de diciembre de 2022, el 18.89% del país presentó sequía de moderada a extrema (D1a D3), un incremento de 9.17% respecto al fin de la temporada de lluvias el 30 de noviembre de 2022 (Figura 5.1 y Figura 5.2 derecha).

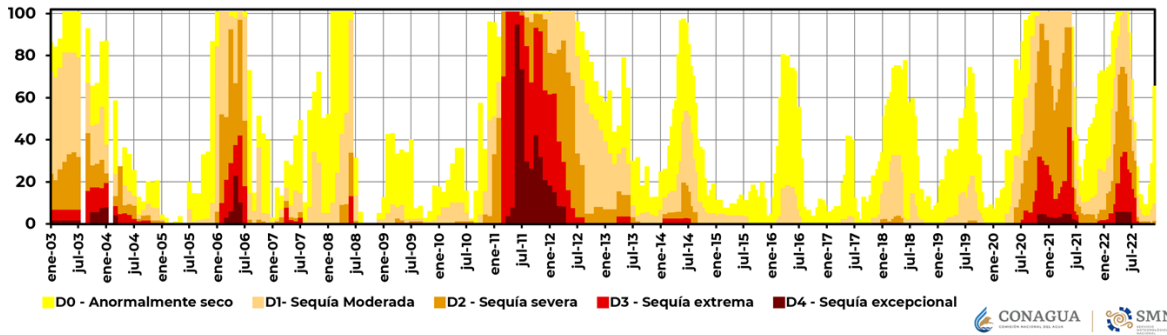
Durante 2022, algunos de los estados que registraron mayores afectaciones por sequía fueron Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Querétaro; en los primeros tres estados se registró sequía excepcional (D4) en algunos meses de 2022; y el cuarto estado enlistado, padeció sequía severa (D2) gran parte del año. En la Figura 5.3, se muestra el porcentaje de áreas con sequía en estas entidades desde enero de 2003 a diciembre 2022.

En las tres gráficas superiores de la Figura 5.3, que corresponden a Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, se observa que, para las tres entidades, la sequía extrema y excepcional (D3 y D4) tuvieron presencia en la primera mitad del año 2022.

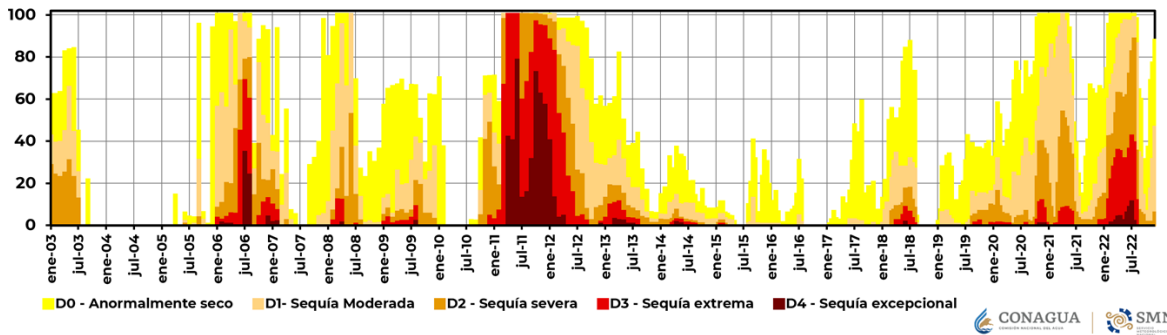
De igual manera, en los tres estados, estas condiciones mejoraron hacia la segunda mitad del año. Aun cuando en las entidades se registraron las mayores intensidades de sequía, de acuerdo al Monitor de Sequía de México, este episodio de sequía no superó ni en extensión, ni en tiempo a los episodios de sequía registrados en 2011-2012.

En la gráfica inferior de la Figura 5.3, que muestra los porcentajes de sequía (2003-2022) en Querétaro, se distingue que de marzo a diciembre de 2022 se registraron condiciones de sequía severa (D2), cubriendo cerca del 70% del estado en julio. Sin embargo, aunque el episodio de sequía de 2022 ha sido largo, en otros periodos de sequía para la entidad, de acuerdo al Monitor de Sequía de México, se han registrado mayores intensidades de sequía y en lapsos de mayor de tiempo, como los episodios observados en 2011-2012, 2019-2020 y 2021.

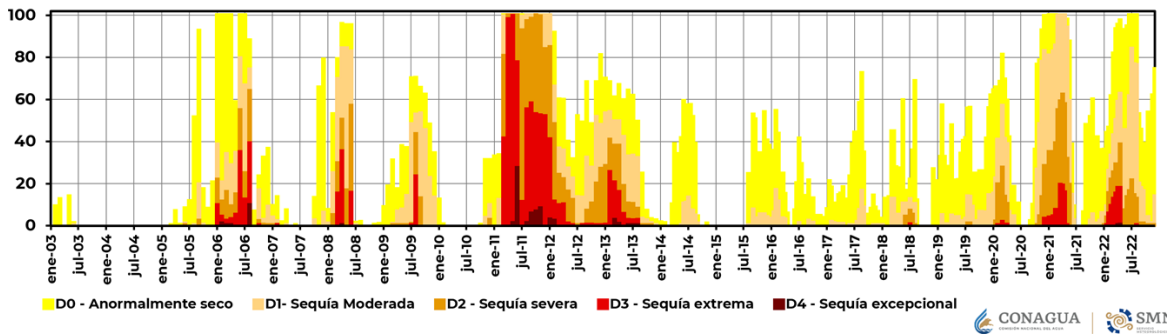
Porcentaje de área con sequía* en Chihuahua (31 ene 2003 - 31 diciembre 2022)



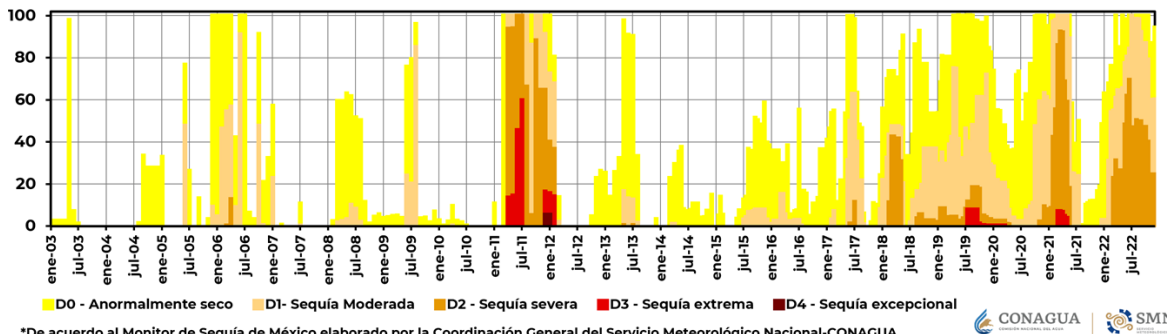
Porcentaje de área con sequía* en Coahuila (31 ene 2003 - 31 diciembre 2022)



Porcentaje de área con sequía* en Nuevo León (31 ene 2003 - 31 diciembre 2022)



Porcentaje de área con sequía* en Querétaro (31 ene 2003 - 31 diciembre 2022)



*De acuerdo al Monitor de Sequía de México elaborado por la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA

Figura 5.3: Porcentaje de áreas con sequía en Chihuahua (Superior), Coahuila (Central Superior), Nuevo León (Central Inferior) y Querétaro (Inferior) de enero de 2003 a diciembre de 2022.

6. Temperatura

El valor de la temperatura media nacional en el año 2022 fue de 22.0 °C, y se ubicó como el octavo año más cálido del registro histórico desde 1953. La temperatura media anual registrada desde el año 2005 ha mostrado en cada año siguiente una temperatura media nacional por arriba de la normal 1991-2020, el año 2022 no fue una excepción ya que se ubicó 0.6 °C por arriba de dicho promedio, tal como se observa en la Figura 6.1.

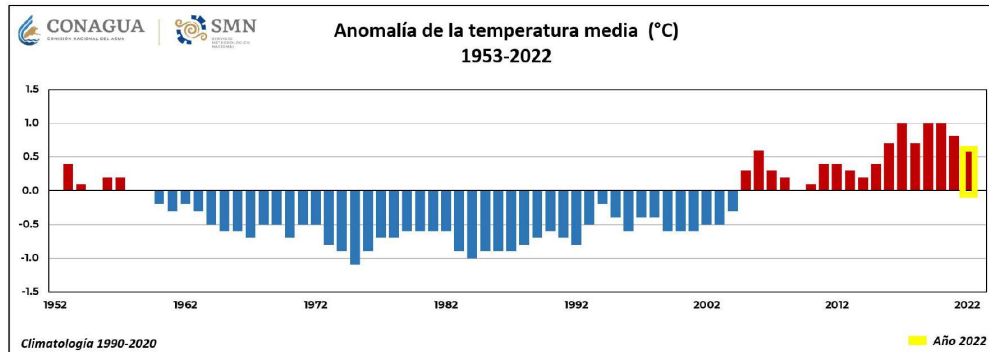


Figura 6.1: Anomalía de la temperatura media anual en grados Celsius (°C) del periodo 1953-2022. Elaborado con base en las estimaciones de anomalía desde 1953 del Servicio Meteorológico Nacional.

De acuerdo con la Figura 6.2, se observa que la temperatura promedio nacional registrada en febrero, marzo y noviembre de 2022 quedó por debajo de la normal climatológica de referencia, contrario al resto de los meses que presentaron condiciones más cálidas de lo normal. Mayo de 2022 destacó al convertirse en el mayo más cálido del registro histórico, seguido de abril y julio que experimentaron en 2022 su segundo mes más cálido del registro. Julio fue el mes más cálido del año con 26.6 °C de temperatura promedio nacional, en tanto que enero que tuvo una temperatura media nacional de 16.6 °C fue el mes más fresco del año.

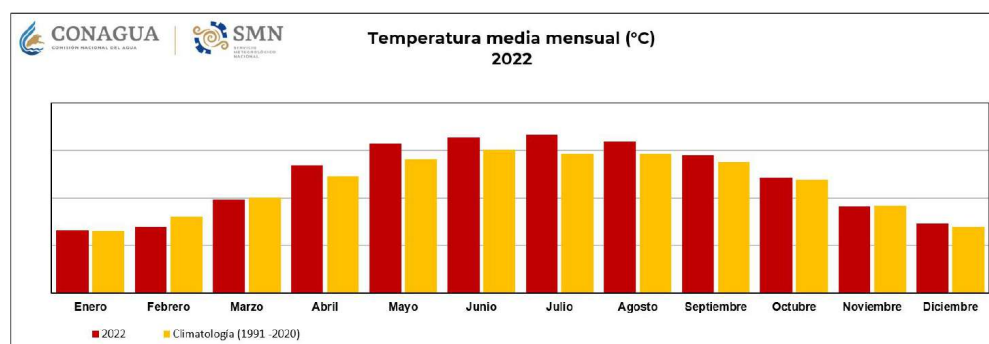


Figura 6.2: Temperatura media mensual durante 2022 comparada con su climatología 1991-2020. Elaborado con información disponible al 31 de diciembre de 2022 en el SIH y el registro histórico desde 1953. Cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En el seguimiento de los promedios diarios de temperatura de la Figura 6.3, se muestra que a lo largo del año 2022 los registros de temperatura máxima de marzo a junio, en su mayoría, se ubicaron por arriba de la normal 1991-2020. En el resto del año predominaron las condiciones en donde esta variable se mantuvo por debajo o cercana a la misma normal. La temperatura media, principalmente de abril a septiembre se ubicó por arriba del promedio en un gran número de días, al igual que los registros de temperatura mínima que en el periodo comprendido de abril a octubre, permanecieron por arriba del promedio, superando en varias ocasiones el umbral de una desviación estándar.

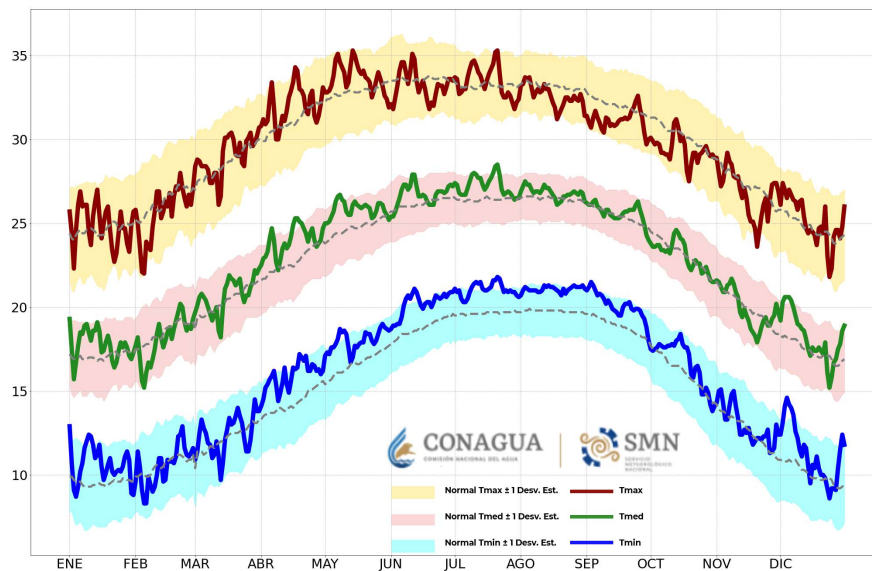


Figura 6.3: Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional (°C) de enero a diciembre de 2022. Los umbrales para las desviaciones estándar fueron calculados respecto a la normal 1991-2020. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

La latitud en la que se encuentra el país permite que el verano sea considerada la estación del año más cálida en gran parte del territorio nacional y que por consiguiente el invierno sea la más fría. En 2022, el verano, comprendido entre los meses de junio a septiembre, con una temperatura media nacional de 26.3 °C, lo que significó que respecto a la climatología 1991-2020 estuvo 1.5 °C por arriba de la normal, por lo que, representa el tercer verano más cálido del registro histórico desde 1953.

En el caso de la primavera, entre los meses de marzo a mayo, en el territorio nacional se registró una temperatura media de 23.0 °C y una anomalía de 0.9 °C por encima de la normal de referencia, este valor igualó a la primavera de los años 2017 y 2018. En el otoño se tuvo una temperatura nacional del 21.9 °C ubicada 0.9 °C como anomalía positiva, siendo el décimo cuarto otoño más cálido del registro.

Por último, en el invierno la temperatura nacional fue de 17.4 °C, 0.2 °C por arriba del promedio climatológico, ocupando el octavo puesto como el invierno más cálido del re-

gistro. En la Figura 6.4 se muestra la anomalía de temperatura de las últimas dos décadas observada en las diferentes estaciones del año.

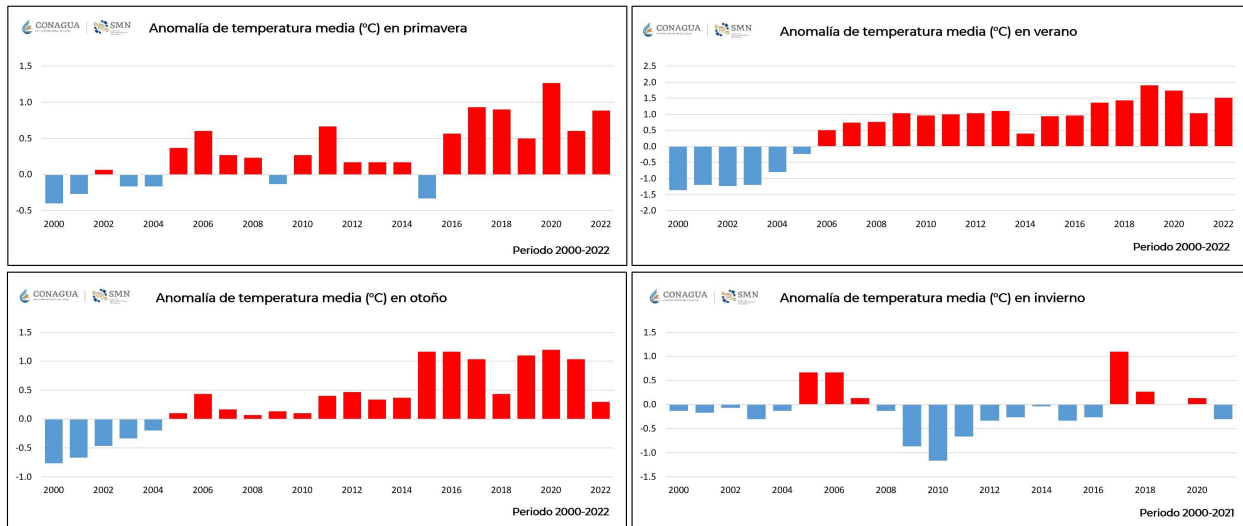


Figura 6.4: Anomalía de temperatura media registrada en el periodo 2000-2022. Valores calculados respecto a la normal 1991-2020. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En el comportamiento de la temperatura media durante 2022 (Figura 6.5), a lo largo de la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo se presentaron las condiciones más cálidas dentro del rango de 25.0 °C a 30.0 °C, a excepción de zonas puntuales en Chiapas y Oaxaca con valores de más de 30.0 °C.

De manera opuesta, en el Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla se observaron las condiciones de temperatura media más frescas dentro del umbral de 10.0 °C a 15.0 °C, seguido de algunas áreas que comprenden a los estados de la región de la Mesa del Norte en donde las temperaturas estuvieron ligeramente por arriba de 15.0 °C, pero que aún se consideran dentro de esta categoría.

Así bien, el mapa de anomalía de temperatura promedio indica que, en porciones de los estados de Baja California, Jalisco, Michoacán, Estado de México y Guerrero se presentaron las diferencias positivas respecto a la normal climatológica más altas registradas durante el año 2022 alcanzando los 3.0 °C. Por el contrario, en zonas de la región noroeste, como Sonora, norte de Chihuahua y sur de Durango, los registros de temperatura media estuvieron por debajo del promedio hasta -2.0 °C.

