

Tendencias de sequías en México. Causas, consecuencias y alternativas de adaptación

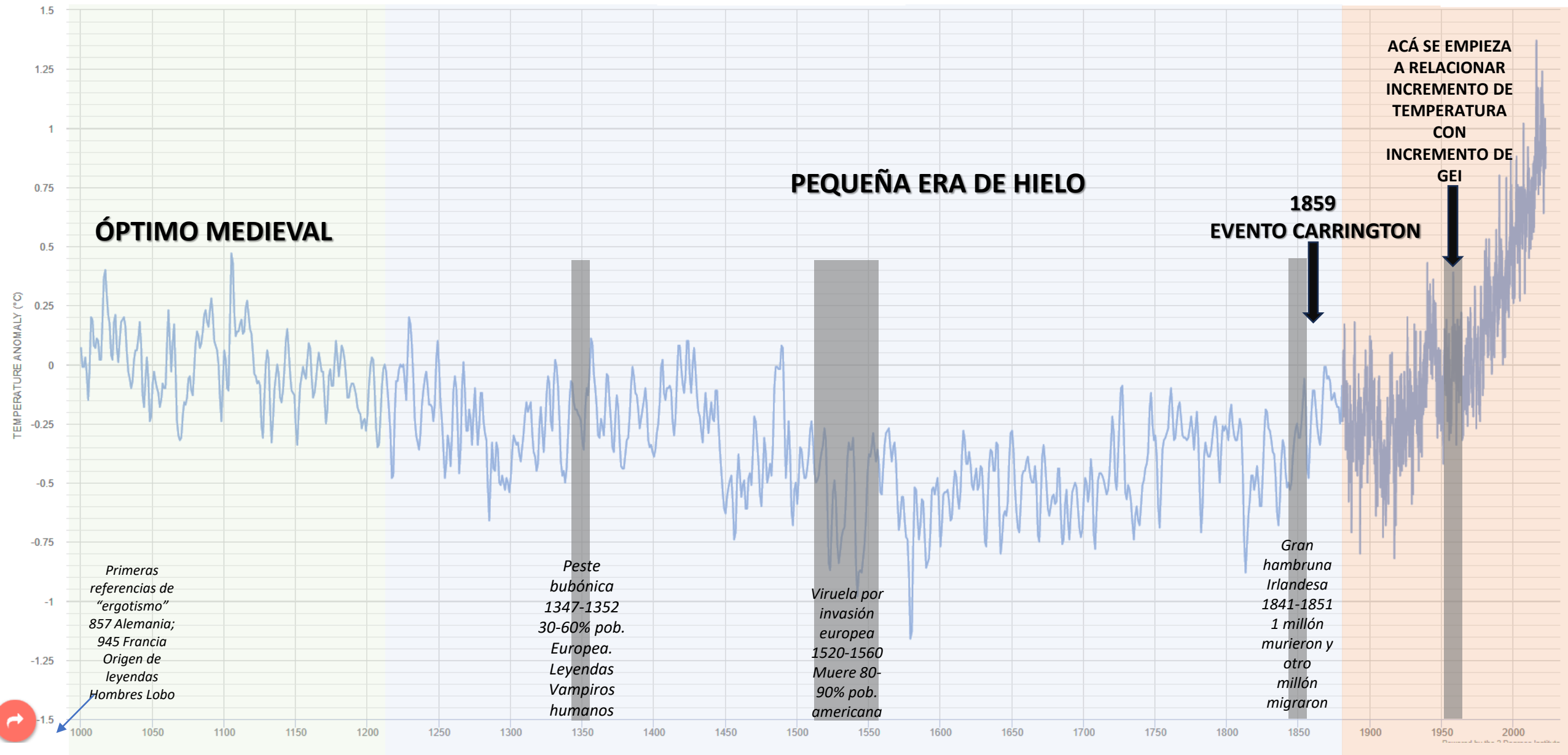


Alfredo Amador García
Retirado Fac. Biol. UMSNH

Los Reyes, Mich.
4 de julio de 2024

Pieter Bruegel (El Viejo) (1564 – 1638)

GLOBAL TEMPERATURE RECORD





INTRODUCCION

¿Qué es el clima y el t.a.?

Clima.- El estado más frecuente del tiempo atmosférico de un lugar.

Tiempo atmosférico.- El estado de las PROPIEDADES FÍSICAS de la atmósfera en cualquier momento.

