UNIÓN MEXICANA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS, A.C.

XIX Comisión Ejecutiva 2020 – 2023

“Por la restitución, la **unión** y la libertad de la Ingeniería Mexicana”

Fenómenos Hidrometeorológicos

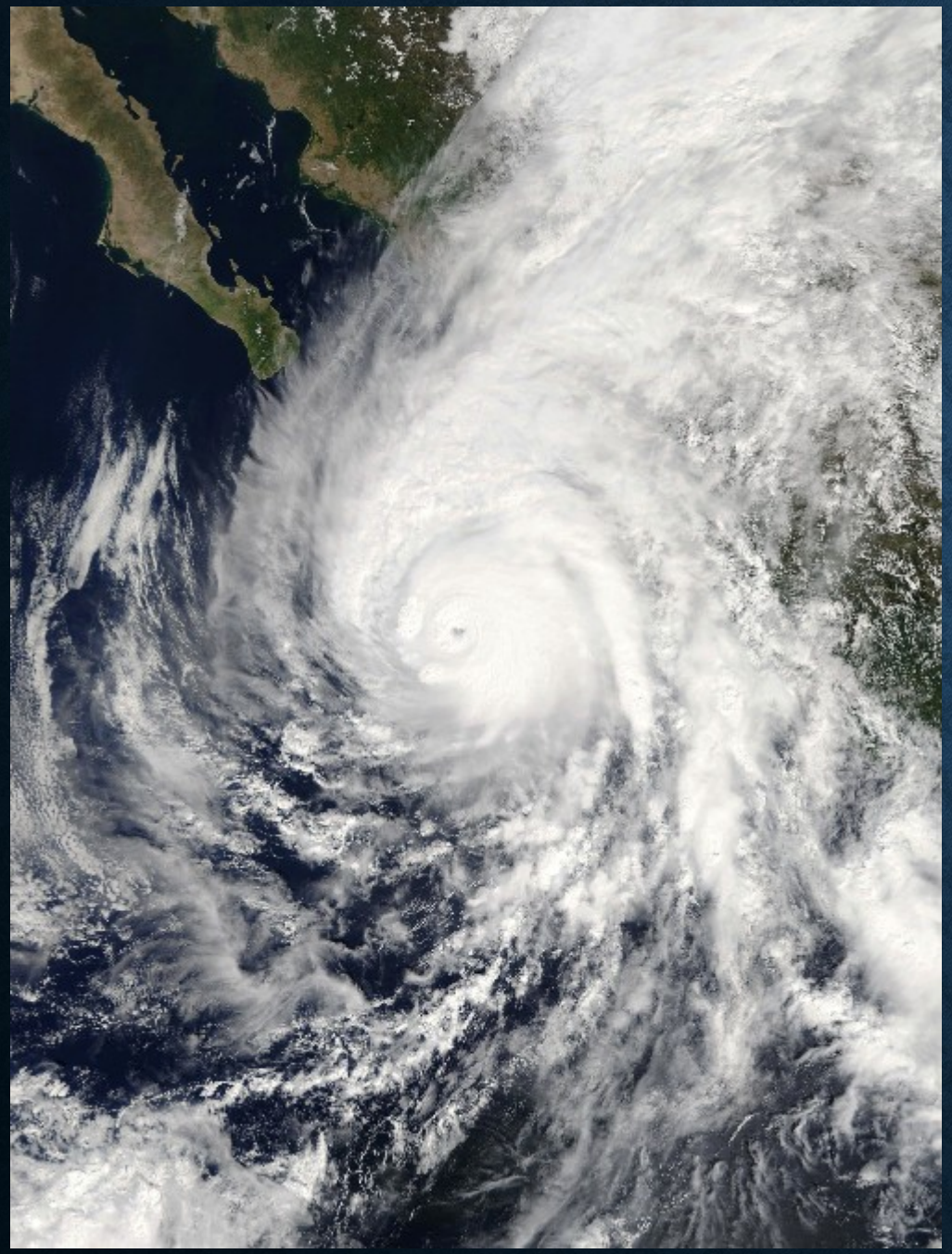
M.C. Lucas Antonio Oroz Ramos

Marco Conceptual

Fenómeno Hidrometeorológico

Es un agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos (lluvia, temperatura, viento y humedad)

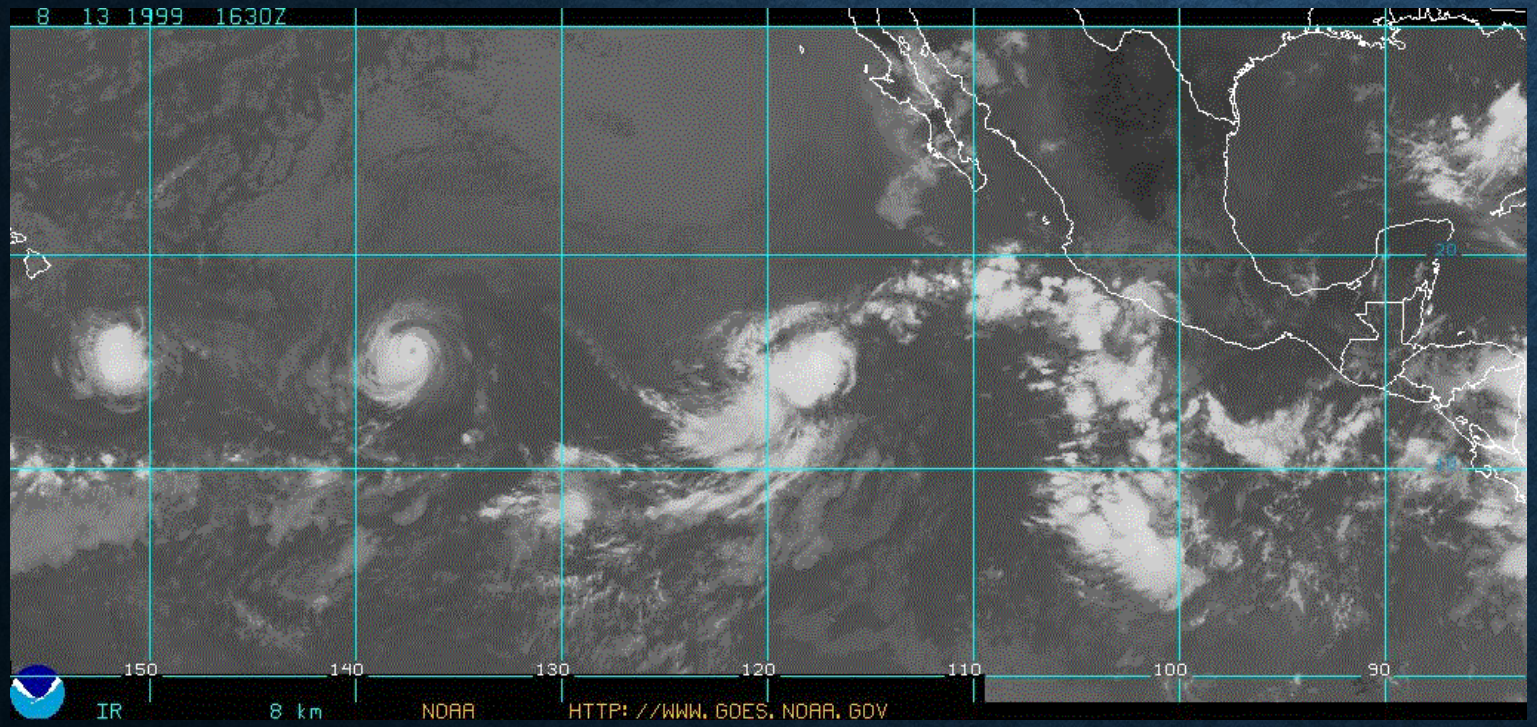
Ciclones tropicales	Lluvias extremas	Inundaciones	Tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad
Heladas	sequías	Ondas cálidas y gélidas; y	Tornados.

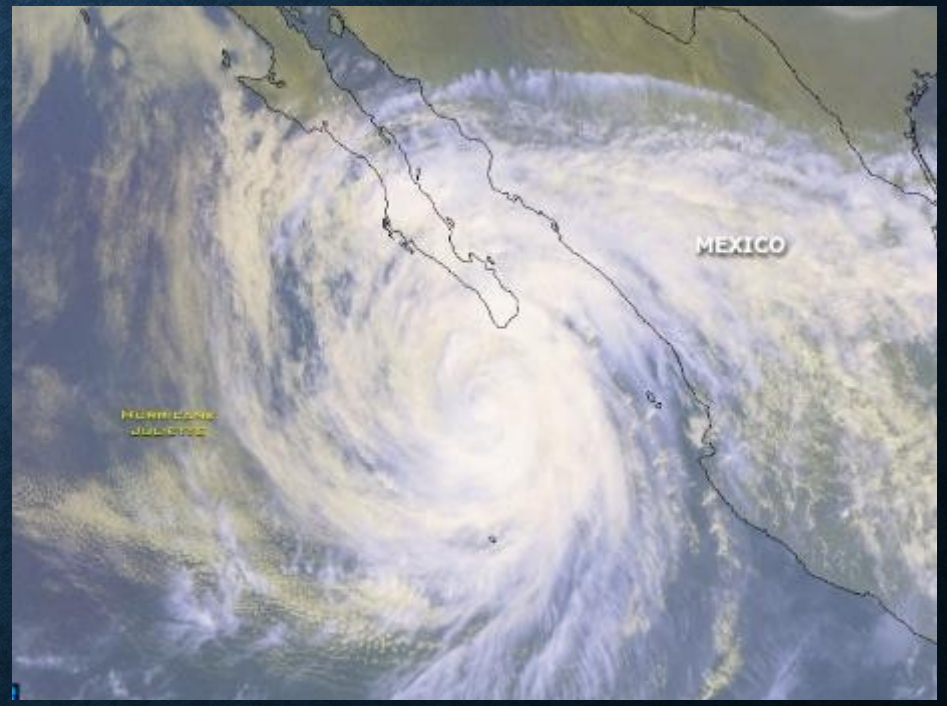


Ciclones Tropicales

Ciclón Tropical

Es un sistema de baja presión que no presenta frentes, se desarrolla sobre aguas tropicales y tiene una circulación en superficie, organizada y definida en el sentido contrario a las manecillas del reloj.