Un gran número de entidades del país registraron un año cálido durante el 2022 como se observa en la (Figura 6.6) y de acuerdo con la información histórica disponible desde 1953. Entre los estados más cálidos del año destaca Tlaxcala que tuvo su segundo año

más cálido y Ciudad de México, Guanajuato, Morelos, Querétaro y Zacatecas registraron su tercer año más cálido. Contrario a Veracruz que tuvo su décimo tercer año más fresco y solo Sonora registró un valor promedio de temperatura anual cercana a la normal climatológica 1991-2020.

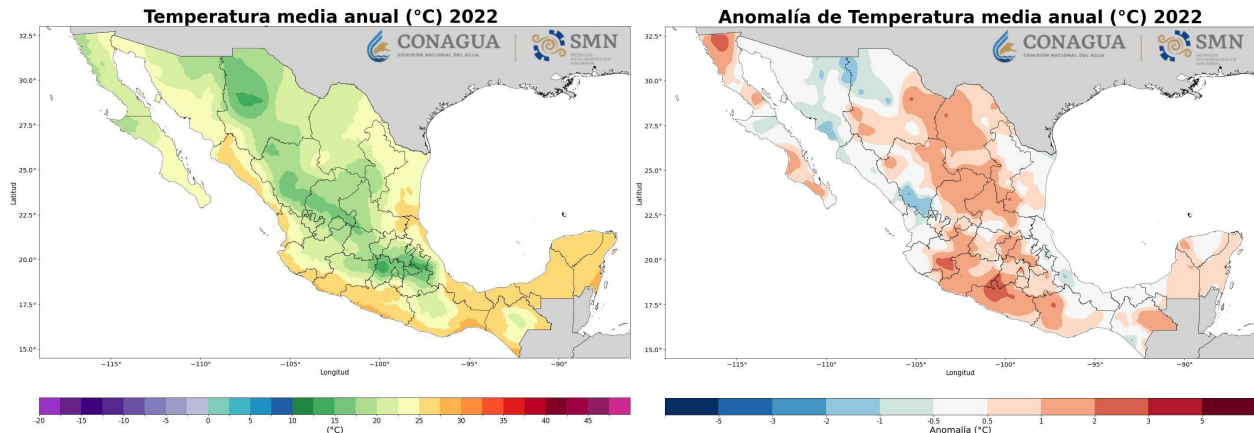


Figura 6.5: (Derecha) temperatura media en 2022, (izquierda) anomalía de temperatura media en 2022. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

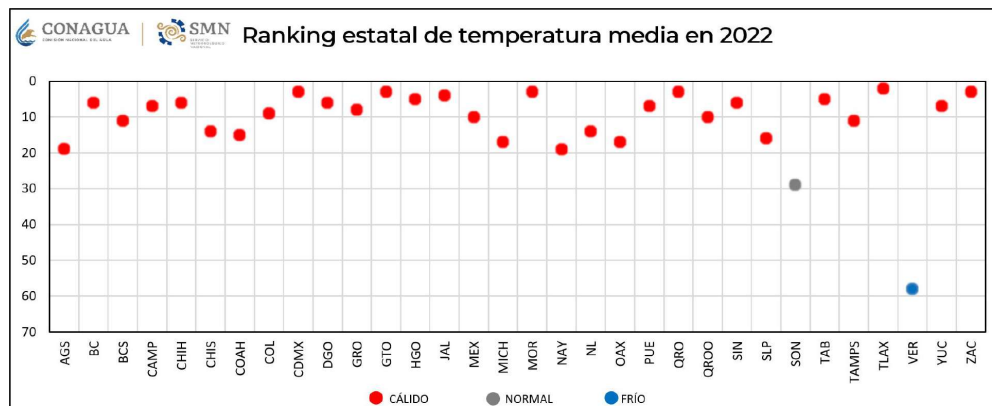


Figura 6.6: Ranking de temperatura media estatal en 2022. De acuerdo la información disponible en el registro histórico desde 1953 y con información al 31 de diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

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.

Climatológicamente los periodos comprendidos de enero-marzo y octubre-diciembre son aquellos en los que se registra un mayor número de días con heladas, es decir, días en

donde se experimentan temperaturas menores o iguales a 0.0 °C. En la Figura 6.7, durante los meses de enero a marzo en las regiones del noreste, norte y centro se concentró la mayor cantidad de días con heladas; por ejemplo, en Chihuahua y Durango se contabilizaron más de 70 días, Baja California, Sonora, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León y Estado de México tuvieron de 10 a 30 días con estas condiciones.

Por otra parte, para el periodo de octubre a diciembre de 2022 no se superaron los 70 días con heladas; en Chihuahua y Durango se acumularon alrededor de 50 días con heladas, mientras que en Coahuila, Nuevo León, norte de Tamaulipas y Zacatecas se registraron entre 1 y 10 días con temperaturas menores o iguales a 0 °C. Como se observa, en ambos periodos en el norte de Baja California también se registran entre 1 y 50 días con heladas así como en porciones del centro del territorio nacional.

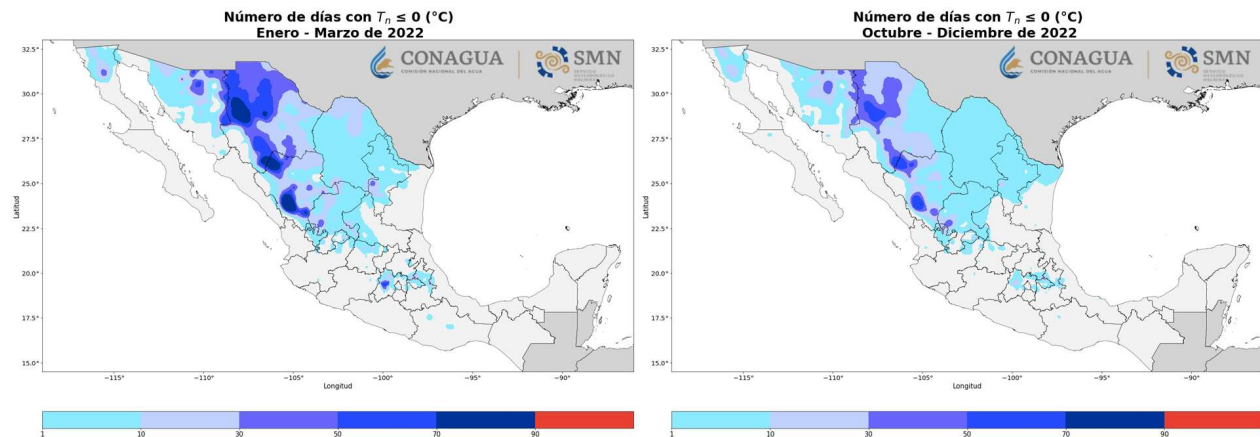


Figura 6.7: Cantidad del número de días con heladas (temperaturas mínimas diarias $T_n \leq 0$ °C) en los meses invernales. (Izquierda) de enero a marzo. (Derecha) de octubre a diciembre. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En 2022, veinticuatro entidades del país registraron una temperatura mínima igual o menor a 0.0 °C, entre los cuales destaca el valor de -18.0 °C observado el día 15 de febrero en la estación La Rosilla, ubicada en Durango, este registro fue el más bajo del año. De acuerdo a la Tabla 6.1, el día 8 de febrero se observaron -14.4 °C en El Vergel, Chihuahua. El día 24 de diciembre se registraron -11.4 °C en la estación Moctezuma, Sonora, valor que es el más bajo en la historia de la estación. Continuando con un valor de -11.1 °C observado el 24 de febrero en San Pedro Mártir, Baja California y -11.0 °C registrados el 7 de diciembre en Zayaleta, Veracruz.

De manera mensual, solo el mes de julio no experimentó una temperatura mínima menor o igual a 0.0 °C, además en todo el año las estaciones que registraron la temperatura más baja en cada mes fueron La Rosilla, Durango y Perote, Veracruz. En la Tabla 6.2 se enlistan los valores mínimos extremos de temperatura por mes, siendo el estado de Durango donde se reportó el mayor número de registros de temperaturas mínima.

Tabla 6.1: Temperatura mínima extrema a nivel estatal durante 2022.

Edo.	Tn	Estación	Día	Edo.	Tn	Estación	Día
AGS	-6.0	Calvillo	31/01/2022	MOR	-4.2	Lagunas de Zempoala* Aeropuerto	11/02/2022
BC	-11.1	San Pedro Mártir(+)	24/02/2022	NAY	-2.0	Internacional de Tepic(++)	17/12/2022
BCS	-2.0	Díaz Ordaz	21/12/2022	NL	-6.5	Cumbres de Monterrey 1*	25/12/2022
CAMP	3.7	Ciudad del Carmen*	29/09/2022	OAX	-3.0	Ayutla	04/01/2022
CDMX	-1.8	Ajusco(+++)	01/03/2022	PUE	-5.5	Alchichilca Aeropuerto	02/03/2022
CHIH	-14.4	El Vergel*	08/02/2022	QRO	0.0	Intercontinental de Querétaro(++)	14/01/2022
CHIS	0.9	Oxchuc*	20/01/2022	QROO	10.5	Observatorio de Felipe Carrillo Puerto	18/01/2022
COAH	-10.8	Ocampo*	24/12/2022	SIN	1.5	Cofradía	29/11/2022
COL	8.0	La Esperanza	24/03/2022	SLP	-4.0	Valentín Gama	14/01/2022
DGO	-18.0	La Rosilla	15/02/2022	SON	-11.4	Moctezuma+++	24/12/2022
GRO	6.0	La Calera	15/12/2022	TAB	4.1	Paraíso* Aeropuerto	05/11/2022
GTO	-5.0	San Luis de la Paz	14/01/2022	TAMS	-5.0	Internacional de Nuevo Laredo(++)	25/12/2022
HGO	-4.2	ITESA Apan*	08/12/2022	TLAX	-6.0	San José Atlanga	27/12/2022
JAL	-5.0	San Gaspar de los Reyes	16/12/2022	VER	-11.0	Zalayeta Aeropuerto	07/12/2022
MEX	-8.9	Ixtapopo*	01/01/2022	YUC	1.0	Internacional de Mérida(++)	21/01/2022

Temperatura mínima extrema a nivel estatal durante 2022. Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, **Automática INIFAP, ****Automática SEMAR, + Automática CILA, ++ Automática SACMEX, +++REMEX, (+) Automática UNAM.

Tabla 6.2: Temperatura mínima extrema registrada en cada mes de 2022.

Mes	Tn	Estación	Fecha
ENE	-17.0	La Rosilla, Dgo.	25/01/2022
FEB	-18.0	La Rosilla, Dgo.	15/02/2022
MAR	-15.0	La Rosilla, Dgo.	23/03/2022
ABR	-11.0	La Rosilla, Dgo.	01/04/2022
MAY	-8.0	La Rosilla, Dgo.	02/05/2022
JUN	-3.5	La Rosilla, Dgo.	01/06/2022
JUL	1.0	Perote, Ver.	21/07/2022
AGO	0.0	Perote, Ver.	05/08/2022
SEP	-3.0	La Rosilla, Dgo.	25/09/2022
OCT	-11.0	La Rosilla, Dgo.	28/10/2022
NOV	-15.0	La Rosilla, Dgo.	27/11/2022
DIC	-16.0	La Rosilla, Dgo.	27/12/2022

Información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#).

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, siendo para este reporte el periodo 1950-2021. De esta manera brindan una idea cuantitativa de qué tan inusual es una condición en particular y que 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 la serie histórica, 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 el mapa de percentiles de temperatura mínima, como se observa en la Figura 6.8 la mayor parte del territorio nacional presentó registros por arriba del P80, principalmente en el noroeste, norte, costa sur del pacífico y Península de Yucatán, en donde los valores alcanzaron a ubicarse por arriba del P95, lo que quiere decir que en dichas regiones durante el año 2022 se experimentaron temperaturas mínimas dentro del 5% más cálido respecto de la serie histórica.

Por otro lado, en algunas regiones aisladas de Sonora, Chihuahua, Durango, Veracruz y Puebla, se presentaron valores de temperatura mínima que estuvieron por debajo del P10, es decir que en estas regiones las temperaturas mínimas durante 2022 fueron del 10% más frío desde que se tiene registro.

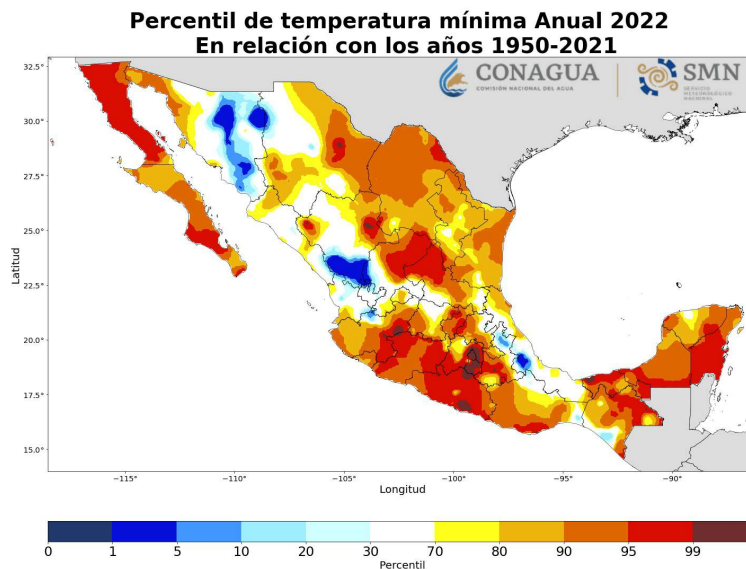


Figura 6.8: Percentil promedio de temperatura mínima del año 2022 comparado con el periodo 1950-2021. Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

En el conteo de días, la temperatura mínima estuvo por debajo del P5 de 20 a 50 días en el noroeste, parte de la Mesa del Norte y a lo largo de los estados de la vertiente del

Golfo de México, incluso, en algunas regiones de Sonora y Durango, las temperaturas mínimas estuvieron presentes más de 50 días. El número de días en los que la temperatura mínima estuvo por arriba del P95, es decir, dentro del 5% más cálido respecto a la serie histórica, fue entre 50 y 90 días en la mayor parte del territorio nacional, principalmente en la Península de Baja California, noreste, costa sur del Pacífico y Península de Yucatán. Incluso en algunas zonas particulares esta condición se presentó por más de 90 días en el año como lo fue el caso de Guerrero (Figura 6.9).

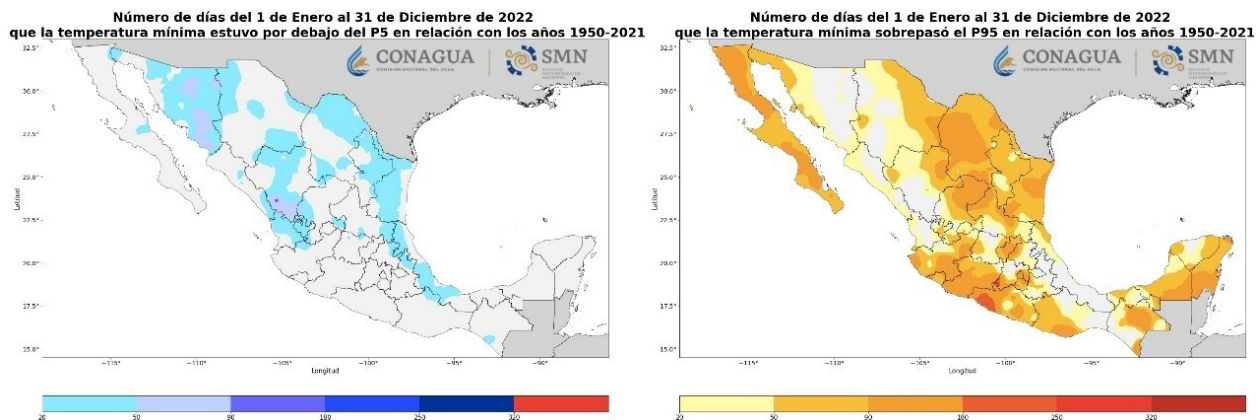


Figura 6.9: (Izquierda) número de días en que la temperatura mínima estuvo por debajo del percentil 5, (derecha) por arriba del percentil 95. Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

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

Los días calurosos son aquellos en los que los registros de temperatura máxima son iguales o mayores a 40.0 °C, estas condiciones son más frecuentes dentro de las estaciones de primavera y verano, por lo que se puede clasificar en dos grupos de abril a junio y de julio a septiembre.

De acuerdo con la Figura 6.10, durante el periodo de abril a junio el mayor número de días calurosos se registraron en Sinaloa, Durango y Nayarit con más de 50 días; por otro lado, en diversas zonas del país se experimentaron al menos 10 días con temperaturas mayores o iguales a 40.0 °C como lo fue en las regiones del norte, noreste, occidente y sur del territorio nacional.

En 2022 el registro máximo de temperatura se observó el 16 de julio en la estación Mexicali ubicada en Baja California y fue de 50.1 °C, además este valor es el máximo histórico para un mes de julio en dicha estación. Entre otros máximos se encuentran; 49.0 °C el día 20 de julio en Ojinaga, Chihuahua, 48.0 °C el día 13 de mayo en Jesús María, Nayarit y el día 16 de julio en Querobabi, Sonora, 47.5 °C el día 12 de mayo en Huites hidrométrica, Sinaloa; 47.3 °C en San Vicente, San Luis Potosí, en la Tabla 6.3 se muestran los valores de temperatura máxima a nivel estatal durante el año.