Propiedades físicas = Elementos del tiempo y del clima:

- a) **TEMPERATURA**
- b) **PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD**
- c) **DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO**
- d) **PRESIÓN ATMOSFÉRICA**

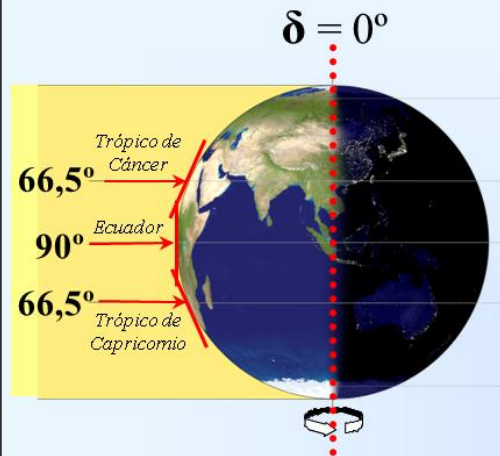
¿Qué determina a el clima y a el t.a.?

Son las causas que hacen variar a los elementos del clima (o sea lo que hace variar la temperatura, presión etc.):

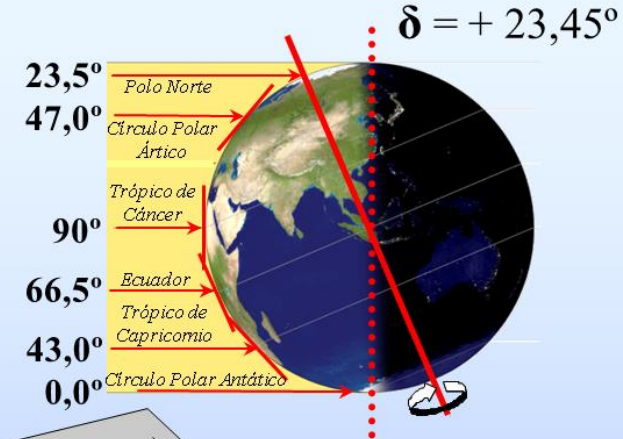
- a) Latitud (distancia angular al ecuador)**
- b) Altitud (altura sobre el nivel del mar)**
- c) Relieve (configuración de la superficie terrestre)**
- d) Distribución de tierra y agua**
- e) Corrientes marinas**

¿Por qué cambian esas condiciones durante el año?

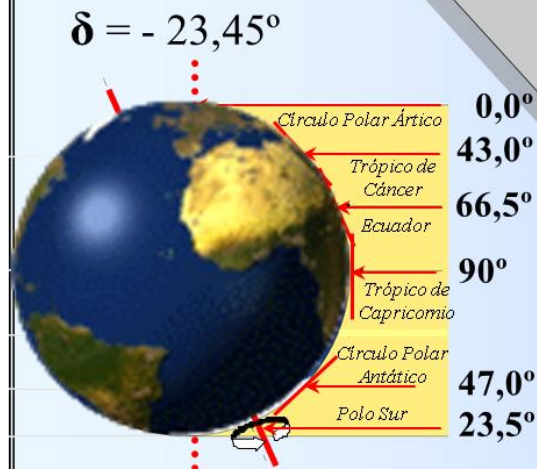
Mediodía del equinoccio de otoño y de primavera