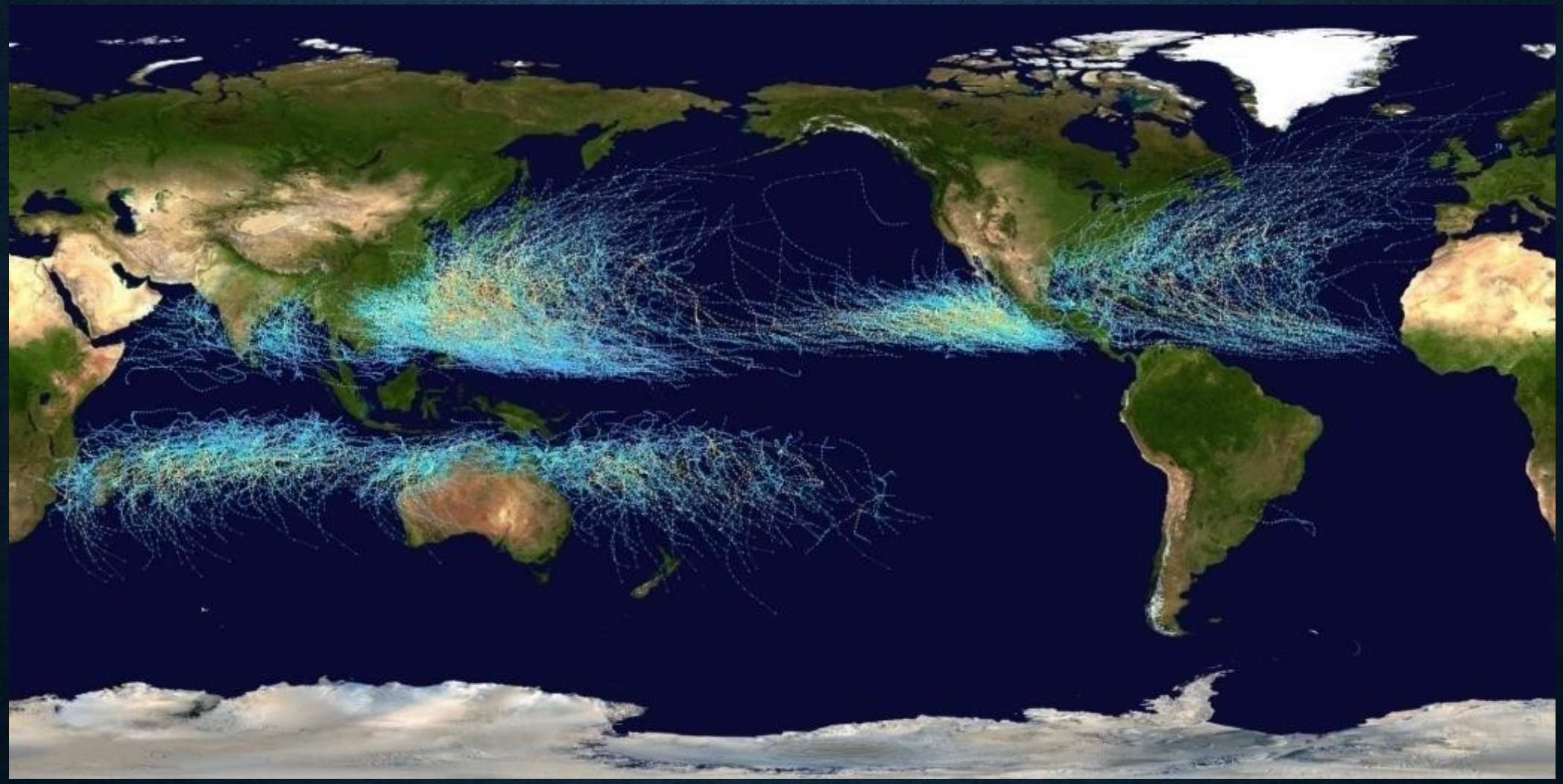
Clasificación según la intensidad de sus vientos máximos en superficie

Depresión Tropical (62 Km/hr) → Tormenta Tropical (63 a 118 km/hr) → Ciclón Tropical (mayores a 118 Km/hr)

AFECTACIONES POR UN CICLÓN TROPICAL

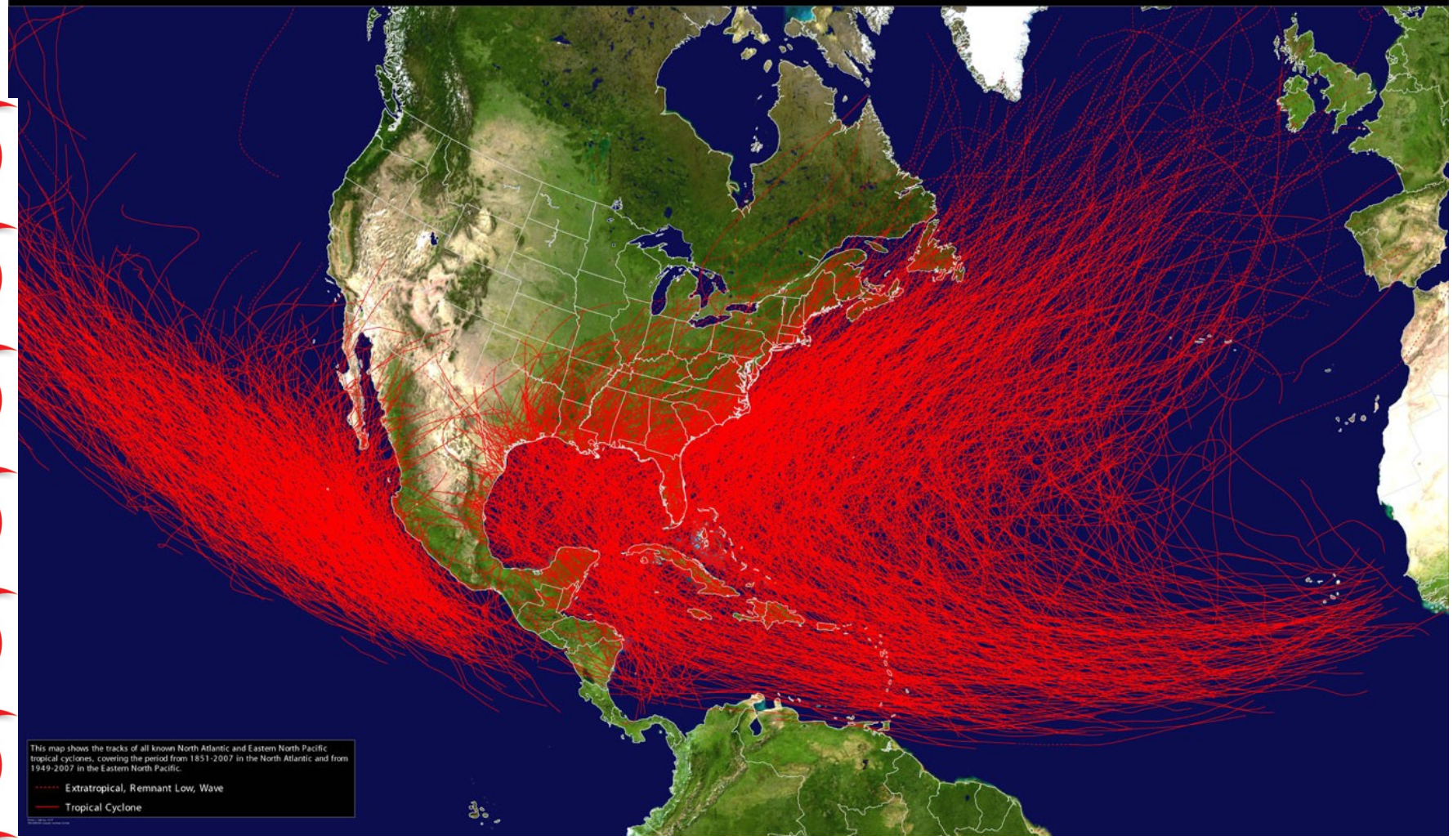
- Lluvias torrenciales; Inundaciones y deslaves de terreno
- Marea de Tormenta y oleaje intenso
- Vientos muy fuertes con rachas intensas

Zonas Ciclogenéticas en el mundo



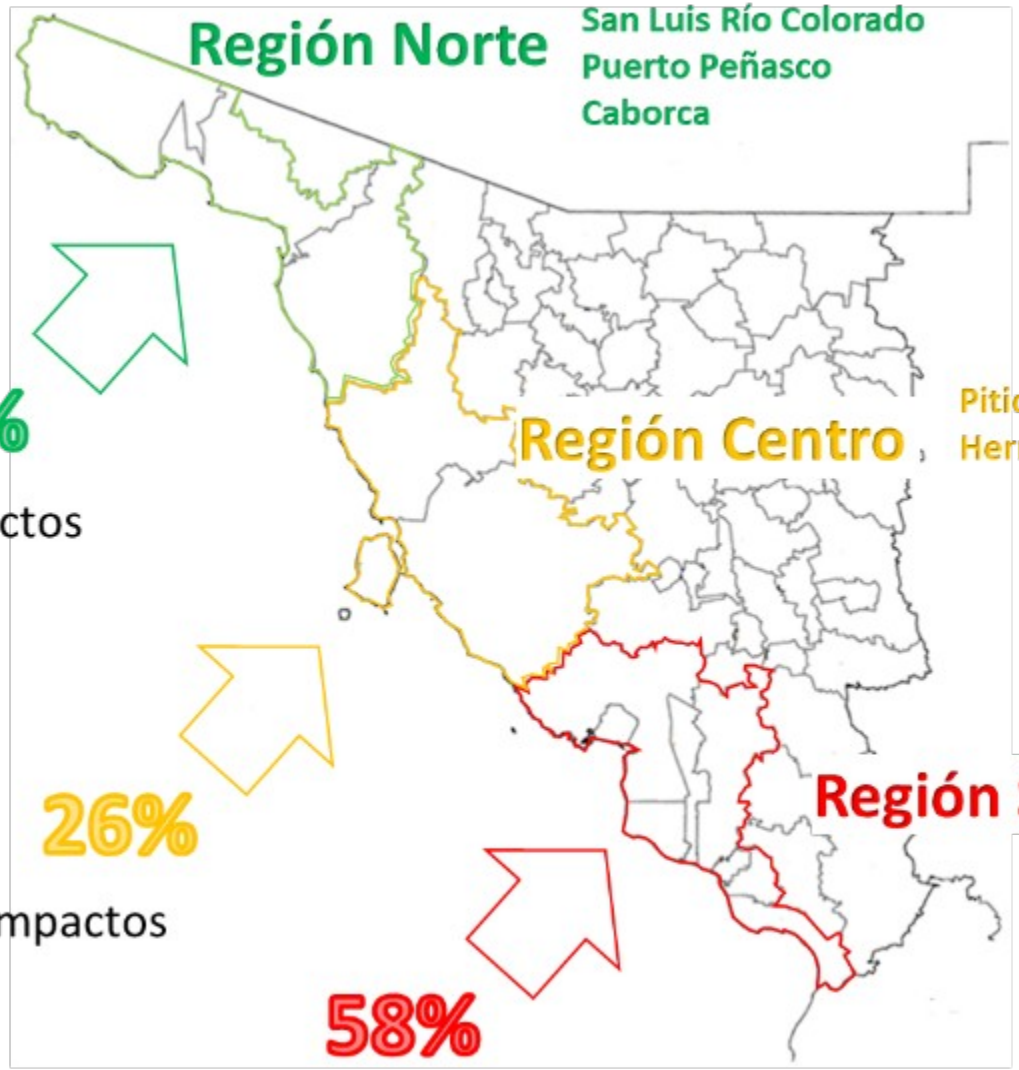
Tropical Cyclone History

Data from 1949 in the Pacific, from 1851 in the Atlantic



Zonas de Impacto de Ciclones Tropicales

En general los ciclones y huracanes se presentan durante los meses de mayo a noviembre