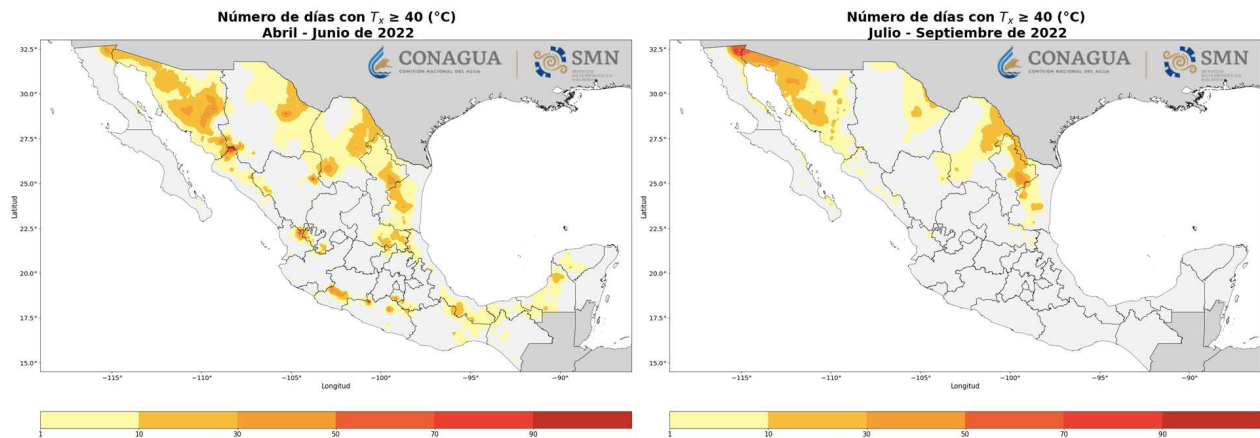


Figura 6.10: Cantidad del número de días cálidos (temperatura máxima diaria mayor o igual a 40°C) en la temporada primavera-verano. (Izquierda) de abril a junio y (derecha) de julio a septiembre.

Tabla 6.3: Temperatura máxima extrema a nivel estatal durante 2022.

Edo.	Tx	Estación	Día	Edo.	Tx	Estación	Día
AGS	38.2	Calvillo*	18/04/2022	MOR	45.0	Higuerón	10/05/2022
BC	50.1	Mexicali	16/07/2022	NAY	48.0	Jesús María	13/05/2022
BCS	43.0	San Antonio	29/05/2022	NL	47.0	Carmen de los Elizondo Linares	06/06/2022
CAMP	46.0	Hopelchén	08/05/2022	OAX	45.0	Río Manso Lalana	09/05/2022
CDMX	37.0	Campamento Amealco	21/05/2022	PUE	42.0	Piactla	22/05/2022
CHIH	49.0	Ojinaga	20/07/2022	QRO	45.0	Jalpan	09/05/2022
CHIS	42.0	San Joaquín	22/05/2022	QROO	40.1	Aeropuerto Internacional de Cozumel(++)	27/05/2022
COAH	45.8	Observatorio de Monclova	08/05/2022	SIN	47.5	Huites hidrométrica	12/05/2022
COL	41.5	Callejones	12/06/2022	SLP	47.3	San Vicente	17/06/2022
DGO	45.0	Francisco Zarco	09/05/2022	SON	48.0	Querobabi	16/06/2022
GRO	46.0	Puente Mezcal**	22/05/2022	TAB	42.8	Porvenir*	05/04/2022
GTO	39.0	Temascalío	09/05/2022	TAMS	45.5	Padilla	11/04/2022
HGO	43.5	Huejutla	05/04/2022	TLAX	38.0	Zacatelco	16/04/2022
JAL	44.0	Constitución de Apatzingán	20/04/2022	VER	45.3	Tempoal	05/04/2022
MEX	39.0	Colonia Hidalgo	05/05/2022	YUC	43.0	Conkal	14/04/2022

Con información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#), cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, ***Automática SEMAR, +Automática CILA, ++Automática SACMEX, +++REMAS, (+) Automática UNAM.

El registro de temperatura máxima mensual durante el año 2022 ocurrió de manera consecutiva de julio a octubre en la estación Mexicali ubicada en Baja California, como se observa en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4: Temperatura máxima extrema registrada cada mes durante 2022.

Mes	Tx	Estación	Fecha
ENE	41.7	Gallinas, S.L.P.	01/01/2022
FEB	42.6	Puente Mezcal, Gro.**	23/02/2022
MAR	46.1	Gallinas, S.L.P.	30/03/2022
ABR	46.3	Ciudad Valles, S.L.P.*	05/04/2022
MAY	48.0	Urique, Chih.	14/05/2022
JUN	48.5	Ojinaga, Chih.	07/06/2022
JUL	50.1	Mexicali, B.C.	16/07/2022
AGO	48.7	Mexicali, B.C.	31/08/2022
SEP	48.4	Mexicali, B.C.	05/09/2022
OCT	42.7	Mexicali, B.C.	05/10/2022
NOV	40.0	Atoyac, Gro.	16/11/2022
DIC	41.0	San Francisco, Chih.	04/12/2022

Información disponible en diciembre de 2022 en el [SIH](#).

En la Figura 6.11, se muestra que, la temperatura máxima durante el año 2022, principalmente en la región de la Mesa del Norte y el occidente la temperatura estuvo por arriba del P90, lo que significa que los registros de temperatura máxima se ubican en el 10% más cálido desde que se tiene registro, incluso en regiones de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Estado de México y Guerrero las temperaturas máximas se posicionaron dentro del 1% más cálido. En contraste, porciones de la Península de Baja California y zonas puntuales de la región Pacífico norte y Golfo de México, las temperaturas máximas estuvieron dentro del 10% respecto a la serie histórica.

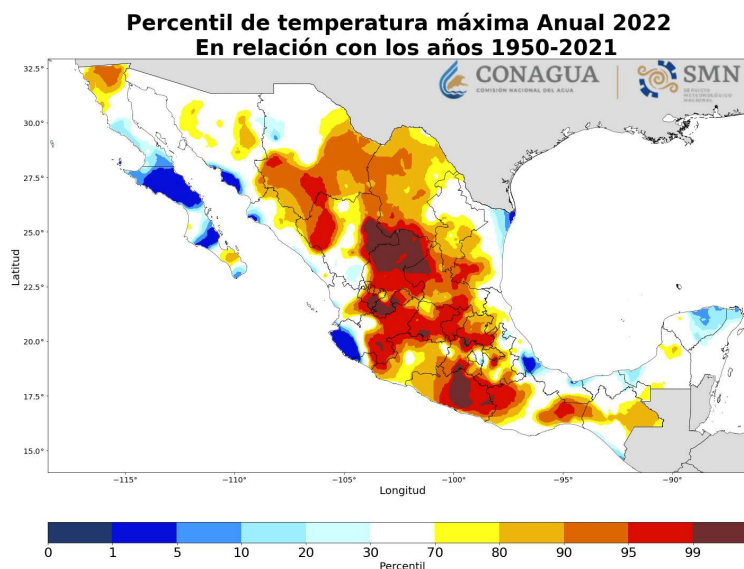


Figura 6.11: Percentil promedio de temperatura máxima del año 2022 comparado con el periodo 1950-2021. Nota: Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del [SIH](#).

Durante el 2022, entre 20 y 50 días las temperaturas máximas se colocaron dentro del 5% más fresco desde que se tiene registro. El mayor número de días se concentró en Jalisco donde más de 50 días se presentó esta condición. De manera contraria, entre 50 y 90 días la temperatura máxima se ubicó dentro del 5% más cálida desde que se tiene registro, en la Mesa del Norte, así como en la costa sur del Pacífico, principalmente en Guerrero, no obstante, de 20 a 50 días se presentó más cálido en buen parte del territorio.

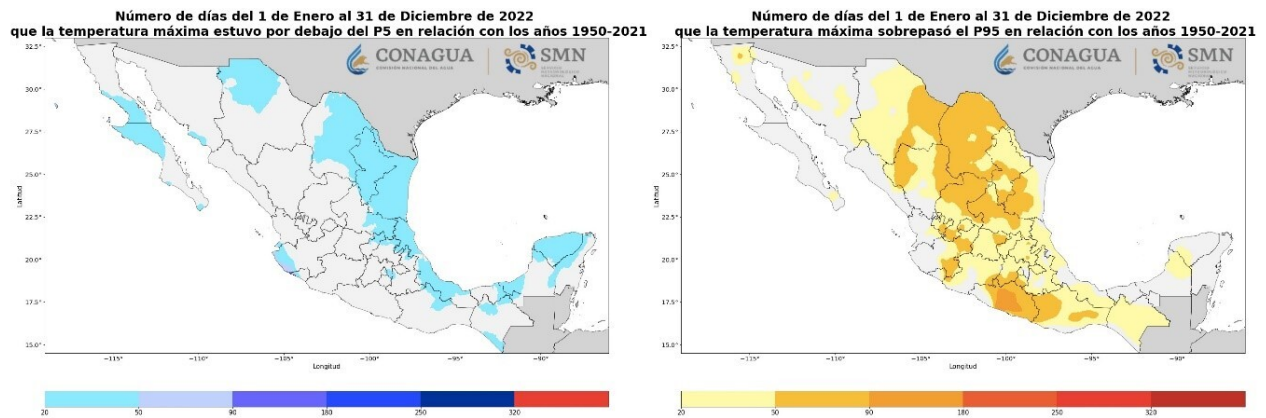


Figura 6.12: Número de días en que la temperatura máxima durante el 2022 estuvo por debajo del P5 (izquierda) y por arriba del P95 (derecha). Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del SIH.

7. Frentes fríos

Con el inicio de la temporada de frentes fríos 2022-2023 se esperan bajas temperaturas para gran parte de México, de acuerdo con la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN), en México, climatológicamente, la temporada de frentes fríos comienza en el mes de septiembre y concluye en el mes de mayo del siguiente año. Esto significa que durante un año calendario, se contabilizan los sistemas frontales de dos temporadas.

En el año 2022 culminó la temporada 2021-2022 y comenzó la temporada 2022-2023 (Figura 7.1). A pesar de que normalmente la temporada termina en mayo, durante los meses de junio a agosto, puede ingresar algún frente frío, aunque estos se consideren fuera de temporada, se consideran parte del conteo anual.

El pronóstico para la temporada 2022-2023 estimó un total de 51 sistemas frontales, uno más que la climatología, además diciembre de 2022 y enero de 2023 serán los meses con más frentes, pues tendrán ocho y nueve sistemas, respectivamente.

El periodo más activo de la temporada de frentes fríos ocurre entre los meses de noviembre a marzo, de acuerdo con la climatología 1991-2020 ocurren el 64.0% de los eventos, en el curso la temporada 2021-2022 para este periodo se registró el ingreso de 33 sistemas frontales, uno más que el promedio (Figura 7.2). La temporada con el mayor número de registros de noviembre a marzo continúa siendo la de 2015-2016 con 42 frentes fríos.

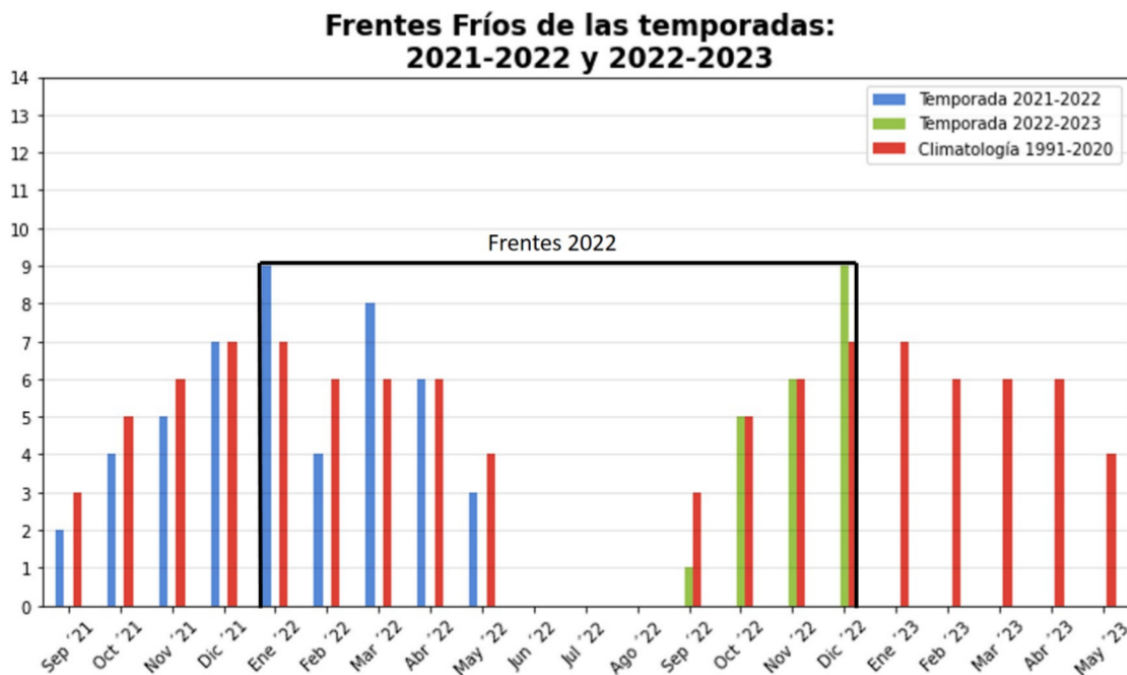


Figura 7.1: Número de frentes fríos en el año 2022 y climatología 1991-2020.

Número de frentes fríos de noviembre a marzo

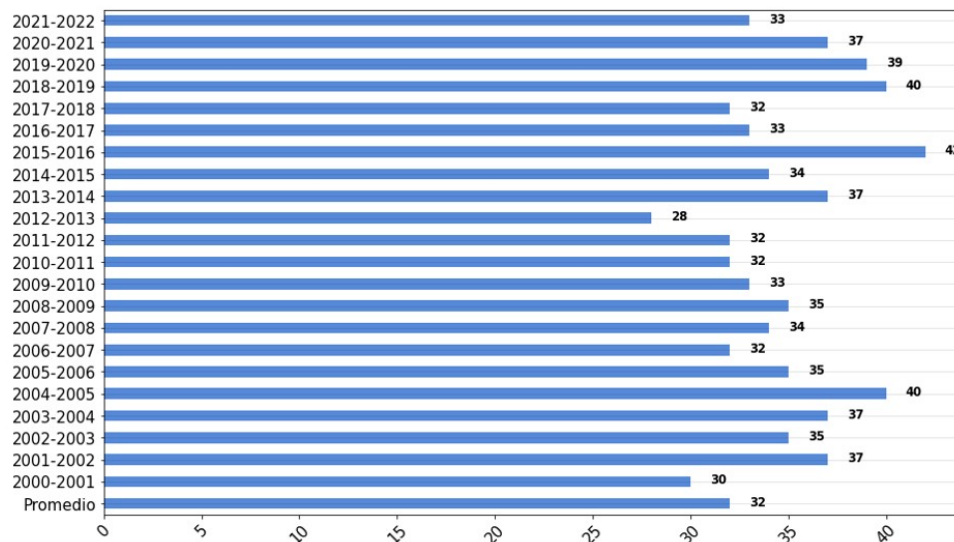


Figura 7.2: Número de frentes fríos entre los meses de noviembre y marzo desde el 2000, así como el promedio de 1991-2020.

Enero 2022

Para el mes de enero de 2022 se pronosticaron nueve frentes fríos, igual a la cantidad observada; es decir, dos frentes por arriba de la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 21 (8–13 enero)

De todos los frentes que se observaron en el mes de enero, el sistema frontal número 21 fue el que generó las mayores acumulaciones de lluvias las cuales se concentraron en Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla y Veracruz, así como descenso de temperatura al noroeste y noreste del territorio nacional. Lo que provocó un evento de “Norte” fuerte en las costas de Tamaulipas. Conforme se desplazó hacia el sureste, provocó lluvias intensas en los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, así como lluvias fuertes en San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Campeche y Quintana Roo (Figura 7.3).

La masa de aire polar asociada provocó un marcado descenso de temperatura y rachas fuertes de viento a lo largo de la Mesa del Norte y Mesa Central. Posteriormente, una nueva masa de aire frío reforzó a la masa original del frente lo que mantuvo el fuerte evento de “Norte” en el litoral del Golfo de México, Istmo y Golfo de Tehuantepec, así como un ambiente frío en los estados de la Mesa Norte y Central.

Asimismo, un canal de baja presión ubicado sobre el suroeste del Golfo de México, generó lluvias fuertes en los estados del sur, sureste, y la Península de Yucatán. En la Tabla 7.1 se pueden observar los registros de temperatura mínima, los cuales se concentraron en Chihuahua y Durango, en donde el valor más bajo se observó en Guanaceví, con un valor de -11.5 °C.

