

Agosto 2022
AÑO 12, NÚMERO 8

REPORTE DEL CLIMA EN MÉXICO



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

Comisión Nacional del Agua 2022

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: 26364600

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 Farías Nuñez Lic. Vianey Irais Olmos Caballero

Edición:

Aurora Guadalupe Zavala Fajardo

Revisión:

Reynaldo Pascual Ramírez
Minerva López Quiroz
Fernando Nicolás Arellano Guerrero

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



Portada: Nube Cumulonimbos, son nubes de desarrollo vertical, cuya base puede iniciar a 700 m de la superficie y su tope o cúspide alcanzar los 35 km de altura. Está formada por gotas de agua súper enfriada y cristales de hielo. Estas nubes originan fuertes tormentas, granizo y tormentas eléctricas.

Referencia: Rada_SC [Rada_SC] (14 de agosto de 2022). Imponentes nubes hoy en San Carlos, Sonora. [Imagen] twitter.com/Rada_SC

Índice general

Prólogo	10
Lista de Acrónimos y Siglas	11
Glosario	11
1 Condiciones Globales del Clima	15
1.1 Océánicas	16
1.1.1 Océano Pacífico y El Niño-Oscilación del Sur	16
1.1.2 Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México	19
1.2 Condiciones Atmosféricas y Teleconexiones	21
2 Precipitación	28
2.1 Registros máximos históricos de precipitación	32
3 Ciclones tropicales	34
4 Ondas tropicales	36
5 Sequía	42
6 Temperatura	45
6.1 Temperatura máxima (Tx) y número de días con Tx igual o mayor a 40 °C .	45
6.2 Temperatura media	48
6.3 Temperatura mínima (Tn) y número de días con Tn igual o menor a 0 °C .	49
7 Eventos notables	52
Anexos	59
Bibliografía	60

Índice de tablas

1.1	Consenso de probabilidades trimestrales en porcentaje del pronóstico del fenómeno ENOS.	18
2.1	Láminas de lluvia diaria estimada a nivel nacional y lluvias máximas diarias (mm) en agosto de 2022.	30
2.2	Registros de precipitación que superaron su máximo histórico en agosto de 2022.	32
4.1	Ondas tropicales enumeradas por la CGSMN durante agosto de 2022 e inestabilidades generadas.	40
4.2	Localidades con estaciones climatológicas con lluvias máximas acumuladas del 4 al 15 de agosto de 2022.	40
5.1	Porcentaje de área cubierta por las diferentes categorías de sequía desde el 15 de marzo hasta el 31 de agosto de 2022	43
6.1	Temperaturas máximas extremas a nivel estatal en agosto de 2022.	47
6.2	Récords máximos de temperatura registrados en la red de Observatorios Meteorológicos.	48
6.3	Temperaturas mínimas extremas a nivel estatal en agosto de 2022.	51
7.1	Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa, láminas estimadas en el mes de agosto 2022, valores expresados en milímetros (mm).	60
7.2	Temperatura máxima promedio a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).	61
7.3	Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).	62
7.4	Temperatura mínima a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).	63

Índice de figuras

1.1	Anomalía de la temperatura superficial del aire en agosto	15
1.2	Promedio y anomalía de la temperatura superficial del mar	17
1.3	Series de tiempo de las anomalías de la TSM las regiones de monitoreo del fenómeno ENOS	17
1.4	Promedio y anomalía de la temperatura del mar en sub-superficie	18
1.5	Consenso del pronóstico probabilístico del ENOS	19
1.6	Series de tiempo de las anomalías en las regiones de monitoreo de la TSM del Atlántico	20
1.7	Representación espacial de la temperatura superficial del mar	21
1.8	Índices atmosféricos de las regiones del Pacífico y el Atlántico	22
1.9	Promedio y anomalía de la Radiación Saliente de Onda Larga	23
1.10	Agua precipitable en la atmósfera y anomalía	24
1.11	Anomalía del promedio de la velocidad del viento	25
1.12	Anomalía de presión a nivel del mar y de altura geopotencial	26
1.13	Diagrama de fases de la MJO de 40 días	27
2.1	Lluvia observada, climatología y anomalías del mes de agosto	28
2.2	Laminas diarias de precipitación a nivel nacional	29
2.3	Anomalías porcentuales de precipitación	30
2.4	Clasificación de lluvias promedio a nivel nacional y estatal para varias escalas de tiempo	31
3.1	Trayectorias de los ciclones tropicales desarrollados en agosto	35
3.2	Lluvias asociadas al Potencial Ciclón Tropical 4	35
4.1	Centroides de ondas tropicales durante el mes de agosto	36
4.2	Distribución espacial de ondas tropicales	37
4.3	Frecuencia diaria de ondas tropicales	38
4.4	Ondas tropicales del mes de agosto contabilizadas de 1995 a 2022	38
4.5	Seguimiento de ondas tropicales sobre la República Mexicana	39
4.6	Trayectorias de ondas tropicales durante el mes de agosto	40
4.7	Precipitación acumulada asociada a ondas tropicales del 4 al 15 de agosto	41
5.1	Monitor de Sequía en México al 31 de agosto	43
5.2	Porcentaje de área cubierta por las diferentes categorías de sequía a nivel estatal	44
6.1	Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional	45
6.2	Temperatura máxima promedio en agosto	46
6.3	Percentil promedio de temperatura máxima	47
6.4	Número de días con $T_x \geq 40^\circ\text{C}$ en agosto	48
6.5	Temperatura media y anomalía en agosto	49

6.6	Temperatura mínima y anomalía en agosto	49
6.7	Percentil promedio de temperatura mínima	50
7.1	Mapa de eventos notables en agosto	52
7.2	Precipitación acumulada el 2 de agosto en Estado de México y Ciudad de México	53
7.3	Precipitación acumulada del 10 al 15 de agosto	54
7.4	Precipitación observada del 18 al 21 de agosto	55
7.5	Precipitación observada del 24 al 28 de agosto.	56
7.6	Tromba marina cercana al municipio de Ahome, Sinaloa	57
7.7	Tornado no supercelda en Otumba, Estado de México	57
7.8	Tornado no supercelda en el municipio de Janos, Chihuahua	58
7.9	Tromba marina en La Paz, Baja California Sur el 17 de agosto	59
7.10	Tromba marina cercana al municipio de Solidaridad, Quintana Roo	59

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) 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 conforma por secciones, generalmente uno/a 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 Comisión Nacional del Agua (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 el primer apartado 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 el segundo apartado, se describe el análisis nacional de la lluvia mensual, indicando la lluvia total y el porcentaje que ésta representa para diferentes periodos de tiempo, se mencionan las principales fuentes 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 analizan los ciclones generados en ambas cuencas oceánicas del hemisferio norte, dando el enfoque en los ciclones que impactaron o se acercaron a las costas mexicanas y resaltando los beneficios o afectaciones que estos fenómenos hidrometeorológicos aportaron al país.

Por otra parte, de mayo a noviembre se incluye un apartado donde se describen las 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, se resumen 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. Se proporcionan estadística y figuras que ilustran el estado de sequía en el país.

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 Nacional del Servicio Meteorológico Nacional, 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

AMO	Atlantic Multi-decadal Oscillation (Oscilación Multidecadal del Atlántico)
ATL3	Región 3 del Atlántico
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)
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
IRI	International Research Institute for Climate and Society (Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad)
ITZC	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	National 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)
OTs	Ondas tropicales
PDO	Pacific Decadal Oscillation (Oscilación Decadal del Pacífico)
SIH	Sistema de Información Hidrológica
TNA	Tropical North Atlantic (Atlántico Tropical Norte)
TSA	Tropical South Atlantic (Atlántico Tropical Sur)
TSM	Temperatura Superficial del Mar

Glosario

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 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 recurrente 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 °C y 3 °C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Inglés), afectando 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 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.

Procesos de Convección. Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuales se pueden convertir

en cumulonimbus (nubes de tormenta) si la convección es muy fuerte.

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

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

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

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

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

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

1. Condiciones Globales del Clima

El promedio de la temperatura del aire sobre la superficie a escala global en el mes de agosto de 2022 lo ubicó como el tercer mes de agosto más cálido, con una anomalía positiva de 0.3 °C, tomando como referencia el periodo climatológico 1991-2020 de la base de datos de Copernicus Climate Change Service/ECMWF (ERA5).

Las temperaturas más cálidas que el promedio se registraron en Canadá, Europa, China, Japón, India, así como en regiones al norte y occidente de Estados Unidos de América, suroeste de Groenlandia, occidente y norte de América del Sur, norte y este de la Península Arábiga, norte y sur de Australia, norte y centro de África y regiones al occidente y sur de la Antártida, como se muestra en la Figura 1.1. En cambio, temperaturas más frías de lo habitual se registraron en la parte central de Rusia, Australia, África, occidente de Alaska, México, oeste de Groenlandia, Sur América y regiones de la costa de la Antártida.

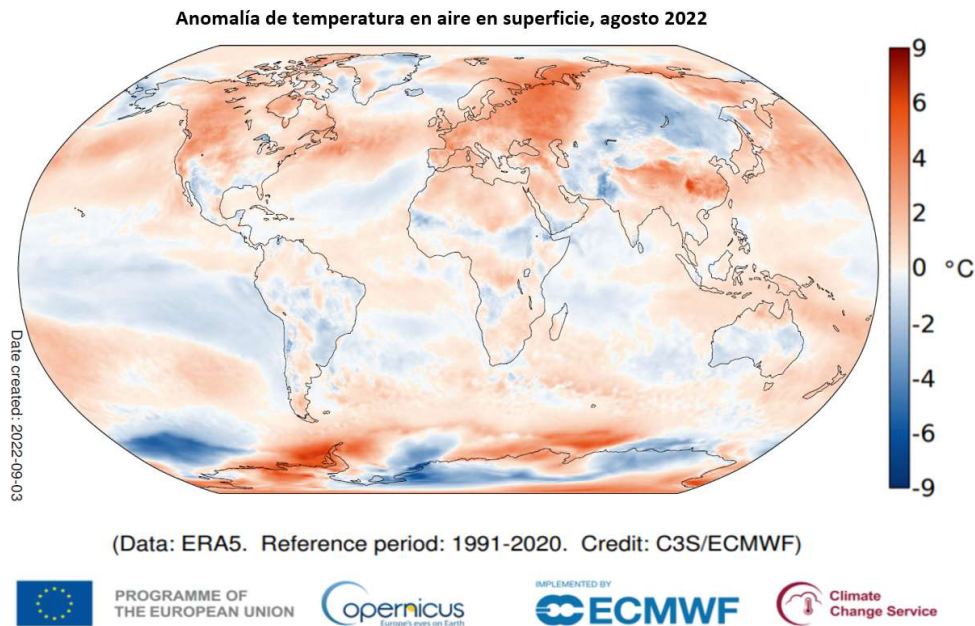


Figura 1.1: Anomalía de temperatura del aire a nivel global en agosto de 2022. Anomalías calculadas a partir de la climatología 1991-2020. Datos: ERA-5, ECMWF, Copernicus Climate Change Service.

De igual manera, se analizó la información de temperatura del aire sobre los continentes y a nivel del mar de la base de datos del Global Historical Climatology Network (GHCN) y del Reanálisis NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature v5 (ERSSTV5), respectivamente. De acuerdo con estas bases de datos, agosto de 2022 se ubicó como el sexto mes de agosto más cálido (en 143 años de registros), con una anomalía de 0.90 °C por arriba del promedio (1991–2020), más cálido que el registro de agosto 2020 pero, debajo de agosto de 2016 que es el agosto más cálido de acuerdo con esta base de datos, con una anomalía de 0.94°C.

En los continentes, la anomalía de temperatura registrada en agosto de 2022 fue de 1.11 °C por arriba del promedio, tomando de referencia datos desde 1880, colocándose como el séptimo registro de temperatura más cálida para un mes de agosto, solamente 0.28 °C por arriba del promedio. En los océanos, la anomalía de temperatura registrada fue de 0.78 °C por arriba del promedio, siendo el sexto mes de agosto más cálido.

Durante agosto de 2022 la extensión de la capa de cobertura de hielo en el Antártico fue la segunda más baja en 44 años de datos satelitales del mismo mes, lo que significa 4% por debajo del promedio, ligeramente más bajo que el registro de junio de 2002. En el Ártico, la extensión de hielo fue de 5% por debajo del promedio, siendo el doceavo agosto más bajo en cobertura de hielo en el Ártico.

1.1. Oceánicas

1.1.1. Océano Pacífico y El Niño-Oscilación del Sur

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) durante agosto de 2022 fue más cálida que el promedio (1991-2020) en regiones al occidente del océano Pacífico, Atlántico norte, archipiélago de Indonesia, Pacífico sur y norte, donde este patrón es característico de una fase negativa (índice de -2.36 para agosto 2022) de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés).

La Temperatura Superficial del Mar también fue más cálida que el promedio en regiones del Mar de Weddell, Bellingshausen, en la Barrera de Hielo de Amery, en el Antártico, Mar Mediterráneo, Golfo de Bengala en India, Mar de Japón, Mar de Java, Bahía de Hudson en Canadá, Mar de Barents, Kara y Báltico en la Península Escandinava y en la Bahía de Baffin en Groenlandia.

Por el contrario, se registraron TSM por debajo del promedio en regiones al centro del Pacífico ecuatorial (fase negativa del ENOS), Pacífico sur, en regiones del Atlántico norte y sur, Mar Arábigo, Océano Índico, Golfo de Guinea, Mar de Bering y en regiones del Mar de Amundsen y oriente del Mar de Weddell en la Antártica (Figura 1.2).

Durante el mes de agosto de 2022, en las regiones de monitoreo de El Niño Oscilación del Sur (ENOS): Niño 3, Niño 4, Niño 3.4 y Niño 1+2, se registraron anomalías de -0.5 °C, -0.9 °C, -1.0 °C y -0.6 °C, respectivamente (Figura 1.3). Uno de los índices para definir la fase del fenómeno ENOS es la región de monitoreo Niño 3.4, la cual permaneció en fase negativa (-0.5 °C); así mismo, durante el último trimestre, el valor del Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) calculado a partir de las anomalías mensuales de TSM en la región Niño 3.4, indicó un valor de -0.8 °C en el trimestre de junio-agosto de 2022.

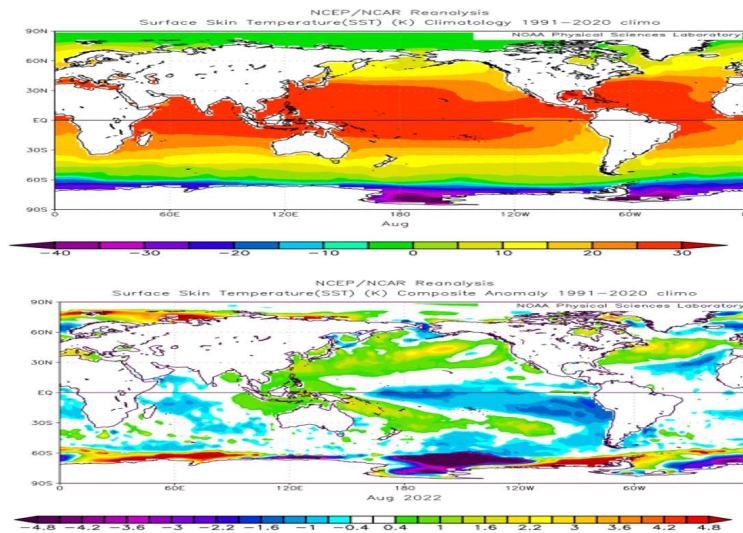


Figura 1.2: (Superior) mapa del promedio de temperatura superficial del mar (K) y su anomalía en agosto de 2022. (Inferior) anomalías calculadas mediante la climatología 1991-2020. Datos: NOAA High Resolution SST data provided by NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA.

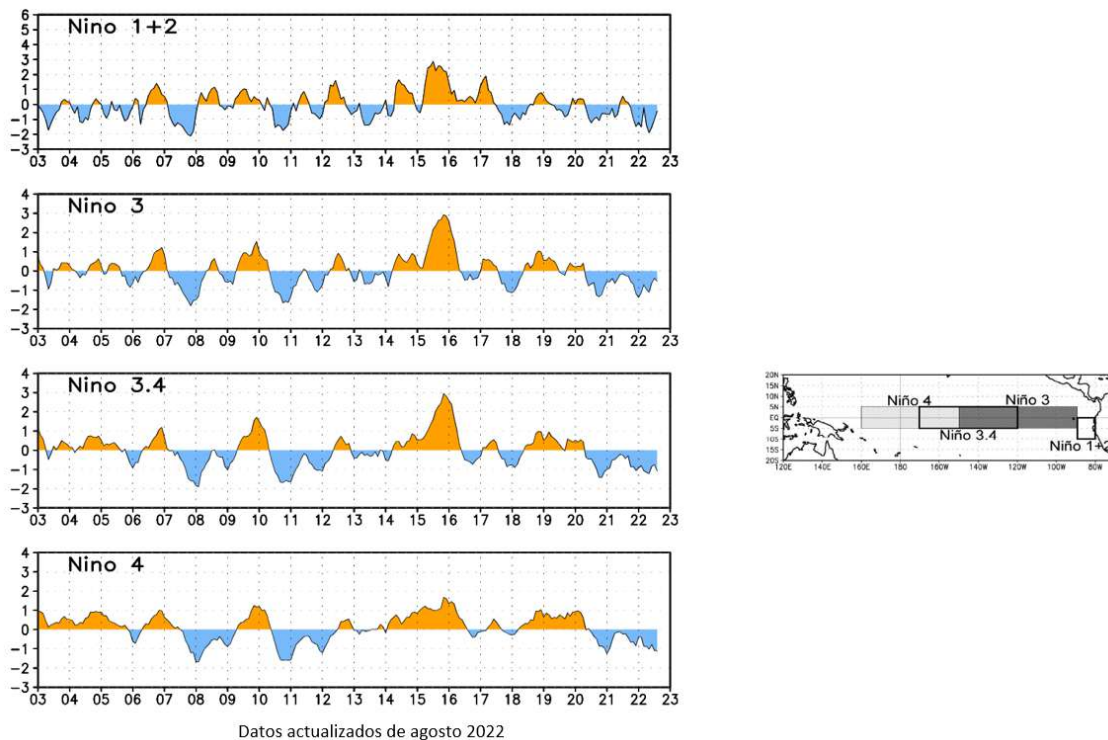


Figura 1.3: (Izquierda) series de tiempo de las anomalías (°C) de la temperatura superficial del mar (TSM) de agosto de 2022 en las regiones de monitoreo del fenómeno ENOS (derecha): Niño 1+2 (0° - 10° S, 90° - 80° O). Niño 3 (5° N - 5° S, 150° - 90° O), Niño 3.4 (5° N - 5° S, 170° - 120° O) y Niño 4 (5° N - 5° S, 160° E - 150° O). Anomalías calculadas respecto a la climatología 1991-2020. Datos: NOAA Optimum Interpolated Sea Surface Temperature (OISST V2).

En la región occidental del océano Pacífico ecuatorial, la termoclina (medida por la profundidad de la isoterma de 20 °C) se ubicó por arriba del promedio, es decir, la isoterma de 20 °C se observó más profunda de lo normal de 10 y hasta 40 metros más profunda de lo habitual; en cambio en la región oriental fue más somera (por debajo del promedio), como se muestra en la Figura 1.4, esto indica que las temperaturas cercanas a la superficie fueron de 1.0 °C a 2.0 °C más frías de lo habitual, lo cual es consistente con la fase negativa del ENOS (La Niña) que se ha registrado desde agosto de 2021.

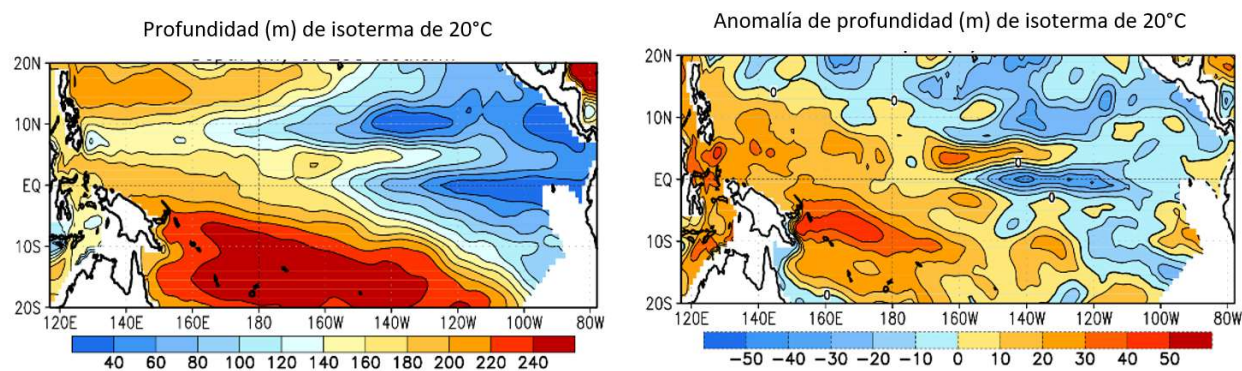


Figura 1.4: (Izquierda) promedio y (derecha) anomalía de la isoterma de 20 °C a lo largo del ecuador (°C) en agosto de 2022. Anomalías calculadas respecto a la climatología 1991-2020. Datos: NCEP Global Ocean Data Assimilation System (NCEP GODAS).

El Centro de Predicciones Climáticas de la NOAA (CPC) y el Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad (IRI) emitieron el pronóstico a mediados de agosto de 2022 del fenómeno de El Niño Oscilación del Sur, previendo que La Niña continúe hasta finales del 2022 con probabilidades del 75% y posteriormente disminuir a inicios del 2023 al 60% de mantenerse en fase de La Niña (Tabla 1.1 y la Figura 1.5) y una probabilidad de 79% de que continúe durante el trimestre agosto–octubre de 2022. Las predicciones mensuales elaboradas por IRI/CPC se basan en las predicciones de la TSM en la región Niño 3.4.

Tabla 1.1: Consenso de probabilidades trimestrales en porcentaje del pronóstico del fenómeno ENOS.