PERIODO DE RETORNO: 1.9 AÑOS

De 1960 a 2018 se han registrado 31 impactos de estos fenómenos meteorológicos en la entidad

Trayectorias de ciclones tropicales que impactaron en Sonora

PERIODO: 1960-2018

Trayectorias de ciclones tropicales que impactaron en Sonora

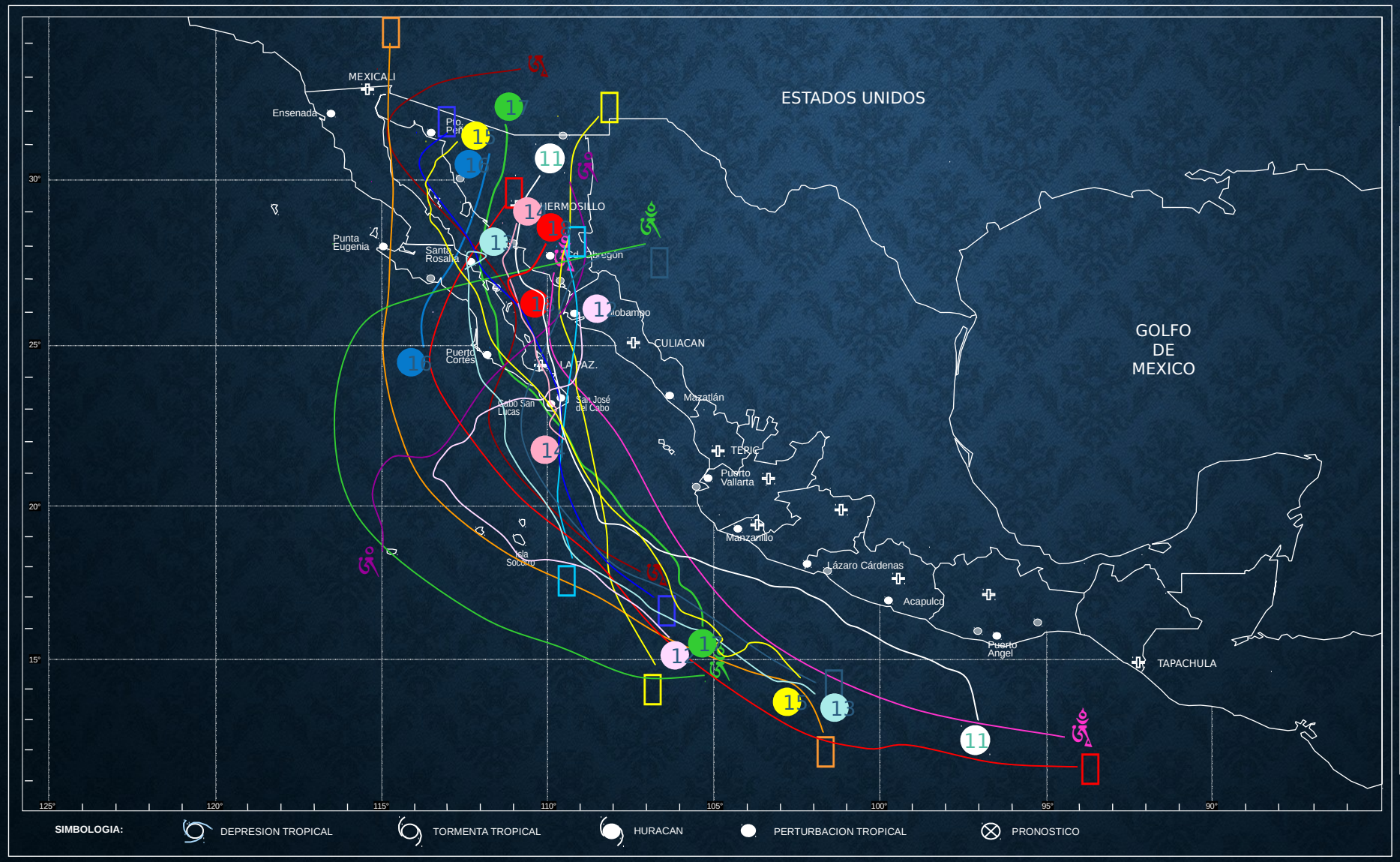
PERIODO: 1960-2018

AGOSTO

	Nombre	Año
1.	Hyacinth	1968
2.	Lester	1992
3.	Hilary	1993
4.	Julio	2008

Trayectorias de ciclones tropicales que impactaron en Sonora

PERIODO: 1960-2018

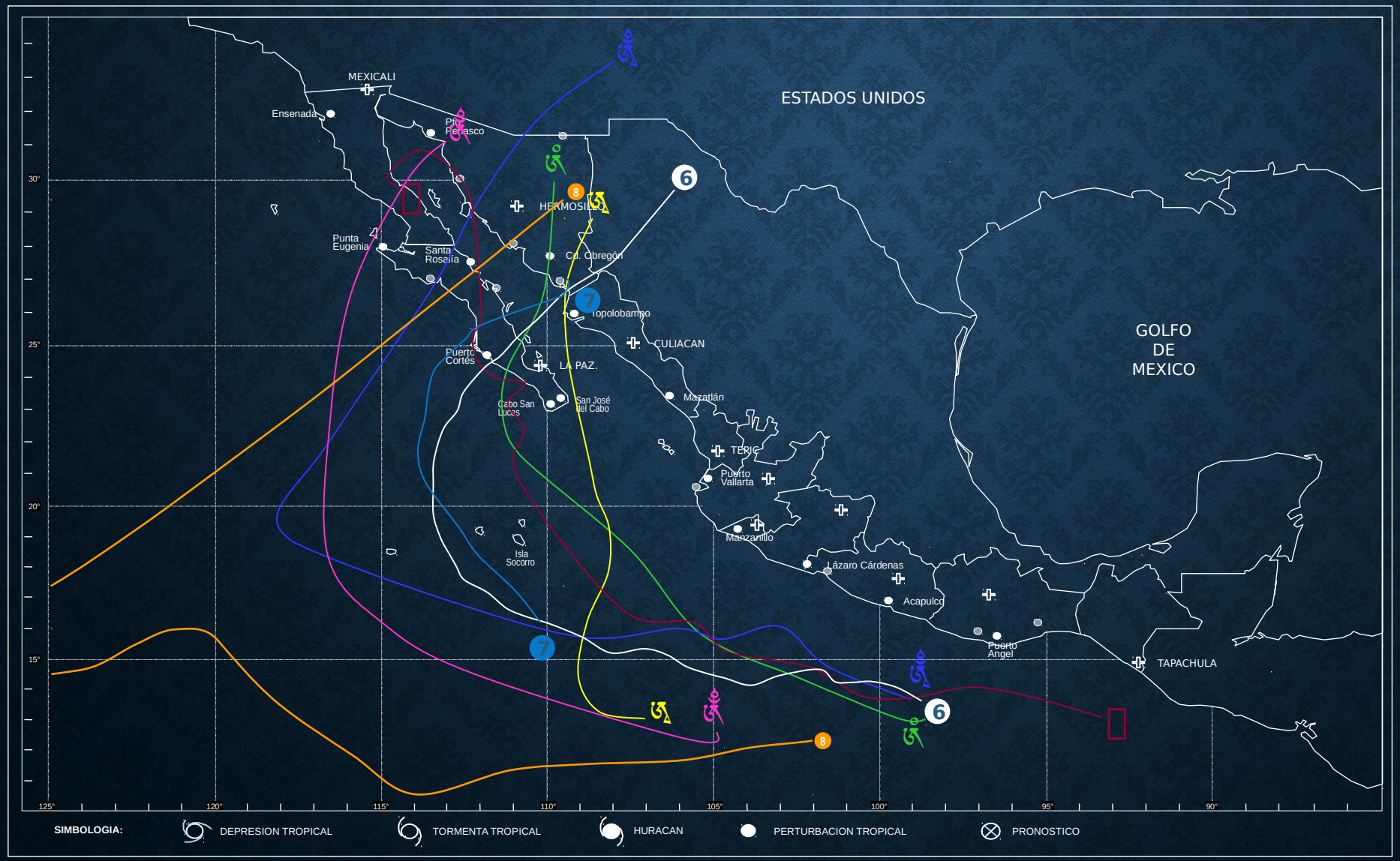


SEPTIEMBRE

Año	Nombre	
1.	Kirsten	1966
2.	Helga	1966
3.	Katrina	1967
4.	Newton	1986
5.	Ismael	1995
6.	Fausto	1996
7.	Nora	1997
8.	Isis 1998	
9.	Marty	2003
10.	Javier	2004
11.	Henriette	2007
12.	Lowell	2008
13.	Jimena	2009
14.	Georgette	2010
15.	Odile	2014
16.	D.T. 16E	2015
17.	Newton	2016
18.	D.T. 19E	2018