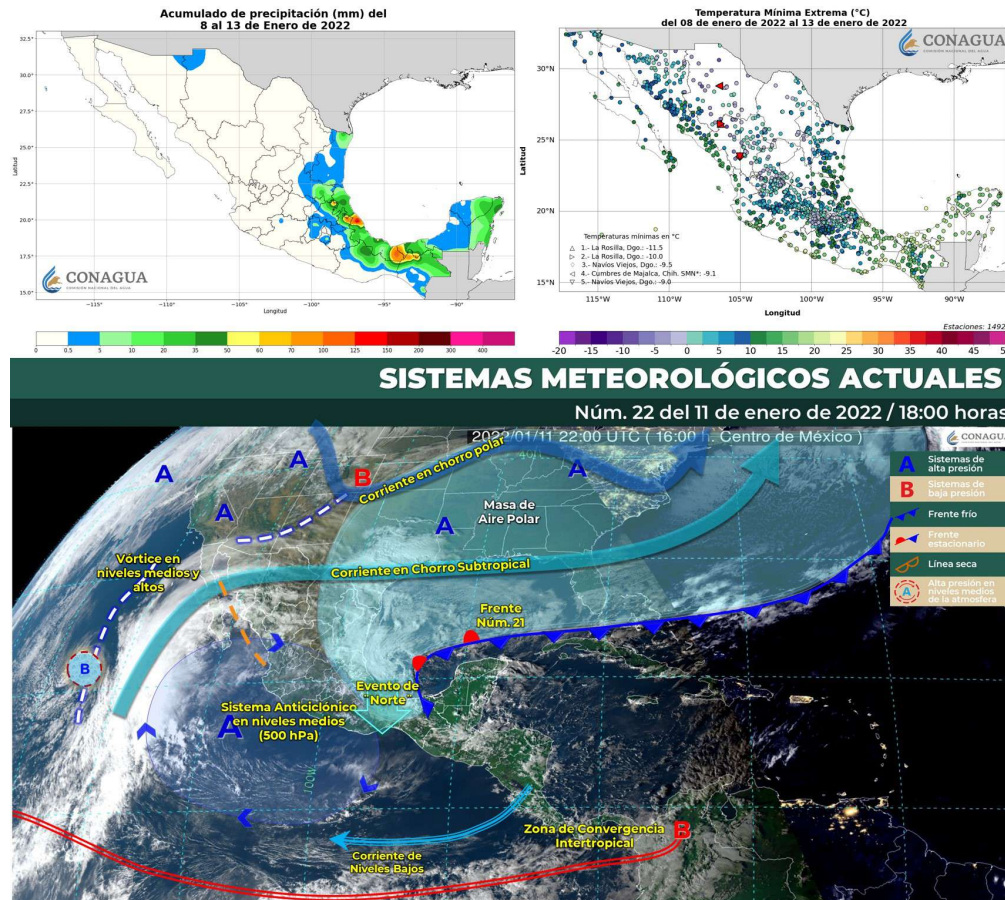


Figura 7.3: (Superior izquierda) acumulados de precipitación del 8 al 13 de enero. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 8 al 13 de enero. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 11 de enero.

Tabla 7.1: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 21.

Fecha	Chihuahua	Durango
8 de enero	-8.0 °C en Madera	-11.5 °C en Guanaceví
9 de enero	-5.0 °C en Madera	-10.0 °C en Guanaceví
10 de enero	-6.9 °C en Balleza	-9.0 °C en Durango
11 de enero	-5.1 °C en Chihuahua	-7.0 °C en Guanaceví
12 de enero	-5.3 °C en Chihuahua	-7.0 °C en Guanaceví
13 de enero	-9.1 °C en Chihuahua	-8.0 °C en Guanaceví

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del SIH.

Febrero 2022

En febrero de 2022 se pronosticaron siete frentes fríos y se observaron cuatro, es decir, dos frentes por debajo de la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 28 (1-9 febrero)

Una vaguada polar ingresó sobre las regiones del noroeste a inicios del mes, lo que dio origen a la quinta tormenta invernal de la temporada, provocando descensos de temperatura, así como lluvias aisladas en dichas regiones. En los estados de la Mesa del Norte, una masa de aire polar asociada al frente junto con el arrastre de humedad ocasionó fuertes rachas de viento. Adicionalmente, al interaccionar con un canal de baja presión sobre el suroeste del Golfo de México, se registraron acumulados de lluvia en las regiones de Veracruz, Puebla, norte de Oaxaca, Chiapas, Tabasco, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Campeche.

Las condiciones de precipitación intensa asociadas y la masa de aire frío, mantuvieron un ambiente fresco en el noroeste, norte, noreste, centro y oriente del país y un evento de “Norte” intenso con rachas de 80 a 100 km/h con oleaje elevado en las costas de Veracruz, e Istmo y Golfo de Tehuantepec. El frente se ubicó con características de estacionario el 6 de febrero, sin embargo, siguió promoviendo la precipitación al sur del país, adicionalmente, la masa de aire frío asociada al frente fue reforzada por una nueva masa de aire frío, lo que mantuvo el evento de “Norte” intenso en las costas de Tamaulipas, Veracruz, Istmo y Golfo de Tehuantepec.

En cuanto a temperaturas mínimas extremas, se presentaron en Chihuahua y Durango en donde el registro más bajo fue de -15.5 °C en Durango, para ambos estados las temperaturas mínimas se mantuvieron por debajo de los 0 °C durante el paso del frente (Tabla 7.2 y Figura 7.4).

Tabla 7.2: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 28.

Fecha	Chihuahua	Durango
1 de febrero	-9.0 °C en Matachí	-14.5 °C en Guanaceví
2 de febrero	-7.0 °C en Matachí	-12.0 °C en Durango
3 de febrero	-5.0 °C en Juárez	-10.0 °C en Guanaceví
4 de febrero	-11.9 °C en Balleza	-12.0 °C en Guanaceví
5 de febrero	-14.2 °C en Chihuahua	-15.5 °C en Guanaceví
6 de febrero	-12.0 °C en Madera	-14.0 °C en Guanaceví
7 de febrero	-9.0 °C en Balleza	-13.5 °C en Guanaceví
8 de febrero	-14.4 °C en Balleza	-15.0 °C en Guanaceví
9 de febrero	-13.0 °C en Madera	-12.0 °C en Durango

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del [SIH](#).

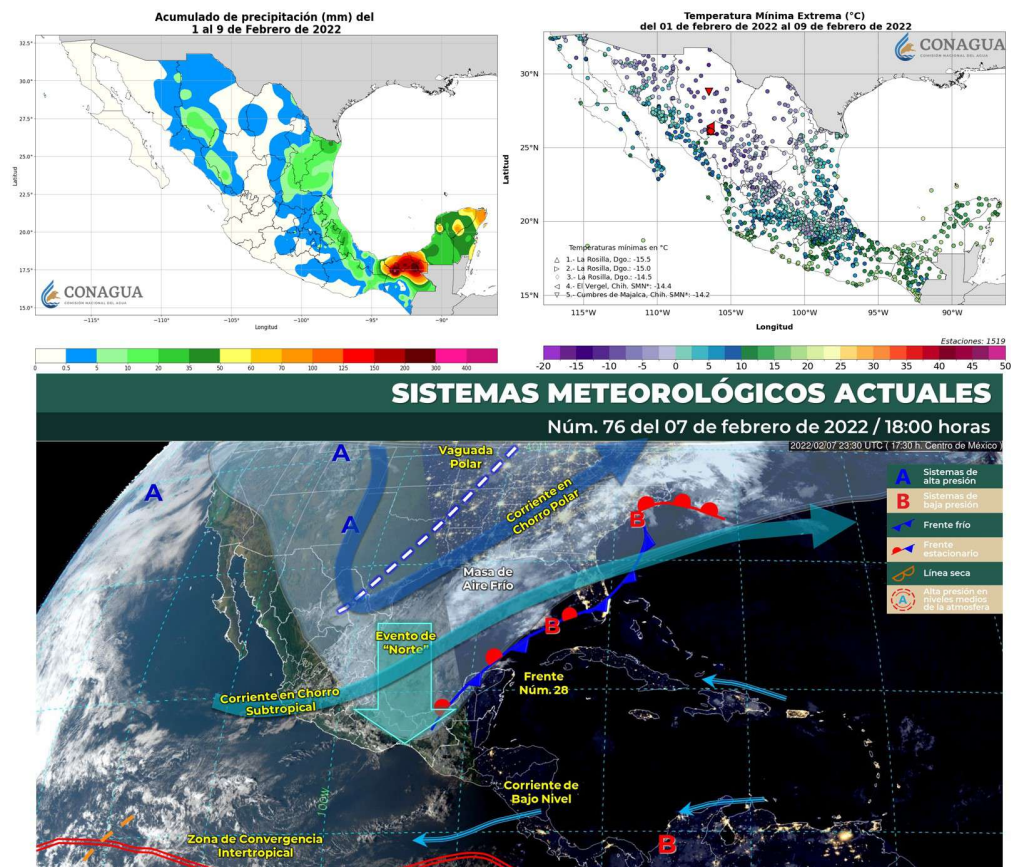


Figura 7.4: (Superior izquierda) acumulados de precipitación del 1 al 9 de febrero. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 1 al 9 de febrero. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 7 de febrero.

Marzo 2022

En marzo de 2022 se enumeraron 8 frentes fríos, dos por arriba de la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 38 (20-25 marzo)

El frente frío No. 38 provocó ambiente fresco y bajas temperaturas en zonas del noroeste; al interactuar con una vaguada polar, la corriente en chorro subtropical y una línea seca ocasionó lluvias en Baja California, Sonora y Chihuahua, así como un descenso de temperatura en dichas regiones. Conforme el frente recorrió el norte de la República Mexicana, en combinación con una línea seca y las corrientes en chorro polar y subtropical propiciaron rachas de viento fuertes, así como lluvias en Chihuahua, Coahuila y el norte de Nuevo León y Tamaulipas. En cuanto a la temperatura, se presentó un ambiente frío en las sierras de Sonora y Chihuahua. Al desplazarse hacia el Golfo de México, el frente ocasionó lluvias en Oaxaca; así mismo, la masa de aire frío generó un descenso de temperatura en el norte, noreste y oriente del país, así como tolvánicas en Coahuila, Nuevo León

y Tamaulipas. En las regiones al sur del país, se observaron lluvias en Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo.

Por otra parte, la masa de aire frío propició rachas de viento de 50 a 60 km/h así como un evento de “Norte” en el Istmo y Golfo de Tehuantepec. En la Figura 7.5 se pueden observar los acumulados de precipitación al sur del país, así como en la Península de Yucatán. Durante el paso del frente las temperaturas bajas se concentraron en Chihuahua y Durango, en donde las mínimas se mantuvieron por debajo de los 0.0 °C, y la mínima extrema registrada fue de -15.0 °C, en Guanaceví, Durango (Tabla 7.3).

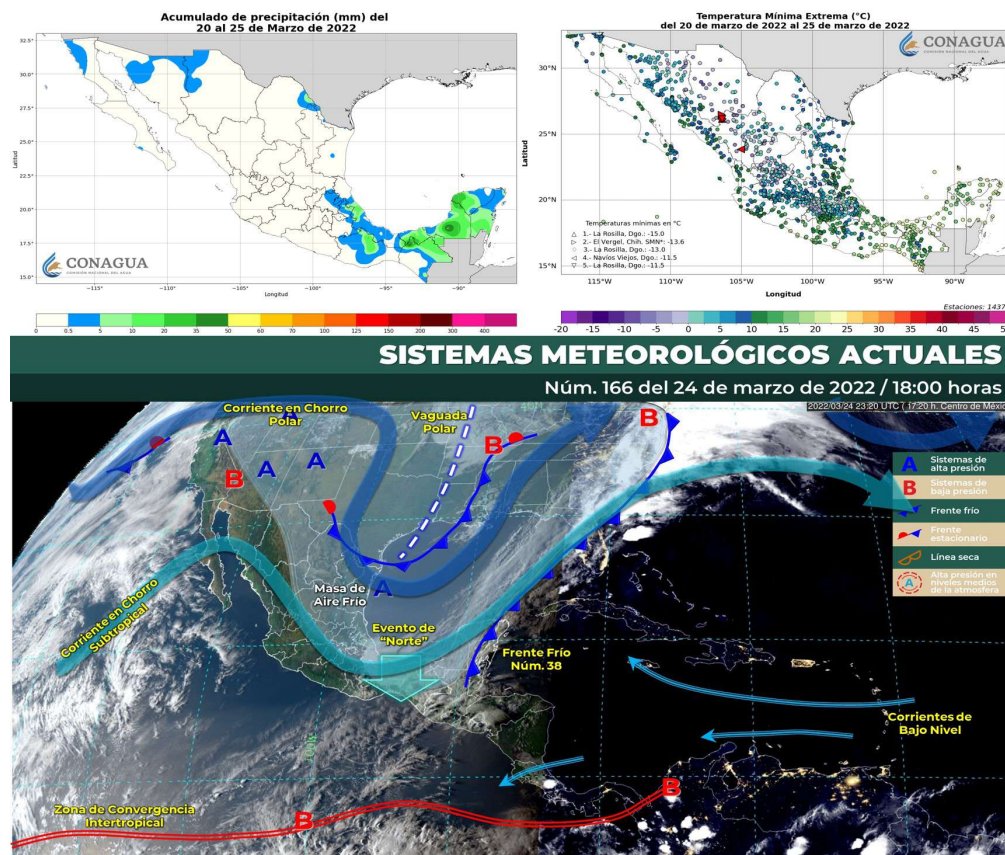


Figura 7.5: (Superior izquierda) acumulados de precipitación del 23 al 26 de marzo. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 23 al 26 de marzo. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 24 de marzo.

Tabla 7.3: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 38.

Fecha	Chihuahua	Durango
20 de marzo	-6.0 °C en Madera	-11.5 °C en Durango
21 de marzo	-1.0 °C en Madera	-5.5 °C en Durango
22 de marzo	-8.0 °C en Madera	-11.5 °C en Guanaceví

23 de marzo	-10.5 °C en Balleza	-15.0 °C en Guanaceví
24 de marzo	-13.6 °C en Balleza	-11.5 °C en Guanaceví
25 de marzo	-9.0 °C en Balleza	-13.0 °C en Guanaceví

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del [SIH](#).

Abril 2022

Para el mes de abril de 2022 se pronosticaron siete frentes fríos, y se observaron seis, es decir, el mismo número de frentes que la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 41 (6-9 abril).

El sistema frontal No. 41, se enumeró el 6 de abril e ingresó por el noreste del país. Al interactuar con un canal de baja presión en Nuevo León y Tamaulipas, y la corriente en chorro subtropical, generó fuertes rachas de viento, además de un evento de “Norte” en las costas de Tamaulipas y norte de Veracruz (Figura 7.6).

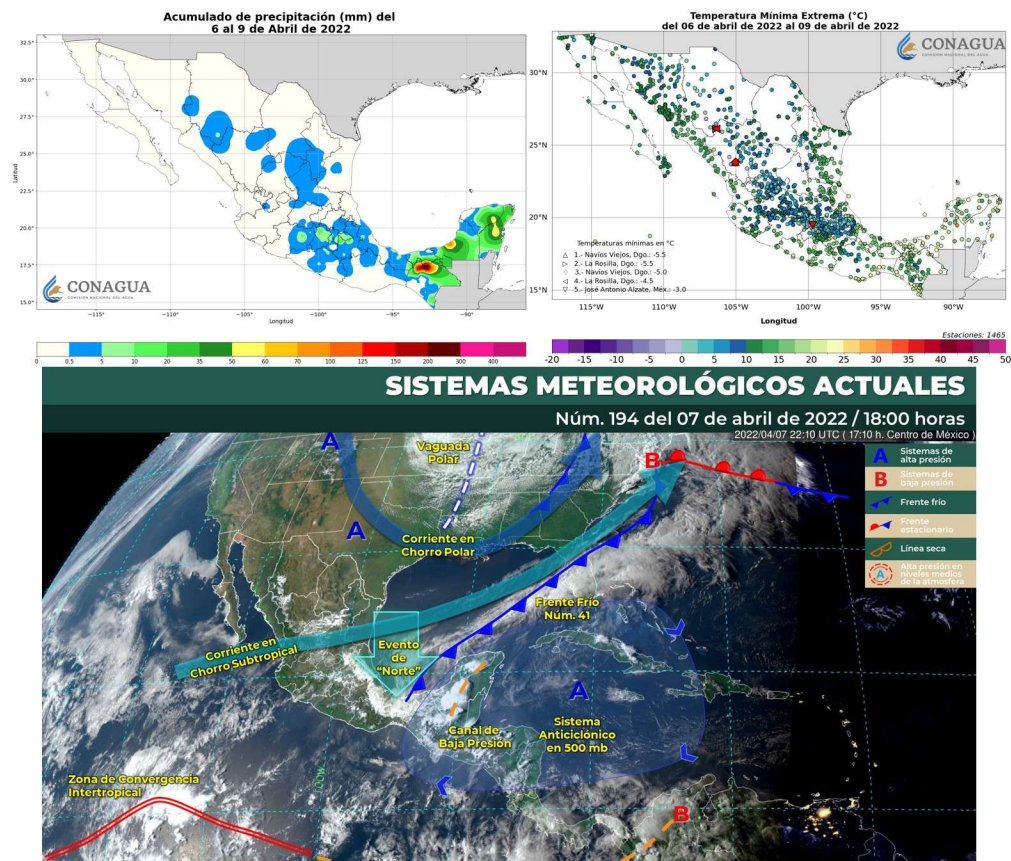


Figura 7.6: (Superior izquierda) acumulados de precipitación del 6 al 9 de abril. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 6 al 9 de abril. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 7 de abril.

Conforme se desplazó sobre la costa del Golfo de México interaccionó con un canal de baja presión ubicado en la Península de Yucatán, lo que provocó lluvias en Chiapas, Tabasco, Campeche, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Yucatán, San Luis Potosí, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Ciudad de México y Quintana Roo. La masa de aire frío que impulsaba al frente, generó un descenso de temperatura en el norte, noreste, centro, oriente y sureste de la República, y mantuvo el evento de “Norte” (Figura 7.6).

Las condiciones que favorecieron la convección se mantuvieron, provocando precipitación en el norte de Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Oaxaca, Puebla y Veracruz; así mismo, la masa de aire frío mantuvo el evento de “Norte” en el Istmo y Golfo de Tehuantepec esta condición se mantuvo hasta que el frente se disipó. Los acumulados de lluvia, así como la nubosidad asociada al paso del frente se observan en la (Tabla 7.4).

Tabla 7.4: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 41.