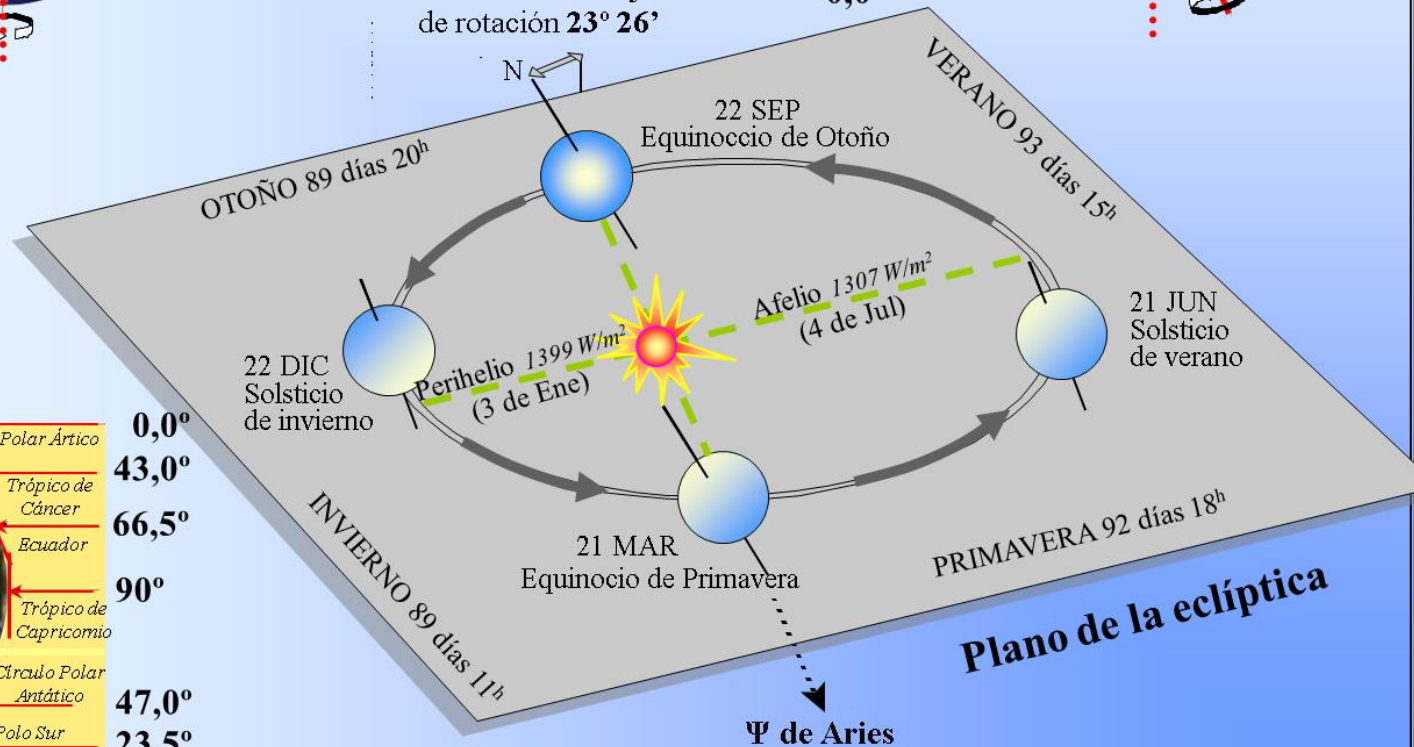
Mediodía del solsticio de verano



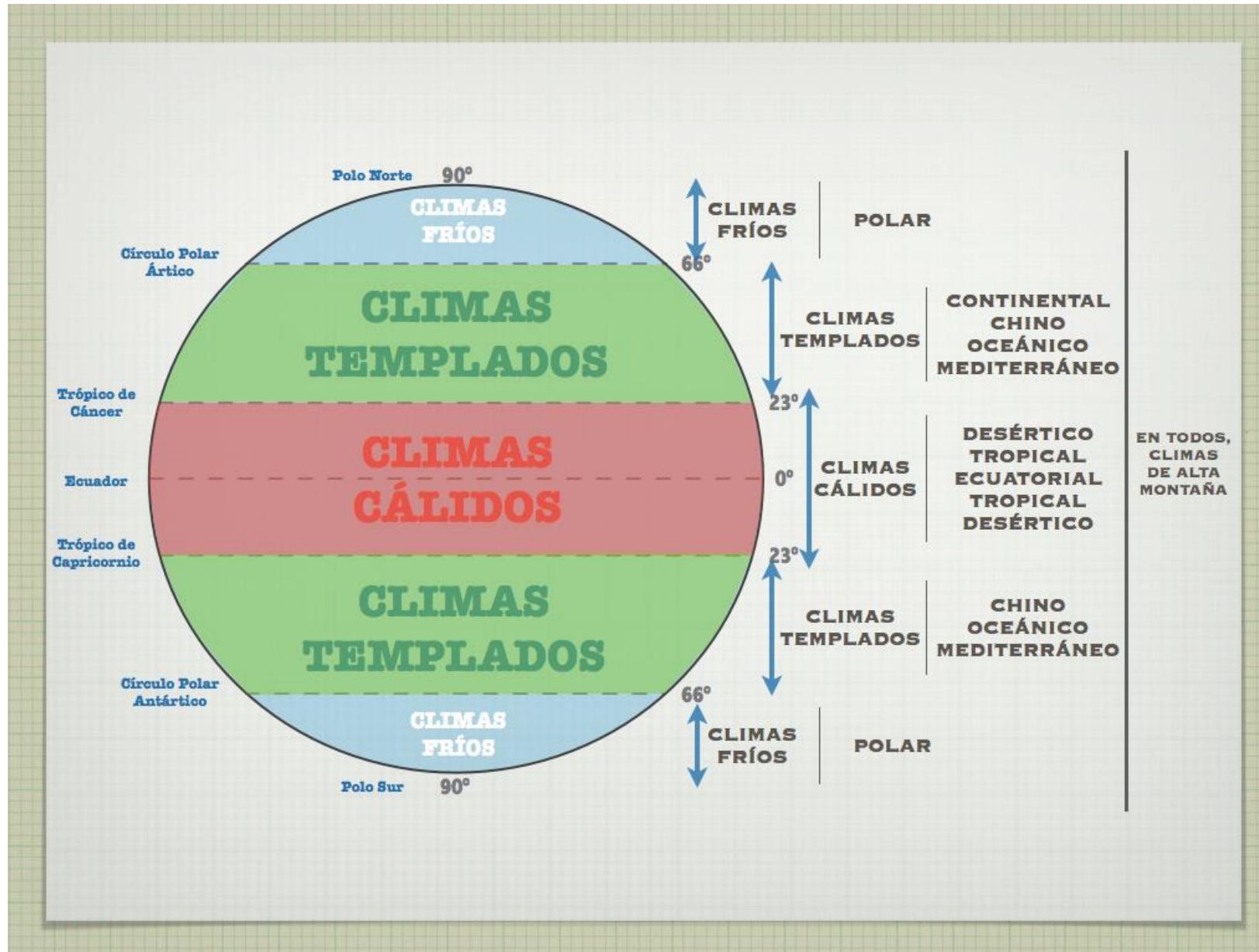
Ángulo de inclinación del eje de rotación $23^\circ 26'$