Trayectorias de ciclones tropicales que impactaron en Sonora

PERIODO: 1960-2018



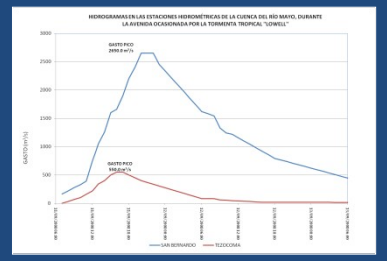
OCTUBRE

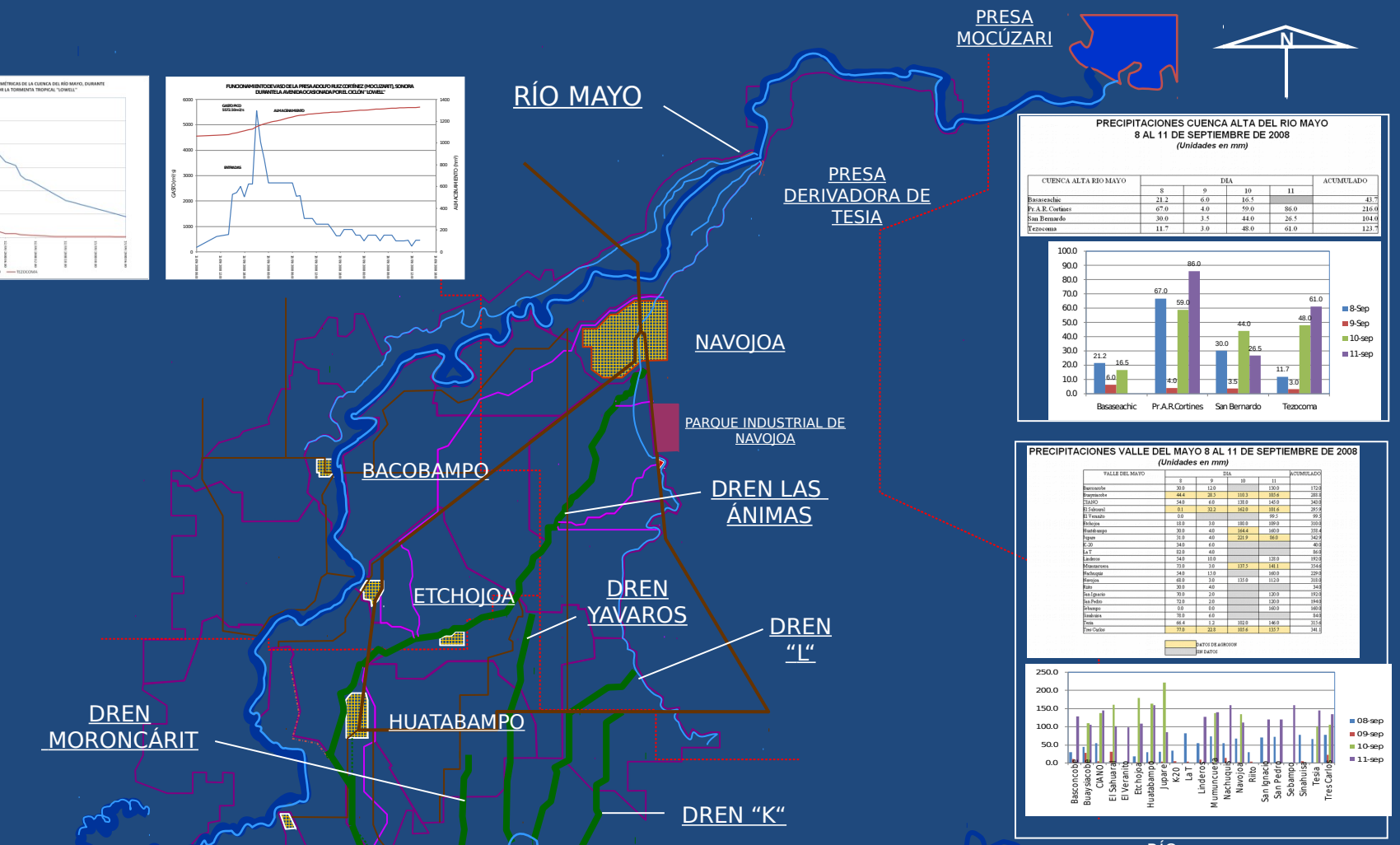
Año	Nombre	
1.	Pauline	1968
2.	Joanne	1972
3.	Liza	1976
4.	Raymond	1989
5.	Juliette	2001
6.	Norbert	2008
7.	Octave	2013
8.	Sergio	2018

Zonas más vulnerables de afectación por ciclones tropicales

Zona vulnerable	Población	Estrategia
Valle de Guaymas y Empalme	208,294	Monitoreo y alertamiento
Valle del mayo	303,378	Monitoreo, Alertamiento y políticas de operación de presas
Nogales, Sonora	264,782	Monitoreo y alertamiento

TORMENTA TROPICAL LOWELL





PRECIPITACIONES CUENCA ALTA DEL RIO MAYO
8 AL 11 DE SEPTIEMBRE DE 2008
(Unidades en mm)

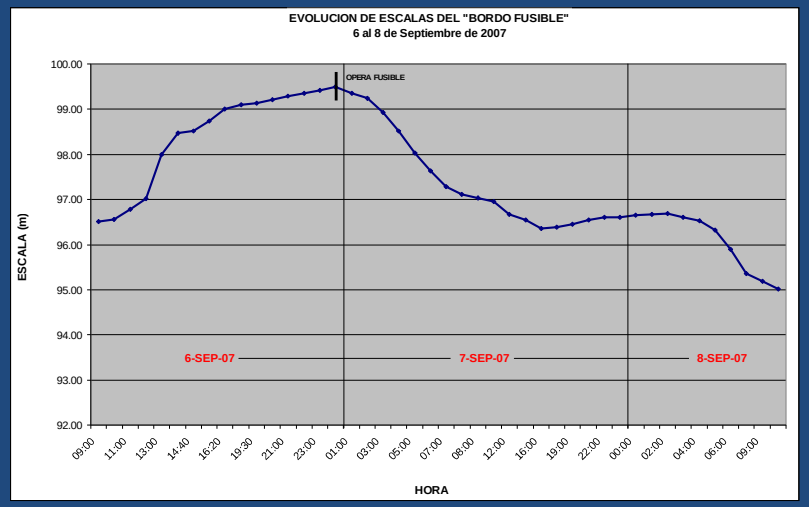
CUENCA ALTA RIO MAYO	DIA				ACUMULADO
	8	9	10	11	
Basaseachic	21.2	6.0	16.5		43.7
Pr.A.R. Cortines	67.0	4.0	59.0	86.0	216.0
San Bernardo	30.0	3.5	44.0	26.5	104.0
Tezocoma	11.7	3.0	48.0	61.0	123.7

PRECIPITACIONES VALLE DEL MAYO 8 AL 11 DE SEPTIEMBRE DE 2008
(Unidades en mm)

VALLE DEL MAYO	DIA				ACUMULADO
	8	9	10	11	
Basconcobe	30.0	12.0		130.0	172.0
Buaysiacobe	44.4	28.5	110.3	103.6	288.8
CIAMO	54.0	6.0	138.0	145.0	343.0
El Sahuaral	0.1	32.2	162.0	101.6	295.9
El Veranito	0.0			99.5	99.5
Etchojoa	18.0	3.0	180.0	109.0	310.0
Huatabampo	30.0	4.0	164.4	140.0	338.4
Jupare	31.0	4.0	221.9	86.0	342.9
K-20	34.0	6.0			40.0
La T	82.0	4.0			86.0
Linderos	54.0	10.0		128.0	192.0
Mismaloyas	73.0	3.0	137.5	141.1	354.6
Nachuquis	54.0	15.0		160.0	229.0
Navojoa	68.0	3.0	135.0	112.0	318.0
Rito	30.0	4.0			34.0
San Ignacio	70.0	2.0		120.0	192.0
San Pedro	72.0	2.0		120.0	194.0
Sebampo	0.0	0.0		160.0	160.0
Sinahuisa	78.0	6.0			84.0
Tesia	66.4	1.2	102.0	146.0	315.6
Tres Carlos	77.0	22.0	102.6	135.7	341.3

DATOS DE AGROSIW
SIN DATOS

CICLON TROPICAL HENRIETTE



Ciclón Tropical “**Juliette**” 29 y 30 de septiembre de 2001

Las bandas nubosas abarcaron la mayor parte del territorio nacional, por lo que favoreció la entrada de humedad y registros de lluvia, así como viento y oleaje hacia todos los estados del litoral del Pacífico

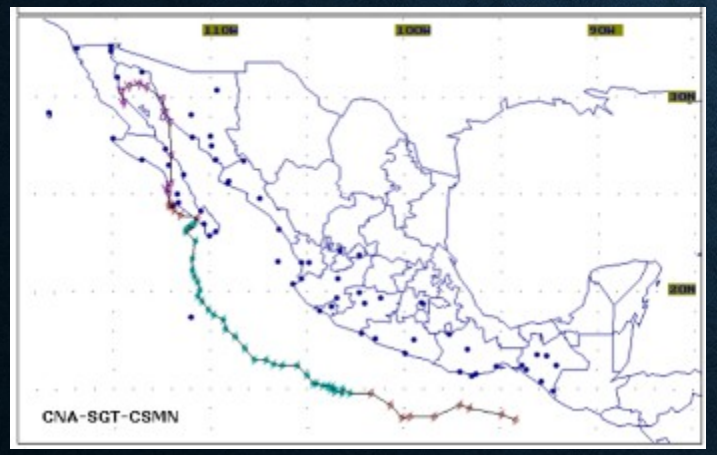
ANALISIS DE PRECIPITACIONES

Estación	29-sep	30-sep	01-oct	Acumulado
Punta de Agua	32.5	80.0		144
Punta de Agua II	18	N.R.		327
Obs. Empalme	99.6	167.5		267.5

ANALISIS HIDROLÓGICO

Gasto máximo de 1,658 m^3/s hasta la presa Ignacio L. Alatorre.
Gasto máximo vertido fue de 947.4 m3/s a las 4:00 horas AM del día 01 de octubre.

Gasto máximo calculado es superior a la avenida de diseño de la Presa Ignacio L. Alatorre la cual es de 1,500 m^3/s cuyo periodo de retorno es de 10,000 años.



El 30-Sep-2001 tocó tierras sonorenses a 15 Km al Sureste de Puerto Libertad; siguió su trayectoria hacia el norte hasta localizarse el día 01 de octubre frente a Puerto Peñasco, Sonora.

Tormenta de Verano (09-Agosto / 2012)

Durante la noche del día 6 y madrugada del día 7 de agosto de 2018, se presentaron precipitaciones extraordinarias en la cuenca baja del río Mátape, que generaron ingresos al Bordo Ortiz, y provocaron la operación del Bordo Fusible, con escurrimientos que afectaron al valle de Guaymas Empalme.

Estas precipitaciones fueron provocadas por un canal de Baja presión que generó una inestabilidad atmosférica superior y a una fuerte afluencia de humedad del Pacífico

Las lluvias presentadas en empalme, Sonora fueron de 55.0 mm y en punta de agua de 78.5 mm y en Punta de Agua II de 80 mm.

A las 15.21 horas se registró una elevación del agua a la 98.35 en las escalas instaladas en el “Fusible” del Bordo y para las 18:30 horas el nivel había subido a la elevación 99.78 m.