Fecha	Chihuahua	Durango
6 de abril	-3.0 °C en Madera	-5.5 °C en Durango
7 de abril	-3.0 °C en Balleza	-5.0 °C en Durango
8 de abril	-2.6 °C en Balleza	-5.5 °C en Guanaceví
9 de abril	-2.8 °C en Balleza	-1.0 °C en Durango

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del [SIH](#).

Mayo 2022

En mayo de 2022, de los tres frentes pronosticados se observaron 3 ocasionando lluvias puntuales en zonas de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

Frente frío No. 47 (21-23 mayo)

De acuerdo a lo observado en mayo del presente año, un canal de baja presión al noreste de México provocó lluvias puntuales, lo que generó características de estacionario sobre el norte de México y en interacción con un canal de baja presión sobre los estados de la Mesa del Norte, así como con inestabilidad en niveles altos de la atmósfera, lo que ocasionó lluvias en toda la costa oriental del país, principalmente en el noreste (Figura 7.7). En la Tabla 7.5 se observan los registros de temperatura mínima, concentrados en Durango.

Tabla 7.5: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 47.

Fecha	Durango
21 de mayo	-7.0 °C en Guanaceví
22 de mayo	-6.0 °C en Guanaceví
23 de mayo	-3.5 °C en Durango

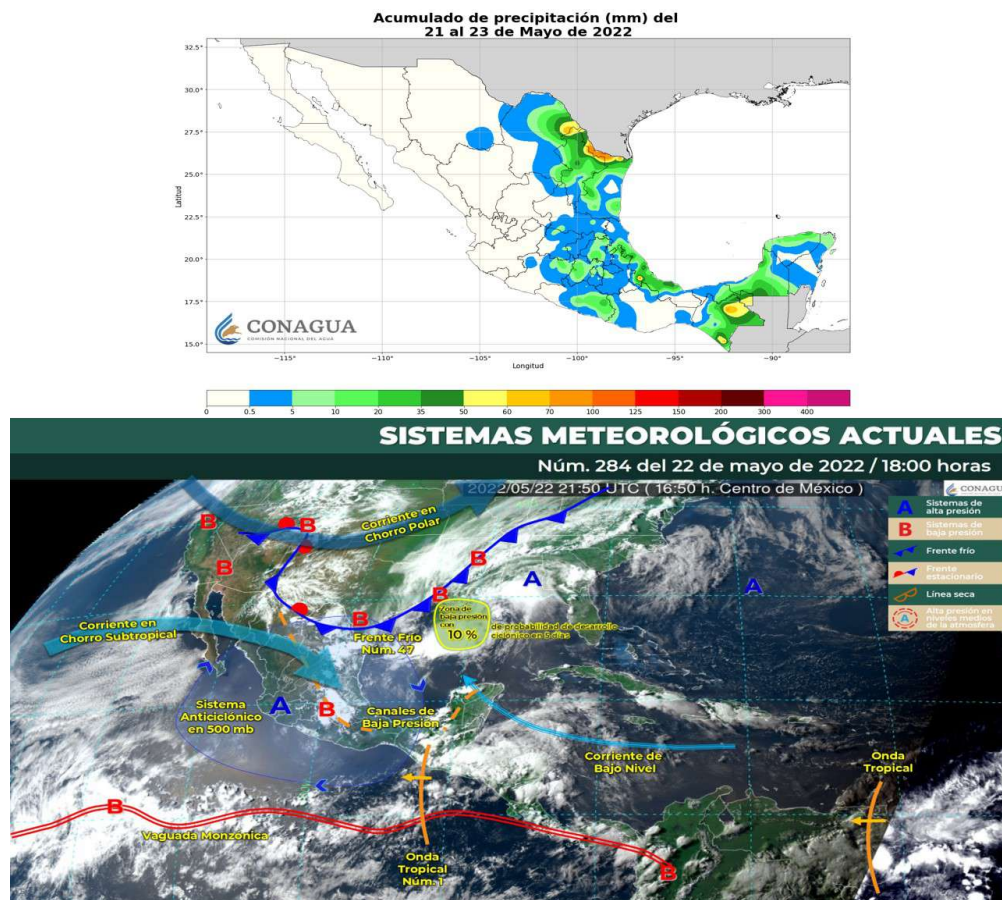


Figura 7.7: (Superior) acumulados de precipitación del 21 al 23 de mayo. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 22 de mayo.

Septiembre 2022

Para este mes se pronosticaron dos frentes fríos y se observó uno, es decir, dos frentes por debajo de la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 1 (25–28 septiembre)

El primer frente frío de la temporada se enumeró el 25 de septiembre e ingresó por el noroeste del país, en términos climatológicos se considera como un comienzo tardío de la temporada. Generó chubascos y rachas de viento en el norte del país. Conforme avanzó, produjo lluvias que progresivamente afectaron los estados de San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Sonora, Chihuahua y Coahuila (Figura 7.8).

También ocasionó temperaturas bajas en las zonas montañosas de Chihuahua y Durango, lo cual se extendió sobre el litoral del Golfo de México, dejando lluvias en esta región y un evento de “Norte”, así como la disminución de temperatura en entidades de la Mesa

del Norte y Mesa Central. El 28 de septiembre, el frente comenzó su disipación, dejando acumulados de lluvias importantes en el centro, sur y Península de Yucatán. No obstante, la masa de aire frío asociada al frente mantuvo su influencia en el país, lo que generó un ambiente frío en gran parte del territorio (Tabla 7.6).

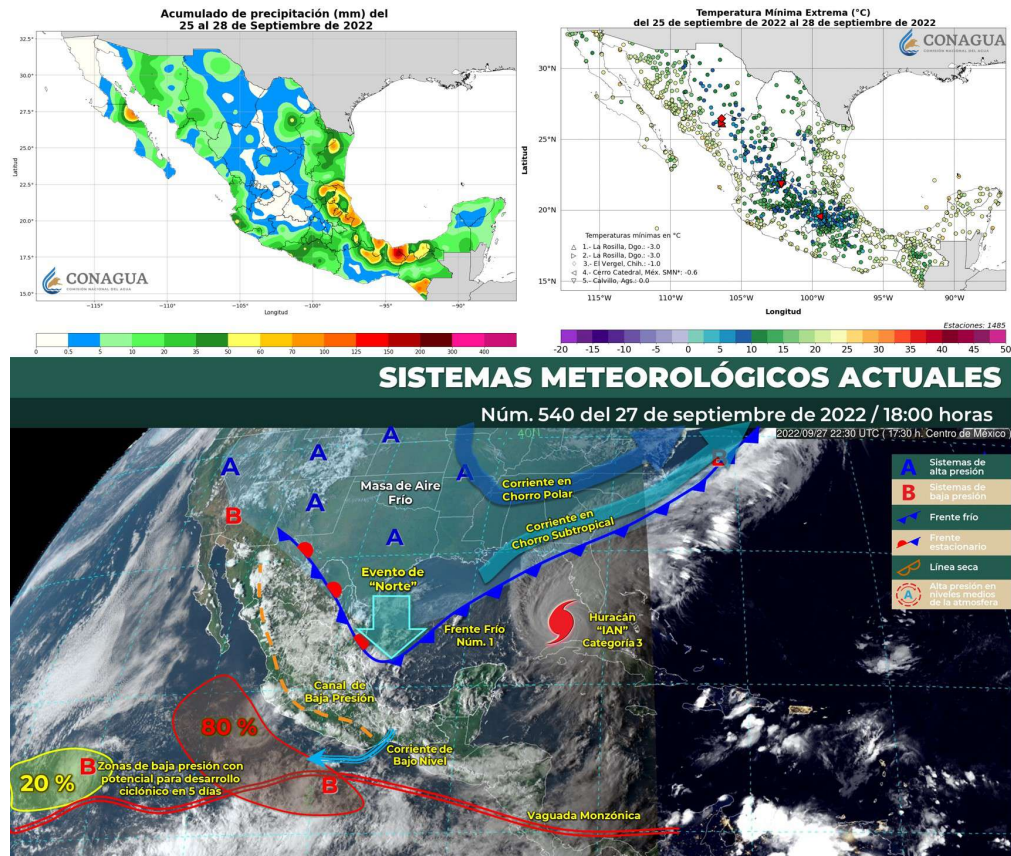


Figura 7.8: (Superior izquierda) acumulados de precipitación del 25 al 28 de septiembre. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 25 al 28 de septiembre. (Inferior) principales sistemas meteorológicos del 27 de septiembre.

Tabla 7.6: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 1.

Fecha	Aguascalientes	Chihuahua	Durango	Estado de México
25 de septiembre	3.0 °C en El Llano	-1.0 °C en Balleza	-3.0 °C en Guanaceví	3.3 °C en Tenango del Valle
26 de septiembre	2.0 °C en El Llano	3.3 °C en Balleza	-3.0 °C en Guanaceví	2.6 °C en Amecameca
27 de septiembre	2.0 °C en Aguascalientes	1.0 °C en Balleza	1.5 °C en Guanaceví	-0.6 °C en Isidro Fabela
28 de septiembre	0.0 °C en Aguascalientes	7.0 °C en Balleza	2.0 °C en Guanaceví	0.9 °C en Amecameca

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del SIH.

Octubre 2022

Para el décimo mes del año se pronosticaron 5 frentes fríos y se observaron 5, la misma cantidad que la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 4 (16–21 octubre de 2022)

Los efectos del frente frío número 4 se percibieron como lluvias y bajas temperaturas sobre la frontera norte del país. Al interactuar con un vórtice de baja presión, ocasionó lluvias en Sonora, Chihuahua y Coahuila.

Conforme se desplazó hacia el oriente, las lluvias afectaron a los estados de Durango, Zacatecas y San Luis Potosí; así mismo, el frente generó un evento de “Norte” con rachas de viento de 80 a 100 km/h y oleaje de 3 a 5 metros en las costas de Tamaulipas y Veracruz. Al interactuar con la onda tropical No. 27 y con una zona de baja presión ocasionó lluvias fuertes en el centro y sur del territorio nacional (Figura 7.9).

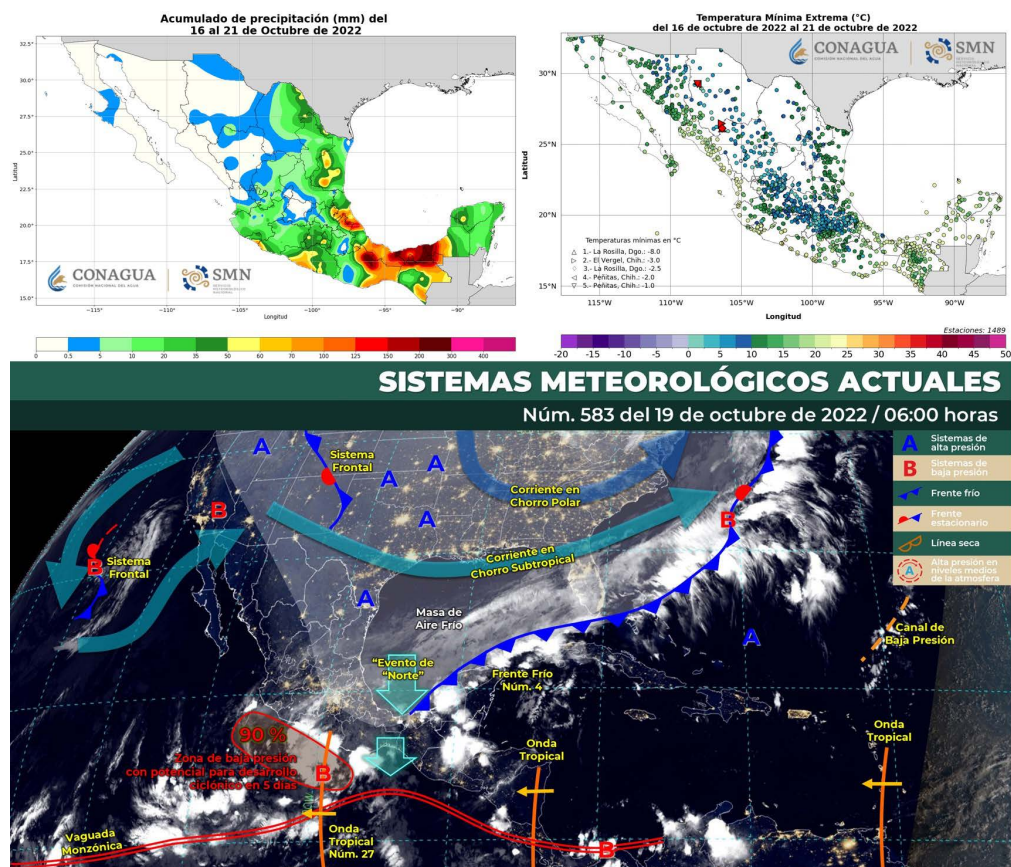


Figura 7.9: (Superior izquierda) precipitación del 16 al 21 de octubre. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 16 al 21 de octubre. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 19 de octubre.

El frente se desplazó hacia el occidente del Mar Caribe y al interactuar con la onda tropical No. 28, ocasionó lluvias intensas en Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. La masa de aire frío mantuvo su influencia en el país lo que generó un ambiente frío en la Mesa del Norte y Mesa Central. De acuerdo a la Figura 7.9. Se puede observar que los principales acumulados se concentraron al sur del Golfo de México, coincidiendo con el paso del frente y su interacción con la onda tropical.

Tanto en Chihuahua como en Durango se generó un ambiente con temperaturas por debajo de los 5 °C (Tabla 7.7), registrándose la temperatura mínima extrema de -8.0 °C en Guanaceví, Durango.

Tabla 7.7: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 4.

Fecha	Chihuahua	Durango
16 de octubre	1.0 °C en Madera	2.0 °C en SÚchil
17 de octubre	-2.0 °C en Madera	-8.0 °C en Guanaceví
18 de octubre	-1.0 °C en Madera	0.0 °C en Guanaceví
19 de octubre	3.0 °C en Madera	1.0 °C en Durango
20 de octubre	-3.0 °C en Balleza	-2.5 °C en Guanaceví
21 de octubre	-0.5 °C en Balleza	-1.0 °C en Durango

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del [SIH](#).

Noviembre 2022

En noviembre se pronosticaron 6 frentes fríos y se observaron 6, misma cantidad que la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 9 (13–19 noviembre de 2022)

La llegada del frente frío 9 a México ingresó por el noroeste del país, al interactuar con la corriente en chorro y una vaguada polar género rachas de vientos fuertes en Chihuahua, Durango, Baja California y Sonora. Al desplazarse sobre el norte y noreste, género lluvias en Tamaulipas y mantuvo las rachas de viento; así mismo, la masa de aire frío asociada género un evento de “Norte” en el litoral de Tamaulipas y bajas temperaturas en el norte y noreste del país. Conforme el frente se desplazó hacia el sur del Golfo, interacción con un canal de baja presión, lo que ocasionó lluvias en Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Mientras tanto, la masa de aire frío mantuvo un ambiente gélido, con temperaturas mínimas por debajo de los 0 °C en las cimas montañosas de la Mesa del Norte.

La interacción entre la entrada de humedad del Mar Caribe con el frente provocó precipitaciones en el sur, sureste, centro y la Península de Yucatán. A pesar de que el frente adquirió características de estacionario al sur del Golfo de México, su interacción con un canal de baja presión, provocó precipitación en dicha región. Esta configuración se man-

tuvo hasta su disipación el 19 de noviembre. De acuerdo a la (Figura 7.10), los principales acumulados se concentraron al sur del Golfo de México, coincidiendo con el paso del frente y su interacción con un canal de baja presión. En cuanto a temperaturas mínimas, en el mapa superior derecho se observa que se concentraron en Durango y durante el paso del frente se mantuvieron por debajo de los 0 °C (Tabla 7.8).

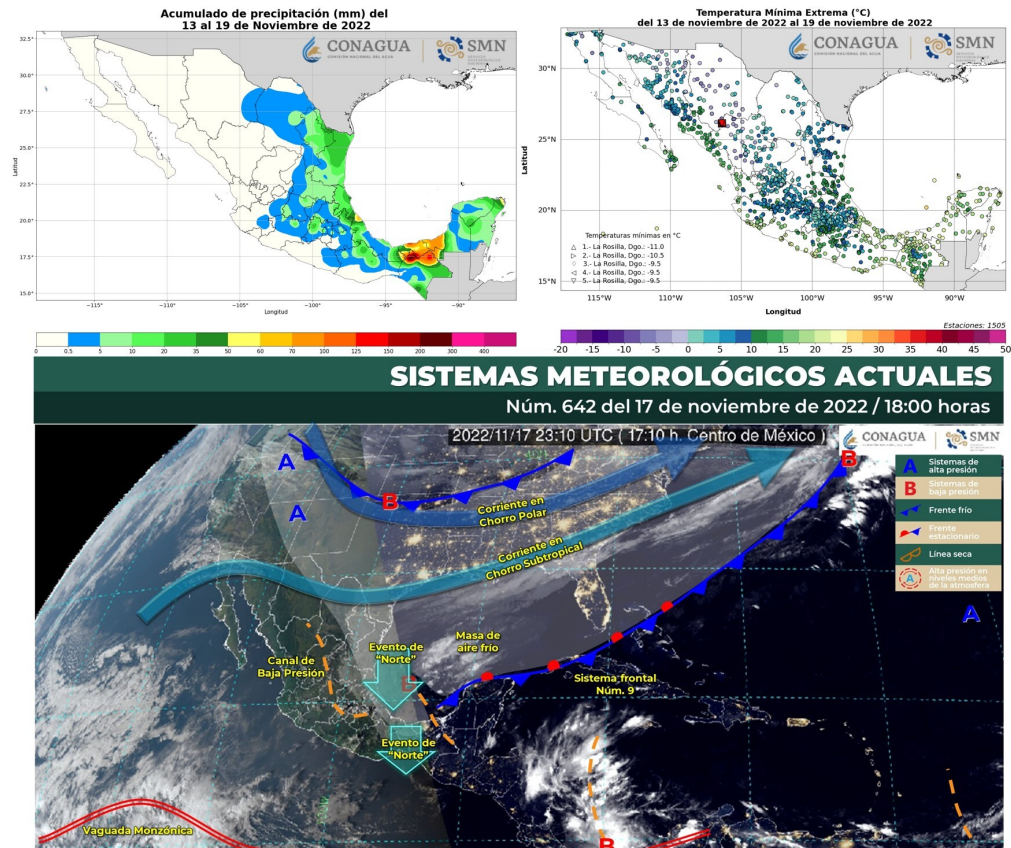


Figura 7.10: (Superior izquierda) precipitación del 13 al 19 de noviembre. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 13 al 19 de noviembre. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 17 de noviembre.