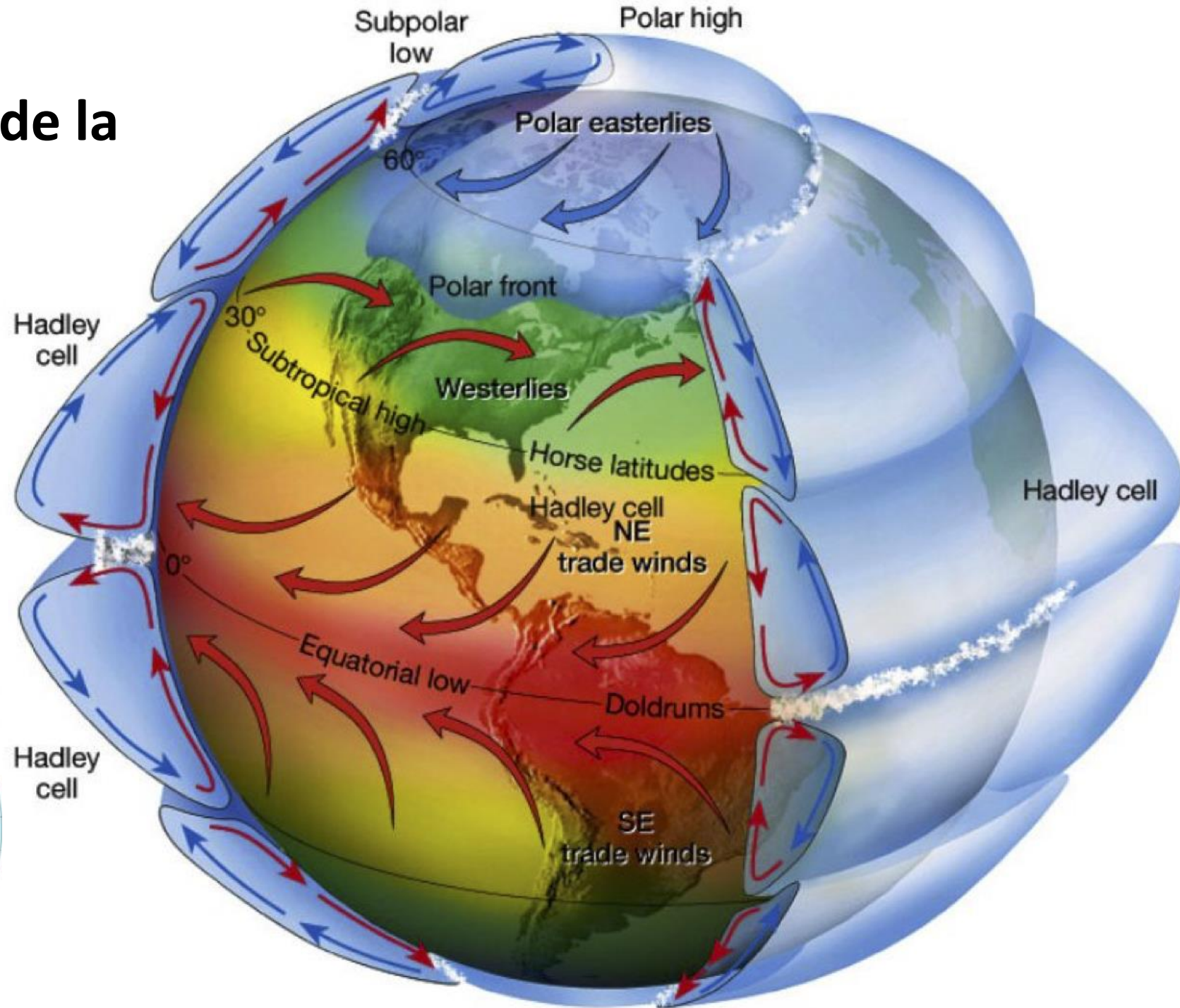
Mediodía del solsticio de invierno