Periodo	La Niña (%)	Neutral (%)	El Niño (%)
ASO	79	21	0
SON	77	23	0
OND	73	26	1
NDJ	67	31	2
DJF	56	40	4
JFM	42	52	6
FMA	26	65	9
MAM	13	73	14
AMJ	7	68	25

Nota. Información emitida el 19 de agosto de 2022.
 Recuperado de <https://iri.columbia.edu>.

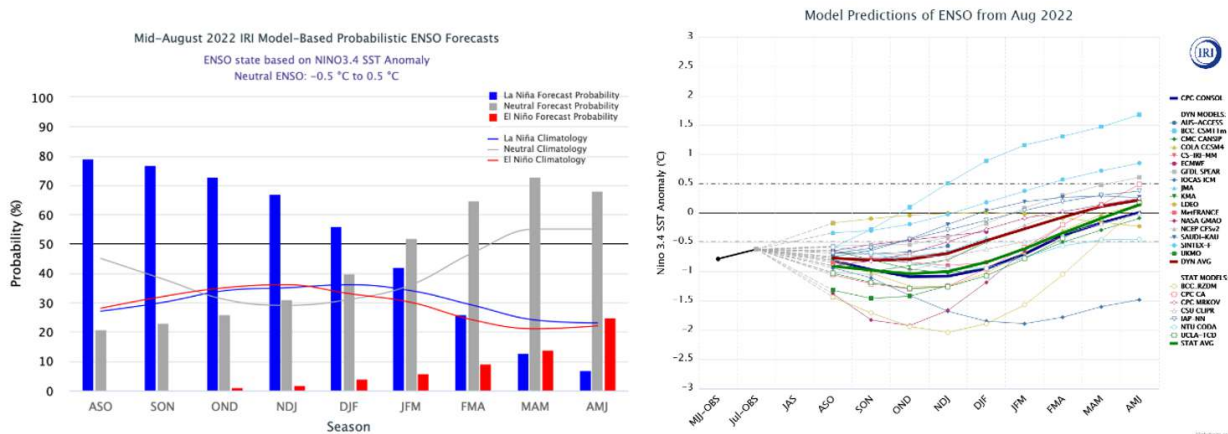


Figura 1.5: (Izquierda) consenso del pronóstico probabilístico para el fenómeno ENOS. (Derecha) pronóstico de anomalías de la temperatura de la superficie del mar (TSM) para la región Niño 3.4 (5 °N - 5° S, 170° - 120° O). Publicado el 19 de agosto de 2022. Fuente: IRI/CPC.

El fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), ya sea en su fase cálida (El Niño), fría (La Niña) o neutral, no es el único factor que modula las características climáticas a escala global o regional, ya que existen otras oscilaciones climáticas regionales y teleconexiones con variabilidad a distintas escalas espaciotemporales que influyen en los patrones de circulación oceánica y atmosférica en diferentes regiones del planeta. Por ejemplo, la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) es un patrón climático de variabilidad natural que se obtiene a partir del monitoreo de la TSM en el océano Pacífico norte (20°N - 90°N). La PDO tiene un patrón similar al del fenómeno ENOS, sólo que las fases frías y cálidas son calculadas a partir de las anomalías de TSM en el océano Pacífico norte y no en la región ecuatorial.

A diferencia de los episodios del fenómeno ENOS, la PDO se caracteriza por presentar una escala temporal decadal permaneciendo en la misma fase por un periodo de 20 a 30 años. De acuerdo con el Centro de Predicción Climática (CPC) de la NOAA, en el mes de agosto de 2022 la PDO tuvo un valor negativo de -2.36. De acuerdo con algunos estudios, la PDO es uno de los moduladores del fenómeno ENOS, ya que, cuando se encuentra en fase negativa, una fase fría (La Niña) de ENOS es más probable o de mayor intensidad, como se ha observado en los últimos dos años. En cambio, durante su fase positiva favorece el desarrollo de la fase cálida de ENOS (El Niño) o esta se presenta con mayor intensidad.

1.1.2. Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México

Para identificar la variabilidad de la temperatura superficial del océano Atlántico tropical, se monitorean principalmente tres regiones. Estas son: Atlántico Tropical Norte (TNA) (60°W - 30°W - 5°N - 20°N), Atlántico Tropical Sur (TSA) (30°W - 10°E, 20°S - 0) y la región del Atlántico 3 (ATL3) (20°W - 0, 2.5°S - 2.5°N).

En el mes de agosto de 2022, el índice que se obtiene a partir del monitoreo de la región ATL 3 registró un valor de 0.3 °C por arriba del promedio climático; en la región TSA se observó un valor de 0.31 °C. El índice TNA registró una anomalía positiva de 0.36 °C. Mientras que, el índice TNA-TSA registró un comportamiento cercano a lo normal con +0.05 °C, como se muestra en la Figura 1.6. Las temperaturas superficiales del mar del Golfo de México fueron por arriba del promedio en agosto 2022 en las costas de Veracruz y Florida, por otro lado, temperaturas por debajo del promedio se observaron en costas de Texas, Luisiana y al oeste de Cuba, Figura 1.7.

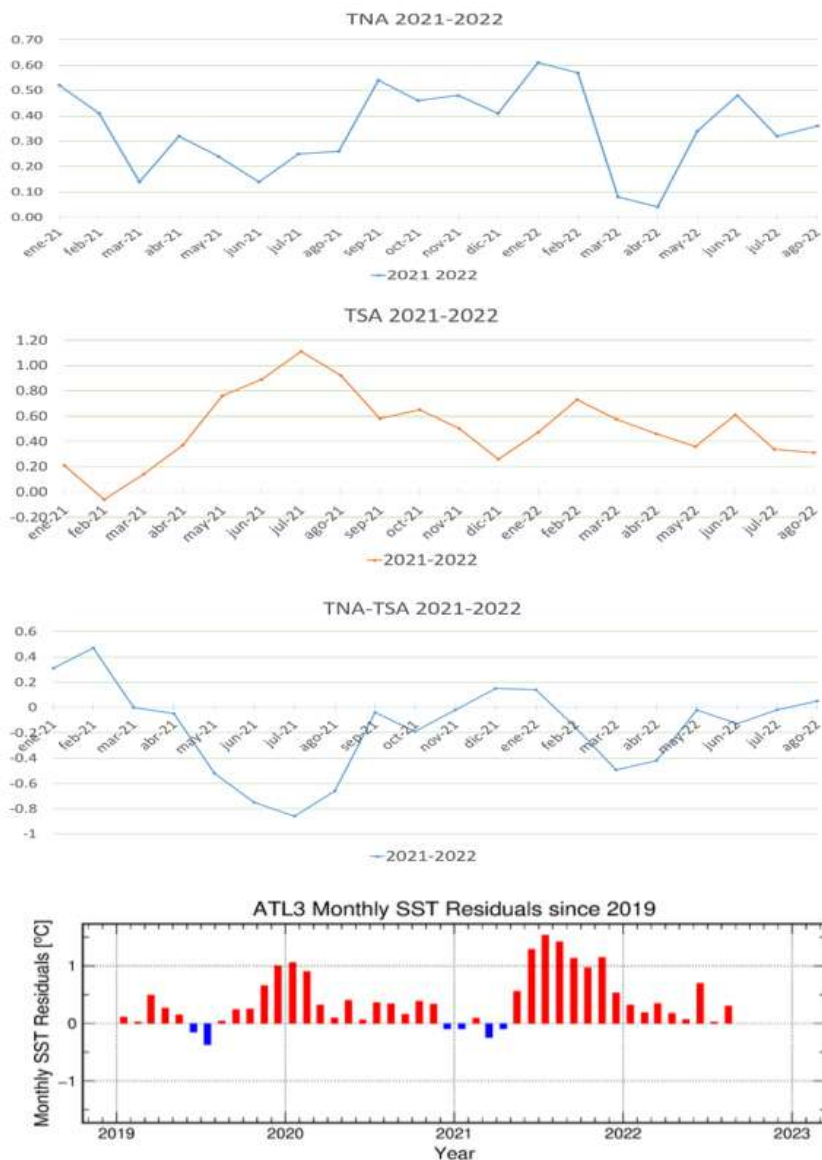


Figura 1.6: Series de tiempo de las anomalías (°C) de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en las regiones de monitoreo de la TSM del Atlántico: TNA (20° - 5° N, 60° - 30° O), TSA (Ecuador - 20° S, 30° O - 10° E) y ATL3 (2.5° N - 2.5° S, Ecuador - 20° O) en el mes de agosto de 2022.

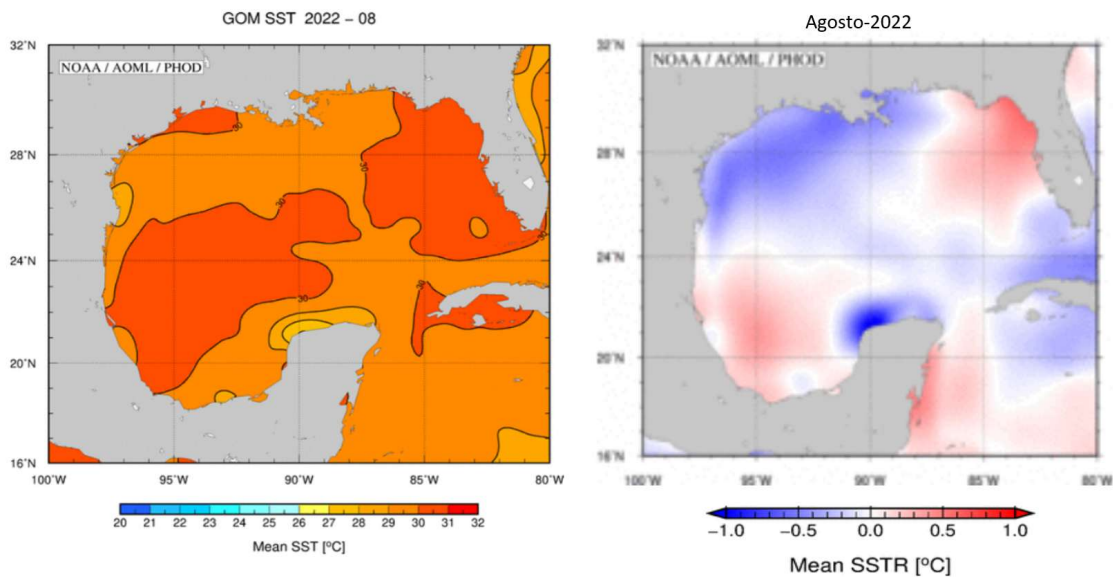


Figura 1.7: Representación espacial de la Temperatura Superficial del Mar observada en agosto 2022 promedios (izquierda) y anomalías (derecha) en el Golfo de México y mar Caribe. Datos: Centro de Predicción Climática (CPC) del Centro Nacional de Predicción Ambiental, Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano y la División de Oceanografía Física (NCEP/NOAA/PHOD) de los Estados Unidos.

1.2. Condiciones Atmosféricas y Teleconexiones

En agosto de 2022 se generaron en total 9 tormentas tropicales en el planeta, cuatro de ellas alcanzaron categoría de huracanes, siendo el Super Thyphoone Hinnamnor el primer Categoría 5 del 2022 en el océano Pacífico. En el Atlántico no se nombró ninguna tormenta tropical, registrándose como el tercer agosto desde 1950 en no tener actividad ciclónica y el séptimo en no generar huracanes desde 1950 para el periodo enero-agosto. Con solo 9 tormentas con nombre en todo el mundo, agosto 2022 es el noveno agosto con actividad ciclónica por debajo del promedio.

La energía ciclónica acumulada (ACE: Accumulated Cyclone Energy por sus siglas en inglés) para el mes de agosto 2022 fue la más baja desde 1981, por lo que la actividad ciclónica de enero–agosto 2022 permanece por debajo del promedio.

Los principales moduladores de las condiciones climáticas en México durante el mes de agosto de 2022 fueron; la fase fría del ENOS (La Niña), la Oscilación Decadal del Pacífico, el Patrón de Norteamérica y la Oscilación de Madden Julian.

Así como existen índices oceánicos que modulan el clima a escala global, resultado del monitoreo constante de la temperatura superficial del mar; también existen índices para monitorear patrones en la circulación atmosférica, conocidas como oscilaciones, derivadas del monitoreo de variables a diferentes niveles en la atmósfera, como la presión atmosférica, dirección y velocidad del viento.

En el océano Atlántico, los sistemas de baja presión de Islandia y el de alta presión de las Azores fueron ligeramente más intensos de lo normal, por lo que la Oscilación del Atlántico Norte registró un valor positivo de +1.76 (suprimiendo actividad ciclónica en el mes), el comportamiento atmosférico en el Atlántico Norte reflejó condiciones positivas de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) con un promedio mensual de +0.36, como se muestra en la Figura 1.8 (inferior).

El Patrón de Norteamérica (PNA) está asociado con fuertes fluctuaciones en la intensidad y ubicación de la Corriente en Chorro que viaja desde la porción oriental del continente asiático hasta Norteamérica, el tren de sistemas de altas y bajas presiones modulan su desplazamiento, y puede afectar directamente el patrón de temperatura y precipitación en Canadá, los Estados Unidos de América y la región norte y noroeste de México como se observó durante el mes de agosto de 2022, debido a que se encontró en fase positiva con un valor de 0.76, generando precipitaciones al norte de México.



Figura 1.8: Teleconexiones predominantes en agosto 2022. Datos obtenidos del Centro Nacional de Información Ambiental (NCEI/NOAA/PSL).

El monitoreo de la Radiación de Onda Larga Saliente, conocido como OLR, permite identificar regiones con mayor/menor o nulo desarrollo convectivo. Durante agosto de 2022, se registraron anomalías positivas de OLR asociadas con inhibición de convección al occidente del océano Pacífico, China, India, centro y sur de México, occidente de América del

Sur, África ,este de Europa y en gran parte del Caribe por otro lado, las anomalías negativas de OLR que indican mayor convección y cobertura de nubes, se observaron en regiones al centro de África, Australia, Península Arábiga, Archipiélago de Indonesia, Japón, sur de Brasil, norte de México y al sur de Estados Unidos de América, como se muestra en la Figura 1.9.

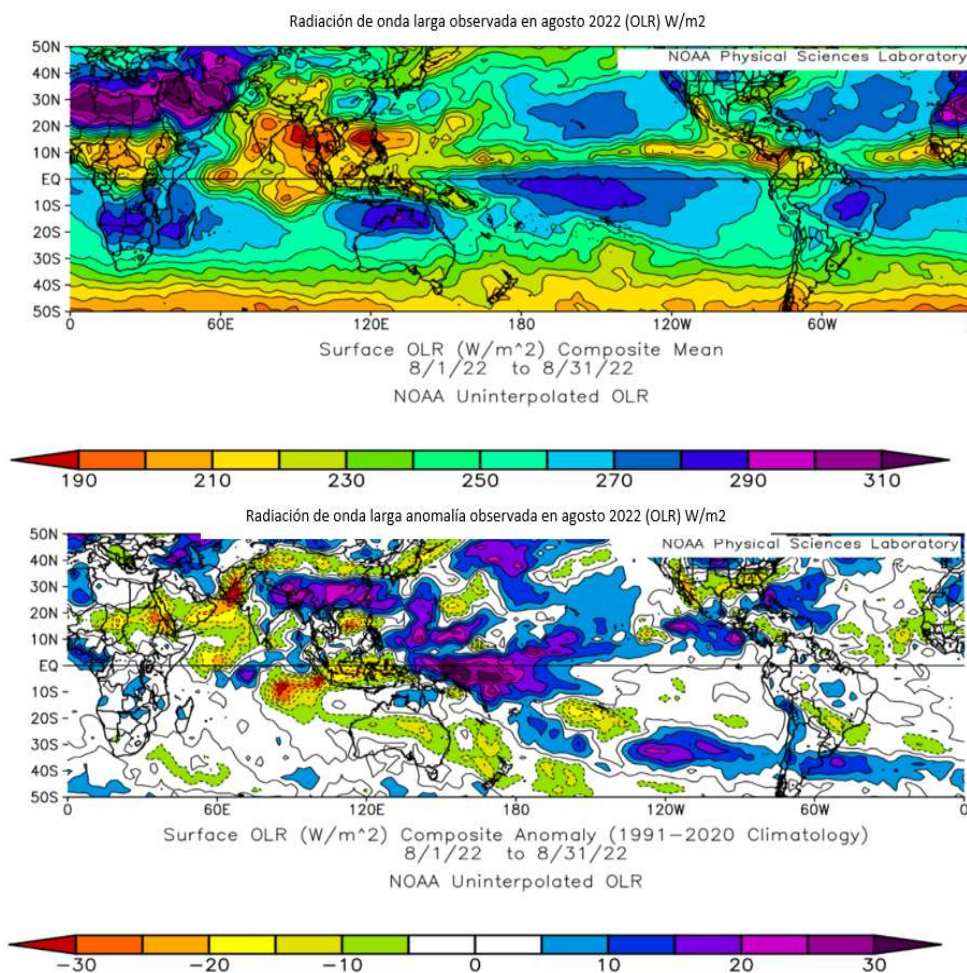


Figura 1.9: (Superior) promedio y (inferior) anomalía de la Radiación Saliente de Onda Larga (OLR) durante el mes de agosto de 2022. Anomalías calculadas con respecto a la climatología 1991-2020. Datos: NOAA Uninterpolated Daily OLR.

Se observaron anomalías positivas de contenido de vapor de agua precipitable en la atmósfera durante agosto de 2022 sobre regiones del norte y centro de África, Península Arábiga, este de Europa, India, China, Archipiélago de Indonesia, Japón, oriente de Australia, occidente y sur de Estados Unidos Americanos, norte de México, oeste y sur de Brasil, como se observa en la Figura 1.10. Anomalías negativas de agua precipitable en la atmósfera se observaron al sur de África, este de Rusia, centro de Estados Unidos de América y de Brasil.

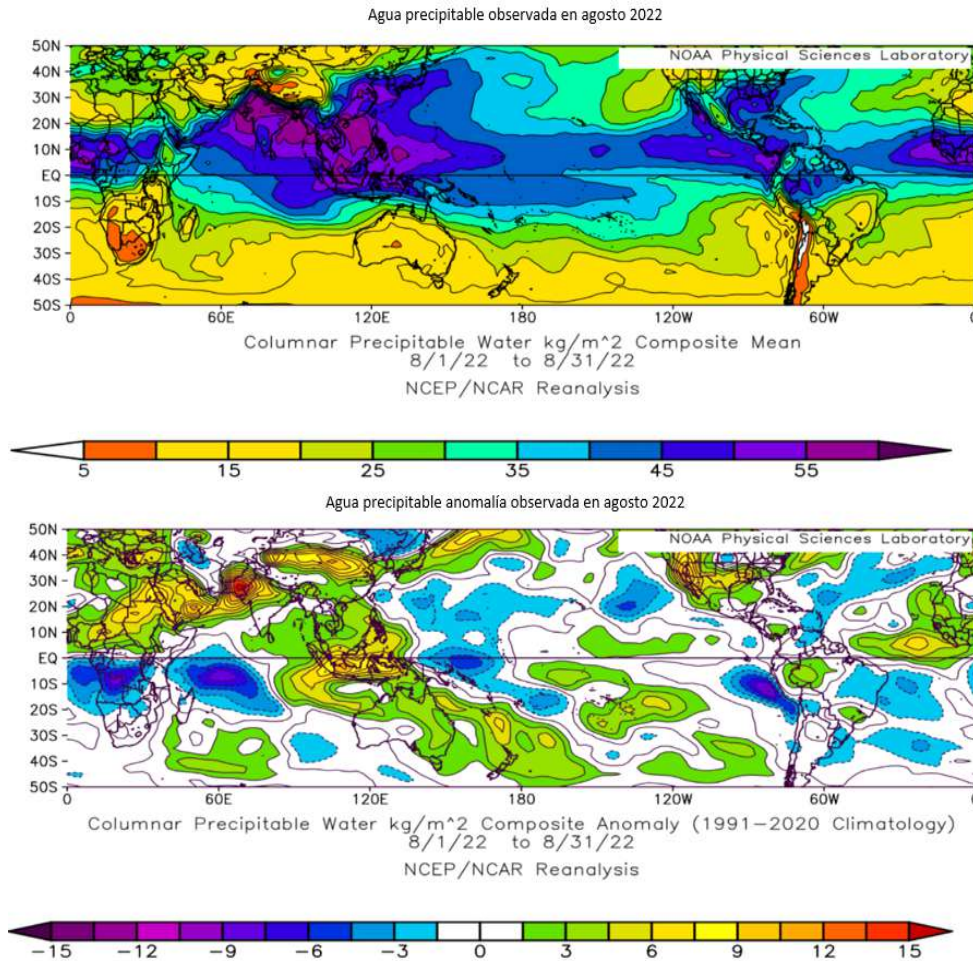


Figura 1.10: (Superior) agua precipitable en la atmósfera y (inferior) anomalía durante el mes de agosto de 2022. Anomalías calculadas con respecto a la climatología 1991-2020 Datos: NOAA.

Como se muestra en la Figura 1.11, los vientos que se desplazan del oeste a este en niveles altos de la atmósfera (200 hPa), presentaron una velocidad cercana de la media climática del mes con una velocidad de 5 a 7 m/s en promedio durante el mes de agosto sobre el ecuador (con una anomalía de +5 m/s en la región central del océano Pacífico, con respecto a la climatología 1991-2020).

Los vientos de la corriente en chorro se fortalecieron en regiones de Estados Unidos de América con vientos mayores a 25 m/s (9 m/s de anomalía positiva mensual). En cambio, los vientos que se desplazan de este a oeste en niveles bajos de la atmósfera (850 hPa) en latitudes tropicales, mejor conocidos como vientos alisios registraron velocidades máximas entre 9 y 19 m/s sobre la porción central del océano Pacífico ecuatorial (5 m/s por arriba del promedio).