Tabla 7.8: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 9.

Fecha	Durango
13 de noviembre	-11.0 °C en Guanaceví
14 de noviembre	-9.5 °C en Guanaceví
15 de noviembre	-10.5 °C en Guanaceví
16 de noviembre	-9.5 °C en Guanaceví
17 de noviembre	-9.0 °C en Guanaceví
18 de noviembre	-9.5 °C en Guanaceví
19 de noviembre	-4.5 °C en Guanaceví

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del SIH.

Diciembre 2022

En diciembre se pronosticaron 8 frentes fríos y se observaron 9, es decir, dos por arriba de la climatología 1991-2020.

Frente frío No. 19 (22–26 diciembre de 2022)

En el último mes del año, el frente frío número 19 recorrió el sureste del país y la Península de Yucatán, por lo que se observaron acumulados de precipitación al norte de Chiapas, sur de Tabasco, al oriente de Oaxaca y sur de Veracruz, Puebla, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

La masa de aire polar asociada al sistema frontal cubrió la mayor parte del país: ocasionando bajas temperaturas y condiciones de cielo despejado, heladas y bancos de niebla, durante la mañana y noche, en las montañas del norte, noreste, centro, oriente y sureste de la República Mexicana lo que provocó temperaturas mínimas de -15 a -10 °C en zonas de Chihuahua, Durango y Sonora; de -10 a -5 °C en las Sierras de Baja California y Coahuila; de -5 a 0 °C en regiones de Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas y de 0 a 5 °C en zonas montañosas de Baja California sur, Chiapas, Ciudad de México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Sinaloa (Tabla 7.9).

Por otra parte, se registraron heladas al amanecer en zonas de Baja California, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Estado de México, Hidalgo, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Oaxaca y Veracruz.

La misma masa de aire polar generó evento de “Norte” de muy fuerte a intenso con rachas de 100 a 120 kilómetros por hora (km/h) en el Istmo y Golfo de Tehuantepec; con rachas de 70 a 80 km/h en las costas de Tabasco y Veracruz y rachas de 60 a 70 km/h en los litorales de Campeche, norte de Quintana Roo y Yucatán, así como oleaje de 3 a 5 metros en el Golfo de Tehuantepec y de 2 a 4 metros en los litorales de Tabasco, Veracruz y la Península de Yucatán (Figura 7.11).

Tabla 7.9: Temperaturas mínimas asociadas al frente frío No. 19.

Fecha	Durango	Estado de México
22 de diciembre	-13.0 °C en Durango	-1.2 °C en Tenango del Valle
23 de diciembre	-14.0 °C en Durango	-0.5 °C en Isidro Fabela
24 de diciembre	-14.0 °C en Durango	-15.4 °C en Amecameca
25 de diciembre	-12.0 °C en Durango	-2.0 °C en Tenango del Valle
26 de diciembre	-14.0 °C en Durango	-3.2 °C en Tenango del Valle

Nota: Se muestra el nombre del municipio en donde fue medida la temperatura. Información obtenida del [SIH](#).

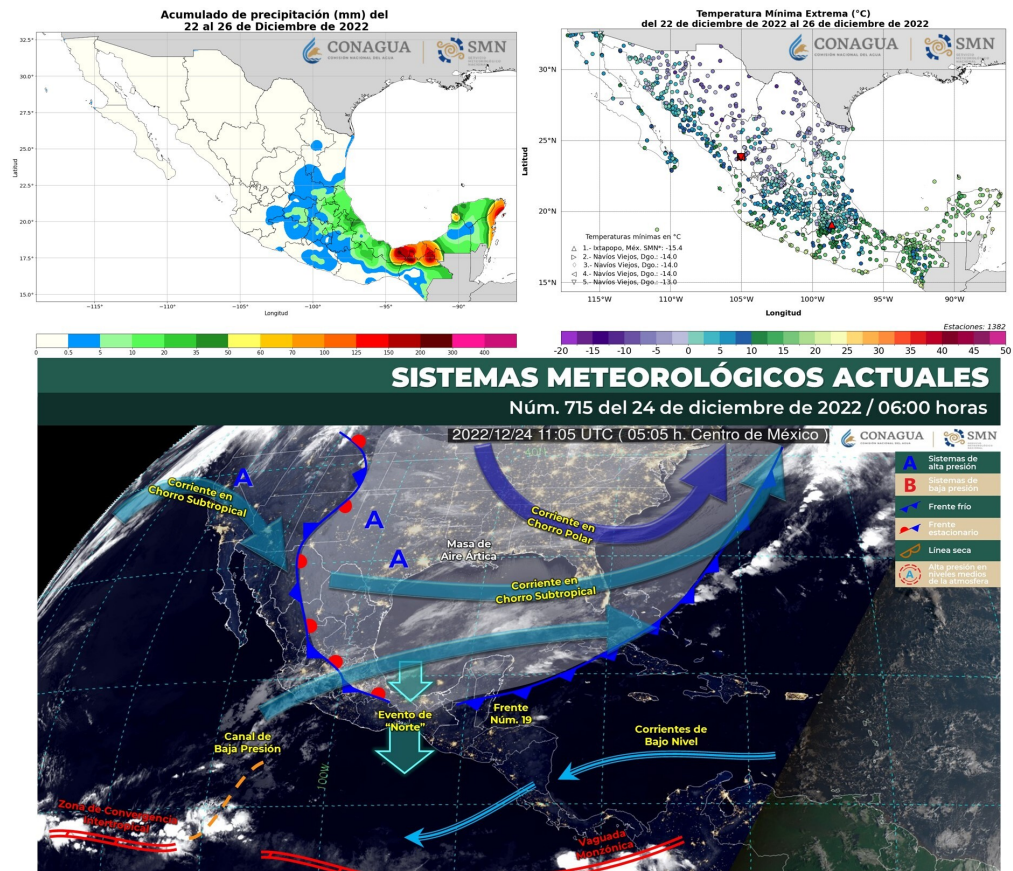


Figura 7.11: (Superior izquierda) precipitación del 22 al 26 de diciembre. (Superior derecha) temperaturas mínimas extremas del 22 al 26 de diciembre. (Inferior) principales sistemas meteorológicos el 24 de diciembre.

8. Eventos notables

En el año 2022 ocurrieron nevadas y heladas en los estados del norte del país durante los meses de enero a febrero y de septiembre a diciembre por el paso de frentes fríos y tormentas invernales; uno de los estados más afectados por estos fenómenos fue Chihuahua. Por otro lado, tornados y trombas se observaron entre los meses de marzo a octubre, siendo el mes de septiembre el de mayor actividad para los tornados y el mes de agosto para las trombas.

Las trombas se reportaron principalmente en los municipios del estado de Chiapas. Las granizadas más severas se presentaron en su mayoría sobre la Ciudad de México y el Estado de México. Por otro lado, importantes sistemas convectivos propiciaron lluvias severas durante los meses de junio a septiembre propiciando inundaciones importantes en el estado de Guerrero. Finalmente, en los meses de marzo a abril persistieron condiciones secas que dieron lugar a incendios forestales en el estado de Nuevo León (Figura 8.1). A continuación, se describen los eventos meteorológicos más sobresalientes del año.

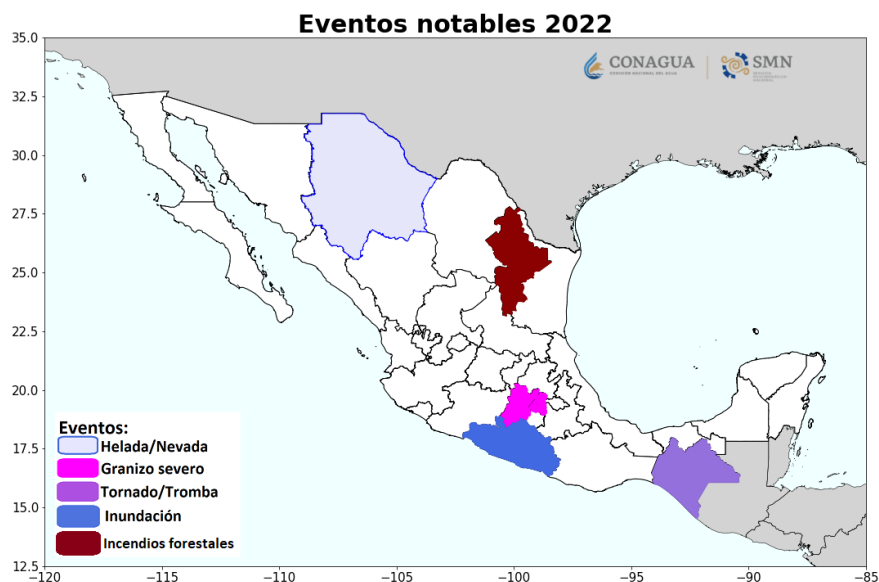


Figura 8.1: Mapa de estados donde se presentó con mayor frecuencia los eventos hidrometeorológicos más significativos durante el año 2022.

Heladas y nevadas

En el año 2022 se presentaron nevadas y heladas sobresalientes, sobre todo en los estados de Chihuahua y Durango, siendo las del mes de febrero las más extensas territorialmente. Esto debido a que el frente frío No. 28 de la temporada 2021-2022 tuvo interacción con una vaguada polar y la entrada de humedad generada por la corriente en chorro subtropical, condiciones que generaron la caída de aguanieve en regiones serranas del norte del país. Del 7 al 10 de febrero el frente se extendió con características de estacionario sobre

el sureste y la Península de Yucatán, debido a una circulación anticiclónica en el Golfo de México y un canal de baja presión que mantuvo la entrada de humedad hacia el oriente y noreste del territorio nacional.

Se registraron heladas en los municipios de Mezquitic en Jalisco; Galeana y Aramberri en Nuevo León; Balleza, Guachochi y Guadalupe en Chihuahua; y en Guanaceví, Durango. También se reportó la caída de aguanieve en los municipios de Miquihuana, Tamaulipas; Muzquiz, Ocampo y Sabinas en Coahuila; y en el Cofre de Perote, Veracruz.

La climatología 1991-2020 del 7 al 10 de febrero muestra que la temperatura mínima promedio alcanza hasta los 7 °C en los municipios antes mencionados, mientras que, del 7 al 10 de febrero del 2022, en todo el norte del país hubo un marcado descenso de la temperatura mínima de hasta 5 grados más frío que lo normal, específicamente en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Nuevo León (Figura 8.2).

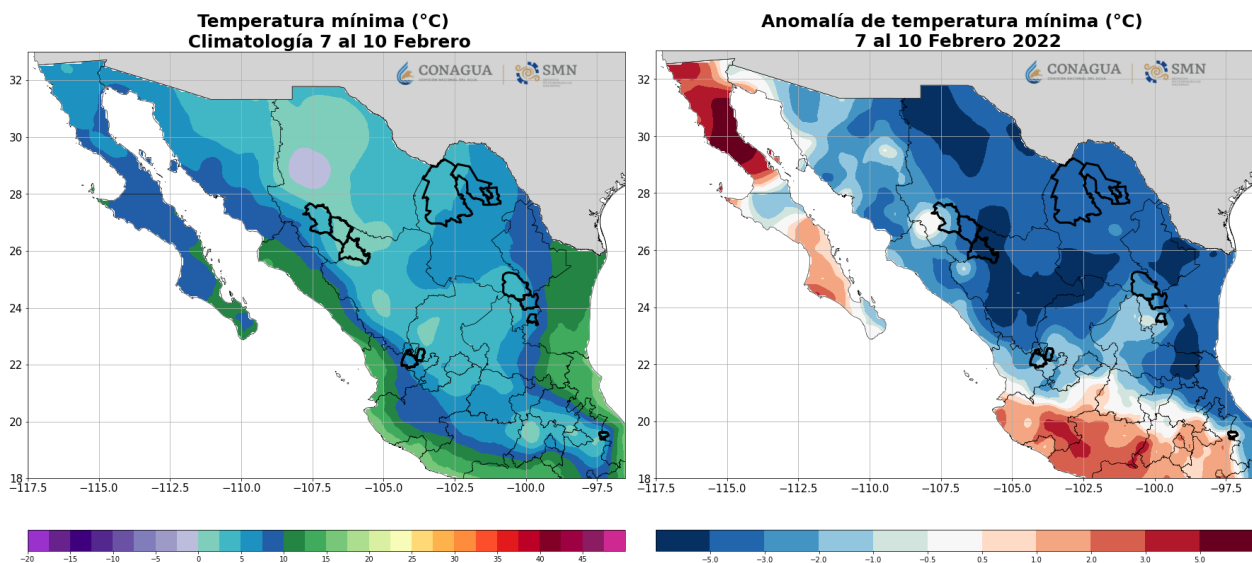


Figura 8.2: (Izquierda) climatología de la temperatura mínima del 7 al 10 de febrero. (Derecha) anomalía en grados Celsius de la temperatura mínima del 7 al 10 de febrero de 2022.

Granizadas severas

En abril 2022 se registraron varios eventos de caída de granizo severo, los cuales afectaron los estados de Hidalgo, Michoacán, Puebla, Morelos, Coahuila, Nuevo León, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Querétaro, Zacatecas, Chihuahua, Durango, Aguascalientes, Ciudad de México y Estado de México, siendo estos dos últimos donde se reportó la mayor cantidad de granizadas durante todo el año.

La granizada más significativa, en cuanto al tamaño del granizo, fue la observada el día 18 de abril, cuando el frente frío No. 43 se desplazaba sobre el noreste del territorio na-

cional e interactuó con un canal de baja presión, generando tormentas eléctricas en dicha región del país. Mientras que, al sureste, la interacción entre un canal de baja presión y su interacción con el ingreso de humedad proveniente del Golfo de México ocasionaron tormentas dispersas sobre el estado de Chiapas.

En los días posteriores se mantuvo un canal de baja presión sobre el interior del territorio nacional, el cual tuvo interacción con la entrada de humedad de ambos litorales y con inestabilidad de la atmósfera superior, dando lugar al desarrollo de tormentas eléctricas dispersas sobre el centro del país. Se reportó caída de granizo en los municipios de Saltillo y Acuña en Coahuila; Cuautitlán Izcalli y Toluca en Estado de México; Pesquería, Monterrey, Apodaca, Galeana y General Zuazua en Nuevo León y San Cristóbal de las Casas, en Chiapas. De acuerdo a la climatología 1991-2020, no se acumulan más de 5 mm de lluvias sobre estos municipios entre el 18 y 21 de abril, para dichas fechas, pero en 2022, se acumularon de 5 a 20 mm de precipitación en las cercanías de todos los municipios antes mencionados (Figura 8.3).

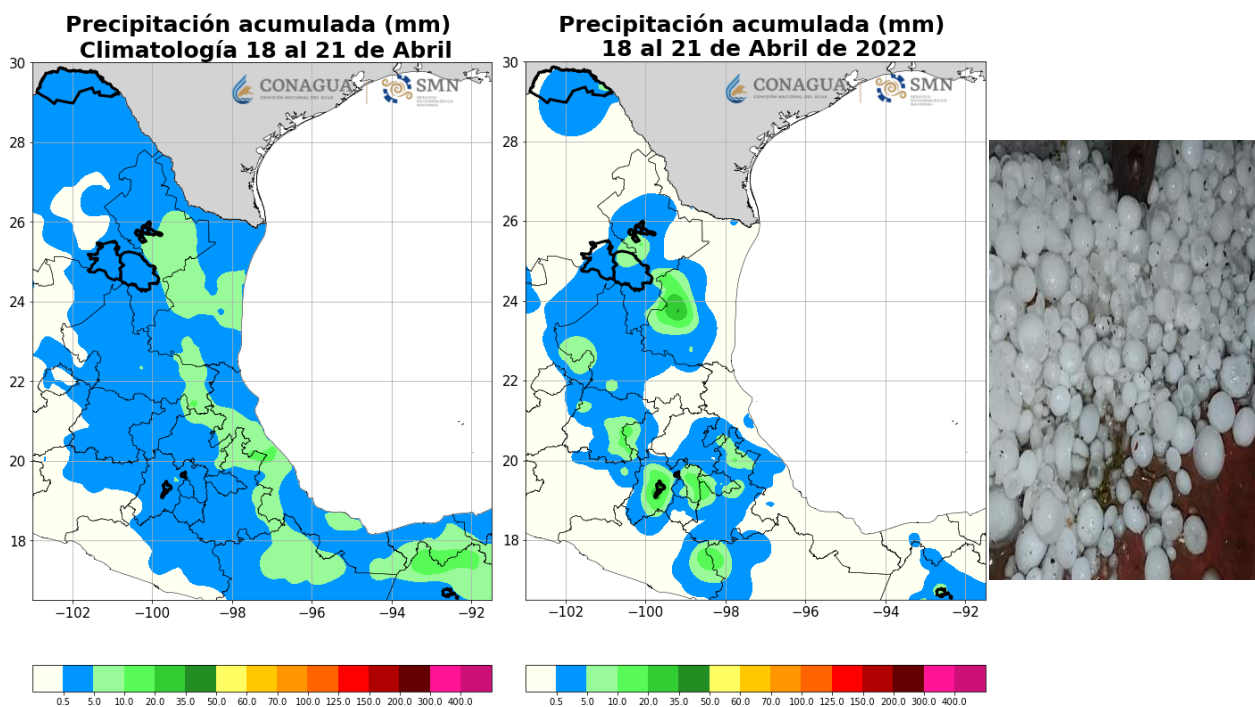


Figura 8.3: (Izquierda) climatología de la precipitación acumulada del 18 al 21 de abril. (Centro) precipitación acumulada del 18 al 21 de abril de 2022. (Derecha) cobertura de granizo sobre el municipio de Saltillo, Coahuila el 18 de abril de 2022. Recuperado de twitter.com/InfoMeteoro.