El comportamiento del Bordo Regulador Ortiz:

Hora	Escala
14:21	98.35
18:30	99.78
19:00	99.83
19:30	99.90
20:00	99.97
A esta hora operó Fusible	
20:30	99.87

Hora	Escala
21:00	99.62
21:30	99.42
22:00	99.29
22:30	99.10
22:40 Comienza a Llover	
23:00	99.01
23:30	98.86

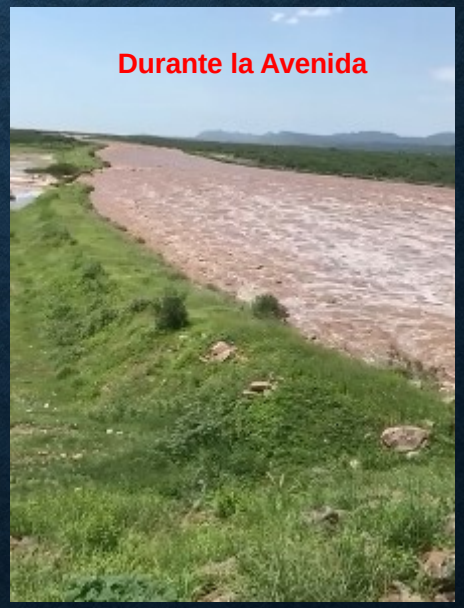
Hora	Escala
00:00	98.72
05:00	97.62
05:30	97.58
06:00	97.45
06:30	97.33
07:30	96.88
08:00	98.66

Tormenta de Verano 6 y 7 de Agosto de 2018

Se presentaron precipitaciones máximas de 105.0 mm en la población de Ortiz, 229.7 mm en La Misa y 132.5 mm en la presa Ignacio R. Alatorre, Punta de Agua.

A la salida del Bordo Fusible se construyó un encauzamiento cuya capacidad es de 452 m3/s, para conducir los escurrimientos del arroyo Mátape en una longitud aproximada de 3 km.

Esta obra de infraestructura presentó daños, principalmente en su margen izquierda



Encausamiento

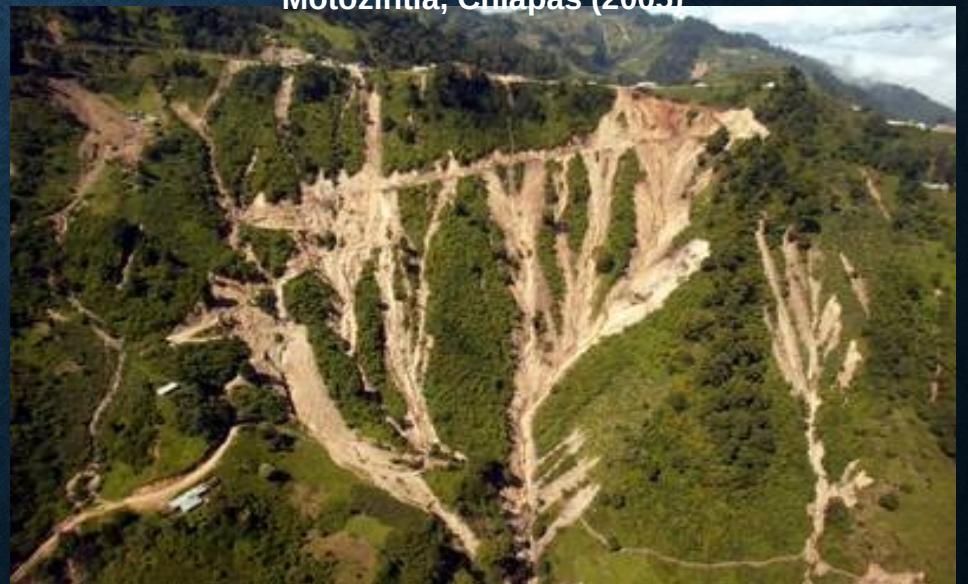
Las ciudades y poblaciones se han vuelto más vulnerables a

Pánuco, Veracruz (2007, Huracán Lorenzo)

Villahermosa, Tabasco (Nov 2007)

Motozintla, Chiapas (Huracan Stan, 2005)

Motozintla, Chiapas (2005)



El Monzón de Norteamérica

También conocido como el monzón mexicano

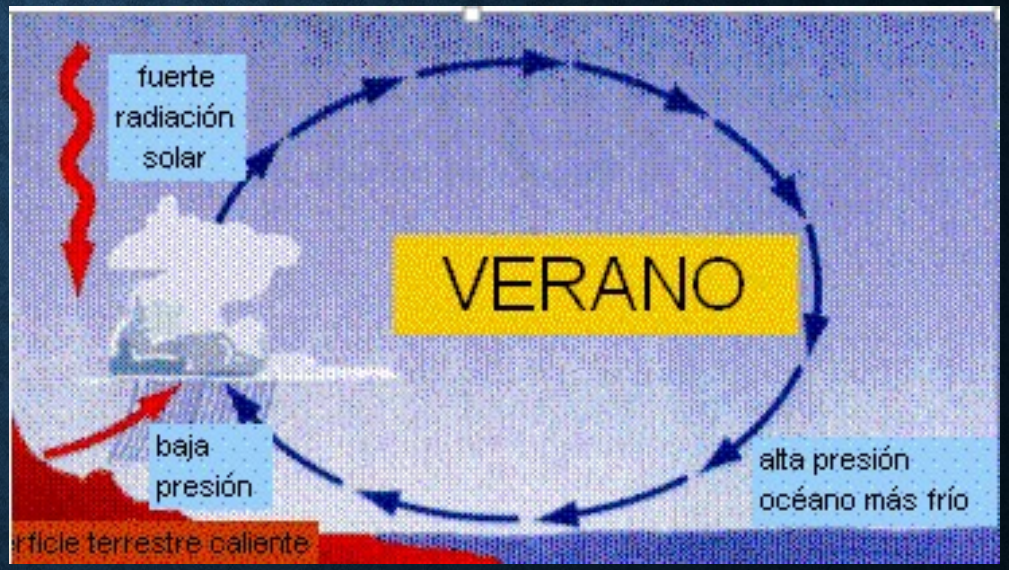
Se genera por el viento cálido y húmedo proveniente del Océano Atlántico y del Golfo de México por el Este, y del Océano Pacífico y el Golfo de California por el Oeste, hacia el Noroeste de México

El Monzón de Norteamérica

Se puede identificar 3 mecanismos que causan los monzones

1.- El calentamiento y enfriamiento diferenciales entre la tierra y el agua.

2.- La desviación del viento. Este fenómeno es resultado del efecto Coriolis, el cual, debido a la rotación de la Tierra, provoca que en el Hemisferio Norte los vientos se desvíen hacia la derecha, y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur.



3.- El intercambio de calor o intercambio de energía que ocurre mientras el agua cambia del estado líquido a gaseoso y de gaseoso a líquido.

El Monzón de Norteamérica

Se caracteriza por:

- Intervalos de lluvia breves,
- Torrenciales
- Y no continuas
- Inicia cada año entre junio y julio
- Puede llegar a extenderse hasta septiembre.
- El vocablo monzón se deriva de la palabra árabe **mausim**, que significa estación.

El Monzón de Norteamérica

Mas del 60% de la precipitación anual del Noroeste de México ocurre durante este periodo

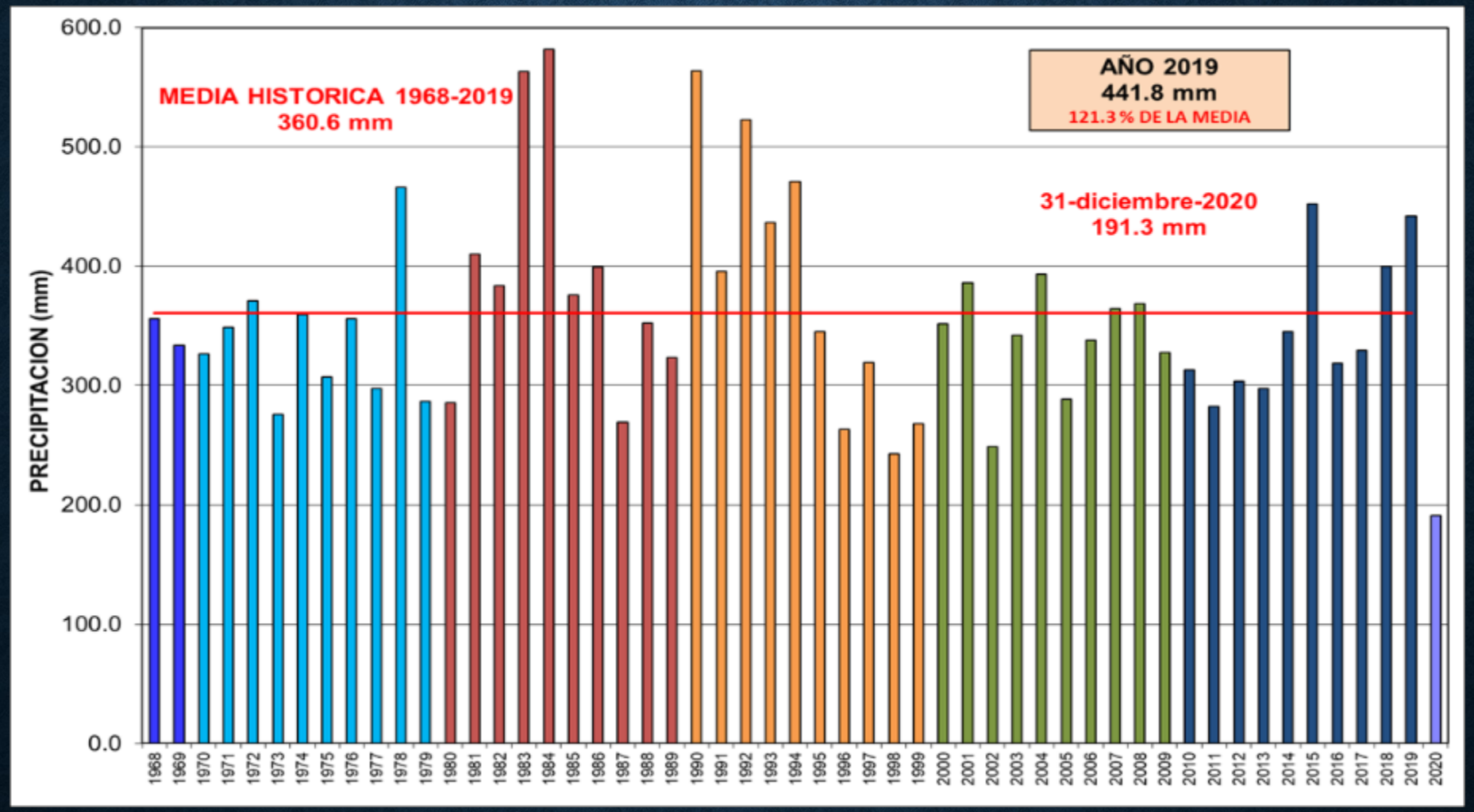
Al desierto de Sonora se le considera **Desierto húmedo** por la gran cantidad de lluvia monzónica que recibe

Es común que en otras partes de la República Mexicana como el noreste, experimenten periodos de escasez de lluvias, al concentrarse la mayor parte de la humedad en el lado opuesto del país.