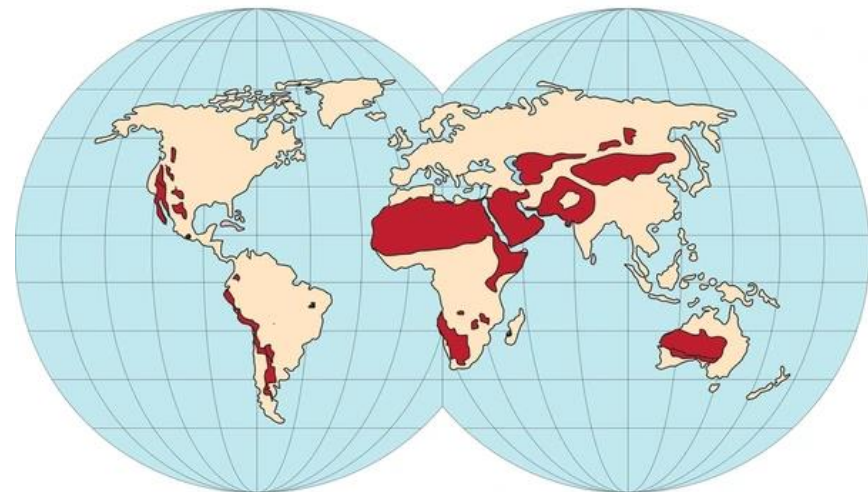
Zonas térmicas del planeta



Circulación general de la atmósfera