Tornados y trombas marinas

De acuerdo con los datos de la CGSMN, durante el año se contabilizaron un total de 15 tornados y 8 trombas marinas, lo cual se resume en la Tabla 8.1 y la Tabla 8.2.

Tabla 8.1: Tornados reportados en el año 2022.

Estado	Mes	Día	Municipio
Chiapas	Marzo	18	Comitán
Coahuila	Abril	5	Piedras Negras
Puebla	Abril	11	Cuyoaco
Tlaxcala	Abril	24	Cuapiaxtla
Chihuahua	Junio	2	Aldama
Chiapas	Junio	6	Comitán
Tlaxcala	Junio	25	Ixtenco
Nayarit	Julio	11	Santa María del Oro
Estado de México	Julio	16	Otumba
Chihuahua	Julio	19	Janos
Jalisco	Septiembre	3	Zapotiltic
Chiapas	Septiembre	12	Oxchuc
Nayarit	Septiembre	21	Tepic
Sinaloa	Septiembre	22	Guamúchil
Chihuahua	Octubre	9	Ahumada

Tabla 8.2: Trombas marinas reportadas en el año 2022.

Estado	Mes	Día	Municipio
Quintana Roo	Mayo	11	Tulum
Jalisco	Agosto	9	Chapala
Sinaloa	Agosto	9	Ahome
Veracruz	Agosto	11	Veracruz
Baja California Sur	Agosto	17	La Paz
Quintana Roo	Agosto	17	Solidaridad
Veracruz	Septiembre	1	Coatzacoalcos
Michoacán	Octubre	27	Cotija

Durante el año 2022 no se reportó ningún tornado supercelda, tampoco hubo daños importantes generados por este tipo de fenómenos. Sin embargo, durante septiembre de 2022 se presentaron 4 tornados en los estados de Chiapas, Jalisco, Nayarit y Sinaloa. El primer tornado del año se registró en el municipio de Comitán, en Chiapas la tarde del 18 de marzo, esto debido al desplazamiento del frente frío No. 37 sobre el oriente del país, el cual tuvo interacción con un canal de baja presión el Golfo de México y con humedad del Mar Caribe y del océano Pacífico. Esta condición propicio el desarrollo de tormentas convectivas que dio lugar al tornado no supercelda que comenzó a desarrollarse a partir de las 17 horas (hora del centro de México).

En cuanto a trombas marinas, se contabilizaron cinco vórtices en el mes de agosto que afectaron las costas de los estados de Jalisco, Sinaloa, Veracruz, Baja California Sur y Quintana Roo; en este último estado se reportaron dos trombas marinas durante el año 2022. No se reportaron daños o afectaciones de las trombas sobre embarcaciones o infraestructuras en las zonas de costa.

Inundaciones

En junio y septiembre 2022 tuvieron lugar las inundaciones con mayor impacto, las cuales afectaron principalmente el estado de Guerrero. El 15 de junio, el huracán *Blas* de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson siguió un desplazamiento paralelo a las costas de Guerrero y Michoacán, por lo cual, sus bandas nubosas ocasionaron lluvias torrenciales con descargas eléctricas y rachas de viento de 70 a 80 km/h y oleaje de 2 a 4 metros de altura en dichas entidades. Debido a estas condiciones, se registraron inundaciones en el municipio de Coyuca de Benitez en el estado de Guerrero, se acumularon hasta 150 mm de superávit de precipitación en dicho municipio. Además de esto, se contabilizaron 6 ondas tropicales en el mes de junio, que aportaron con más transporte de humedad (Figura 8.4).

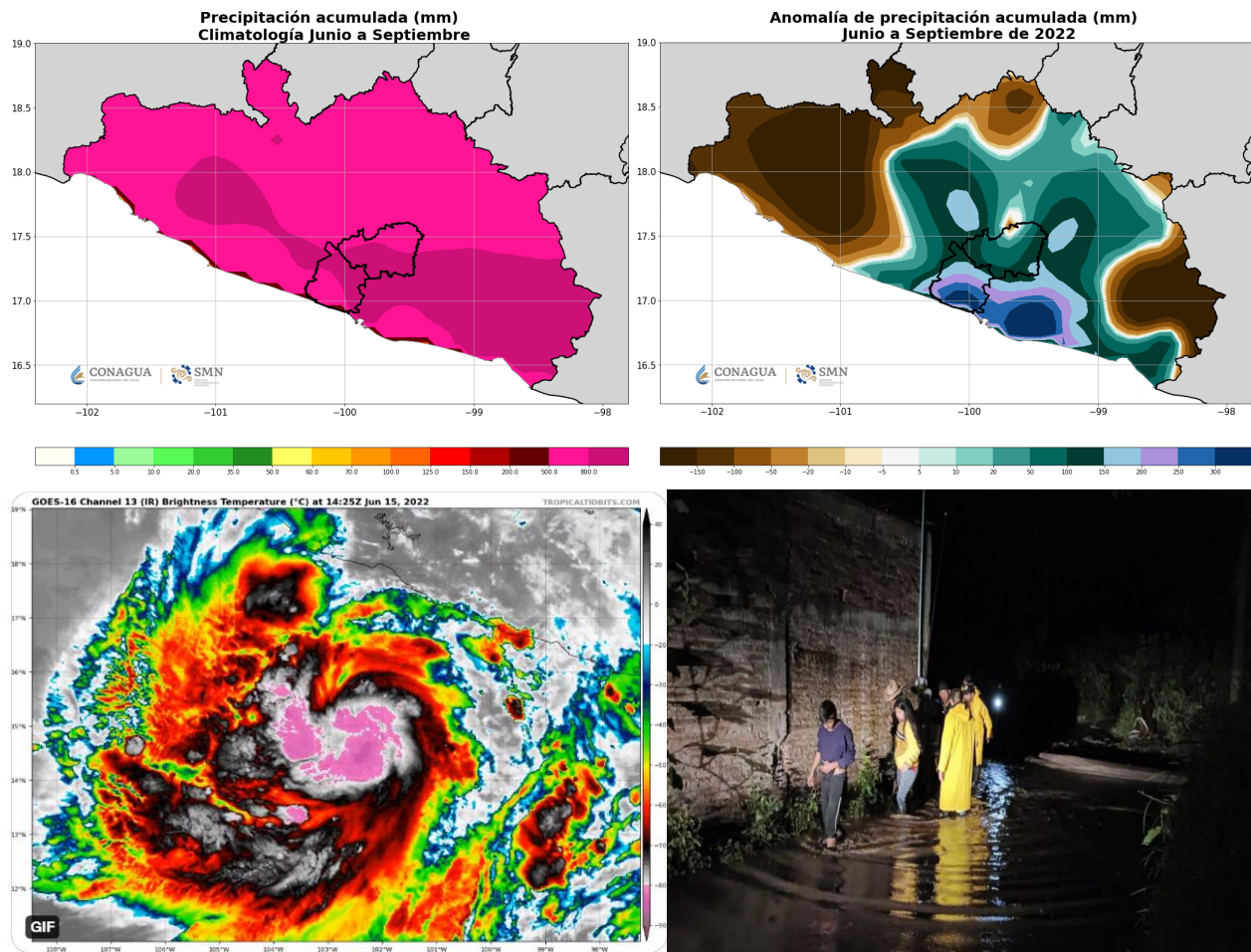


Figura 8.4: (Superior izquierda) climatología de la precipitación acumulada de junio a septiembre. (Superior derecha) anomalía en milímetros de la precipitación acumulada de junio a septiembre de 2022. (Inferior izquierda) imagen satelital del desarrollo del huracán Blas. (Inferior derecha) afectaciones en vía pública debido a las inundaciones en Chilpancingo de los Bravo, Guerrero. Recuperada de oaxaca.quadratin.com.mx.

Posteriormente en los meses de julio y agosto se contabilizaron 9 ondas tropicales respectivamente en cada mes, que siguieron aportando humedad hacia el estado de Guerrero. Finalmente, en el mes de septiembre, la tormenta tropical *Madeline*, localizada frente a las costas de Colima y Jalisco, interactuó con los remanentes de la depresión tropical *Lester* el día 18 de septiembre ocasionando así lluvias puntuales extraordinarias en zonas de Michoacán, Guerrero y Oaxaca, con vientos de 40 a 50 km/h y oleaje de 2 a 4 m de altura en las costas de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero.

Debido a la aproximación de *Lester* a las costas de Guerrero y las precipitaciones registradas los días anteriores, se presentaron las condiciones favorables para inundaciones en varios municipios de Guerrero y principalmente en el municipio de Chilpancingo de los Bravo.

De acuerdo a los datos climatológicos, con la llegada de *Lester* se alcanzó un superávit en precipitación superior a 20 mm en dicho municipio. Durante estos meses, climatológicamente se acumulan entre 500 y 800 mm de precipitación, pero de junio a septiembre de 2022 se registró un superávit de precipitación de 50 a 150 mm en el municipio de Chilpancingo de los Bravo y un superávit de más de 300 mm en el municipio de Coyuca de Benítez, propiciando así las inundaciones en el estado de Guerrero (Figura 8.4).

Incendios forestales

Desde el día 25 de marzo de 2022 se estableció una circulación anticiclónica en niveles medios de la atmósfera, lo cual ocasiono baja probabilidad de lluvia sobre la mayor parte de la República Mexicana. A su vez se suscitaron vientos de componente sur con rachas de 50 a 60 km/h en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Dicho fenómeno se mantuvo vigente durante varios días, ocasionando así la presencia de una onda de calor que mantuvo altas temperaturas, alcanzando hasta 30°C durante la última semana de marzo.

La escasez de lluvia sobre el noreste de la República Mexicana persistió durante la primera quincena del mes de abril, además, se mantuvo vigente una onda de calor que propició temperaturas muy cálidas, alcanzando hasta 35 °C durante estos días, lo cual representa hasta 5°C por arriba del promedio, así como déficits de lluvias mayores a 50 mm (Figura 8.5).

Al menos 5 mil hectáreas en su mayoría de hojarasca y pastizal resultaron afectadas, debido a las altas temperaturas y fuertes ráfagas de viento, el fuego se propagó rápidamente hacia el área de Puerto Genovevo, en el municipio de Santiago. Según medios oficiales, se logró controlar el 100 por ciento del siniestro hasta el 14 de abril.

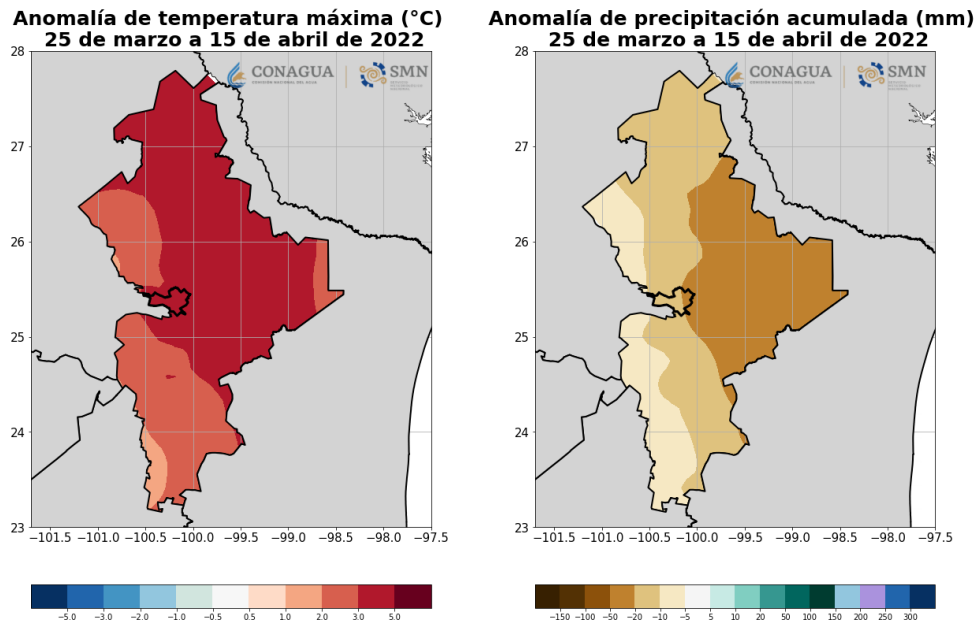


Figura 8.5: (Izquierda) anomalía en grados Celsius de la temperatura máxima del 25 de marzo al 15 de abril de 2022. (Derecha) anomalía en milímetros de precipitación acumulada del 25 de marzo al 15 de abril de 2022.

Anexos

Tabla 8.3: Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa, láminas estimadas de enero a diciembre de 2022, valores expresados en milímetros (mm).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	1.0	3.9	0.0	15.3	6.5	39.2	92.6	123.6	53.5	48.0	6.0	0.2	389.8
Baja California	1.4	8.7	13.8	0.7	0.0	0.0	2.9	15.3	54.9	4.0	6.6	15.4	123.7
Baja California Sur	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	4.7	22.2	57.4	272.0	1.4	0.5	1.5	360.3
Campeche	65.0	57.3	52.3	79.2	141.3	180.9	138.1	199.3	187.8	127.2	129.9	65.1	1423.4
Coahuila	2.6	1.3	0.1	14.2	22.0	8.8	14.4	114.0	50.0	26.0	6.7	1.3	261.4
Colima	1.3	0.7	0.0	0.5	2.4	239.7	294.4	312.2	351.7	272.7	1.8	0.1	1477.5
Chiapas	74.5	78.3	30.3	84.4	158.4	305.3	196.0	283.0	425.7	188.5	152.2	77.5	2054.1
Chihuahua	0.1	3.8	0.2	1.7	0.7	69.6	83.9	205.6	60.6	39.0	1.1	6.3	472.6
Ciudad de México	3.8	1.6	5.2	44.0	19.1	92.3	114.3	114.4	78.6	58.6	11.7	9.5	553.1
Durango	0.2	2.5	0.0	3.6	3.4	63.1	99.7	188.9	98.7	41.7	0.4	0.0	502.2
Guanajuato	0.7	2.0	0.1	8.3	5.7	53.5	112.3	172.4	73.7	37.3	9.8	4.4	480.2
Guerrero	5.6	0.6	0.4	11.1	52.3	229.5	217.0	218.3	321.3	104.7	8.6	1.4	1170.8
Hidalgo	15.4	12.0	3.3	29.2	9.9	78.6	47.1	50.2	119.9	43.9	27.0	11.3	447.8
Jalisco	1.2	0.4	0.0	2.6	9.3	139.6	236.8	248.6	129.4	86.6	3.3	1.4	859.2
Estado de México	11.6	3.3	5.0	36.1	39.0	154.1	178.2	173.7	150.5	69.0	23.2	5.6	849.3
Michoacán	3.6	1.9	0.4	4.9	9.9	163.5	197.5	171.2	140.8	57.5	7.7	1.9	760.8
Morelos	12.9	1.1	5.2	33.5	36.7	225.6	240.3	335.8	331.2	101.4	7.7	2.4	1333.8
Nayarit	2.3	0.1	0.7	0.5	1.6	179.0	315.4	320.1	230.0	183.2	0.3	0.1	1233.3
Nuevo León	15.7	8.5	0.3	29.4	27.8	29.3	10.2	81.1	132.9	34.2	26.9	4.4	400.7
Oaxaca	20.0	13.3	5.1	20.5	100.2	230.1	141.2	177.7	316.1	118.6	34.0	17.5	1194.3
Puebla	24.3	12.6	10.3	38.3	27.0	152.6	129.7	194.7	220.5	82.1	32.0	15.3	939.4
Querétaro	3.8	5.8	0.7	19.1	4.7	47.8	57.1	67.1	98.3	40.3	22.4	7.7	374.8
Quintana Roo	103.9	81.7	46.9	74.3	118.5	150.1	93.6	172.7	154.2	73.6	136.2	86.6	1292.3
San Luis Potosí	5.6	10.3	0.6	26.6	9.2	64.6	33.9	70.7	138.3	34.2	29.8	6.6	430.4
Sinaloa	0.7	3.4	0.4	0.9	0.0	95.5	200.3	339.3	184.1	30.9	0.0	0.4	855.9
Sonora	0.7	2.7	1.0	0.1	0.0	72.0	138.1	237.3	75.6	15.9	0.6	14.1	558.1
Tabasco	177.6	225.9	65.6	72.3	110.6	299.5	100.0	156.7	462.1	316.5	283.8	181.3	2451.9
Tamaulipas	20.7	19.0	1.0	45.5	28.3	51.5	21.6	51.2	141.2	44.7	54.5	8.1	487.3
Tlaxcala	12.1	6.0	6.1	33.0	34.3	61.7	91.6	117.8	72.9	46.1	8.6	8.7	498.9
Veracruz	69.2	43.0	12.8	39.6	50.5	274.4	157.7	146.6	366.4	175.9	98.0	68.8	1502.9
Yucatán	61.1	76.0	39.9	74.4	68.7	151.5	140.1	208.8	139.4	66.3	74.8	53.8	1154.8
Zacatecas	0.5	1.0	0.0	10.3	4.3	46.8	80.1	120.0	61.5	35.9	4.3	0.0	364.7
Nacional	17.0	16.4	7.1	20.0	30.3	106.4	109.1	171.5	154.9	63.4	29.9	17.6	743.6