La circulación atmosférica de masas de aire en 500 hPa fueron más intensas de altura

geopotencial positivas en Canadá, Europa, noroeste de Estados Unidos de América, Asia, India y China; en cambio, anomalías negativas de geopotencial se registraron en Alaska, norte de Canadá y el este de Rusia, como se observa en la Figura 1.12 a la izquierda.

A la derecha (Figura 1.12), se muestran los patrones de anomalía de altura geopotencial en superficie (1000 mb) que permiten identificar la variabilidad de sistemas de alta o baja presión semipermanentes, denominados así, ya que sólo varía su extensión o intensidad, formando parte de la circulación atmosférica global. En agosto de 2022, anomalías positivas de presión se observaron en Europa, oeste de Rusia, anomalías negativas de presión se presentaron en Alaska, norte de Canadá, occidente de Groenlandia, sur de Europa y norte de África.

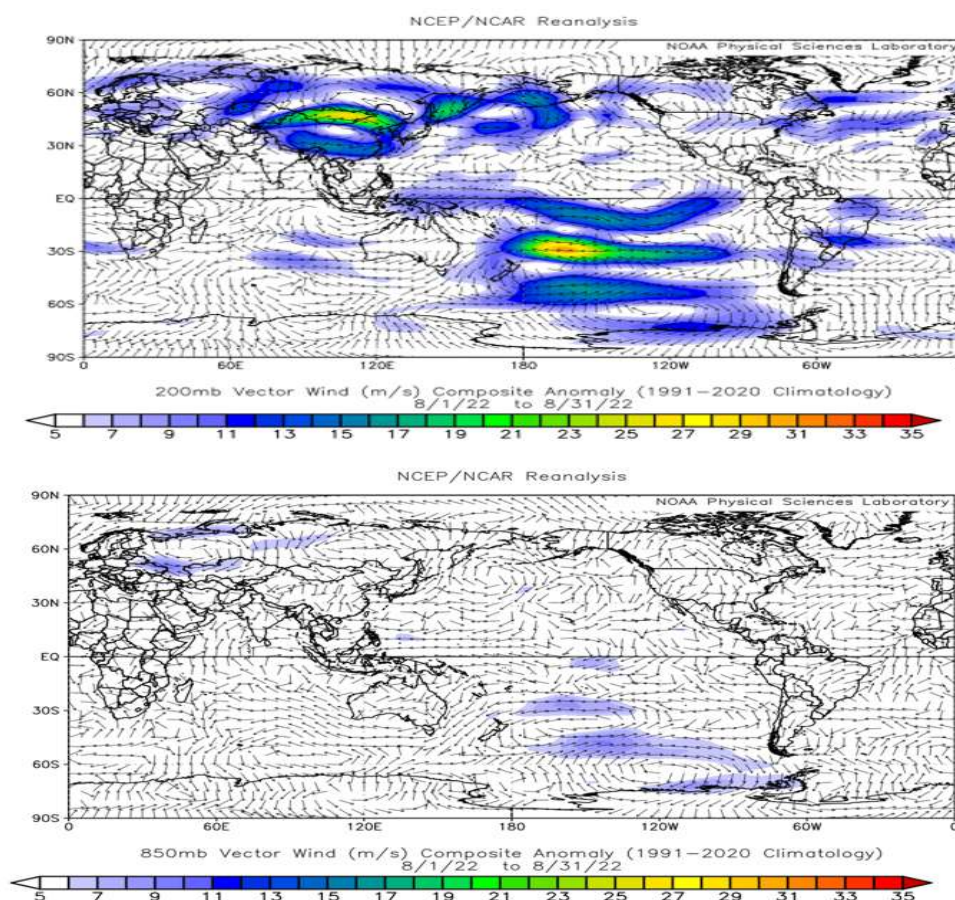


Figura 1.11: Anomalia del promedio de la velocidad del viento en (m/s) observada en niveles altos (200 hPa) (superior) y en niveles bajos (850 hPa) (inferior) en el mes de agosto de 2022, Datos: NOAA Uninterpolated Daily.

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, de variabilidad interestacional, 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. Al

igual que el fenómeno ENOS, existe un efecto de la MJO sobre la circulación atmosférica, alterando los patrones de precipitación en la región tropical. Las tormentas convectivas disminuyen al cruzar el océano Atlántico, pero los vientos asociados pueden continuar para iniciar el próximo ciclo de la MJO en el océano Índico. La mayoría de los índices utilizados para dar seguimiento a la MJO identifican la amplitud y longitud de la celda convectiva que generalmente favorece la precipitación, describiendo una de las 8 fases que la caracterizan.

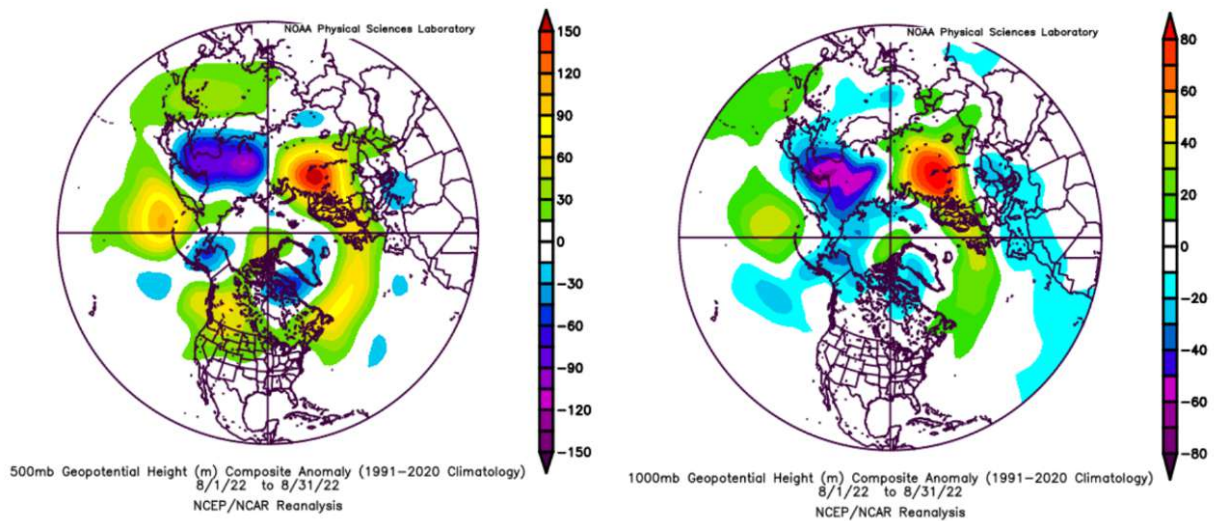


Figura 1.12: (Izquierda) anomalía en metros de altura geopotencial a 500 hPa en agosto de 2022. (Derecha) anomalía de presión a nivel del mar en metros, en el mes de agosto de 2022.

La descripción de la Oscilación Madden Julian esta representada en un diagrama de fases, basado en el método estadístico de componentes principales y funciones ortogonales empíricas 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 1.13) se mantuvo desde el 1 al 20 de agosto desorganizada, sin influencia en los patrones de lluvia en todo el globo, del 21 al 30 de agosto se posicionó en fase 2 teniendo un impacto en los patrones de vientos, lluvias y temperaturas en la región del océano Indico (se fortalecieron vientos del oeste en la región), no hubo influencia en alguna otra región del planeta, finalmente el 31 de agosto finalizó desorganizada. Los vientos del este se mantuvieron con anomalías positivas en gran parte del Pacífico ecuatorial (acoplamiento de la fase fría del ENOS “La Niña”) generando la desorganización de la MJO.

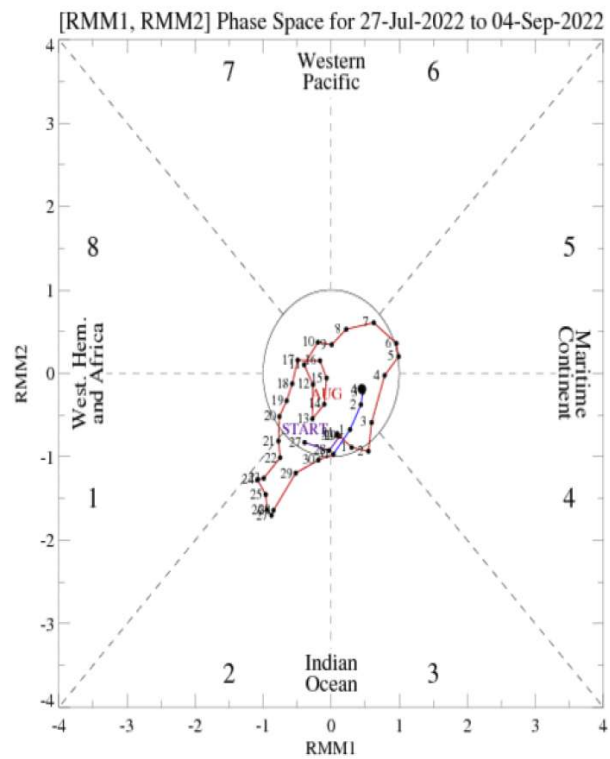


Figura 1.13: Diagrama de fases de la MJO de 40 días, del 27 de julio al 04 de septiembre de 2022, ilustrando la fase y amplitud de la MJO. Compuesto de los patrones de lluvia de las 8 fases de la MJO para el periodo comprendido de mayo a septiembre. Fuente: CPC/NCEP/NOAA.

2. Precipitación

Climatológicamente el mes de agosto aporta 17.7% de la lluvia anual, sin embargo, la lluvia acumulada de agosto del 2022 de 171.5 mm a nivel nacional significó un 22.9% de la lluvia promedio anual, lo que representó 39.2 mm por arriba de la climatología 1991-2020 de 132.3 mm para el mes de agosto y se ubicó como el 10° agosto más lluvioso en los 82 agostos registrados desde 1941. Del 1 de enero al 31 de agosto de 2022 se han acumulado 477.6 mm de lluvia a nivel nacional, esto equivale al 63.9% de la lámina total anual (747.6 mm).

El Monzón mexicano, nueve ondas tropicales, canales de baja presión, la entrada de humedad de los océanos Pacífico y Atlántico fueron los principales aportadores de lluvia en agosto de 2022. Como se observa en la Figura 2.1, lluvias por arriba de lo normal se registraron principalmente al norte del país y porciones distribuidas en el centro y la Península de Yucatán. Los estados de Chihuahua y Sonora registraron su agosto más lluvioso en sus registros históricos. En contraste, la región de la vertiente del Golfo de México e Istmo de Tehuantepec estuvieron fuertemente marcadas con lluvias por debajo del promedio.

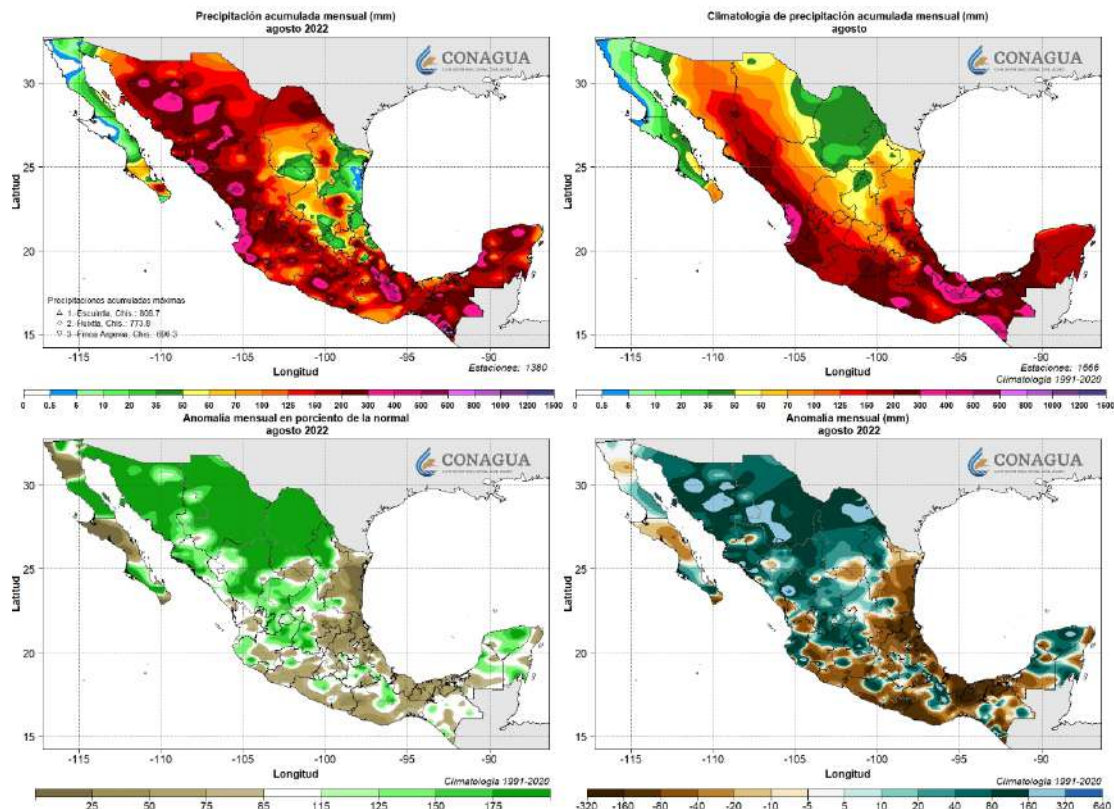


Figura 2.1: (Superior izquierda) lluvia observada. (Superior derecha) climatología 1991-2020 del mes de agosto. (Inferior izquierda) anomalía en porciento de lo normal. (Inferior derecha) anomalía absoluta. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

Los mayores acumulados mensuales de lluvia se registraron en el estado de Chiapas, donde la estación Escuintla registró 808.7 mm, el segundo lugar en la estación Huixtla con 773.8 mm y finalmente en Finca Argovia el tercer máximo con 696.3 mm. En los registros diarios, el 15 de agosto se observó el mayor acumulado con 189.0 mm en la estación Dzilam del estado de Yucatán y el 18 de agosto en la estación Santa Rosa, San Luis Potosí con 165.0 mm.

En la Figura 2.2 las barras color azul claro corresponden al valor de lámina de lluvia, calculado en agosto 2022, mientras que, el azul fuerte representa el promedio climatológico (normal 1991-2020). Como se observa, 21 días del mes superaron al valor promedio, el primer periodo más significativo se registró del 12 al 18 de agosto, posteriormente entre el 25 y 31 hubo un segundo periodo por arriba de lo normal. El día 30 se registró la lámina diaria máxima a nivel nacional con 10.1 mm, 5.6 mm más que su promedio, el 31 se registró el segundo máximo con 9.4 mm, lo doble que su promedio (4.7 mm).

En el primer periodo de lluvias por arriba del promedio se mantuvieron presentes canales de baja presión sobre la Península de Baja California, Sierra Madre Occidental y Península de Yucatán. Además, la onda tropical número 21 se desplazó sobre el occidente del país, la 22 recorrió la región suroeste mientras que la 23 ingresó por el sureste, a la vez que, sobre esta zona, una baja presión con potencial de desarrollo ciclónico se mantenía en vigilancia originando lluvias en Campeche y Tabasco.

En el segundo periodo (del 25 al 31 de agosto), el monzón mexicano, un frente frío estacionario (fuera de temporada) sobre el noreste, canales de baja presión a lo largo de la vertiente del Golfo de México y Sierra Madre Occidental, inestabilidad atmosférica, así como, zonas de baja presión sobre el océano Pacífico reforzaron la entrada de humedad sobre este litoral y las ondas tropicales 24 y 25 ocasionaron lluvias en gran parte de la República Mexicana. En Tabla 2.1 se enlistan los registros diarios, así como la lámina diaria a nivel nacional.

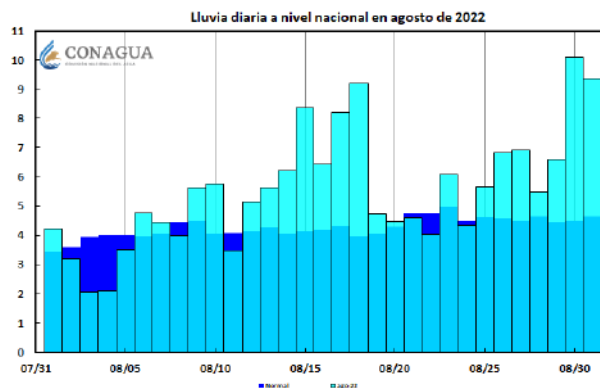


Figura 2.2: Láminas diarias de precipitación a nivel nacional (barras azul claro) del mes de agosto de 2022, comparadas con la lluvia normal (Climatología 1991-2020) (barras azul oscuro).

Tabla 2.1: Láminas de lluvia diaria estimada a nivel nacional y lluvias máximas diarias (mm) en agosto de 2022.

Día	Lámina Diaria Nacional	Máxima Diaria	Localidad	Día	Lámina Diaria Nacional	Máxima Diaria	Localidad
1	4.2	109.0	Sontecomapan, Ver.	17	8.2	114.5	Tepache, Son.
2	3.2	64.5	Acapulco, Gro.****	18	9.2	189.0	Dzilam, Yuc.*
3	2.1	66.6	Achimec, Jal.	19	4.7	81.0	Acatlán, Ver.
4	2.1	89.0	Quetzala, Gro.	20	4.5	88.0	Escuintla, Chis.
5	3.5	111.2	Huixtla, Chis.*	21	4.6	100.0	Santa Cruz, Sin.
6	4.8	86.3	Cuale, Jal.	22	4.0	116.0	Melchor Ocampo L.C., Mich.
7	4.4	115.3	Isla Socorro, Col.****	23	6.1	90.0	La Boquilla, Chih.
8	4.0	147.5	Ayutla, Gro.	24	4.3	136.0	Majalca, Chih.
9	5.6	76.9	Zacatonal de Juárez, Chis.*	25	5.7	120.0	km 51+740, Oax.
10	5.8	159.9	Chapultenango, Chis.*	26	6.8	114.0	Culiacán, Sin.
11	3.5	132.5	Acatlán, Ver.	27	6.9	146.2	Ejido 21 de Marzo, Son.+++
12	5.2	106.0	Emiliano Zapata, Mor.	28	5.5	104.8	Jojutla, Mor.
13	5.6	102.6	Dique Pescaditos, Oax.	29	6.6	147.0	Ciudad Acuña, Coah.
14	6.2	127.0	Pueblo Anáhuac, Tamps.	30	10.1	132.7	Observatorio de Piedras Negras, Coah.
15	8.4	165.0	Santa Rosa, S.L.P.	31	9.4	140.6	Suchitlán, Col.
16	6.4	98.5	El Cubil, Son.				

Nota. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, ****Automática SEMAR, +Automática CILA, ++Automática SACMEX, +++Automática REMAS, (+)Automática UNAM.

En la Figura 2.3 se muestran las estadísticas de las anomalías porcentuales de lluvia del periodo base (1991-2020) para el mes de agosto, 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. De acuerdo al promedio climatológico, en agosto llueven 132.3 mm, en agosto de 2022 llovieron 171.5 mm, 29.6% más que el promedio nacional. De acuerdo a los datos históricos el agosto menos lluvioso ha sido 1982 con 89.0 mm o 36.1% por debajo del promedio, mientras que el más lluvioso fue en 2010 con 194.6 mm o 40.2% por arriba de lo normal.

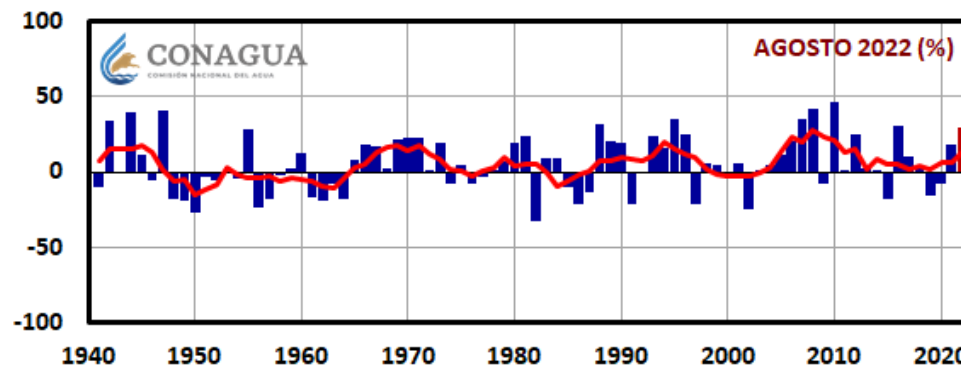


Figura 2.3: Anomalías porcentuales promedio de precipitación a nivel nacional de agosto de 2022 (barras azules), media móvil de cinco años (línea roja).

En la Figura 2.4, se muestra en diferentes escalas de tiempo la clasificación de lluvias promedio a nivel estatal, en agosto del 2022 los estados de Chihuahua y Sonora tuvieron su agosto más húmedo desde el año 1941, otros estados como Sinaloa y Durango registraron su tercer y cuarto agosto más lluvioso, respectivamente. En 8 estados se presentaron lluvias menores que sus registros anteriores, de los cuales Hidalgo tuvo el quinto agosto más seco y Tabasco el noveno.

En el periodo trimestral, Sonora obtuvo su segundo período junio-agosto más húmedo, Sinaloa el cuarto, Colima y Chihuahua el sexto; en contraste, Tamaulipas y San Luis Potosí registraron su segundo trimestre junio-agosto más seco, mientras que Querétaro e Hidalgo el tercer período más seco.

En el periodo semestral, nueve estados se clasificaron dentro de los más húmedos, de ellos Sonora obtuvo su segundo periodo marzo-agosto más húmedo, sin embargo 15 estados registraron lluvias por debajo de lo normal, con Hidalgo y San Luis Potosí como los más secos. Finalmente, en el periodo de 12 meses Sonora registró su quinto período septiembre-agosto más húmedo, mientras que Colima y Morelos el noveno. En este se observa que la mayoría de los estados han registrado su periodo de doce meses más seco, donde Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas registraron su periodo septiembre-agosto menos lluvioso.