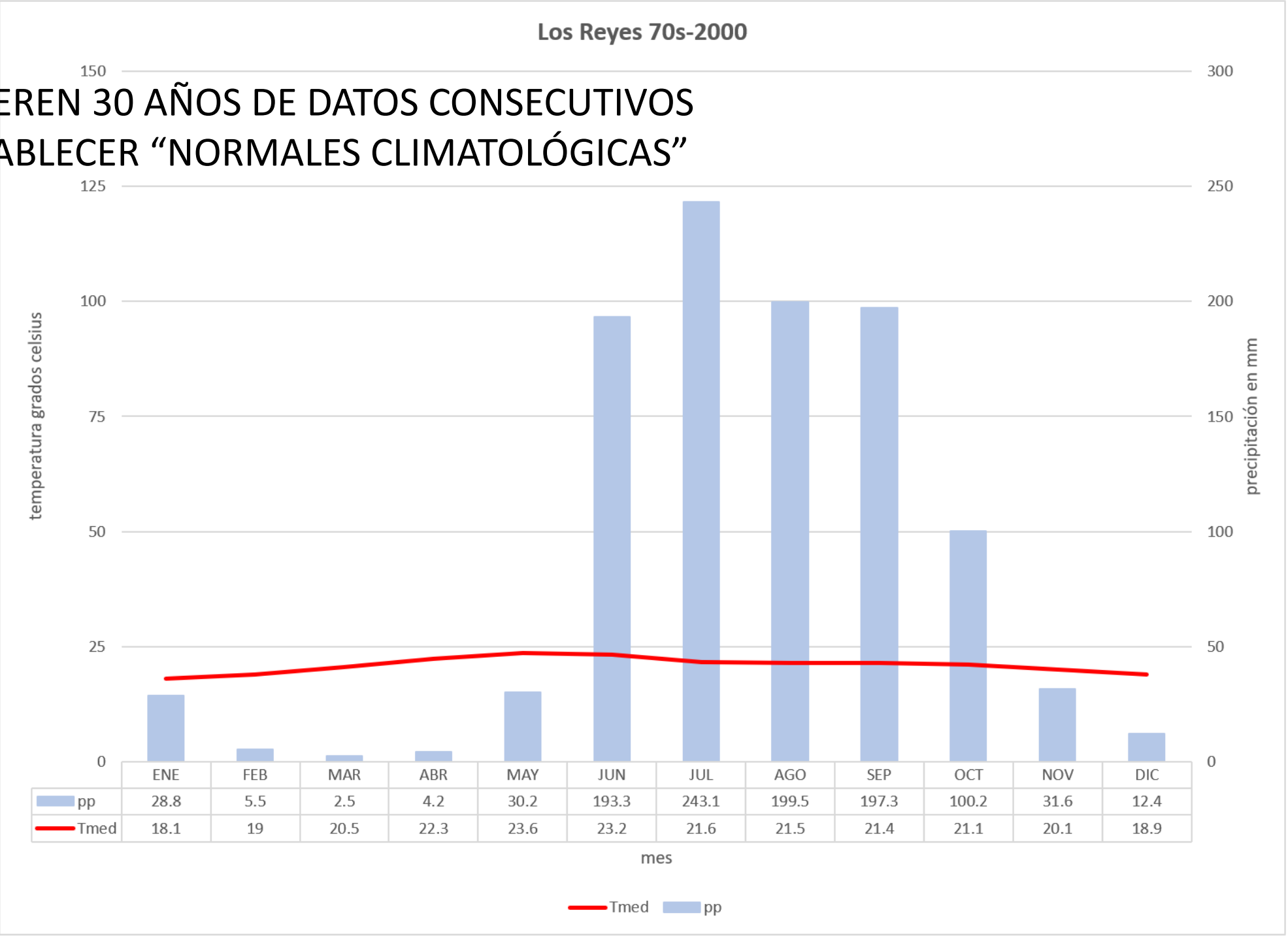
Desiertos del mundo



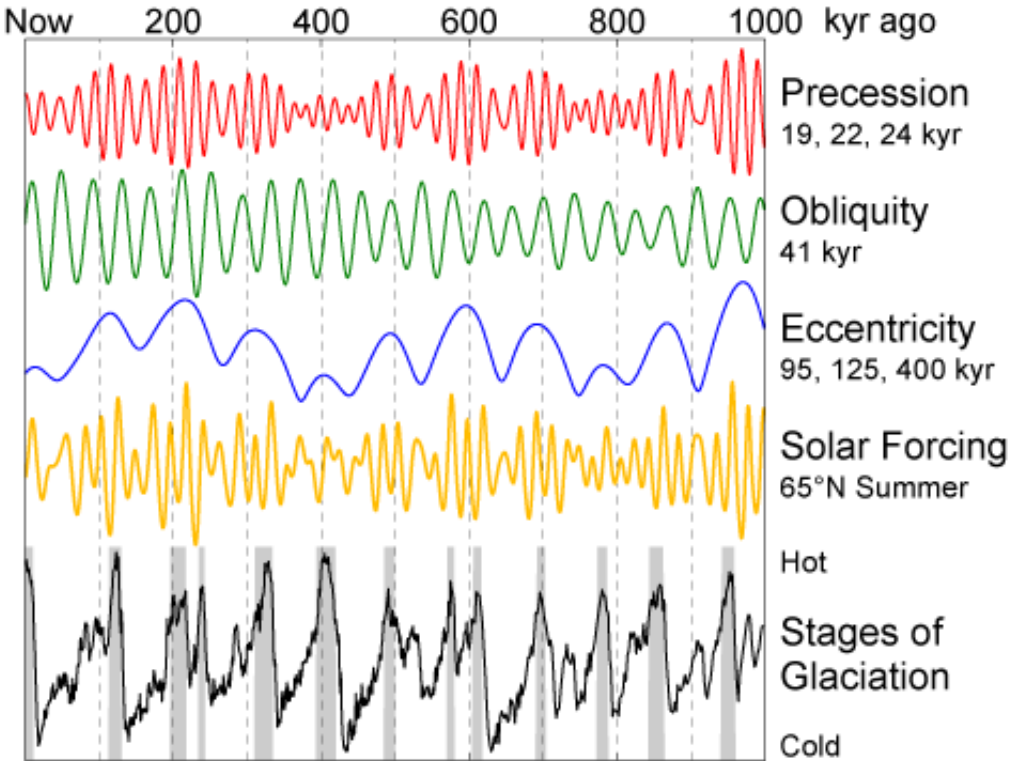