Nota. Con información disponible en diciembre de 2022 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 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	23.4	24.3	27.6	30.4	32.0	29.2	28.4	27.1	24.9	25.6	25.5	23.7	26.8
Baja California	20.5	21.2	23.6	26.4	28.5	32.2	33.2	33.6	32.3	29.0	21.4	19.3	26.8
Baja California Sur	25.7	25.4	27.7	28.9	30.7	32.8	34.8	34.4	32.9	31.1	27.1	25.6	29.8
Campeche	29.6	30.9	33.4	36.1	36.7	33.8	34.2	34.3	32.8	32.2	31.7	30.3	33.0
Coahuila	21.2	22.7	28.5	32.9	36.3	36.8	37.1	22.2	30.7	27.9	23.8	22.0	28.5
Colima	32.1	32.9	32.2	32.6	33.2	33.3	33.6	28.2	32.5	32.7	32.7	32.2	32.4
Chiapas	29.1	29.8	31.7	33.5	33.0	29.8	30.9	19.8	29.4	29.3	29.2	27.9	29.5
Chihuahua	20.3	21.1	26.0	31.2	34.9	35.0	33.6	30.7	29.3	26.7	22.9	21.4	27.8
Ciudad de México	22.3	23.3	26.0	27.3	29.1	25.1	25.6	24.7	23.0	24.1	23.8	22.0	24.7
Durango	22.5	23.3	27.7	31.1	33.6	32.4	31.3	29.2	26.9	26.2	25.4	24.4	27.8
Guanajuato	25.1	26.1	29.0	31.2	33.0	29.4	28.7	27.8	25.8	26.8	26.7	24.8	27.9
Guerrero	31.4	32.4	33.3	34.5	34.9	32.1	32.3	32.1	31.1	31.5	31.9	30.9	32.4
Hidalgo	23.3	24.2	27.8	29.8	31.3	27.4	27.9	28.1	25.3	25.7	25.3	23.1	26.6
Jalisco	27.0	28.4	30.6	32.5	33.9	31.0	29.9	29.2	28.9	29.1	28.8	26.8	29.7
Estado de México	21.0	22.0	24.6	25.4	26.8	23.2	23.2	22.3	21.7	22.4	22.3	20.7	23.0
Michoacán	26.3	27.6	29.9	32.1	33.2	29.9	28.8	28.3	27.9	28.3	28.9	26.6	29.0
Morelos	28.2	30.0	32.7	34.1	35.1	30.7	30.1	29.2	27.7	29.0	29.6	27.9	30.4
Nayarit	29.2	30.9	32.3	34.0	35.2	34.4	33.7	33.1	33.3	32.5	31.6	29.6	32.5
Nuevo León	21.8	22.6	28.7	32.8	36.0	36.2	36.8	35.8	31.2	28.3	25.1	23.3	29.9
Oaxaca	28.1	29.2	31.7	32.8	33.6	30.2	31.1	30.5	28.8	29.5	29.7	27.4	30.2
Puebla	23.8	24.4	27.4	29.2	30.6	27.4	27.5	26.8	24.8	25.6	25.7	23.6	26.4
Querétaro	24.6	25.5	29.3	31.2	33.2	29.4	29.7	29.0	25.5	26.7	26.3	22.9	27.8
Quintana Roo	29.0	30.3	32.0	32.8	33.8	32.7	33.6	33.3	32.6	32.2	31.5	29.8	32.0
San Luis Potosí	24.9	25.8	30.8	34.7	36.5	34.0	34.0	34.2	29.8	28.7	27.3	25.3	30.5
Sinaloa	29.3	29.9	32.1	34.0	35.8	36.7	36.3	34.4	34.7	34.4	31.0	29.8	33.2
Sonora	24.5	24.8	28.4	32.6	35.5	38.2	37.8	35.4	35.5	32.6	26.2	24.4	31.3
Tabasco	28.6	29.6	31.9	34.9	36.5	33.4	34.6	34.5	32.1	31.9	31.3	30.4	32.5
Tamaulipas	23.4	23.5	29.4	33.7	36.0	35.9	37.0	36.7	33.0	30.2	27.1	25.2	30.9
Tlaxcala	21.2	22.8	25.6	26.2	27.5	25.0	25.1	24.2	22.5	23.7	24.4	21.9	24.2
Veracruz	24.2	24.6	27.9	31.5	33.4	30.0	30.4	31.0	28.5	27.9	26.9	25.3	28.5
Yucatán	28.8	30.3	33.0	35.6	35.9	34.0	34.5	34.3	33.2	32.4	31.8	30.9	32.9
Zacatecas	23.8	24.8	28.3	31.3	33.0	30.0	29.2	27.8	25.9	26.2	26.4	24.3	27.6
Nacional	24.6	25.5	29.0	32.1	34.2	33.3	33.3	32.1	30.4	29.1	26.8	25.1	29.6

Nota. Con información disponible en diciembre de 2022 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 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	13.5	14.4	16.9	19.8	22.5	21.7	21.0	20.3	18.3	17.2	15.9	13.8	17.9
Baja California	14.3	14.6	16.5	19.2	21.3	25.4	27.1	28.0	26.8	22.8	15.2	13.3	20.4
Baja California Sur	19.2	18.3	20.0	21.8	23.7	26.7	29.0	29.2	28.0	25.2	21.0	19.1	23.4
Campeche	23.9	25.0	26.9	29.3	30.0	28.5	28.7	28.8	27.9	27.1	26.7	25.1	27.3
Coahuila	13.0	14.0	19.2	24.7	28.2	29.5	30.1	28.5	25.0	21.2	17.0	14.9	22.1
Colima	25.4	25.6	24.2	25.5	26.6	28.0	28.5	28.2	27.7	27.6	27.0	25.8	26.7
Chiapas	22.4	22.9	24.7	26.5	26.6	24.8	25.3	25.3	24.8	24.3	23.9	22.2	24.5
Chihuahua	10.9	11.1	15.0	20.7	24.4	26.6	26.0	24.2	22.3	18.1	13.2	12.0	18.7
Ciudad de México	15.4	16.2	18.5	20.3	21.7	19.3	19.7	19.1	18.2	18.2	17.4	15.2	18.3
Durango	12.3	12.7	16.3	20.6	23.2	24.0	23.8	22.3	20.1	17.7	14.7	13.9	18.5
Guanajuato	15.7	16.5	18.7	21.5	23.4	21.9	21.3	20.8	19.4	18.8	17.9	15.5	19.3
Guerrero	24.4	25.4	25.6	27.2	27.8	26.3	26.4	26.1	25.5	25.7	25.5	23.9	25.8
Hidalgo	15.2	15.7	18.6	21.4	22.6	20.6	21.1	21.3	19.8	18.9	18.1	15.3	19.1
Jalisco	18.2	19.1	20.5	22.8	24.7	24.2	23.5	23.1	22.9	21.9	20.3	18.0	21.6
Estado de México	12.3	13.1	15.1	16.7	17.9	16.4	16.6	16.1	15.9	15.4	14.7	13.1	15.3
Michoacán	17.6	18.5	19.9	22.5	23.9	22.5	21.7	21.4	21.1	20.7	20.4	17.5	20.6
Morelos	19.7	20.9	23.0	25.0	26.3	23.8	23.5	22.8	22.1	22.4	22.0	19.5	22.6
Nayarit	21.6	22.2	22.3	24.9	27.1	28.4	28.3	27.8	28.1	27.0	24.1	21.8	25.3
Nuevo León	13.6	14.4	19.1	24.9	28.1	28.4	29.1	28.7	25.1	21.6	18.4	16.0	22.3
Oaxaca	20.8	21.6	23.6	25.0	26.1	24.3	24.8	24.4	23.6	23.3	23.0	20.4	23.4
Puebla	15.7	16.0	18.3	20.7	21.9	20.2	20.2	19.9	19.0	18.6	18.0	15.6	18.7
Querétaro	16.4	16.9	19.9	22.5	24.5	22.5	22.5	22.3	20.1	19.7	18.9	15.7	20.2
Quintana Roo	24.0	25.3	26.7	27.9	29.0	28.3	29.0	28.7	28.4	27.5	26.9	25.2	27.2
San Luis Potosí	17.5	18.1	21.6	26.5	28.7	27.1	27.1	27.1	24.2	22.2	20.7	18.3	23.3
Sinaloa	20.7	20.0	21.3	24.7	27.1	30.2	30.3	29.1	29.2	27.4	22.5	20.6	25.3
Sonora	15.5	14.7	17.5	21.9	24.9	30.0	30.9	29.4	28.8	23.9	16.6	15.2	22.4
Tabasco	24.0	24.7	26.5	29.1	30.5	28.5	29.3	29.2	27.8	27.5	27.0	25.7	27.5
Tamaulipas	16.7	16.6	21.4	27.2	29.9	29.8	30.7	30.6	27.6	24.5	21.6	19.3	24.7
Tlaxcala	12.3	13.1	15.3	17.0	17.8	17.0	16.9	16.6	16.1	16.1	15.4	12.4	15.5
Veracruz	18.7	18.6	21.3	25.0	26.8	24.7	25.0	25.3	23.9	22.8	21.8	19.8	22.8
Yucatán	22.9	24.3	26.0	28.4	29.2	28.4	28.6	28.4	27.9	26.6	26.3	24.8	26.8
Zacatecas	13.7	14.4	16.9	20.4	22.7	22.1	21.7	20.9	19.2	17.7	16.3	14.1	18.3
Nacional	16.6	17.0	19.8	23.4	25.7	26.4	26.6	25.9	24.5	22.1	19.1	17.3	22.0

Nota. Con información disponible en diciembre de 2022 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 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Aguascalientes	3.7	4.5	6.1	9.1	12.9	14.3	13.7	13.5	11.8	8.8	6.3	3.8	9.0
Baja California	8.1	8.0	9.5	11.9	14.2	18.7	21.1	22.4	21.3	16.5	9.0	7.3	14.0
Baja California Sur	12.8	11.2	12.3	14.6	16.8	20.7	23.2	24.0	23.0	19.3	14.9	12.7	17.1
Campeche	18.2	19.2	20.3	22.4	23.4	23.2	23.3	23.2	23.1	22.0	21.7	19.9	21.7
Coahuila	4.7	5.4	9.9	16.6	20.2	22.3	23.1	22.2	19.2	14.4	10.2	7.7	14.7
Colima	18.6	18.2	16.2	18.4	20.0	22.7	23.4	22.9	22.8	22.5	21.3	19.4	20.5
Chiapas	15.8	16.0	17.7	19.5	20.3	19.8	19.8	19.8	20.1	19.3	18.7	16.5	18.6
Chihuahua	1.4	1.1	4.0	10.2	13.8	18.2	18.4	17.7	15.2	9.5	3.6	2.6	9.6
Ciudad De México	8.5	9.2	11.0	13.3	14.3	13.5	13.9	13.5	13.5	12.4	11.1	8.4	11.9
Durango	2.1	2.1	4.9	10.1	12.7	15.7	16.2	15.5	13.3	9.2	4.1	3.4	9.1
Guanajuato	6.3	7.0	8.4	11.7	13.8	14.3	13.9	13.8	13.0	10.7	9.2	6.3	10.7
Guerrero	17.5	18.3	17.9	19.9	20.7	20.4	20.6	20.0	19.9	19.9	19.0	16.9	19.3
Hidalgo	7.1	7.2	9.3	12.9	14.0	13.7	14.4	14.4	14.2	12.1	10.8	7.6	11.5
Jalisco	9.4	9.8	10.5	13.1	15.6	17.5	17.2	17.1	16.9	14.8	11.8	9.2	13.6
Estado De México	3.6	4.2	5.6	8.1	9.0	9.6	10.0	9.8	10.1	8.5	7.1	5.5	7.6
Michoacán	8.9	9.3	9.9	12.9	14.7	15.1	14.7	14.4	14.4	13.0	11.9	8.4	12.3
Morelos	11.1	11.8	13.4	15.9	17.5	17.0	16.9	16.4	16.5	15.8	14.4	11.0	14.8
Nayarit	14.0	13.4	12.4	15.8	19.1	22.4	23.0	22.6	22.9	21.4	16.6	14.0	18.1
Nuevo León	5.5	6.2	9.5	16.9	20.1	20.5	21.4	21.5	19.0	15.0	11.7	8.6	14.7
Oaxaca	13.6	14.0	15.4	17.1	18.7	18.3	18.5	18.4	18.4	17.0	16.2	13.4	16.6
Puebla	7.5	7.6	9.2	12.2	13.2	13.1	12.9	13.0	13.1	11.7	10.4	7.6	11.0
Querétaro	8.1	8.3	10.4	13.8	15.9	15.7	15.2	15.5	14.7	12.6	11.6	8.5	12.5
Quintana Roo	19.1	20.2	21.5	23.0	24.1	23.9	24.4	24.1	24.2	22.7	22.3	20.6	22.5
San Luis Potosí	10.2	10.4	12.5	18.4	20.9	20.3	20.1	20.0	18.5	15.7	14.2	11.4	16.1
Sinaloa	12.1	10.2	10.5	15.4	18.4	23.7	24.4	23.8	23.8	20.4	14.0	11.5	17.4
Sonora	6.4	4.6	6.5	11.3	14.3	21.8	24.1	23.4	22.0	15.1	7.0	6.0	13.5
Tabasco	19.4	19.9	21.2	23.2	24.5	23.6	24.0	23.8	23.5	23.1	22.7	21.0	22.5
Tamaulipas	9.9	9.7	13.4	20.7	23.7	23.6	24.5	24.5	22.3	18.8	16.2	13.3	18.4
Tlaxcala	3.5	3.4	5.0	7.8	8.1	8.9	8.6	9.0	9.7	8.5	6.4	2.9	6.8
Veracruz	13.1	12.7	14.8	18.4	20.3	19.4	19.5	19.7	19.4	17.7	16.6	14.2	17.2
Yucatán	17.0	18.3	19.1	21.3	22.4	22.8	22.8	22.6	22.5	20.9	20.7	18.7	20.8
Zacatecas	3.7	4.1	5.5	9.4	12.4	14.2	14.2	14.0	12.6	9.1	6.1	3.8	9.1
Nacional	8.6	8.6	10.5	14.8	17.2	19.4	20.0	19.8	18.6	15.1	11.5	9.5	14.5

Nota. Con información disponible en diciembre de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Bibliografía

- [AEMET, 2020] AEMET (2020). Meteoglosario visual. diccionario ilustrado de meteorología. Recuperado de: "<https://meteoglosario.aemet.es/>".
- [AMS, Glossary of Meteorology, 2022] AMS, Glossary of Meteorology (2022). Reversing thermometer. Recuperado de: "https://glossary.ametsoc.org/wiki/Reversing_thermometer".
- [CONAGUA, 2020] CONAGUA (2020). Terminología. Recuperado de: "<https://app.conagua.gob.mx/spr/glosario.html>".
- [Ferreira and Schubert, 1997] Ferreira, R. N. and Schubert, W. H. (1997). Barotropaemetic aspects of itcz breakdown. *The Atmospheric Sciences*, 54:261–285.
- [Funk et al., 2015] Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedereros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., and Hoell, A. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations, a new environmental record for monitoring extremes. 2.
- [García-Franco et al., 2022] García-Franco, J. L., Chadwick, R., Gray, L. J., Osprey, S., and Adams, D. K. (2022). Revisiting mechanisms of the mesoamerican midsummer drought. *Climate Dynamics*, pages 1–21.
- [Hanley et al., 2003] Hanley, D., Bourassa, M., Brian, J., Smith, S., and Spade, E. (2003). A quantitative evaluation of enso indices. *Climate*, 16:1249–1258.
- [J. Hansen et al., 2005] J. Hansen et al. (2005). Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. Recuperado de: "<https://doi.org/10.1126/science.1110252>".
- [Liebmann et al., 2012] Liebmann, B., Bladé, I., Kiladis, G. N., Carvalho, L. M., Senay, G. B., Allured, D., and Funk, C. (2012). Seasonality of african precipitation from 1996 to 2009. *Journal of Climate*, 25(12):4304–4322.
- [Mosiño and García, 1966] Mosiño, A. and García, E. (1966). Evaluación de la sequía intraestival en la república mexicana. *Proc. Conf. Reg. Latinoamericana Unión Geogr*, 3:500–516.
- [NOAA, 2022] NOAA (2022). Climate prediction center. Recuperado de: "<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202113>".
- [NOAA, Climate.gov, 2022] NOAA, Climate.gov (2022). Climate variability: Oceanic niño index. Recuperado de: "<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic>".

- [NOAA, Ocean exploration, 2022] NOAA, Ocean exploration (2022). What is an expendable bathythermograph, or “xbt”? Recuperado de: “<https://oceanexplorer.noaa.gov/facts/xbt.html>”.
- [Sheinbaum, 2003] Sheinbaum (2003). Current theories on el niño-southern oscillation. *Geophysical International*, 42(3):291–305.
- [Trevor, 2021] Trevor, J McDougall, e. a. (2021). The interpretation of temperature and salinity variables in numerical ocean model output and the calculation of heat fluxes and heat content. Recuperado de: “<https://www.usgs.gov/media/images/bathythermograph>”.
- [USGS, 2022] USGS (2022). The bathythermograph. Recuperado de: “<https://www.usgs.gov/media/images/bathythermograph>”.
- [Wang and Magnusdottir, 2005] Wang, C. and Magnusdottir, G. (2005). ITCZ breakdown in three-dimensional flows. *Atmos Sci.*, (62):1497–1512.
- [WMO, 2019] WMO (2019). El tiempo. Recuperado de: “<https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/el-tiempo>”.