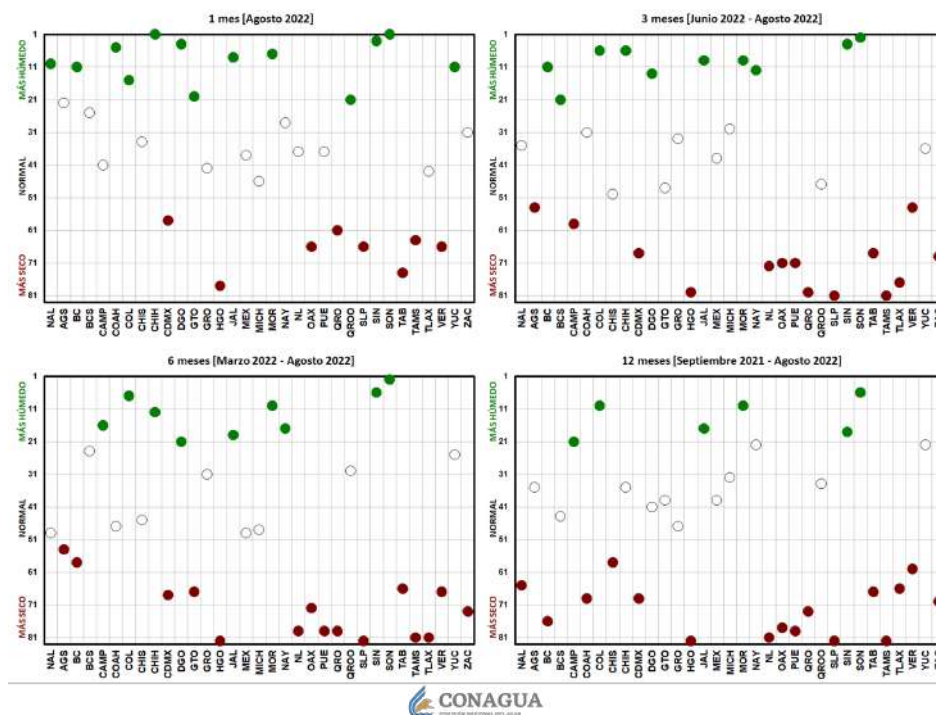


Figura 2.4: Clasificación de lluvias promedio a nivel nacional y estatal para varias escalas de tiempo hasta el 31 de agosto. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

2.1. Registros máximos históricos de precipitación

Los máximos históricos de precipitación, hacen referencia a los valores extremos reportados en el Sistema de Información Hidrológica (SIH), de la CONAGUA, que superan un valor histórico extremo, registrado en la base de datos climatológica de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN). En la Tabla 2.2, de izquierda a derecha, se muestran: el nombre de la estación, el municipio donde se encuentra, récord observado (reportado en milímetros), fecha de registro, récord histórico y la fecha en que este sucedió. No todos los valores indicados en esta tabla ocasionaron daños a la población y/o infraestructura del lugar donde se midieron. En la sección de eventos notables se describen aquellos eventos que causaron afectaciones durante el mes.

En agosto, el monzón mexicano aportó lluvias significativas sobre la Península de Baja California y la región del Pacífico norte. Por otro lado, a lo largo del mes se desplazaron 9 ondas tropicales (18 a 26) que dejaron lluvias a su paso al sur del territorio nacional. En cincuenta y ocho ocasiones se registró un valor de precipitación que superó su valor histórico para la misma estación, de acuerdo a la información registrada en el Sistema de Información Hidrológica (SIH).

Tabla 2.2: Registros de precipitación que superaron su máximo histórico en agosto de 2022.

Estación/Estado	Municipio	Nuevo Récord (mm)	Fecha Nuevo Récord	Récord Anterior (mm)	Fecha Récord Anterior
Achimec, Jal.	Huejúcar	66.6	03/08/2022	46.4	05/08/2021
Pinzanes, Mich.**	Huetamo	33.1	03/08/2022	9.8	01/08/2022
Finca Argovia, Chis.	Tapachula	110.9	05/08/2022	104.0	28/08/2012
La Lagartera, Tab.*	Centro	99.2	07/08/2022	18.5	29/08/2016
San Pedro, B.C.S.	La Paz	48.5	07/08/2022	21.0	11/08/2021
Zacatonal de Juárez, Chis.*	Huitiupán	76.9	09/08/2022	19.9	01/08/2022
San Quintín, Chis.*(1)	Ocosingo	70.0	09/08/2022	14.2	06/08/2022
Chalchihuitán, Chis.*(1)	Chalchihuitán	68.0	09/08/2022	6.0	07/08/2022
Chínipas, Chih.**	Chínipas	63.5	09/08/2022	55.4	17/08/2014
Chapultenango, Chis.*	Chapultenango	159.9	10/08/2022	107.5	04/08/2016
Museo de Chiapas de Ciencia y Tecnología, Chis.*	Tuxtla Gutiérrez	105.7	10/08/2022	56.7	29/08/2020
Chalchihuitán, Chis.*(2)	Chalchihuitán	94.8	10/08/2022	68.0	09/08/2022
Tuxtla Gutiérrez Zoomat, Chis.	Tuxtla Gutiérrez	90.7	10/08/2022	74.7	29/08/2021
San Quintín, Chis.*(2)	Ocosingo	88.0	10/08/2022	70.0	09/08/2022
Guadalupe y Calvo, Chih.	Guadalupe y Calvo	84.5	10/08/2022	49.0	10/08/2005
La Huerta, Dgo.	Topia	81.0	10/08/2022	44.5	28/08/1995
Mojostic, Chis.*	Huitiupán	76.9	10/08/2022	38.7	09/08/2022
Cred Comitan, Chis.*	Comitán de Domínguez	71.4	11/08/2022	48.0	29/08/2014
Tilzapotla, Mor.	Puente de Ixtla	106.0	12/08/2022	94.0	16/08/2016
Acala, Chis.**	Chiapa de Corzo	90.0	12/08/2022	61.5	22/08/2020
Prusia, Chis.*(1)	Ángel Albino Corzo	64.8	12/08/2022	64.4	17/08/2018
Presa la Gavia, Gto.	Cortazar	85.0	13/08/2022	57.0	30/08/2021
Tlacuatera, Mor.	Tlalnepantla	80.2	13/08/2022	70.5	22/08/2007
Pueblo Anáhuac, Tamps.	Valle Hermoso	127.0	14/08/2022	71.0	30/08/2016
Nuevo Laredo, Tamps.*	Nuevo Laredo	117.5	14/08/2022	84.2	20/08/2012
Nuevo Laredo, Tamps.	Nuevo Laredo	115.3	14/08/2022	106.7	23/08/1999
Quiosco, Chis.*	San Cristóbal de las Casas	57.8	14/08/2022	55.2	30/08/2020
La Quemada, Gto.	San Felipe	93.0	15/08/2022	65.4	30/08/1993

Estación/Estado	Municipio	Nuevo Récord (mm)	Fecha Nuevo Récord	Récord Anterior (mm)	Fecha Récord Anterior
San Felipe, Gto.	San Felipe	84.5	15/08/2022	50.7	18/08/2014
El Cubil, Son.	Sahuaripa	98.5	16/08/2022	86.5	11/08/1990
El Palote, Gto.	León	86.1	16/08/2022	83.9	06/08/1998
Tepache, Son.	Tepache	114.5	17/08/2022	85.0	09/08/2019
San Cristóbal, Gro.**	Ajuchitlán del Progreso	89.2	17/08/2022	46.7	13/08/2022
Dzilam, Yuc.*	Dzilam de Bravo	189.0	18/08/2022	71.6	28/08/2015
Observatorio de Chetumal, Q. Roo.*	Othón P. Blanco	116.6	18/08/2022	93.0	24/08/2013
Observatorio de Puerto Peñasco, Son.	Puerto Peñasco	76.0	19/08/2022	16.4	28/08/2013
Observatorio de Puerto Peñasco, Son.*	Puerto Peñasco	65.4	19/08/2022	6.6	28/08/2013
Ajusco, Cd. de Méx.++	Tlalpan	56.6	20/08/2022	29.2	30/08/2021
Calakmul, Camp.*	Calakmul	62.0	21/08/2022	33.0	29/08/2016
El Puente, Gro.**	Acapulco de Juárez	62.8	22/08/2022	50.4	05/08/2021
Chapala 1, Jal.*	Chapala	61.5	23/08/2022	50.6	25/08/2012
Cumbres de Majalca, Chih.*	Chihuahua	123.2	24/08/2022	59.4	18/08/2015
Las Flores, Chis.**	Jiquipilas	109.7	25/08/2022	91.4	16/08/2016
Las Flores Dos, Chis.*	Jiquipilas	94.8	25/08/2022	94.6	26/08/2011
Macuspana, Tab.*	Macuspana	84.2	25/08/2022	37.9	04/08/2016
Sufragio, Sin.	El Fuerte	110.0	26/08/2022	74.0	23/08/2019
Ejido 21 de Marzo, Son.	Álamos	146.2	27/08/2022	19.8	23/08/2019
Totoliboqui, Son. +++	Huatabampo	114.7	27/08/2022	16.5	23/08/2019
Potrero Nuevo, Ver.	Atoyac	105.0	27/08/2022	100.0	01/08/2019
Juliantabampo, Son. +++	Yécora	70.9	27/08/2022	8.3	23/08/2019
Jojutla, Mor.	Jojutla	104.8	28/08/2022	101.8	27/08/2020
Tizimín, Yuc.	Tizimín	97.1	28/08/2022	80.4	24/08/2018
Las Vacas. Ciudad Acuña, Coah. +	Acuña	100.6	29/08/2022	48.4	22/08/2022
Observatorio de Piedras Negras, Coah.	Piedras Negras	132.7	30/08/2022	119.4	24/08/1999
Río Escondido Villa De Fuentes, Coah. +	Piedras Negras	101.0	30/08/2022	47.5	15/08/2022
Navíos Viejos, Dgo.	Durango	76.3	30/08/2022	43.5	18/08/2021
Prusia, Chis. *(2)	Ángel Albino Corzo	108.2	31/08/2022	64.8	12/08/2022
Radiosondeo, Monterrey N.L. *	General Zuazua	86.8	31/08/2022	84.3	05/08/2021

Nota. Nuevos récord con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. Datos históricos tomados de la misma base.

*Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, **** Automática SEMAR, + Automática CILA, ++ Automática SACMEX, +++ Automática OCAVM, (+) Automática UNAM.

3. Ciclones tropicales

De acuerdo a los datos históricos de 1950 al 2021, el trimestre agosto-octubre se considera el de mayor actividad ciclónica en el océano Atlántico. Estadísticamente en agosto se forman en promedio 4 sistemas tropicales, 5 en septiembre y 3 en octubre (considerando depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes de cualquier categoría). Sin embargo, agosto de 2022 fue particularmente inactivo en esta cuenca, en donde no se formaron ciclones tropicales, esta situación se ha presentado únicamente en los agostos de 1961 y 1997. No obstante, los agostos con más ciclones formados (con 8) ocurrieron en 1995, 2011 y 2012.

Entre otros, los factores que promueven la formación de ciclones tropicales, son el aire húmedo y una baja **cizalladura** del viento. En agosto de 2022, el aumento del desplazamiento del polvo del Sahara provocó una disminución en la humedad del viento, por otro lado, el fenómeno de la Niña, activo en el trimestre julio-septiembre, promueve la segunda condición, sin embargo, durante agosto la cizalladura se encontró en niveles altos, lo que impidió la generación de estos sistemas tropicales. La ciclogénesis requiere diversas condiciones, si bien, las antes mencionadas son importantes, la realidad es que aún no es posible determinar la razón principal de la ausencia de los ciclones tropicales en el océano Atlántico durante el mes de agosto de 2022.

Es importante mencionar que en el Golfo de México se identificó un Potencial Ciclón tropical (PCT), derivado de un sistema de baja presión sobre Campeche y Tabasco que se mantuvo en vigilancia desde el 16 de agosto, se nombró Potencial Ciclón tropical Cuatro (PCT4) la tarde del 19 de agosto, se desplazó rápidamente (24 horas) del suroeste del Golfo, hacia el noroeste (Figura 3.1), en donde el día 20 ingresó como baja presión remanente a la costa centro de Tamaulipas. Este sistema mantuvo vientos máximos sostenidos de 55 km/h durante su desplazamiento, sus bandas nubosas fueron amplias, sin embargo no se registraron afectaciones por lluvia o viento, las mayores precipitaciones alcanzaron los 81 mm en la región centro de Veracruz (Figura 3.2). El Potencial Ciclón tropical Cuatro no tuvo una circulación superficial cerrada, por lo que no pudo ser nombrado ciclón tropical.

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el pronóstico de ciclones para la temporada 2022 en la cuenca del Atlántico es de 16 a 21 ciclones con nombre, hasta agosto solo se formaron 3 sistemas los cuales fueron tormentas tropicales, *Alex*, *Bonnie* y *Colin*, los dos últimos fueron de corta duración y se desarrollaron a principios de julio, por lo que, del 3 de julio al 31 de agosto, no se formó ningún ciclón tropical en esta cuenca.

Por otro lado, en la cuenca del océano Pacífico nororiental se formaron la tormenta tropical *Ivette* y el huracán *Howard* categoría 1, en la escala Saffir Simpson, sin embargo, ambos sistemas se mantuvieron alejados de las costas nacionales (Figura 3.1), por lo que no hubo aportación de lluvia asociada a ellos. El pronóstico del SMN para esta cuenca es de 14 a 19 sistemas con nombre, hasta el 31 de agosto se han formado 9. De acuerdo

al promedio 1950-2021 en este mes se forman 4 ciclones tropicales, por lo que agosto de 2022 quedó por debajo del promedio. Agosto de 1968 y agosto de 2009 con 8 ciclones formados en cada uno son los agostos de mayor actividad hasta ahora en esta cuenca.

Trayectoria de ciclones tropicales en agosto de 2022

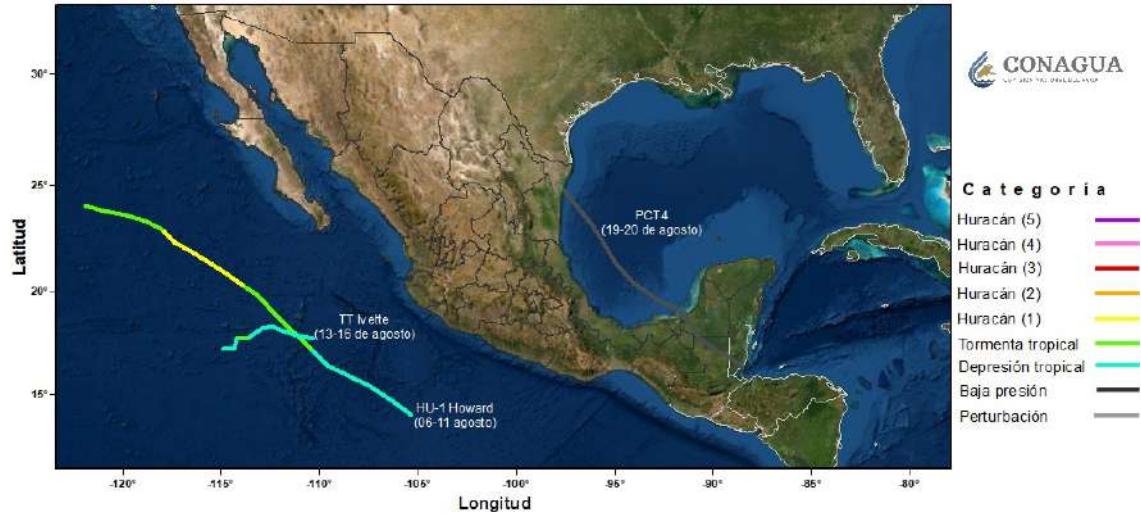


Figura 3.1: Mapa con las trayectorias de los ciclones tropicales desarrollados en agosto de 2022.

Precipitación acumulada (mm) del 19 al 20 de agosto de 2022 por el Potencial Ciclón Tropical 4

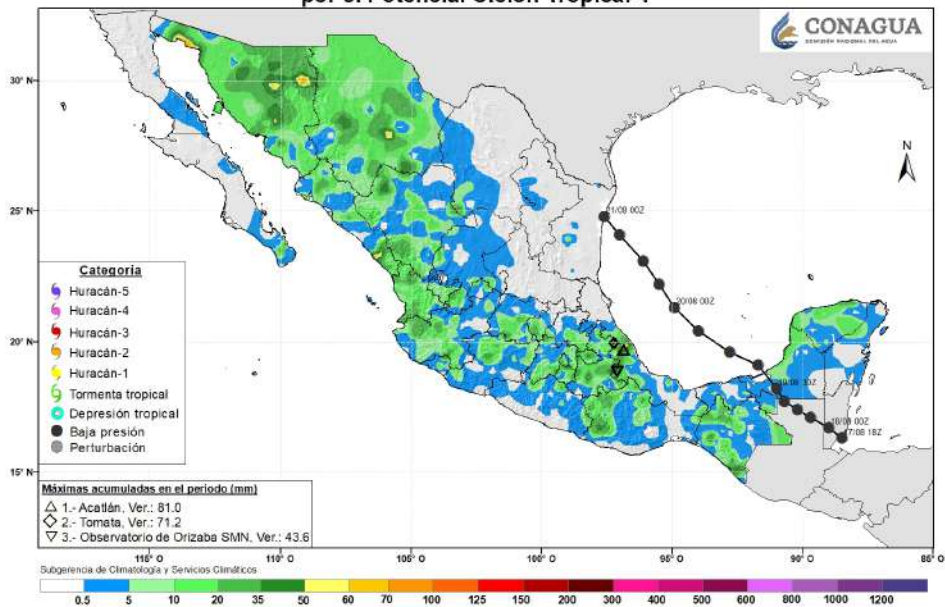


Figura 3.2: Lluvias asociadas al Potencial Ciclón Tropical 4.

4. Ondas tropicales

De acuerdo con la Coordinación Nacional del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN), 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 mes de agosto se desarrollaron 10 ondas tropicales que recorrieron el Atlántico ecuatorial hasta llegar al continente americano. Estas se sumaron a 5 ondas tropicales que se originaron en el mes de julio y continuaron su trayectoria durante la primera quincena de agosto. En la Figura 4.1 se observan los centroides de las trayectorias de las ondas tropicales desarrolladas, conforme su avance diario durante el mes de agosto. Del total de ondas identificadas (15), 9 fueron contabilizadas por la CGSMN al haber cruzado los 85° de longitud oeste, causando inestabilidad atmosférica en distintas zonas del país; cabe mencionar que, en agosto, los centros de estas ondas no se ubicaron sobre la República Mexicana.



Figura 4.1: Centroides de ondas tropicales durante su avance en el mes de agosto 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 de 1.3° a 23.3° norte y longitudes entre 16.1° y 140.0° oeste. En la Figura 4.2 se puede observar el avance diario de las ondas identificadas durante el mes de agosto, así como su extensión aproximada.

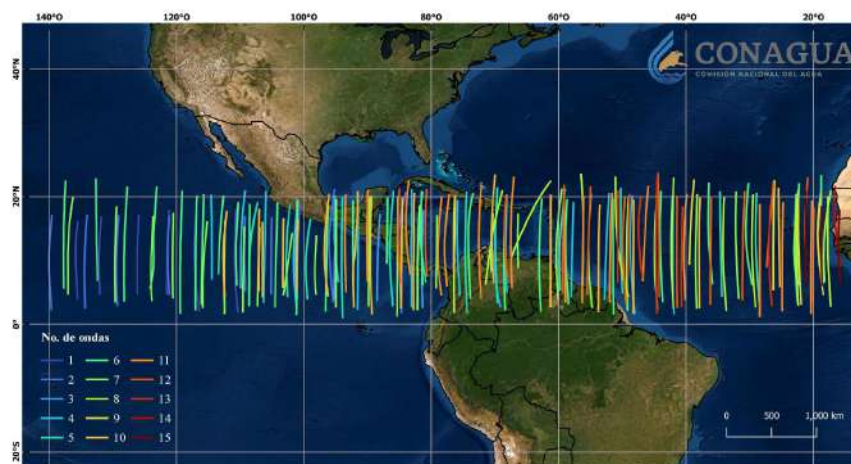


Figura 4.2: Distribución espacial de ondas tropicales durante el mes de agosto de 2022 procedentes del Jet Africano del Este. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

Durante el mes se contabilizó la presencia de ondas tropicales activas por día, considerando la cuenca del Atlántico hasta llegar al Pacífico, se identificaron dos picos máximos el 5 y 26 de agosto con siete ondas activas, por otro lado, se observó un periodo con menor frecuencia, del 16 al 19 de agosto con cuatro ondas activas, respectivamente (Figura 4.3).

De manera general, con base en los registros de mayo a noviembre de los años 1995 a 2022, se contabilizaron 1065 ondas tropicales en la República Mexicana, es decir, que han cruzado 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.

En la Figura 4.4, se muestra el número de ondas tropicales registradas por la CGSMN de todos los meses de agosto del periodo de 1995 a 2022. Basado en estos registros, el mes de agosto con más ondas del este enumeradas por la CGSMN fue el de 2003 con 12 ondas tropicales contabilizadas; mientras que en agosto de 2011 sólo se registraron 2.

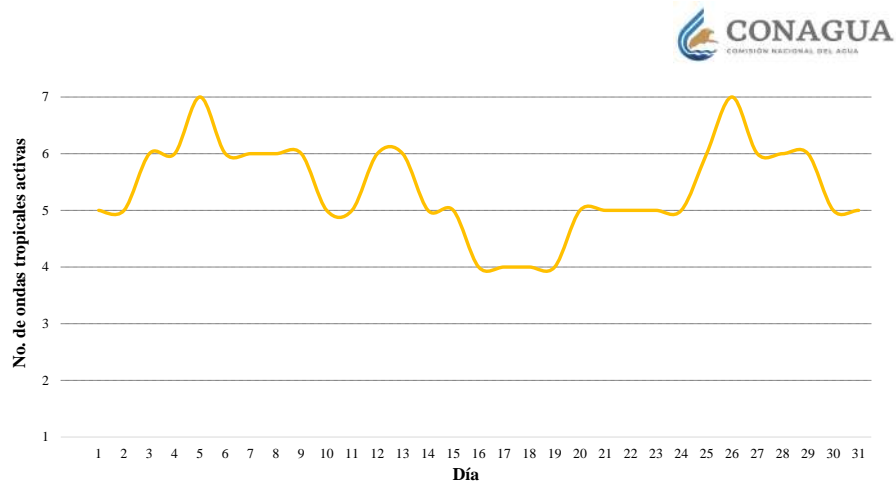


Figura 4.3: Frecuencia de ondas tropicales activas en el Atlántico Ecuatorial durante el mes de agosto de 2022. Elaborado con base en NHC/Tropical and Forecast Branch.