Situación hidrológica en el Noroeste

Al 31 de diciembre de 2020

Precipitaciones anuales en la región

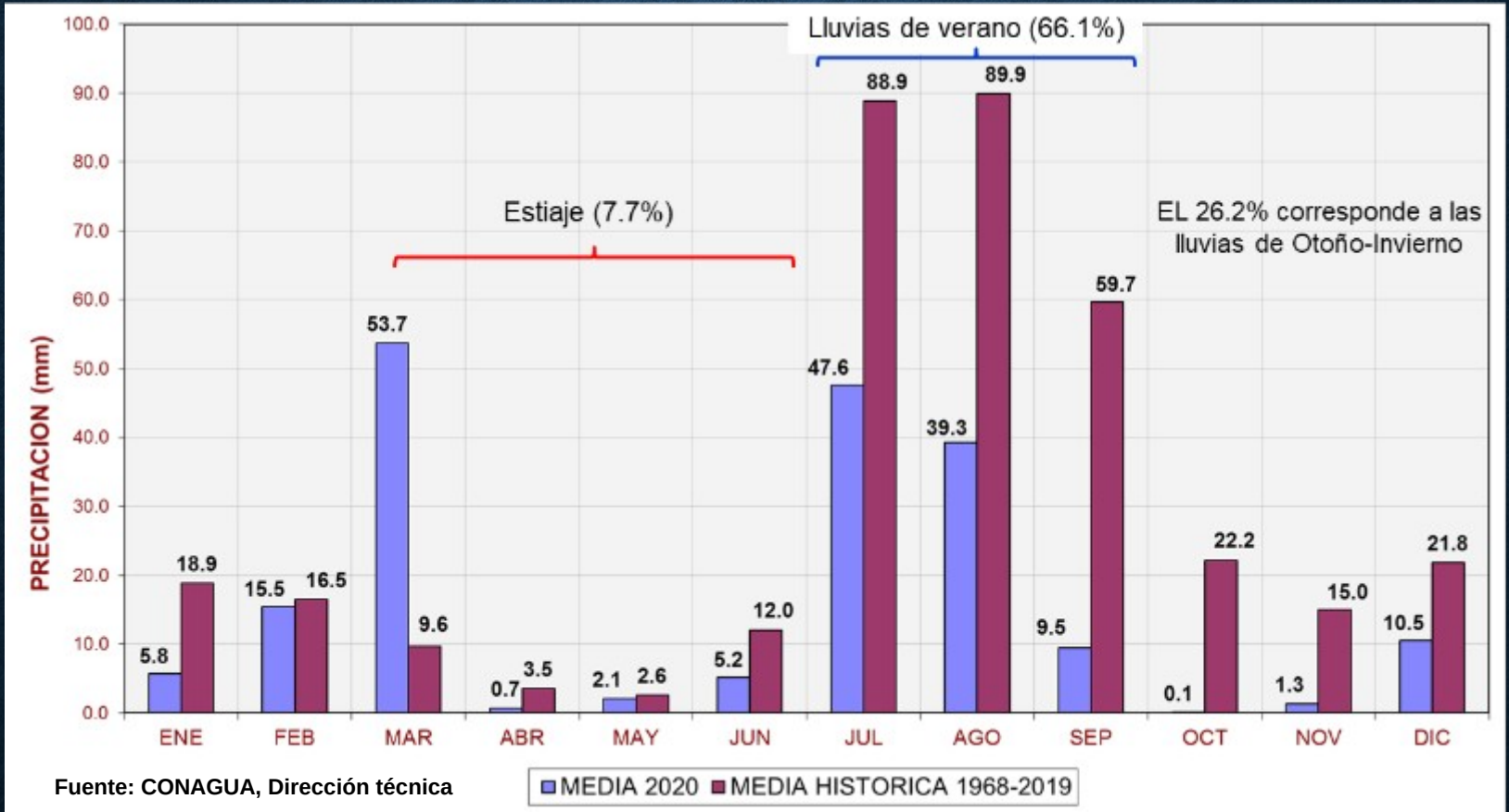


Fuente: CONAGUA, Dirección técnica

- En el registro histórico de 1968 a 2019, la precipitación media anual es de 360.6 milímetros
- En el año 2020 se registró una precipitación de 191.3 milímetros, el 53.0% de la media anual en el período de 1968 a 2019

Precipitaciones mensuales en la región

Comparativo al 31 de diciembre y media histórica 1968-2019



Fuente: CONAGUA, Dirección técnica

- Las lluvias de verano en la región, en los meses de julio a septiembre, representan el 66.1% de la media anual, registrando el mes de agosto la mayor cantidad con 89.9 milímetros
- En el estiaje se presenta solo el 7.7% de la precipitación media, en los meses de marzo a junio
- El 26.2% de la lluvia anual ocurre en el período de Otoño e Invierno

Principales presas

Información del 05 de julio de 2021

PRESA	CAP. NAME (hm^3)	CAP. NAMO (hm^3)	VOL. MUERTO (hm^3)	ALMAC. 2020 (hm^3)	ALMAC. AYER (hm^3)	ALMAC. HOY (hm^3)	DIFERENCIA EN 24 hr (hm^3)	ENTRADAS CUENCA PROPIA (Qm) (m^3/s)	SALIDAS O.T. (Qm) (m^3/s)	SALIDAS VERTEDOR LIBRE (m^3/s)	SALIDAS VERTEDOR CONTROLADO (m^3/s)	% 2021	% 2020	DIF. ALM. 2021-2020	LLUVIA (mm)	ENTRADAS (hm^3)
LAZARO CARDENAS	1,116.5	703.4	0.0	559.092	356.427	355.091	-1.3	7.0	20.800	0.0	0.0	50.5	79.5	-204.0	0.0	0.61
P. ELIAS CALLES **	3,312.5	2,633.6	199.5	1,532.720	629.755	633.882	4.1	32.2	0.000	0.0	0.0	24.1	58.2	-898.8	0.0	2.78
ALVARO OBREGON	4,409.4	3,023.1	55.0	1,919.290	920.481	920.481	0.0	10.3	4.321	0.0	0.0	30.4	63.5	-998.8	0.0	0.89
SISTEMA RÍO YAQUI	8,838.3	6,360.1	254.5	4,011.102	1,906.663	1,909.454	2.8	49.6	25.121	0.0	0.0	30.0	63.1	-2101.6	0.0	4.28
ABRAHAM GONZALEZ	102.9	79.4	1.6	47.464	18.059	18.293	0.2	2.8	0.000	0.0	0.0	23.1	59.8	-29.2	9.0	0.24
BICENTENARIO	465.9	392.6	25.6	-	16.673	19.996	3.3	38.6	0.000	0.0	0.0	5.1	-	-	0.0	3.34
A.RUIZ CORTINES	1,822.6	950.3	22.5	338.820	20.360	21.128	0.8	9.2	0.000	0.0	0.0	2.2	35.7	-317.7	0.0	0.80
EL MOLINITO	222.5	121.2	0.5	23.427	4.812	4.812	0.0	0.1	0.000	0.0	0.0	4.0	19.3	-18.6	0.0	0.01
A. RODRIGUEZ L.	284.5	219.5	0.0	0.816	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.4	-0.8	0.0	0.00
CUAUHTEMOC	66.3	41.5	1.5	6.397	1.142	1.142	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	2.8	15.4	-5.3	0.0	0.00
I. R. ALATORRE	29.7	16.2	1.0	0.000	0.405	0.411	0.0	0.1	0.000	0.0	0.0	2.5	0.0	0.4	0.0	0.01
TOTAL	11,832.7	8,180.8	307.2	4,428.026	1,968.114	1,975.236	7.1	100.4	25.121	0.0	0.0	24.1	54.1	-2,452.8		8.68

Fuente: CONAGUA, Dirección técnica

Sequía

SEQUIA

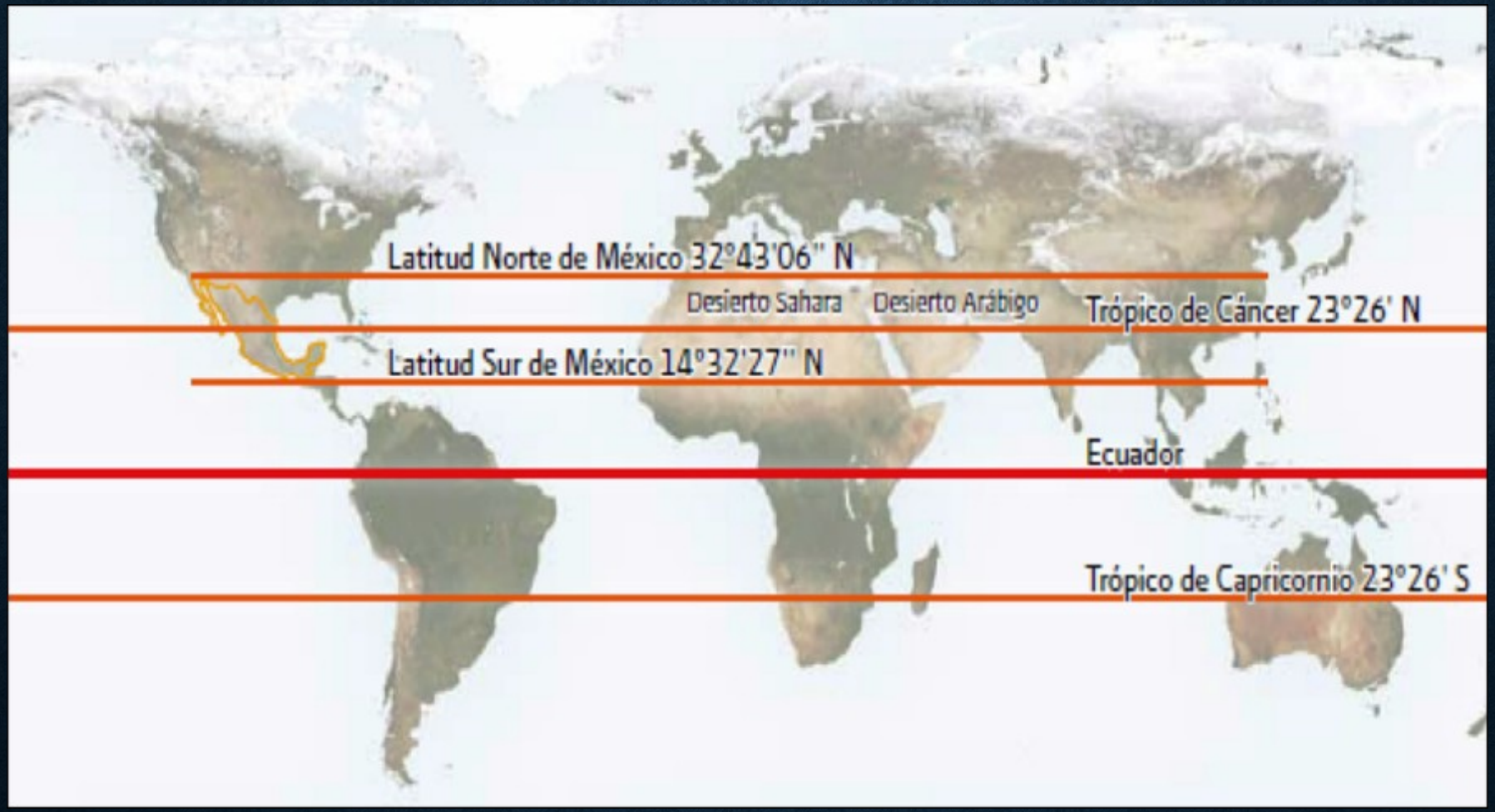
un fenómeno natural que ocurre do la precipitación y la disponibilidad gua en un periodo de tiempo y en egión dados, es menor que el dio histórico registrado, y cuando deficiencia es lo suficientemente de y prolongada como para dañar las tividades humanas