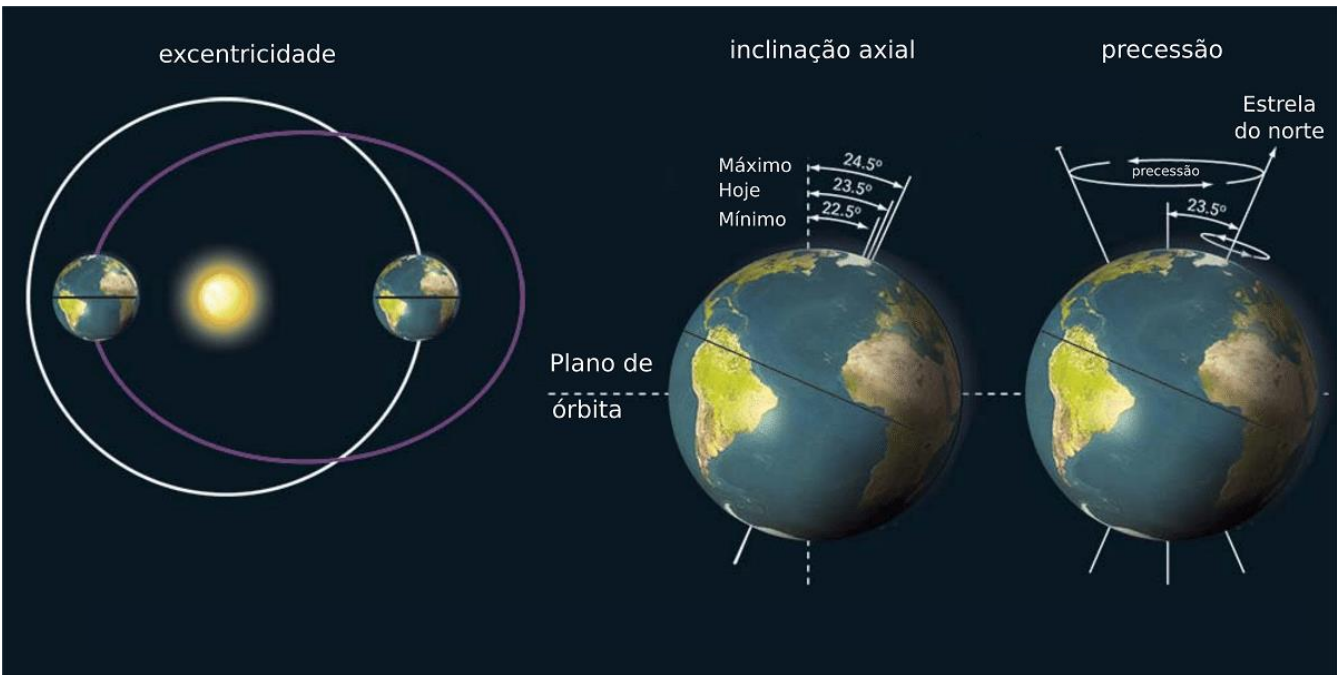
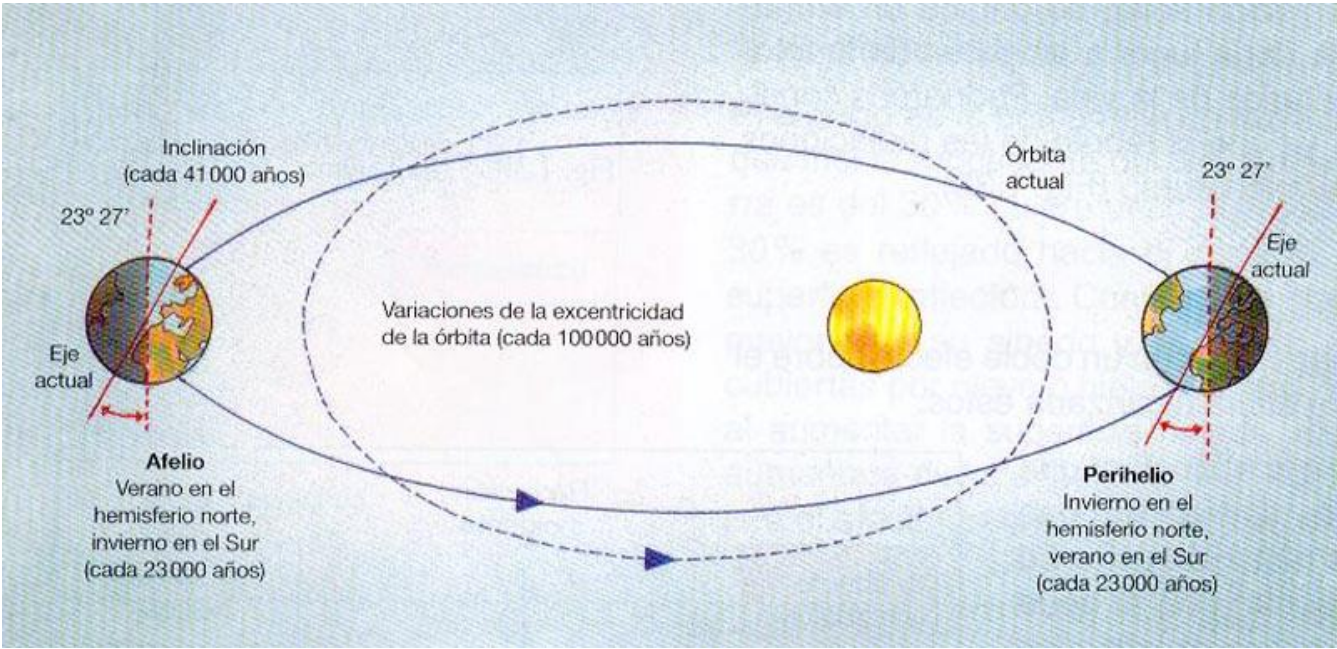
Climas de México