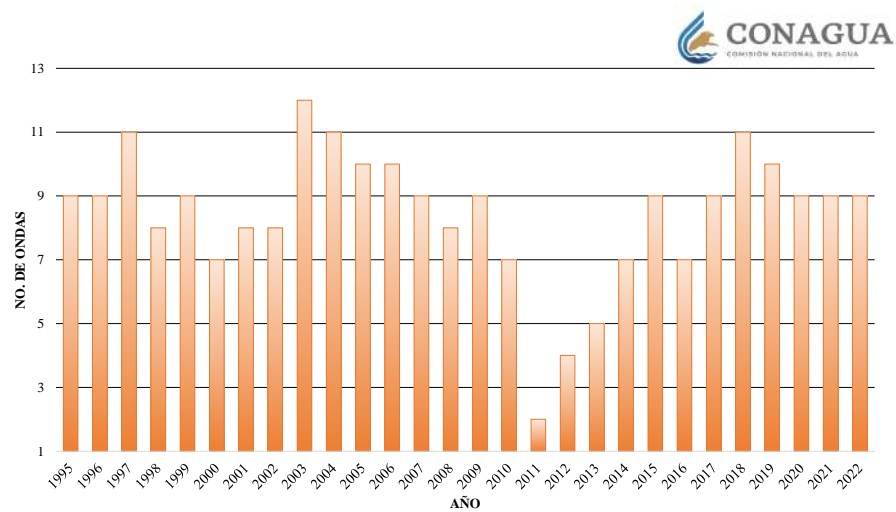


Figura 4.4: Ondas tropicales del mes de agosto contabilizadas en la República Mexicana de 1995 a 2022.

Como se mencionó anteriormente, el mes de mayo marca el inicio de la temporada de actividad de las ondas tropicales u ondas del este. En 2022 la CGSMN contabilizó 26 ondas tropicales, 2 registradas en el mes de mayo, 6 en junio, 9 en julio y 9 en agosto, para este último se registró, la misma cantidad que la señalada en el promedio 1995-2021, el cual es de 9 ondas (Figura 4.5). El centro de estos sistemas no ingresó a las costas del país, sin embargo, el más cercano, corresponde a la onda número 25, la cual se desplazó sobre Centroamérica el 30 de agosto, a 247 kilómetros del estado de Chiapas, aportando lluvias y condiciones atmosféricas inestables en la zona, al interactuar con un canal de

baja presión que se extendió sobre el suroeste del Golfo de México, ocasionando lluvias puntuales muy fuertes en Veracruz, Tabasco y Chiapas.

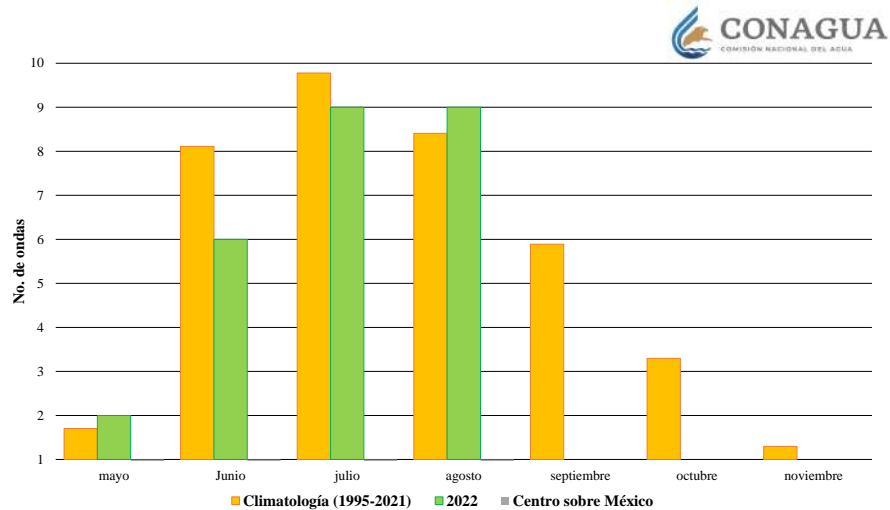


Figura 4.5: Seguimiento de ondas tropicales sobre la República Mexicana comparado con el promedio 1995-2020.

La CGSMN contabilizó un total de 9 ondas tropicales con trayectoria en el Pacífico mexicano, durante el mes de agosto. La No. 18, primera del mes, se registró a partir del 1 de agosto y tuvo interacción con una zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico. Asimismo, la onda tropical No. 19 contabilizada a partir del 3 de agosto fue absorbida por dicha zona de inestabilidad para dar origen a la depresión tropical NUEVE-E, 3 días después incrementó su categoría a tormenta tropical y el 8 de agosto se convirtió en el huracán *Howard* (categoría 1), que se degradó dos días más tarde. Los estados afectados en su etapa inicial fueron Jalisco, Colima, Guerrero y Michoacán y en su etapa final Baja California Sur y Jalisco, con lluvias y oleajes de 1 a 2 metros de altura.

La onda tropical No. 20 inició el 8 de agosto y tuvo interacción con un canal de baja presión y posteriormente con una zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico. Los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Campeche y Yucatán, fueron afectados con lluvias puntuales de fuertes a intensas. El 12 de agosto evolucionó en la depresión tropical DIEZ-E y dos días más tarde dio origen a la tormenta tropical *Ivette*, la cual no tuvo efectos significativos en territorio continental.

A partir del 10 de agosto hasta finalizar el mes se contabilizaron 6 ondas tropicales (de la No. 21 a la 26), sin embargo, ninguna de estas evolucionó a un sistema de mayor categoría. No obstante, tuvieron interacción con canales de baja presión y zonas de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico, con lo cual se generaron lluvias puntuales de fuertes a intensas, descargas eléctricas y rachas de viento en el sureste y occidente mexicano (Tabla 4.1 y Figura 4.6).

Tabla 4.1: Ondas tropicales enumeradas por la CGSMN durante agosto de 2022 e inestabilidades generadas.

Fecha	No. de onda tropical	Inestabilidad atmosférica
01/08/2022	18	Zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico
03/08/2022	19	Huracán Howard
08/08/2022	20	Tormenta tropical Ivette
10/08/2022	21	Absorbida por la tormenta tropical Ivette
14/08/2022	22	Zona de baja presión con potencial para desarrollo ciclónico
17/08/2022	23	Zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico
24/08/2022	24	Zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico
30/08/2022	25	Zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico
31/08/2022	26	Zona de inestabilidad con potencial para desarrollo ciclónico

Durante el periodo del 4 al 15 de agosto se registró la influencia de cinco ondas tropicales, de las cuales una dio origen a un huracán categoría 1 y otra a una tormenta tropical, así como inestabilidades atmosféricas que ocasionaron precipitaciones importantes en el sureste, occidente y península de Baja California. Con base en lo anterior, se realizó un mapa de precipitación acumulada del periodo mencionado, donde se identificaron las zonas de mayor precipitación en la región del Soconusco, en Chiapas, en Colima, así como en la Sierra Norte de Oaxaca (Figura 4.7 y Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Localidades con estaciones climatológicas con lluvias máximas acumuladas del 4 al 15 de agosto de 2022.

Lugar	Lluvias (mm)
Huixtla, Chiapas	397.2
Suchitlán, Colima	357.0
Miguel de la Madrid Hurtado, Oaxaca	328.1
Jacatepec, Oaxaca	320.4
Zacatepec, Oaxaca	297.3



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

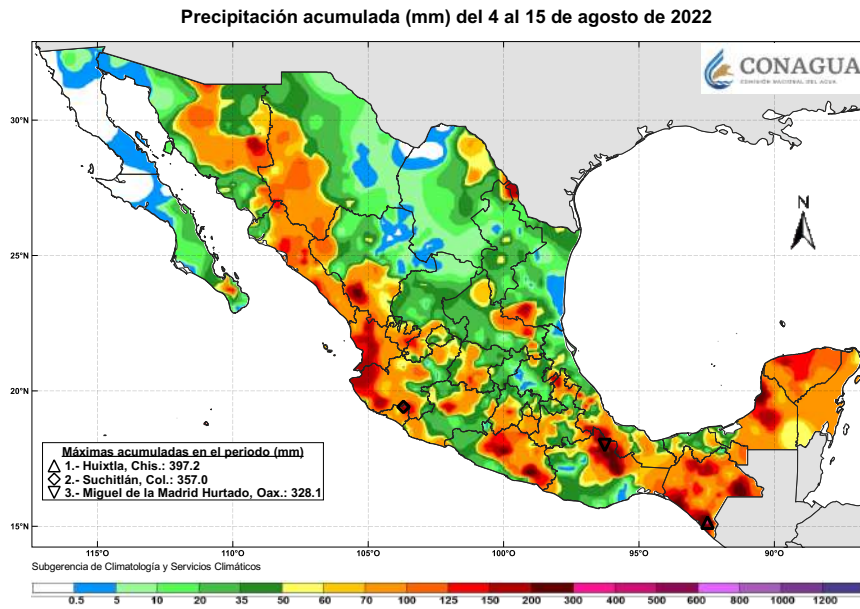


Figura 4.7: Precipitación acumulada asociada a ondas tropicales del 4 al 15 de agosto de 2022. Elaborado con información disponible en el Sistema de Información Hidrológica de la CONAGUA.

5. Sequía

Durante el mes de agosto de 2022 continuó la influencia del Monzón de Norteamérica en el noroeste del país, en el Pacífico mexicano se desarrollaron el huracán *Howard*, la tormenta tropical *Ivette* y una baja presión que posteriormente dio origen a la tormenta tropical *Javier*, en el Golfo de México una zona de baja presión originó el Potencial Ciclón Tropical Cuatro, mientras que, 9 ondas tropicales (de la núm. 18 a la 26) se desplazaron sobre el territorio nacional. La ocurrencia de estos fenómenos favoreció la presencia de lluvias por arriba del promedio en el país, principalmente en las regiones noroeste, norte y la Mesa Central, así como en porciones aisladas del occidente, sur, sureste y a lo largo del Eje Volcánico. Por otro lado, lluvias por debajo del promedio se registraron en la Península de Baja California, las costas del Golfo de México y del Pacífico sur. El balance de estas lluvias, ubicó a agosto de 2022 como el décimo agosto más húmedo en los registros desde 1941.

Las benéficas precipitaciones, ayudaron a que las áreas con sequía disminuyeran en gran parte del territorio nacional, sin embargo, permanecieron condiciones de sequía moderada a extrema (D1 a D3) en noreste y oriente (Figura 5.1, mapa izquierdo). Al 31 de agosto de 2022 el porcentaje de área con sequía de moderada a extrema (D1 a D3) fue de 27.05% a nivel nacional, 14.01% menor que lo cuantificado a finales de julio del mismo año (Tabla 5.1), esta cifra representa la mayor disminución de áreas con sequía en lo que va del año 2022, otro aspecto a destacar, es la eliminación de la sequía excepcional (D4) que afectó el norte del país desde marzo de 2022.

La Figura 5.1 a la derecha, muestra los cambios a nivel nacional en la distribución de las áreas con sequía, en este reporte, se comparan las áreas con sequía al 31 de agosto respecto al análisis del 31 de julio de 2022. En esta figura, los tonos verdes denotan la disminución de una o varias categorías de sequedad o sequía (D0, D1, D2, D3 o D4); el color gris indica que la región no tuvo cambios; por último, los colores que van del amarillo al rojo oscuro significan un incremento en las categorías de sequía o sequedad (D0, D1, D2, D3 o D4). En agosto, el noroeste y el norte fueron las regiones donde se observó la mayor recuperación de áreas con sequía de moderada a excepcional (D1 a D4), en estas regiones, los estados de Sonora y Chihuahua tuvieron su agosto más húmedo, Sinaloa su tercero, en tanto que Durango y Coahuila tuvieron su cuarto y quinto agosto más húmedo, respectivamente. Algunas porciones en el occidente, oriente, centro y sureste del país, también observaron una disminución de áreas con condiciones anormalmente secas (D0) y/o de sequía moderada a severa (D1 a D2).

Respecto a los incrementos de áreas con sequía, en la Figura 5.1, se observa que, la sequía extrema (D3) aumentó al norte de Tamaulipas y Coahuila; en tanto que, la sequía severa (D2) se incrementó en porciones de Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo, esta última entidad tuvo su quinto agosto más seco de los registros. La sequía moderada (D1) se extendió en Zacatecas, Nuevo León y Oaxaca, y se desarrolló en

los estados de Veracruz y Chiapas. Por último, las condiciones anormalmente secas (D0) aumentaron en zonas del occidente, en Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán.

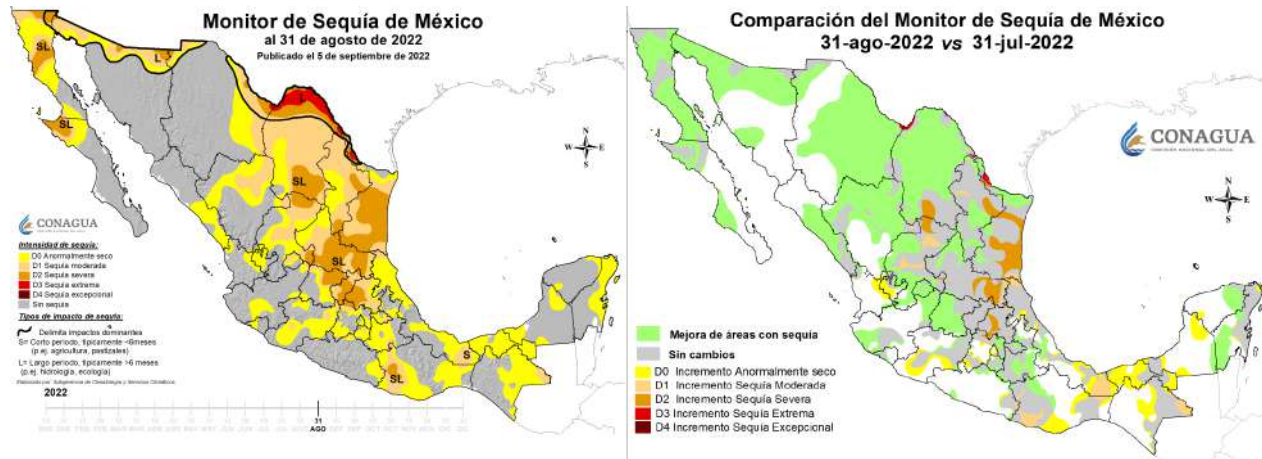


Figura 5.1: (Izquierda) mapa del Monitor de Sequía en México (MSM) al 31 de agosto. (Derecha) mapa de comparación del Monitor de Sequía de México del 31 de agosto vs 31 de julio de 2022. Fuente: Monitor de Sequía en México. Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

Tabla 5.1: Porcentaje de área cubierta por las diferentes categorías de sequía desde el 15 de marzo hasta el 31 de agosto de 2022

Mes-Año	Porcentajes envoltentes					Porcentajes desagregados					
	Sin afectación	D0 a D4	D1 a D4	D2 a D4	D3 a D4	D4	D0	D1	D2	D3	D4
31-ago-2022	48.50	51.50	27.05	10.21	0.98	0.00	24.45	16.84	9.23	0.98	0.00
15-ago-2022	42.49	57.51	35.34	20.72	4.53	0.12	22.17	14.62	16.19	4.41	0.12
31-jul-2022	35.17	64.83	41.06	22.81	6.17	0.83	23.77	18.25	16.64	5.34	0.83
15-jul-2022	29.99	70.01	47.59	25.59	7.59	1.23	22.42	22.00	18.00	6.36	1.23
30-jun-2022	32.35	67.65	47.48	25.89	8.17	0.95	20.17	21.59	17.72	7.22	0.95
15-jun-2022	27.42	72.58	53.00	31.17	10.99	0.77	19.58	21.83	20.18	10.22	0.77
31-may-2022	22.32	77.68	56.17	32.42	9.98	0.77	21.51	23.75	22.44	9.21	0.77
15-may-2022	18.67	81.33	56.87	33.58	7.95	0.96	24.46	23.29	25.63	6.99	0.96
30-abr-2022	22.28	77.72	55.19	29.46	5.78	0.92	22.53	25.73	23.68	4.86	0.92
15-abr-2022	19.98	80.02	53.25	24.70	4.22	0.20	26.77	28.55	20.48	4.02	0.20
31-mar-2022	25.78	74.22	46.01	11.84	3.20	0.07	28.21	34.17	8.64	3.13	0.07
15-mar-2022	31.10	68.90	30.40	9.58	2.58	0.07	38.50	20.82	7.00	2.51	0.07

Nota. Información obtenida del Monitor de Sequía en México (MSM). Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

En base a los datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), del 1 de enero al 1 de septiembre de 2022, se han registrado 6,664 incendios forestales en 32 entidades federativas, en una superficie de 667,369.23 hectáreas. Los estados con mayor superficie afectada por incendios que representan el 79.99% del total nacional han sido: Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, donde persisten regiones con sequía severa y extrema (D2 y D3), Sonora y Oaxaca, con presencia de sequía severa (D2) y Durango, Nayarit, Jalisco, Guerrero y Chiapas que registran condiciones anormalmente secas (D0) y/o de sequía moderada (D1).

En agosto de 2022, como se observa en la Figura 5.2, todos los estados del país presentan alguna condición de sequedad o sequía. Siete entidades, que son: Sinaloa, Nayarit, Colima, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, registraron condiciones anormalmente secas (D0). Mientras que, el resto de las entidades (25), presentan una o varias categorías de sequía desde moderada a extrema (D1 a D3).

Para mayor información se sugiere consultar el [Monitor de Sequía de México](#).

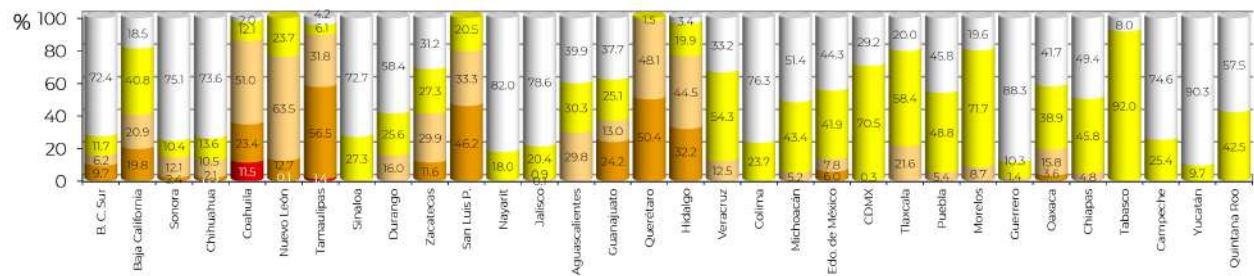


Figura 5.2: Porcentaje de área cubierta por las diferentes categorías de sequía a nivel estatal al 31 de agosto de 2022. Obtenido de: Monitor de Sequía en México (MSM). Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional-CONAGUA.

6. Temperatura

La temperatura media nacional en el mes de agosto de 2022 fue de 25.9 °C, 1.2 °C por arriba de la normal climatológica 1991-2020, ubicándose como el séptimo mes de agosto más cálido del registro histórico desde 1953. A nivel estatal, Querétaro registró su segundo mes de agosto más cálido.

De acuerdo con la Figura 6.1, se observa el seguimiento mensual de los promedios de temperatura (máxima, mínima y media) sobre el territorio nacional, en el caso de la temperatura máxima los valores promedio se ubicaron en gran parte del mes por debajo de la normal de referencia, alcanzando el umbral de una desviación estándar en la tercera y cuarta semana. Por el contrario, los valores promedios de temperatura mínima estuvieron por arriba de la misma normal alcanzando el umbral de una desviación estándar en todo el mes. El día 4 fue el más cálido al registrarse una temperatura media nacional de 25.7 °C, de manera opuesta los días 19 y 20 fueron los más frescos con 24.4 °C.

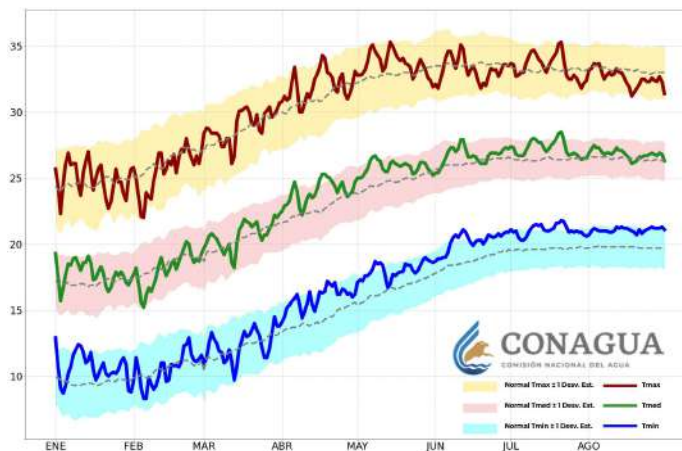


Figura 6.1: Marcha diaria de la temperatura a nivel nacional (°C) de enero a agosto de 2022. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

6.1. Temperatura máxima (Tx) y número de días con Tx igual o mayor a 40 °C

El valor de temperatura máxima promedio nacional en agosto de 2022 fue de 32.1 °C y una anomalía de 0.8 °C por arriba del promedio climatológico 1991-2020. En la Figura 6.2, se muestra que en los límites entre Baja California y Sonora, se registraron los valores más altos de temperatura de hasta 40.0 °C, seguido de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí con más de 35.0 °C. En cuanto al mapa de anomalías de temperatura máxima al sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Guerrero y Oaxaca se presentaron los valores más altos de hasta 3.0 °C.