La sequía es inevitable, impredecible, progresiva y frecuentemente catastrófica

Sequía ≠ Aridez

SEQUIA

Vulnerabilidad de México por su localización



ANTECEDENTES

2011-2012 Y 2020-2021: la peores sequía desde 1941 en el Norte y Centro del País

Medidas económicas y sociales apoyaron el abasto de alimentos y las actividades productivas;

a) Abastecimiento hídrico emergente a población (CONAGUA, SEDESOL) y al campo (SAGARPA, CONAZA)

b) Vigilancia de la salud (SSA)

c) Financiamiento/indemnizaciones/reactivación del campo (SE, SAGARPA, SHCP, Banca de Desarrollo);

d) Proyectos/programas de apoyo en sequías (SHCP, SEGOB, Banobras, SEMARNAT, CONAGUA, SE)

"*Acuerdo por el que se instruyen acciones para mitigar los efectos de la sequía que atraviesan diversas entidades federativas*". DOF 25-Ene-2012

SEQUIA

Atención Reactiva

- Históricamente, afectaciones atendidas con:
- FONDEN (SEGOB) y
- CADENA (SAGARPA),

2012

2013

Cambio de Enfoque:

PRONACOSE

"… cuyo principal componente será, primero, **el alertamiento**,… y segundo, la **actuación temprana para prever, prevenir y actuar oportunamente** ante eventuales contingencias climatológicas que vayan a afectar a la población y la productividad del campo".

Elementos del PRONACOSE

1. Preparación y elaboración PRONACOSE (implementar Lineamientos)

Monitoreo de la sequía (*Alertamiento*)

Programas (prever, prevenir y actuar oportunamente)
• Por cuencas • Por usuarios

2.- Atención de la Sequía durante la implementación PRONACOSE

Monitor de la Sequía

SMN

Encargado de Detectar el estado y evolución del fenómeno de la sequía

Monitor de Sequía de América del Norte (NADM)

Monitor de Sequía en México (MSM)

Descripción de la sequía en el país, el conteo de municipios afectados por las diferentes categorías de sequía, tablas y:

- ✓ Porcentaje de área afectada a nivel nacional y estatal
- ✓ 13 Regiones Hidrológico-Administrativas y
- ✓ 26 Consejos de cuenca.

obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía

Determinan las regiones afectadas por el fenómeno de acuerdo a su intensidad

Anormalmente seco (D0)
Sequía moderada (D1)
Sequía severa (D2)
Sequía Extrema (D3)
Sequía excepcional (D4).

Criterios Técnicos

Para Determinar el Inicio y Terminación de la Sequía

- Indice Estandarizado de Precipitación (SPI)
- Indice de Sequía Hidrológica (SDI)

Monitoreo y análisis

- Meteorológico
- Hidrométrico

para

Determinación y difusión del estado y evolución de sequías

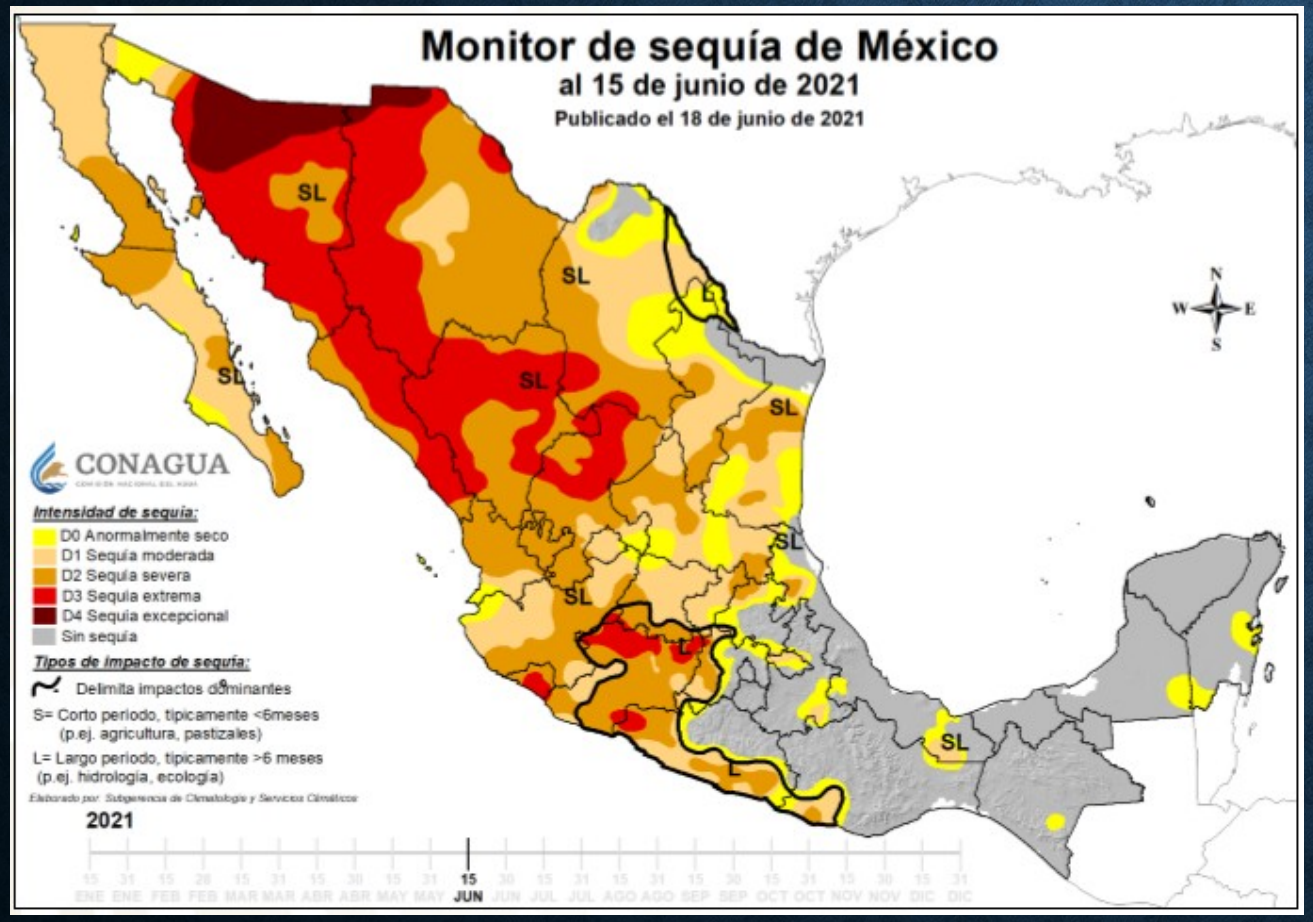
- Índices
  - ✓ SPI
  - ✓ SDI
- Monitor de Sequía de América del Norte

Monitor de la Sequía

Clave	Intensidad (SPI)	Color Representativo	Severidad e impactos esperados
D0. Anormalmente seco	(0.5 a -0.7)		Condición de sequedad, no es un tipo de sequía. **Al principio de la sequía**: debido a la sequedad de corto plazo hay retraso de la siembra de cultivos anuales, limitado crecimiento de los cultivos o pastos, riesgo de incendios por arriba del promedio. **Al concluir la sequía**: déficit persistente de agua, pastos o cultivos no recuperados completamente. **(Preventivas sin restricciones)**
D1. Sequía moderada	(-0.8 a -1.2)		Cuando se presentan algunos daños a los cultivos y pastos, alto riesgo de incendios, niveles bajos en arroyos, embalses y pozos, escasez de agua. Se requiere uso de agua restringida de manera voluntaria. **(Voluntarias)**
D2. Sequía Severa	(-1.3 a -1.5)		Existe en el momento que se dan probables pérdidas en cultivos o pastos, muy alto riesgo de incendios, la escasez de agua es común. Se recomienda se impongan restricciones de uso del agua. **(Algunas medidas de racionamiento obligatorias)**
D3. Sequía Extrema	(-1.6 a -1.9)		Se dan mayores pérdidas en cultivos o pastos, peligro extremo de incendio, la escasez de agua o las restricciones de su uso se generalizan. **(Medidas de racionamiento obligatorias)**
D4. Sequía Excepcional	(≤-2.0)		Se presentan pérdidas excepcionales y generalizadas de los cultivos o pastos, riesgo de incendio excepcional, escasez de agua en los embalses, arroyos y pozos, se crean situaciones de emergencia debido a la ausencia de agua. **(Todas las medidas de racionamiento obligatorias; cero tolerancia)**

Monitor de la Sequía

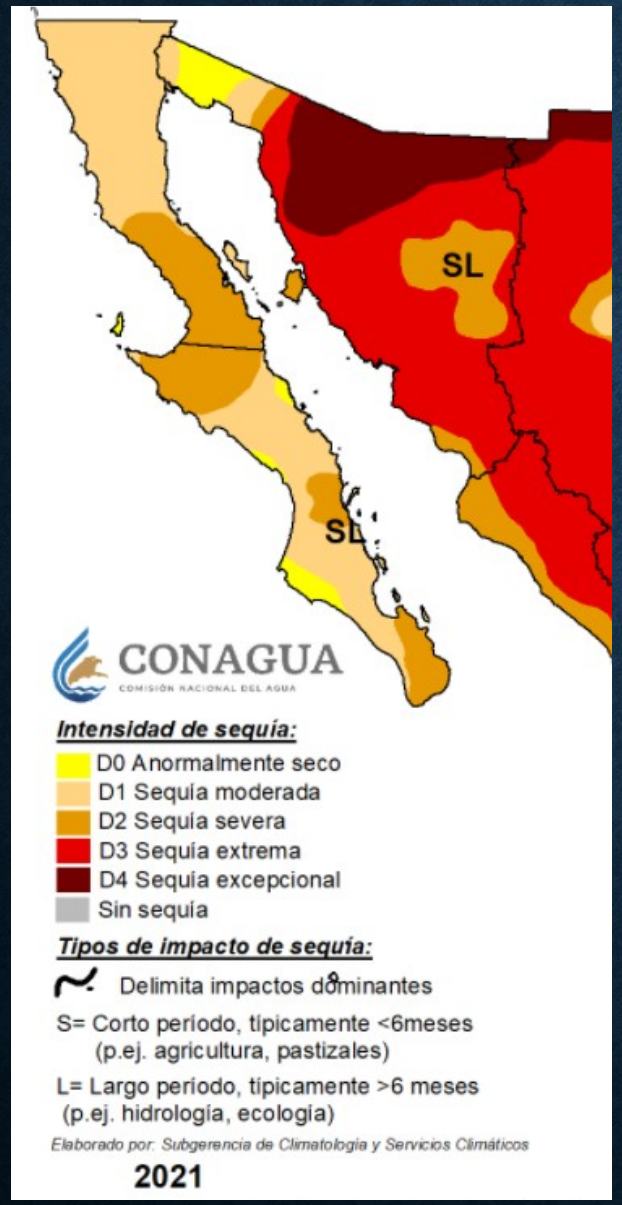
15-Jun-2021



		Porcentaje de área (%) al 15 de junio de 2021					
Clave	Organismo de Cuenca	Sin afectación	D0	D1	D2	D3	D4
I	Península de Baja California	0.0	8.2	59.6	32.2	0.0	0.0
II	Noroeste	0.0	0.6	1.9	14.9	59.4	23.2
III	Pacífico Norte	0.0	0.0	0.0	36.4	63.6	0.0
IV	Balsas	45.0	8.7	13.0	29.5	3.8	0.0
V	Pacífico Sur	53.3	12.2	22.1	12.4	0.0	0.0
VI	Río Bravo	8.0	13.9	23.9	39.2	12.7	2.3
VII	Cuencas Centrales del Norte	0.0	3.3	9.6	43.5	43.6	0.0
VIII	Lerma - Santiago - Pacífico	0.5	6.2	35.9	49.8	7.6	0.0
IX	Golfo Norte	8.9	30.0	40.9	20.2	0.0	0.0
X	Golfo Centro	84.5	10.4	4.9	0.2	0.0	0.0
XI	Frontera Sur	98.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
XII	Península de Yucatán	92.4	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	54.0	34.5	10.6	0.9	0.0	0.0

Monitor de la Sequía

15-Jun-2021



No. Municipios	Clave	
23	D4	Sequía Excepcional
49	D3	Sequía Extrema
6	D2	Sequía Severa
1	D1	Sequía Moderada
0	D0	
0		Sin Sequía

Monitor de la Sequía

Situación de Sequía en los municipios del OCNO

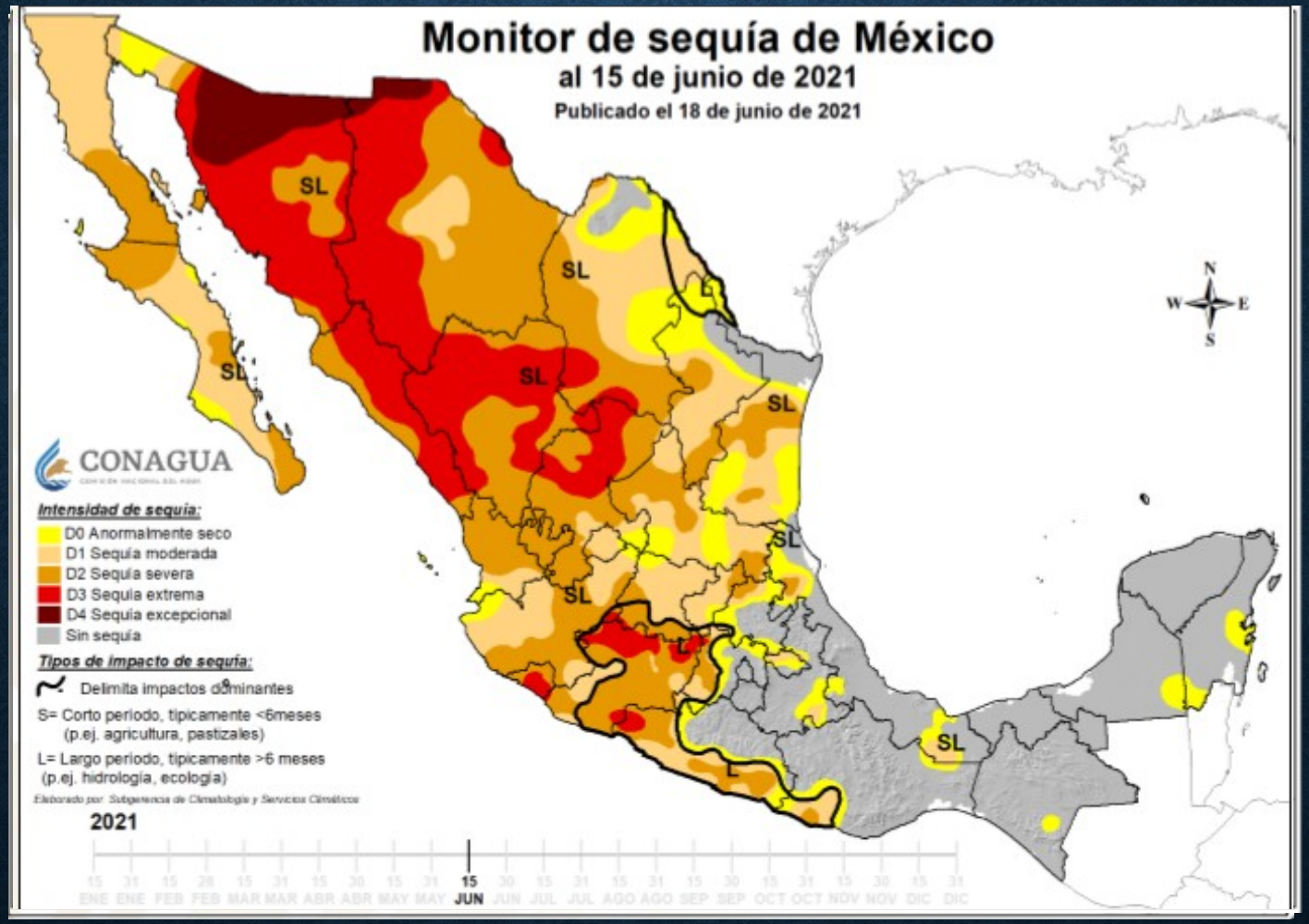
No	Municipio	Entidad	15-jun-21
1	Guerrero	Chihuahua	D3
2	Madera	Chihuahua	D3
3	Matachí	Chihuahua	D3
4	Moris	Chihuahua	D3
5	Ocampo	Chihuahua	D3
6	Temósachi	Chihuahua	D3
7	Uruachi	Chihuahua	D3
8	Aconchi	Sonora	D3
9	Agua Prieta	Sonora	D4
10	Álamos	Sonora	D3
11	Altar	Sonora	D4
12	Arivechi	Sonora	D3
13	Arizpe	Sonora	D4
14	Átil	Sonora	D4
15	Bacadéhuachi	Sonora	D3
16	Bacanora	Sonora	D2
17	Bacerac	Sonora	D3
18	Bacoachi	Sonora	D4
19	Bácum	Sonora	D3
20	Banámichi	Sonora	D3
21	Baviácora	Sonora	D2
22	Bavispe	Sonora	D3
23	Benjamín Hill	Sonora	D4
24	Caborca	Sonora	D4
25	Cajeme	Sonora	D3
26	Cananea	Sonora	D4
27	Carbó	Sonora	D3

No	Municipio	Entidad	15-jun-21
28	La Colorada	Sonora	D3
29	Cucurpe	Sonora	D4
30	Cumpas	Sonora	D3
31	Divisaderos	Sonora	D2
32	Empalme	Sonora	D3
33	Etchojoa	Sonora	D3
34	Fronteras	Sonora	D4
35	Granados	Sonora	D2
36	Guaymas	Sonora	D3
37	Hermosillo	Sonora	D3
38	Huachinera	Sonora	D3
39	Huásabas	Sonora	D3
40	Huatabampo	Sonora	D3
41	Huépac	Sonora	D3
42	Ímuris	Sonora	D4
43	Magdalena	Sonora	D4
44	Mazatán	Sonora	D3
45	Moctezuma	Sonora	D2
46	Naco	Sonora	D4
47	Nácori Chico	Sonora	D3
48	Nacozari de García	Sonora	D3
49	Navojoa	Sonora	D3
50	Nogales	Sonora	D4
51	Ónavas	Sonora	D3
52	Opodepe	Sonora	D3
53	Oquitoa	Sonora	D4
54	Pitiquito	Sonora	D4

No	Municipio	Entidad	15-jun-21
55	Puerto Peñasco	Sonora	D4
56	Quiriego	Sonora	D3
57	Rayón	Sonora	D3
58	Rosario	Sonora	D3
59	Sahuaripa	Sonora	D3
60	San Felipe de Jesús	Sonora	D3
61	San Javier	Sonora	D3
62	San Luis Río Colorado	Sonora	D1
63	San Miguel de Horcasitas	Sonora	D3
64	San Pedro de la Cueva	Sonora	D3
65	Santa Ana	Sonora	D4
66	Santa Cruz	Sonora	D4
67	Sáric	Sonora	D4
68	Soyopa	Sonora	D3
69	Suaqui Grande	Sonora	D3
70	Tepache	Sonora	D2
71	Trincheras	Sonora	D4
72	Tubutama	Sonora	D4
73	Ures	Sonora	D3
74	Villa Hidalgo	Sonora	D3
75	Villa Pesqueira	Sonora	D3
76	Yécora	Sonora	D3
77	General Plutarco Elías Calles	Sonora	D4
78	Benito Juárez	Sonora	D3
79	San Ignacio Río Muerto	Sonora	D3

Monitor de la Sequía

Del 15-Jun-2020 al 15-Jun-2021



LA SEQUÍA SE EMPEZÓ A MANIFESTAR A PARTIR DE JULIO DE 2020 HASTA JULIO DE 2021.

Y QUE HICIMOS COMO GOBIERNO Y SOCIEDAD?