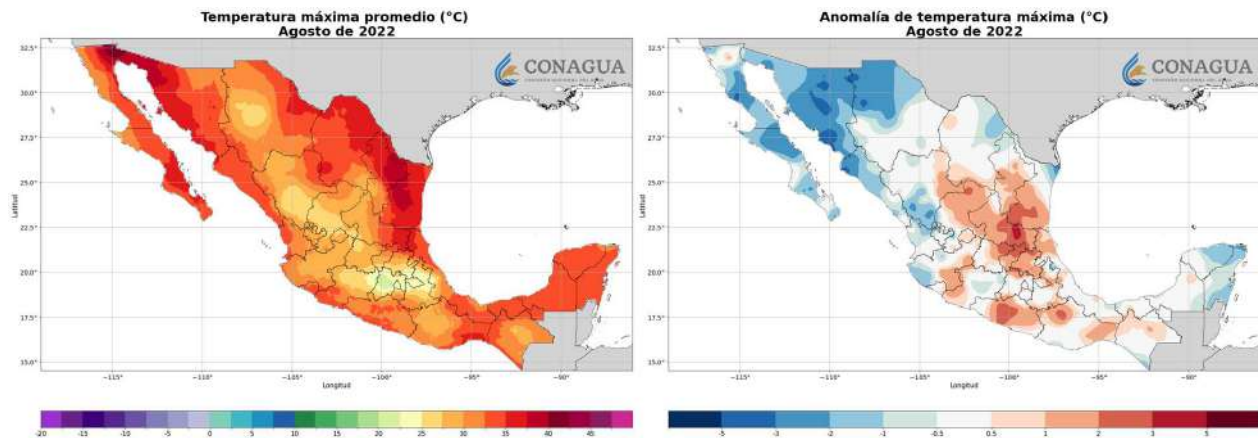


Figura 6.2: (Izquierda) temperatura máxima promedio y (derecha) anomalía en agosto de 2022. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

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, 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 el periodo base, si por el contrario la medición cae en el percentil 30 (P30), significa que el 70% de los datos son más cálidos que dicha medición.

En la Figura 6.3, se observa que, la temperatura máxima estuvo por arriba del P80 en algunas regiones del centro y sur del territorio nacional, es decir que estuvieron dentro del 20% más cálido comparado con la serie histórica desde 1950. Por el contrario, en la Península de Baja California, Pacífico norte, noroeste y parte de la Península de Yucatán, las temperaturas máximas estuvieron por debajo del P30, es decir dentro del 30% más frío desde que se tiene registro.

En cuanto al conteo de días del mes, en la Península de Yucatán, noroeste, la costa norte del Pacífico, parte del norte y la Península de Yucatán se presentaron entre uno a 10 días con temperaturas máximas dentro del 5% más frescas respecto de la misma serie histórica.

El registro máximo de temperatura en el mes de agosto de 2022 fue de 48.7 °C observado el día 31 en la estación Mexicali, Baja California. Le continuaron valores de 46.8 °C registrado el día 30 en Encinas Johnson, Sonora; el día 3 en Ojinaga, Chihuahua con 46.0 °C, así como en Las Enramadas, Nuevo León con 44.5 °C; 43.0 °C el día 11 en Magiscatzín Dos, Tamaulipas; 42.0 °C el día 12 en El Carrizo, Sinaloa y el día 24 en Huejutla, Hidalgo.

Para mayor información sobre los registros máximos a nivel estatal durante agosto de 2022 consultar la Tabla 6.1.

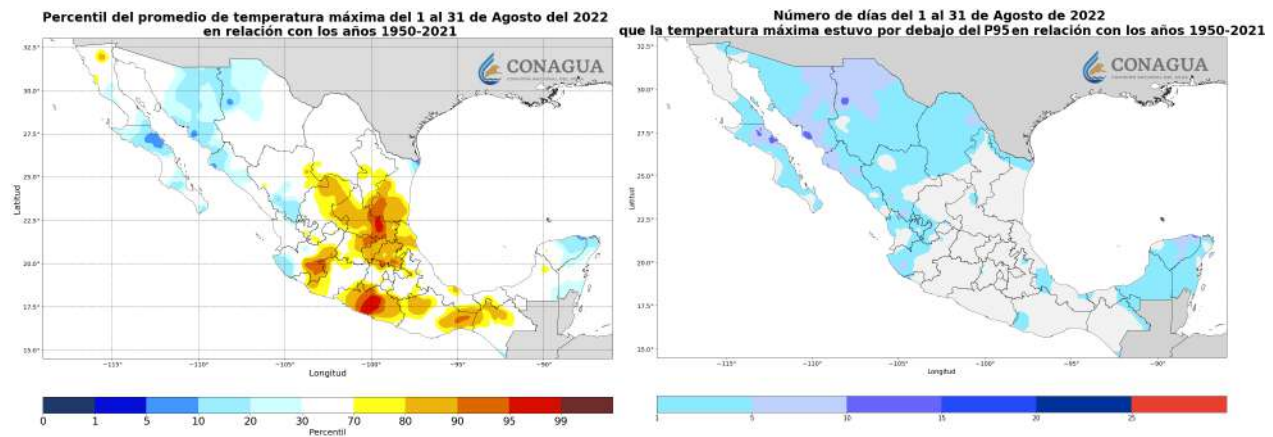


Figura 6.3: (Izquierda) percentil promedio de temperatura máxima de agosto de 2022 comparado con el periodo 1950-2021. (Derecha) número de días durante agosto de 2022 en que la temperatura máxima sobrepasó el percentil 95 comparado con el periodo 1950-2021.

Tabla 6.1: Temperaturas máximas extremas a nivel estatal en agosto de 2022.

Edo.	Tx	Estación	Fecha	Edo.	Tx	Estación	Fecha
Ags.	38	San Bartolo	11/08/2022	Mor.	38	Nexpa	07/08/2022
B.C.	48.7	Mexicali	31/08/2022	N.L.	44.5	Las Enramadas	03/08/2022
B.C.S.	41	San Antonio	05/08/2022	Nay.	40	Gaviotas	03/08/2022
Camp.	40	Palizada	16/08/2022	Oax.	39.5	El Marqués	04/08/2022
Chih.	46	Ojinaga	03/08/2022	Pue.	40	Izúcar de Matamoros	12/08/2022
Chis.	38	Huixtla	19/08/2022	Q. Roo	38	Aeropuerto Internacional de Cozumel(++)	03/08/2022
Ciudad de México	30.9	Escuela de Ciencias Biológicas 2*	30/08/2022	Qro.	39	Jalpan	28/08/2022
Coah.	42.5	Observatorio de Monclova	03/08/2022	S.L.P.	42.5	San Vicente	12/08/2022
Col.	40	Callejones	02/08/2022	Sin.	42	El Carrizo	12/08/2022
Dgo.	41	Francisco Zarco	03/08/2022	Son.	46.8	Encinas Johnson+++	30/08/2022
Gro.	39.6	Atoyac*	02/08/2022	Tab.	41	Porvenir*	28/08/2022
Gto.	35.5	Xichú	03/08/2022	Tamps.	43	Magiscatzin Dos	11/08/2022
Hgo.	42	Huejutla	24/08/2022	Tlax.	29.2	Observatorio de Tlaxcala*	06/08/2022
Jal.	40	Solidaridad	02/08/2022	Ver.	41	Platón Sánchez	30/08/2022
Mex.	30	Colonia Hidalgo	04/08/2022	Yuc.	39	Aeropuerto Internacional de Mérida(++)	14/08/2022
Mich.	39.5	Infiernillo	21/08/2022	Zac.	37	Mezquitil del Oro	23/08/2022

Nota. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, **** Automática SEMAR, + Automática CILA, ++ Automática SACMEX, +++ REMAS, (+) Automática UNAM, (++) Automática Aeropuerto, (+++) Automática SGIRPC.

Respecto al mes anterior, Figura 6.4, se observa que en agosto de 2022 el número de días cálidos fue menor. Por otro lado, al norte de Baja California y Nuevo León se observaron hasta 25 días con temperaturas mayores o iguales a 40.0 °C, seguidos de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas con más de 20 días cálidos.

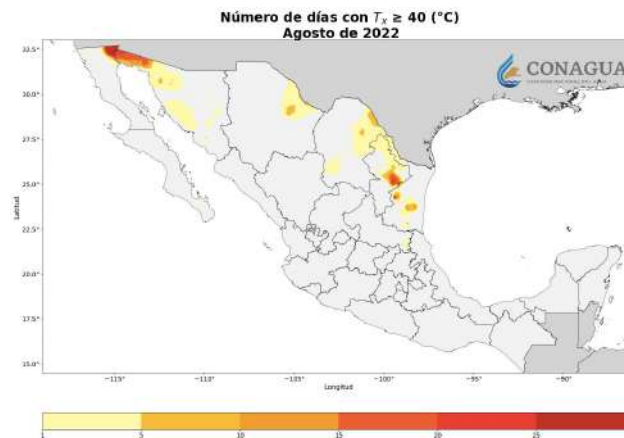


Figura 6.4: Número de días con $T_x \geq 40$ °C en agosto de 2022. Información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

La Tabla 6.2, muestra los récords de temperatura máxima superados durante el mes de agosto de 2022 en la red de Observatorios Meteorológicos.

Tabla 6.2: Récords máximos de temperatura registrados en la red de Observatorios Meteorológicos.

Observatorio/Estado	Municipio	Nuevo Récord (°C)	Fecha Nuevo Récord	Récord Anterior (°C)	Fecha Récord Anterior
Observatorio de Ciudad Guzmán, Jal.	Zapotlán el Grande	34.0	05/08/2022	33.3	15/08/2008
Observatorio de Manzanillo, Col.	Manzanillo	38.5*	25/08/2022	38.0	14/08/2021
Observatorio de Zacatecas, Zac.	Zacatecas	33.0	30/08/2022	32.0	18/08/2005

Con información disponible en la red de observatorios meteorológicos en el mes de agosto de 2022.
 Nota: (1) Primer nuevo registro máximo en el mes; (2) Segundo nuevo registro máximo en el mes; etc.

6.2. Temperatura media

La temperatura media nacional en agosto de 2022 fue de 25.9 °C con una anomalía de 1.2 °C por arriba del promedio climatológico 1991-2020. Durante este mes las entidades de Tamaulipas, Ciudad de México, Tlaxcala y Zacatecas observaron su tercer mes de agosto más cálido respecto al registro histórico desde 1953.

En la Figura 6.5, se muestra que, al norte de Baja California y Sonora se presentaron las condiciones más cálidas del mes por arriba de 35.0 °C, opuesto al Estado de México, Tlaxcala y centro de Puebla con temperaturas de 10.0 °C a 15.0 °C, siendo las más frescas del mes.

En cuanto al mapa de anomalías de temperatura en gran parte de Sonora, Chihuahua, Sinaloa y sur de Durango los valores de temperatura fueron de -2.0 °C por debajo de la normal de referencia. Contrario a Baja California, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí y Querétaro los registros alcanzaron hasta 2.0 °C por arriba de promedio climatológico.

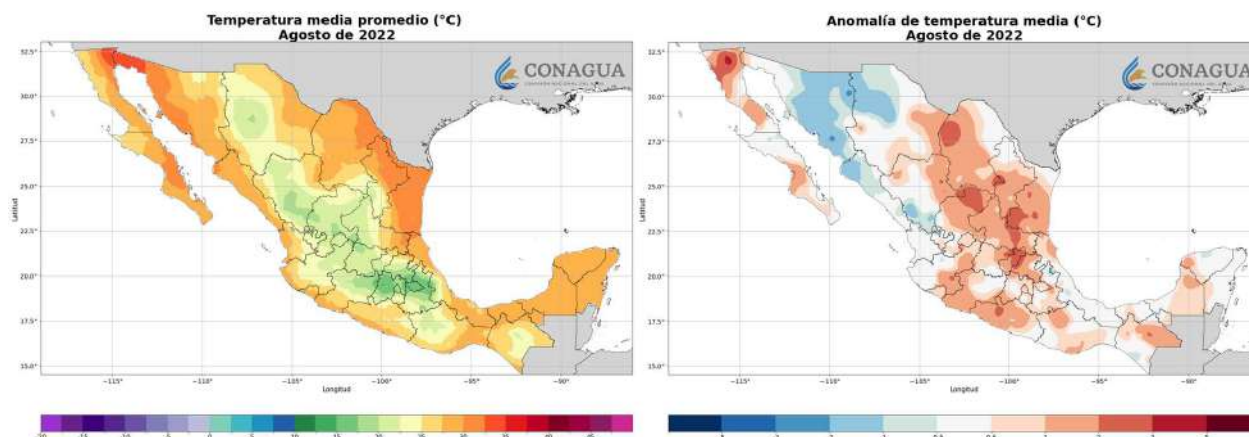


Figura 6.5: (Izquierda) temperatura media y (derecha) anomalía en agosto de 2022. Con información disponible en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

6.3. Temperatura mínima (T_n) y número de días con T_n igual o menor a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

El valor de temperatura mínima nacional en agosto de 2022 fue de $19.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio (1991-2020). En el Estado de México, Tlaxcala y Puebla se observaron las condiciones más frescas de hasta $10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 6.6). De acuerdo al mapa de anomalías, se muestra que en gran parte del territorio nacional se observaron temperaturas mínimas por arriba de la normal climatológica 1991-2020, en el caso de Baja California se presentaron valores de hasta $5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio, seguido de zonas puntuales de los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Guerrero donde se observaron valores de $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio.

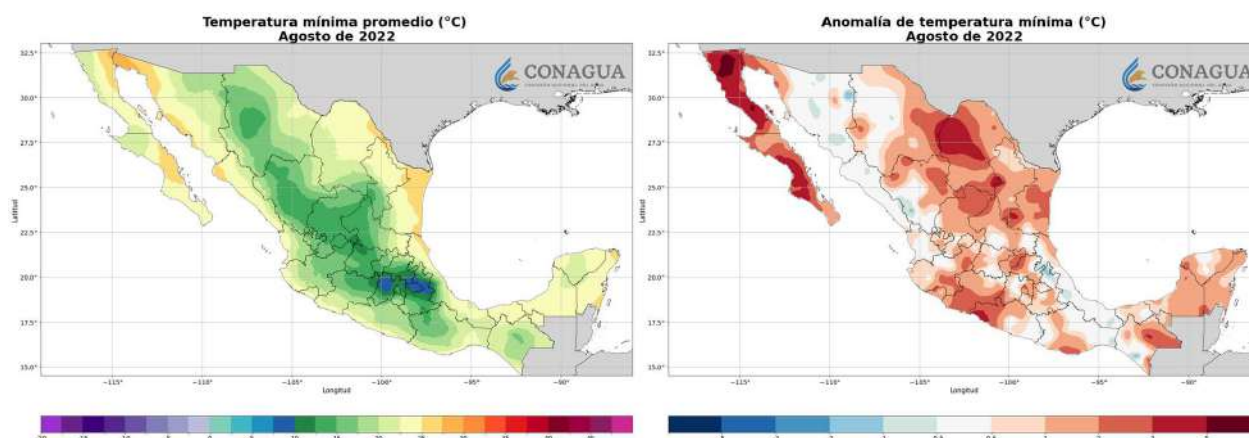


Figura 6.6: (Izquierda) temperatura mínima promedio y (derecha) anomalía en agosto de 2022. Con información disponible en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente.

En cuanto a los percentiles de temperatura mínima, como se observa en la Figura 6.7, se presentaron valores altos de temperatura mínima en prácticamente todo el país, destacando la Península de Baja California, la región norte y poniente donde los valores se ubicaron dentro del P95, por lo que estuvieron dentro del 5% más cálido de acuerdo a la serie histórica desde 1950.

En el conteo diario, el mayor número de días con condiciones por arriba del P95 se presentaron en la Península de Baja California, en la costa sur del Pacífico, noreste y particularmente en Zacatecas y San Luis Potosí. En estas regiones se reportaron incluso más de 20 días con temperaturas dentro del 5% más cálidas de la serie.

Si bien la cantidad de días con esta condición se concentra en las regiones mencionadas, en general, en la mayor parte del país se presentaron al menos 5 días con temperaturas mínimas altas.

La temperatura mínima más baja en el mes de agosto de 2022 fue de 0.0 °C registrada el día 5 en la estación Perote, Veracruz. Posteriormente 1.2 °C el día 8 en Alzomoni, Estado de México; 2.0 °C el día 10 en Oyameles, Puebla; 3.0 °C los días 18 y 28 en Sandoval, Aguascalientes y El Carmen Tequexquitla, Tlaxcala respectivamente; 3.7 °C en Lagunas de Zempoala, Morelos; 4.0 °C el día 3 en las estaciones La Rosilla, Durango y San Antonio Cuajimoloyas, Oaxaca.

En la Tabla 6.3 se muestran más valores de temperatura mínima a nivel estatal durante el mes de agosto de 2022.

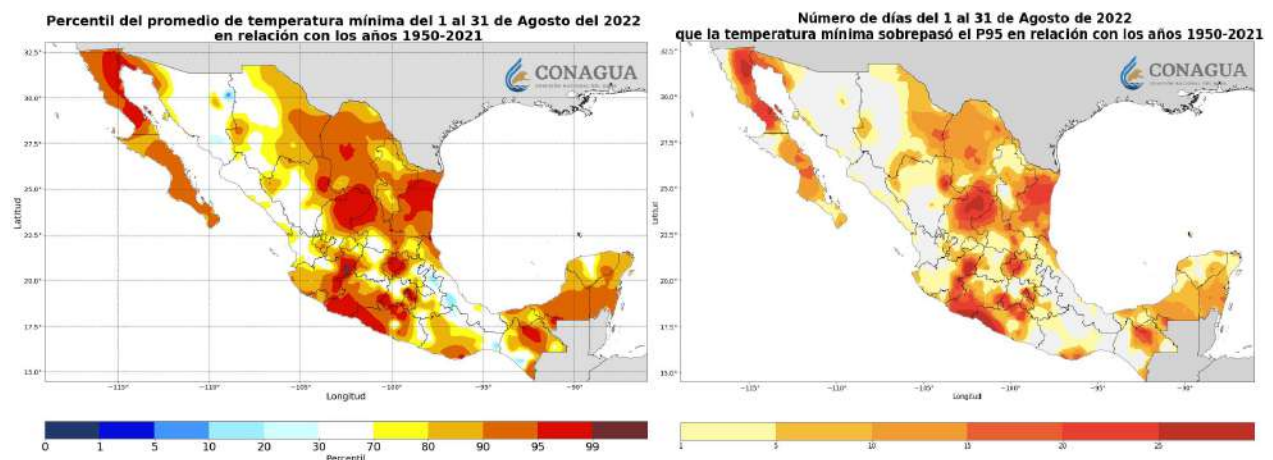


Figura 6.7: (Izquierda) percentil promedio de temperatura mínima de agosto de 2022 comparado con el periodo 1950-2021. (Derecha) número de días durante agosto de 2022 en que la temperatura mínima sobrepasó el percentil 95 comparado con el periodo 1950-2021. Nota: Información obtenida a partir de mallas interpoladas con estaciones del Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA.

Tabla 6.3: Temperaturas mínimas extremas a nivel estatal en agosto de 2022.

Edo.	Tx	Estación	Fecha	Edo.	Tx	Estación	Fecha
Ags.	3.0	Sandoval	18/08/2022	Mor.	3.7	Lagunas de Zempoala*	05/08/2022
B.C.	9.9	San Pedro Mártir(+)	20/08/2022	N.L.	8.0	La Ascensión	01/08/2022
B.C.S.	10.0	Díaz Ordaz	27/08/2022	Nay.	15.8	Ixtlán del Río*	20/08/2022
Camp.	19.0	Hopelchén, Camp.	09/08/2022	Oax.	4.0	San Antonio Cuajimoloyas	03/08/2022
Chih.	4.9	El Vergel*	01/08/2022	Pue.	2.0	Oyameles	10/08/2022
Chis.	7.0	Oxchuc*	04/08/2022	Q. Roo	20.0	Cozumel*	17/08/2022
Ciudad de México	7.0	Desviación Alta	11/08/2022	Qro.	10.0	Aeropuerto Intercontinental de Querétaro(++)	09/08/2022
Coah.	10.0	San Antonio de las Alazanas	04/08/2022	S.L.P.	11.0	Valentín Gama	21/08/2022
Col.	18.0	Cuauhtémoc	09/08/2022	Sin.	12.0	Guasave	13/08/2022
Dgo.	4.0	La Rosilla	03/08/2022	Son.	8.0	Aribabi	19/08/2022
Gro.	9.0	Tlacotepec	01/08/2022	Tab.	20.0	Boca del Cerro	15/08/2022
Gto.	7.0	Coroneo	11/08/2022	Tamps.	18.6	Puerto de Valles*	04/08/2022
Hgo.	4.1	El Chico*	18/08/2022	Tlax.	3.0	El Carmen Tequexquitla	28/08/2022
Jal.	4.7	Nevado de Colima*	06/08/2022	Ver.	0.0	Perote, Ver.	05/08/2022
Mex.	1.2	Altzomoni*	08/08/2022	Yuc.	16.0	Tantaquín	17/08/2022
Mich.	5.0	San Cristóbal	03/08/2022	Zac.	7.0	Ing. Julián Adame Alatorre	04/08/2022

Nota. Con información disponible en agosto de 2022 en el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la CONAGUA, cualquier cálculo posterior podrá resultar diferente. *Automática CONAGUA, **Automática CFE, ***Automática INIFAP, **** Automática SEMAR, + Automática CILA, ++ Automática SACMEX, +++ REMAS, (+) Automática UNAM, (++) Automática Aeropuerto, (+++) Automática SGIRPC.

7. Eventos notables

Durante el mes de agosto del 2022 se presentaron tormentas convectivas con caída de granizo en algunos estados de la República, así como el desarrollo de varias trombas marinas (Figura 7.1).

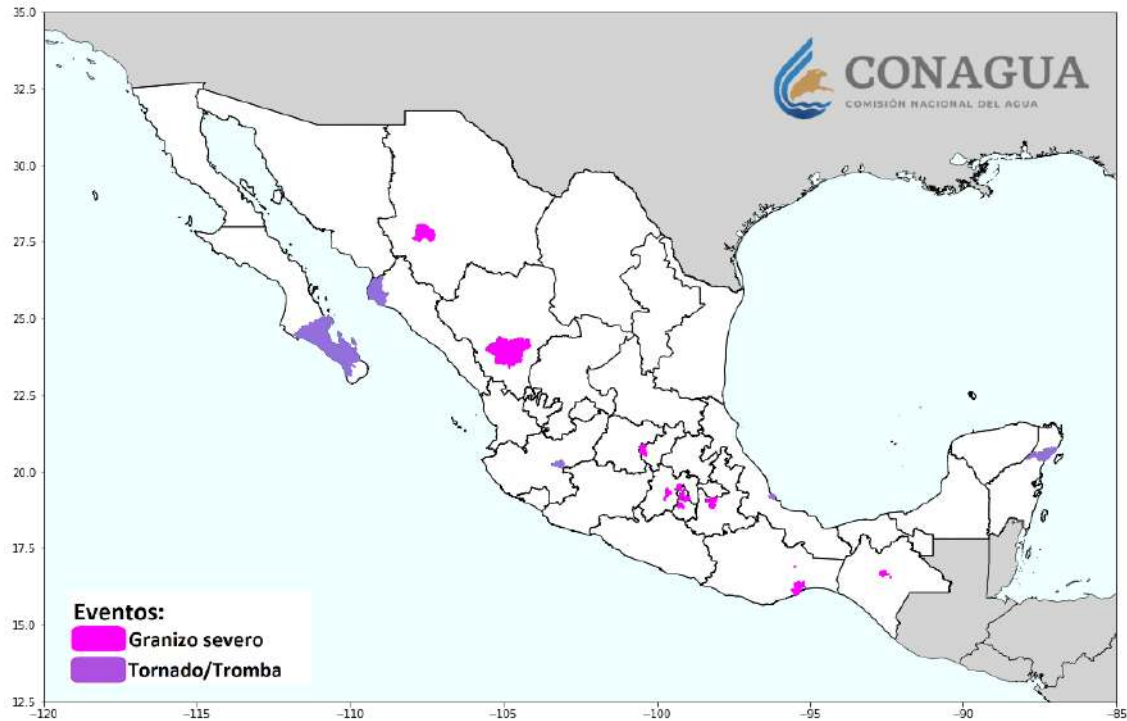


Figura 7.1: Mapa de los municipios donde se observaron los eventos hidrometeorológicos más significativos durante el mes de agosto de 2022.

Granizo severo

Estados afectados: Estado de México y Ciudad de México (2 de agosto).

Se registró caída de granizo severo en los municipios de Toluca, en el Estado de México y Tlalpan, en la Ciudad de México. Esto debido a la presencia de canales de baja presión extendidos sobre el norte y centro de México, que al interactuar con la entrada de humedad desde ambos océanos y con la inestabilidad atmosférica superior, dieron paso a las condiciones necesarias para el desarrollo de tormentas intensas puntuales.

De acuerdo a la climatología 1991-2020, el 2 de agosto no se registran más de 10 mm de precipitación en la cercanía de dichos municipios. Para la misma fecha, pero en el 2022, se acumularon hasta 20 mm de precipitación sobre el municipio de Toluca, pero sobre la alcaldía Tlalpan solo 10 mm. (Figura 7.2).

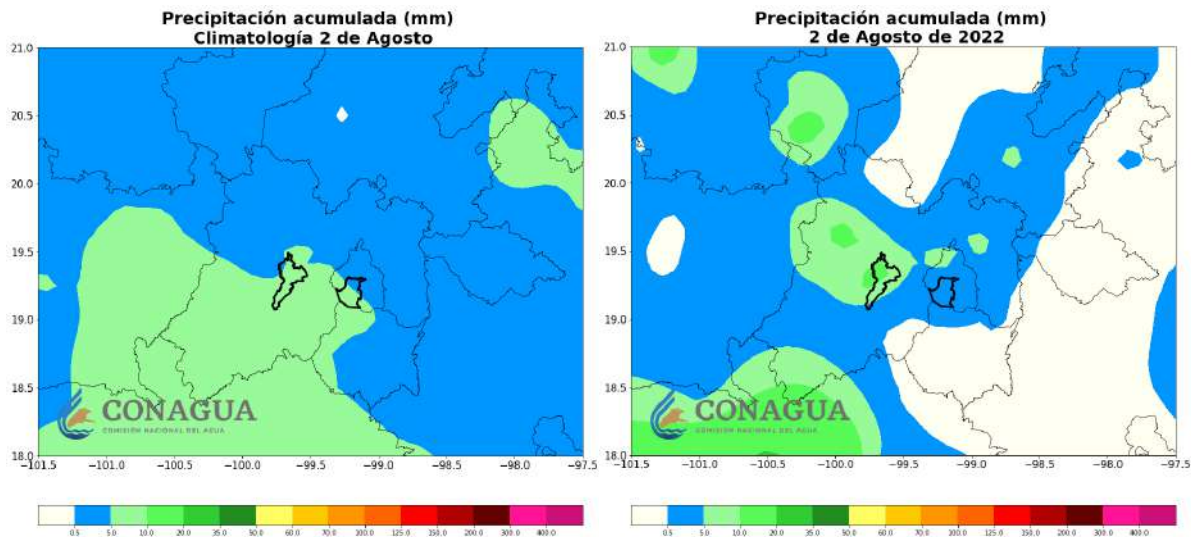


Figura 7.2: (Superior izquierda) Climatología 1991-2020 de la precipitación acumulada el 2 de agosto. (Superior derecha) Precipitación acumulada el 2 de agosto del 2022.

Estados afectados: Chihuahua, Durango, Puebla, Estado de México, Ciudad de México y Chiapas (10 al 15 de agosto).

En el período del 10 al 15 de agosto, en el noroeste de la República Mexicana, persistió la influencia del monzón de Norteamérica, generando tormentas severas en los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango y la península de Baja California. Por otra parte, durante estas mismas fechas, canales de baja presión en el centro del país, al interactuar con inestabilidad en niveles altos de la atmósfera originaron lluvias puntuales intensas sobre dicha región. Además, gracias a la interacción entre la onda tropical número 22 y un canal de baja presión al sur del país, permitió el desarrollo de tormentas severas en la península de Yucatán y Chiapas.

Se reportó caída de granizo en los municipios de Bocoyna, Chihuahua; Durango, Durango; Cholula, Puebla; Toluca y Naucalpan de Juárez, Estado de México; Benito Juárez y Venustiano Carranza, Ciudad de México y San Cristóbal de las Casas, Chiapas. De acuerdo a la climatología 1991-2020 del 10 al 15 de julio, se acumulan hasta 35 mm de precipitación sobre dichos municipios. Para estas mismas fechas del 2022 se acumularon más de 70 mm de precipitación en las cercanías de todos los municipios antes mencionados (Figura 7.3).

Estados afectados: Ciudad de México, Estado de México, Querétaro, Morelos y Oaxaca (18 al 21 de agosto).

En el periodo del 18 al 21 de agosto, se presentaron canales de baja presión sobre la Mesa del Norte, la Mesa Central y el sureste del país, los cuales al interactuar con la entrada de humedad del Golfo de México y con la inestabilidad en niveles altos de la atmósfera, originaron chubascos y lluvias puntuales muy fuertes con caída de granizo. Además, gra-

cias al paso de la onda tropical número 23 sobre el centro y sur del territorio nacional se desarrollaron tormentas severas en dichas regiones. Se reportó caída de granizo en los municipios de Milpa Alta, Ciudad de México; Atizapán de Zaragoza, Estado de México; Querétaro, Querétaro; Jiutepec y Cuernavaca, Morelos; Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca.

De acuerdo a la climatología 1991-2020 del 18 al 21 de julio, se acumulan hasta 35 mm de precipitación sobre todos estos municipios. Para estas mismas fechas, del 2022 se acumuló una cantidad similar, a excepción del municipio de Santo Domingo Tehuantepec, donde solo se acumularon hasta 5 mm, sin embargo, las tormentas fueron suficientemente energéticas para producir la caída de granizo Figura 7.4.

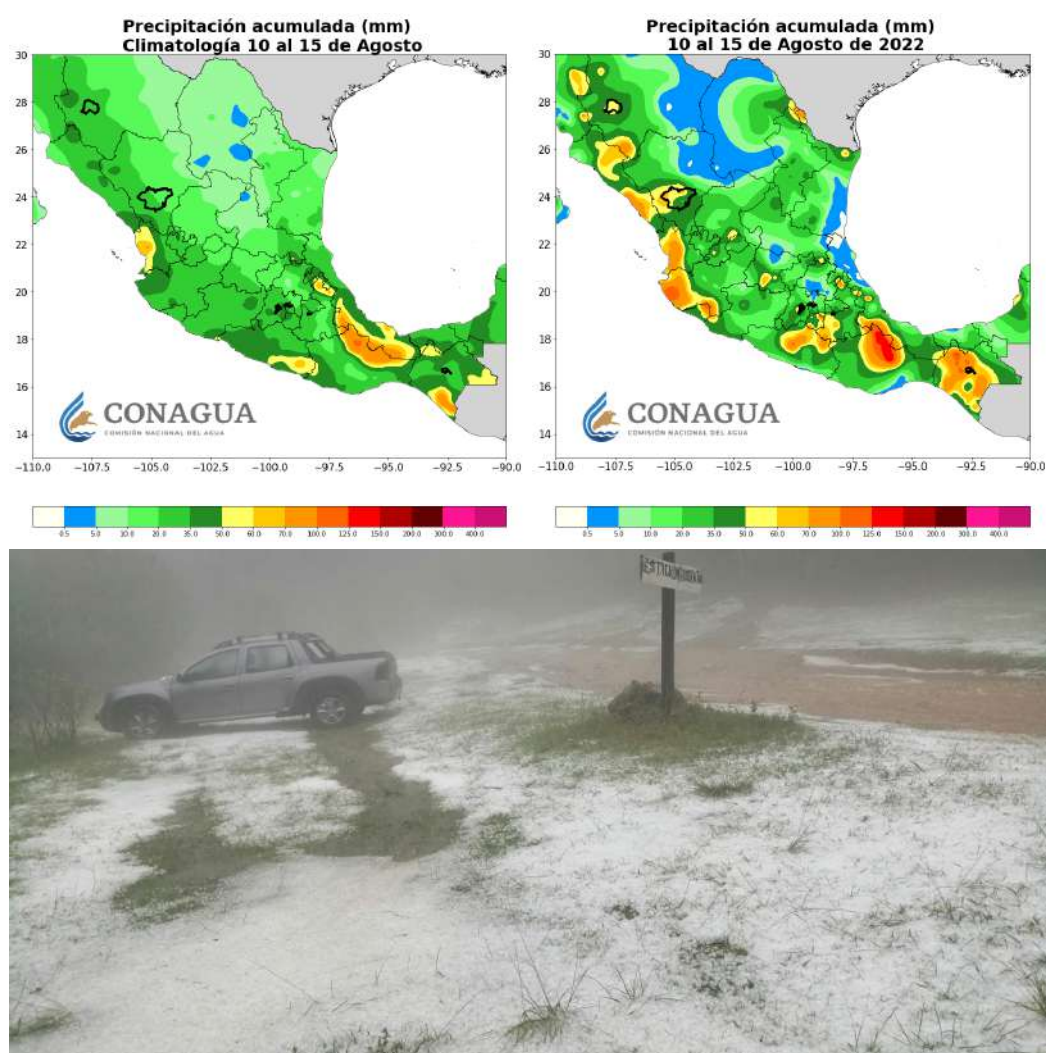


Figura 7.3: (Superior izquierda) climatología 1991-2020 de la precipitación acumulada del 10 al 15 de agosto. (Superior derecha) precipitación acumulada del 10 al 15 de agosto de 2022. (Inferior) cobertura de granizo sobre el municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, el 14 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/ChiapasMeteo.

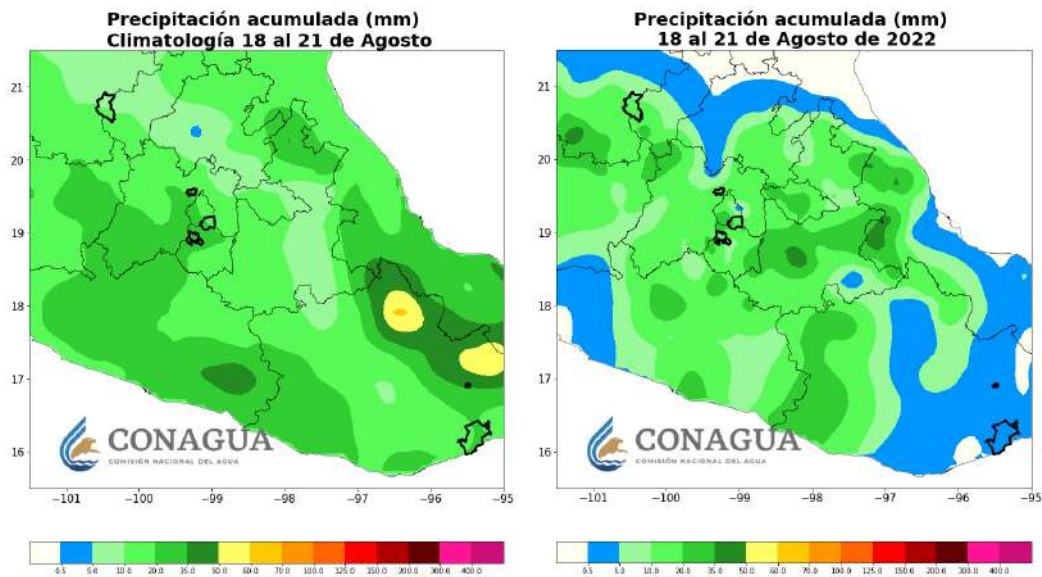


Figura 7.4: (Superior izquierda) climatología 1991-2020 de la precipitación acumulada del 18 al 21 de agosto. (Superior derecha) precipitación acumulada del 18 al 21 de agosto de 2022. (Inferior) cobertura de granizo sobre el municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México, el 18 de agosto de 2022. Recuperado de <https://twitter.com/MarioAja9>.

Estados afectados: Ciudad de México, Estado de México y Puebla (24 al 28 de agosto).

Debido a la persistencia de un canal de baja presión en estas fechas, con extensión a lo largo de la Sierra Madre Occidental y el centro de la República Mexicana, y su interacción con el ingreso de aire húmedo del Océano Pacífico se desarrollaron tormentas severas en dichas regiones del país. Se reportó caída de granizo en los municipios Puebla y Cautlan-cingo, Puebla; Toluca, Estado de México; Benito Juárez y Tlalpan, Ciudad de México. La climatología 1991-2020 del 24 al 28 de agosto indica que, se acumulan hasta 35 mm de

precipitación sobre los municipios antes mencionados. Para estas mismas fechas, pero del 2022 se acumuló la misma cantidad, a excepción de los municipios de Puebla, pues en las cercanías de los mismos se registraron hasta 60 mm de precipitación (Figura 7.5).

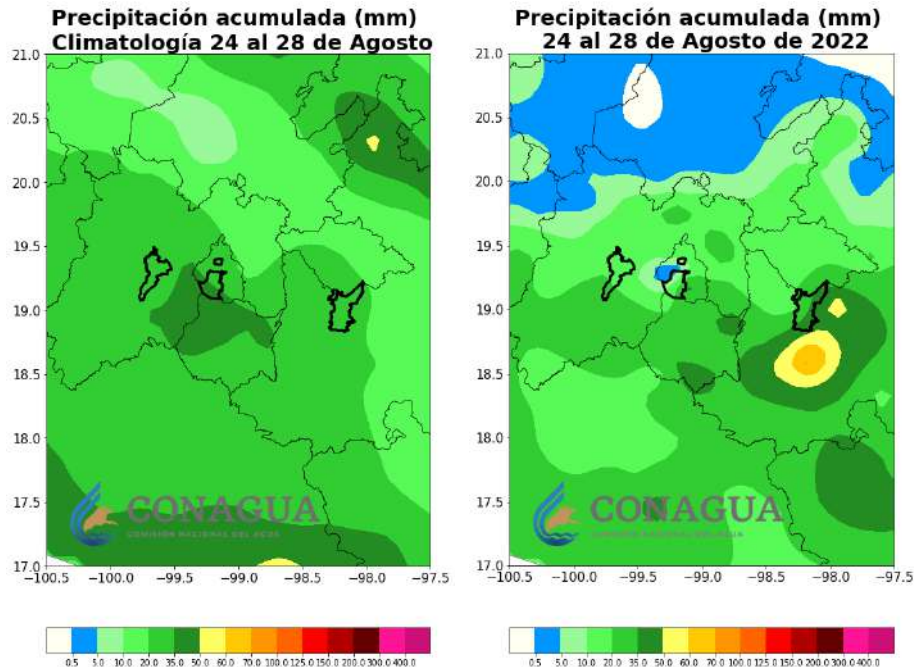


Figura 7.5: (Izquierda) Climatología de precipitación del 24 al 28 de agosto. (Derecha) precipitación observada del 24 al 28 de agosto de 2022

Tornados/Trombas

Estado afectado: Nayarit (11 de julio).

La primera tromba del mes se registró la tarde del 9 de agosto en el municipio de Ahome en Sinaloa. Debido a la importante actividad convectiva que propicia el monzón de Norteamérica, sumado a la inestabilidad en niveles altos de la atmósfera, se propiciaron las condiciones necesarias para que se presentara esta tromba marina alrededor de las 6 p.m. horas (hora del centro de México). Los datos de reanálisis del NCEP/NCAR indicaron, valores en el índice de flotabilidad menores a -3.5, lo cual indica una atmósfera inestable, con alta probabilidad de tormentas severas que involucren mecanismos de ascenso de aire (Figura 7.6).

Estado afectado: Jalisco (9 de agosto).

Gracias a que un canal de baja presión sobre el occidente del país interactuó con el desplazamiento de la onda tropical número 20, se dieron las condiciones necesarias para que se desarrollara una tromba sobre el Lago de Chapala en Jalisco, la mañana del 9 de agosto.

to. Los datos de reanálisis del NCEP/NCAR indicaron, valores en el índice de flotabilidad menores a -2.0, lo cual indica una atmósfera inestable, con alta probabilidad de tormentas severas que involucren mecanismos de ascenso de aire (Figura 7.7).

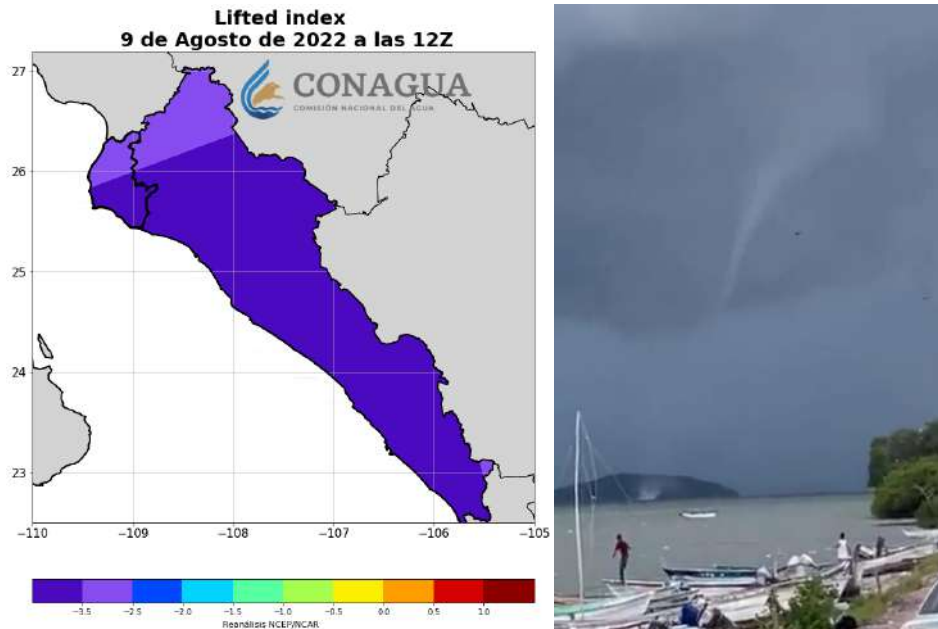


Figura 7.6: (Izquierda) índice de estabilidad del 9 de agosto de 2022 a las 12Z. (Derecha) tromba marina cercana al municipio de Ahome, Sinaloa el 9 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/TornadosMexico.

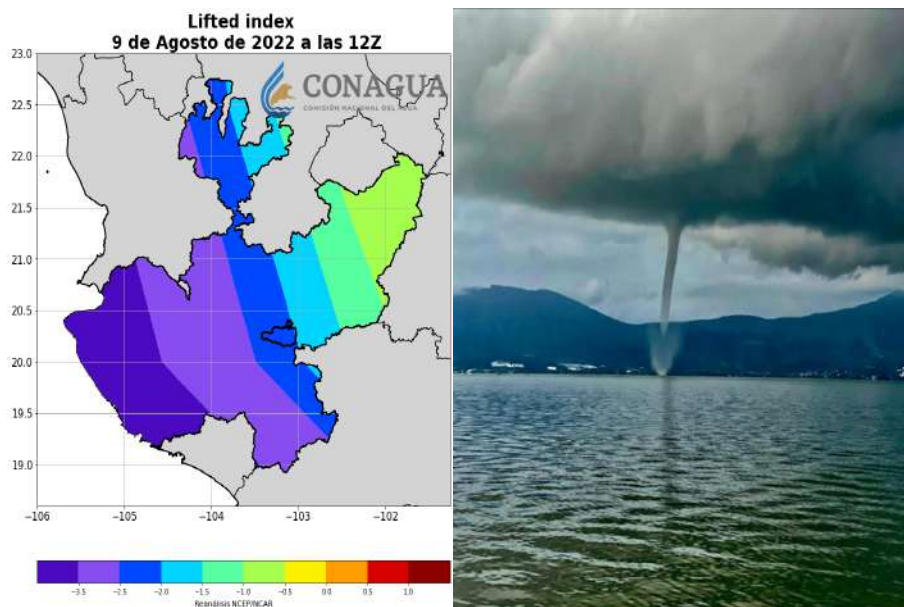


Figura 7.7: (Izquierda) índice de estabilidad del 9 de agosto de 2022 a las 12Z. (Derecha) tromba sobre el Lago de Chapala, Jalisco el 9 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/TornadosMexico/.

Estado afectado: Veracruz (11 de agosto).

Gracias a la interacción entre un canal de baja presión con la onda tropical número 21 al sureste del país, se propició el desarrollo de una tromba marina la tarde del 11 de agosto, cercana al municipio de Veracruz en Veracruz. Los datos de reanálisis del NCEP/NCAR indicaron, valores en el índice de flotabilidad menores a -1.0, lo cual indica una atmósfera ligeramente inestable, con pocas probabilidades de tormentas severas que presenten mecanismos de ascenso de aire (Figura 7.8).

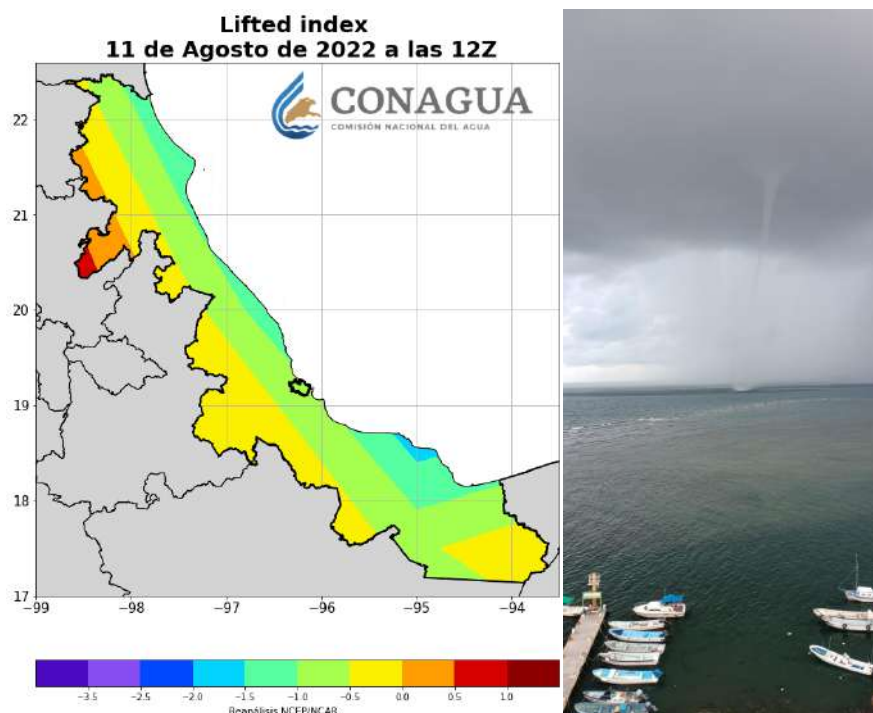


Figura 7.8: (Izquierda) índice de estabilidad del 11 de agosto de 2022 a las 12Z. (Derecha) tromba marina cercana al municipio de Veracruz, Veracruz el 11 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/TornadosMexico.

Estado afectado: Baja California Sur (17 de agosto).

Debido a la importante actividad convectiva que propicia el monzón de Norteamérica, se propiciaron las condiciones necesarias para que se presentara una tromba marina cercana al municipio de La Paz, Baja California por la mañana del 17 de agosto. Los datos de reanálisis del NCEP/NCAR indicaron, valores en el índice de flotabilidad menores a -2.5, lo cual indica una atmósfera inestable, con alta probabilidad de tormentas severas que involucren mecanismos de ascenso de aire (Figura 7.9).

Estado afectado: Quintana Roo (31 de agosto).

Gracias a que la onda tropical número 25 se desplazaba sobre el sureste mexicano y a su

cercanía de la vaguada monzónica sobre dicha región, más la influencia de la onda tropical número 26 que se aproximaba a la Península de Yucatán, provocaron las condiciones que dieron lugar a una tromba marina cercana al municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Los datos de reanálisis del NCEP/NCAR indicaron, valores en el índice de flotabilidad menores a -3.5, lo cual indica una atmósfera inestable, con alta probabilidad de tormentas severas que involucren mecanismos de ascenso de aire (Figura 7.10).

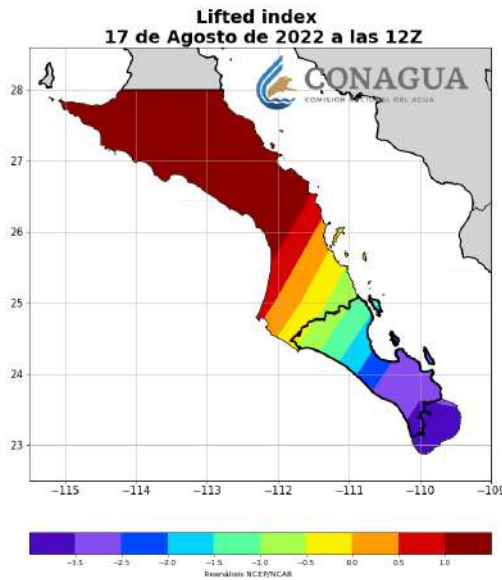


Figura 7.9: (Izquierda) índice de estabilidad del 17 de agosto de 2022 a las 12Z. (Derecha) tromba marina cercana al municipio de La Paz, Baja California Sur el 17 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/metmex.

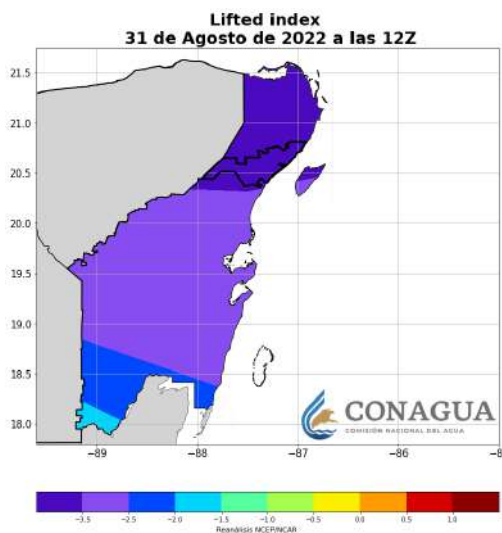


Figura 7.10: (Izquierda) índice de estabilidad del 31 de agosto de 2022 a las 12Z. (Derecha) tromba marina cercana al municipio de Solidaridad, Quintana Roo el 31 de agosto de 2022. Recuperado de twitter.com/thecancunsun.

Anexos

Tabla 7.1: Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa, láminas estimadas en el mes de agosto 2022, valores expresados en milímetros (mm).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AGUASCALIENTES	1.0	3.9	0.0	15.3	6.5	39.2	92.6	123.6				
BAJA CALIFORNIA	1.4	8.7	13.8	0.7	0.0	0.0	2.9	15.3				
BAJA CALIFORNIA SUR	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	4.7	22.2	57.4				
CAMPECHE	65.0	57.3	52.3	79.2	141.3	180.9	138.1	199.3				
COAHUILA	2.6	1.3	0.1	14.2	22.0	8.8	14.4	114.0				
COLIMA	1.3	0.7	0.0	0.5	2.4	239.7	294.4	312.2				
CHIAPAS	74.5	78.3	30.3	84.4	158.4	305.3	196.0	283.0				
CHIHUAHUA	0.1	3.8	0.2	1.7	0.7	69.6	83.9	205.6				
CIUDAD DE MÉXICO	3.8	1.6	5.2	44.0	19.1	92.3	114.3	114.4				
DURANGO	0.2	2.5	0.0	3.6	3.4	63.1	99.7	188.9				
GUANAJUATO	0.7	2.0	0.1	8.3	5.7	53.5	112.3	172.4				
GUERRERO	5.6	0.6	0.4	11.1	52.3	229.5	217.0	218.3				
HIDALGO	15.4	12.0	3.3	29.2	9.9	78.6	47.1	50.2				
JALISCO	1.2	0.4	0.0	2.6	9.3	139.6	236.8	248.6				
ESTADO DE MÉXICO	11.6	3.3	5.0	36.1	39.0	154.1	178.2	173.7				
MICHOACÁN	3.6	1.9	0.4	4.9	9.9	163.5	197.5	171.2				
MORELOS	12.9	1.1	5.2	33.5	36.7	225.6	240.3	335.8				
NAYARIT	2.3	0.1	0.7	0.5	1.6	179.0	315.4	320.1				
NUEVO LEÓN	15.7	8.5	0.3	29.4	27.8	29.3	10.2	81.1				
OAXACA	20.0	13.3	5.1	20.5	100.2	230.1	141.2	177.7				
PUEBLA	24.3	12.6	10.3	38.3	27.0	152.6	129.7	194.7				
QUERÉTARO	3.8	5.8	0.7	19.1	4.7	47.8	57.1	67.1				
QUINTANA ROO	103.9	81.7	46.9	74.3	118.5	150.1	93.6	172.7				
SAN LUIS POTOSÍ	5.6	10.3	0.6	26.6	9.2	64.6	33.9	70.7				
SINALOA	0.7	3.4	0.4	0.9	0.0	95.5	200.3	339.3				
SONORA	0.7	2.7	1.0	0.1	0.0	72.0	138.1	237.3				
TABASCO	177.6	225.9	65.6	72.3	110.6	299.5	100.0	156.7				
TAMAULIPAS	20.7	19.0	1.0	45.5	28.3	51.5	21.6	51.2				
TLAXCALA	12.1	6.0	6.1	33.0	34.3	61.7	91.6	117.8				
VERACRUZ	69.2	43.0	12.8	39.6	50.5	274.4	157.7	146.6				
YUCATÁN	61.1	76.0	39.9	74.4	68.7	151.5	140.1	208.8				
ZACATECAS	0.5	1.0	0.0	10.3	4.3	46.8	80.1	120.0				
NACIONAL	17.0	16.4	7.1	20.0	30.3	106.4	109.1	171.5				

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

Tabla 7.2: Temperatura máxima promedio a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AGUASCALIENTES	23.4	24.3	27.6	30.4	32.0	29.2	28.4	27.1				
BAJA CALIFORNIA	20.5	21.2	23.6	26.4	28.5	32.2	33.2	33.6				
BAJA CALIFORNIA SUR	25.7	25.4	27.7	28.9	30.7	32.8	34.8	34.4				
CAMPECHE	29.6	30.9	33.4	36.1	36.7	33.8	34.2	34.3				
COAHUILA	21.2	22.7	28.5	32.9	36.3	36.8	37.1	22.2				
COLIMA	32.1	32.9	32.2	32.6	33.2	33.3	33.6	28.2				
CHIAPAS	29.1	29.8	31.7	33.5	33.0	29.8	30.9	19.8				
CHIHUAHUA	20.3	21.1	26.0	31.2	34.9	35.0	33.6	30.7				
CIUDAD DE MÉXICO	22.3	23.3	26.0	27.3	29.1	25.1	25.6	24.7				
DURANGO	22.5	23.3	27.7	31.1	33.6	32.4	31.3	29.2				
GUANAJUATO	25.1	26.1	29.0	31.2	33.0	29.4	28.7	27.8				
GUERRERO	31.4	32.4	33.3	34.5	34.9	32.1	32.3	32.1				
HIDALGO	23.3	24.2	27.8	29.8	31.3	27.4	27.9	28.1				
JALISCO	27.0	28.4	30.6	32.5	33.9	31.0	29.9	29.2				
ESTADO DE MÉXICO	21.0	22.0	24.6	25.4	26.8	23.2	23.2	22.3				
MICHOACÁN	26.3	27.6	29.9	32.1	33.2	29.9	28.8	28.3				
MORELOS	28.2	30.0	32.7	34.1	35.1	30.7	30.1	29.2				
NAYARIT	29.2	30.9	32.3	34.0	35.2	34.4	33.7	33.1				
NUEVO LEÓN	21.8	22.6	28.7	32.8	36.0	36.2	36.8	35.8				
OAXACA	28.1	29.2	31.7	32.8	33.6	30.2	31.1	30.5				
PUEBLA	23.8	24.4	27.4	29.2	30.6	27.4	27.5	26.8				
QUERÉTARO	24.6	25.5	29.3	31.2	33.2	29.4	29.7	29.0				
QUINTANA ROO	29.0	30.3	32.0	32.8	33.8	32.7	33.6	33.3				
SAN LUIS POTOSÍ	24.9	25.8	30.8	34.7	36.5	34.0	34.0	34.2				
SINALOA	29.3	29.9	32.1	34.0	35.8	36.7	36.3	34.4				
SONORA	24.5	24.8	28.4	32.6	35.5	38.2	37.8	35.4				
TABASCO	28.6	29.6	31.9	34.9	36.5	33.4	34.6	34.5				
TAMAULIPAS	23.4	23.5	29.4	33.7	36.0	35.9	37.0	36.7				
TLAXCALA	21.2	22.8	25.6	26.2	27.5	25.0	25.1	24.2				
VERACRUZ	24.2	24.6	27.9	31.5	33.4	30.0	30.4	31.0				
YUCATÁN	28.8	30.3	33.0	35.6	35.9	34.0	34.5	34.3				
ZACATECAS	23.8	24.8	28.3	31.3	33.0	30.0	29.2	27.8				
NACIONAL	24.6	25.5	29.0	32.1	34.2	33.3	33.3	32.1				

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

Tabla 7.3: Temperatura media a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AGUASCALIENTES	13.5	14.4	16.9	19.8	22.5	21.7	21.0	20.3				
BAJA CALIFORNIA	14.3	14.6	16.5	19.2	21.3	25.4	27.1	28.0				
BAJA CALIFORNIA SUR	19.2	18.3	20.0	21.8	23.7	26.7	29.0	29.2				
CAMPECHE	23.9	25.0	26.9	29.3	30.0	28.5	28.7	28.8				
COAHUILA	13.0	14.0	19.2	24.7	28.2	29.5	30.1	28.5				
COLIMA	25.4	25.6	24.2	25.5	26.6	28.0	28.5	28.2				
CHIAPAS	22.4	22.9	24.7	26.5	26.6	24.8	25.3	25.3				
CHIHUAHUA	10.9	11.1	15.0	20.7	24.4	26.6	26.0	24.2				
CIUDAD DE MÉXICO	15.4	16.2	18.5	20.3	21.7	19.3	19.7	19.1				
DURANGO	12.3	12.7	16.3	20.6	23.2	24.0	23.8	22.3				
GUANAJUATO	15.7	16.5	18.7	21.5	23.4	21.9	21.3	20.8				
GUERRERO	24.4	25.4	25.6	27.2	27.8	26.3	26.4	26.1				
HIDALGO	15.2	15.7	18.6	21.4	22.6	20.6	21.1	21.3				
JALISCO	18.2	19.1	20.5	22.8	24.7	24.2	23.5	23.1				
ESTADO DE MÉXICO	12.3	13.1	15.1	16.7	17.9	16.4	16.6	16.1				
MICHOACÁN	17.6	18.5	19.9	22.5	23.9	22.5	21.7	21.4				
MORELOS	19.7	20.9	23.0	25.0	26.3	23.8	23.5	22.8				
NAYARIT	21.6	22.2	22.3	24.9	27.1	28.4	28.3	27.8				
NUEVO LEÓN	13.6	14.4	19.1	24.9	28.1	28.4	29.1	28.7				
OAXACA	20.8	21.6	23.6	25.0	26.1	24.3	24.8	24.4				
PUEBLA	15.7	16.0	18.3	20.7	21.9	20.2	20.2	19.9				
QUERÉTARO	16.4	16.9	19.9	22.5	24.5	22.5	22.5	22.3				
QUINTANA ROO	24.0	25.3	26.7	27.9	29.0	28.3	29.0	28.7				
SAN LUIS POTOSÍ	17.5	18.1	21.6	26.5	28.7	27.1	27.1	27.1				
SINALOA	20.7	20.0	21.3	24.7	27.1	30.2	30.3	29.1				
SONORA	15.5	14.7	17.5	21.9	24.9	30.0	30.9	29.4				
TABASCO	24.0	24.7	26.5	29.1	30.5	28.5	29.3	29.2				
TAMAULIPAS	16.7	16.6	21.4	27.2	29.9	29.8	30.7	30.6				
TLAXCALA	12.3	13.1	15.3	17.0	17.8	17.0	16.9	16.6				
VERACRUZ	18.7	18.6	21.3	25.0	26.8	24.7	25.0	25.3				
YUCATÁN	22.9	24.3	26.0	28.4	29.2	28.4	28.6	28.4				
ZACATECAS	13.7	14.4	16.9	20.4	22.7	22.1	21.7	20.9				
NACIONAL	16.6	17.0	19.8	23.4	25.7	26.4	26.6	25.9				

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

Tabla 7.4: Temperatura mínima a nivel nacional y por entidad federativa en el mes de agosto 2022, valores expresados en grados Celsius (°C).

ENTIDAD FEDERATIVA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AGUASCALIENTES	3.7	4.5	6.1	9.1	12.9	14.3	13.7	13.5				
BAJA CALIFORNIA	8.1	8.0	9.5	11.9	14.2	18.7	21.1	22.4				
BAJA CALIFORNIA SUR	12.8	11.2	12.3	14.6	16.8	20.7	23.2	24.0				
CAMPECHE	18.2	19.2	20.3	22.4	23.4	23.2	23.3	23.2				
COAHUILA	4.7	5.4	9.9	16.6	20.2	22.3	23.1	22.2				
COLIMA	18.6	18.2	16.2	18.4	20.0	22.7	23.4	22.9				
CHIAPAS	15.8	16.0	17.7	19.5	20.3	19.8	19.8	19.8				
CHIHUAHUA	1.4	1.1	4.0	10.2	13.8	18.2	18.4	17.7				
CIUDAD DE MÉXICO	8.5	9.2	11.0	13.3	14.3	13.5	13.9	13.5				
DURANGO	2.1	2.1	4.9	10.1	12.7	15.7	16.2	15.5				
GUANAJUATO	6.3	7.0	8.4	11.7	13.8	14.3	13.9	13.8				
GUERRERO	17.5	18.3	17.9	19.9	20.7	20.4	20.6	20.0				
HIDALGO	7.1	7.2	9.3	12.9	14.0	13.7	14.4	14.4				
JALISCO	9.4	9.8	10.5	13.1	15.6	17.5	17.2	17.1				
ESTADO DE MÉXICO	3.6	4.2	5.6	8.1	9.0	9.6	10.0	9.8				
MICHOACÁN	8.9	9.3	9.9	12.9	14.7	15.1	14.7	14.4				
MORELOS	11.1	11.8	13.4	15.9	17.5	17.0	16.9	16.4				
NAYARIT	14.0	13.4	12.4	15.8	19.1	22.4	23.0	22.6				
NUEVO LEÓN	5.5	6.2	9.5	16.9	20.1	20.5	21.4	21.5				
OAXACA	13.6	14.0	15.4	17.1	18.7	18.3	18.5	18.4				
PUEBLA	7.5	7.6	9.2	12.2	13.2	13.1	12.9	13.0				
QUERÉTARO	8.1	8.3	10.4	13.8	15.9	15.7	15.2	15.5				
QUINTANA ROO	19.1	20.2	21.5	23.0	24.1	23.9	24.4	24.1				
SAN LUIS POTOSÍ	10.2	10.4	12.5	18.4	20.9	20.3	20.1	20.0				
SINALOA	12.1	10.2	10.5	15.4	18.4	23.7	24.4	23.8				
SONORA	6.4	4.6	6.5	11.3	14.3	21.8	24.1	23.4				
TABASCO	19.4	19.9	21.2	23.2	24.5	23.6	24.0	23.8				
TAMAULIPAS	9.9	9.7	13.4	20.7	23.7	23.6	24.5	24.5				
TLAXCALA	3.5	3.4	5.0	7.8	8.1	8.9	8.6	9.0				
VERACRUZ	13.1	12.7	14.8	18.4	20.3	19.4	19.5	19.7				
YUCATÁN	17.0	18.3	19.1	21.3	22.4	22.8	22.8	22.6				
ZACATECAS	3.7	4.1	5.5	9.4	12.4	14.2	14.2	14.0				
NACIONAL	8.6	8.6	10.5	14.8	17.2	19.4	20.0	19.8				

Nota. Con información disponible en agosto 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/>".
- [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). Barotropic 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.
- [Golden Gate Weather Services, 2020] Golden Gate Weather Services (2020). El Niño and la Niña years and intensities. Recuperado de: "<https://ggweather.com/enso/oni.htm>".
- [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.
- [Klotzbach, 2010] Klotzbach, P. J. (2010). On the Madden–Julian Oscillation–Atlantic Hurricane Relationship. *Climate*, (23):578–590.
- [Maloney and Hartmann, 2000] Maloney, E. D. and Hartmann, D. L. (2000). Modulation of hurricane activity in the Gulf of Mexico by the Madden–Julian Oscillation. *Science*, (287):2002–2004.
- [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, 2021] NOAA (2021). Atlantic Oceanographic & Meteorological Laboratory. Huracanes preguntas frecuentes. Recuperado de: "<https://www.aoml.noaa.gov/es/hrd-faq/#tc-formation/>".
- [Organización Meteorológica Mundial, 2019] Organización Meteorológica Mundial (2019). El tiempo. Recuperado de: "<https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/el-tiempo>".
- [Sheinbaum, 2003] Sheinbaum (2003). Current theories on El Niño–Southern Oscillation. *Geophysical International*, 42(3):291–305.
- [Wang and Magnusdottir, 2005] Wang, C. and Magnusdottir, G. (2005). ITCZ breakdown in three-dimensional flows. *Atmos Sci.*, (62):1497–1512.