SE REQUIEREN 30 AÑOS DE DATOS CONSECUTIVOS
PARA ESTABLECER “NORMALES CLIMATOLÓGICAS”



Variaciones climáticas en la Tierra: Los Ciclos de Milankovich



DEFINICIONES

Gribbin J. 1982. *El Clima futuro*.

Eddy 1993. *Environmental Modelling with GIS*.

Contreras-Servin 2005. *Las sequías en México durante el siglo XIX*

Giddings L. et al. 2005. *Standardized Precipitation Index Zones for México*.

Méndez-González et al. 2008. *Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México*.

Wilhite y Glantz 1985 citado por Carabias y Landa 2005

SEQUÍA Y DESERTIFICACIÓN

Sequía

Meteorológica. Disminución de la pp con respecto al promedio histórico.

Hidrológica. Cuando disminuye el agua en la superficie (incluyendo presas y ríos) y en el subsuelo.

Agrícola. Cuando el agua en el suelo no satisface a los cultivos

Desertificación

Es el proceso de degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Es un proceso gradual de pérdidas de productividad del suelo y de reducción de cubierta vegetal por el efecto de las actividades humanas y de las variaciones climáticas, tales como sequías prolongadas e inundaciones, con importantes implicaciones sobre la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Índice Severidad de Sequía de Palmer PDSI

Alley, W.M., 1984: The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23: 1100–1109

Es básicamente un WB *sensu* Thornthwaite Y Matter (1948). Por tanto demanda información de pp y capacidad de retención de humedad del suelo y humedad relativa del aire (Et).

Valores de índice	Categorías
>4	Condición húmeda extrema
3 – 3,99	Condición muy húmeda
2 – 2,99	Condición húmeda moderada
1 – 1,99	Condición húmeda suave
0,5 – 0,99	Condición húmeda incipiente
0,49 – -0,49	Condiciones normales
-0,5 – - 0,99	Sequía incipiente
-1 – -1,99	Sequía suave
-2 – -2,99	Sequía moderada
-3 – -3,99	Sequía severa
= -4	Sequía extrema

Índice estandarizado de precipitación SPI

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993) The Relation of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17-22 January 1993, 179-184.

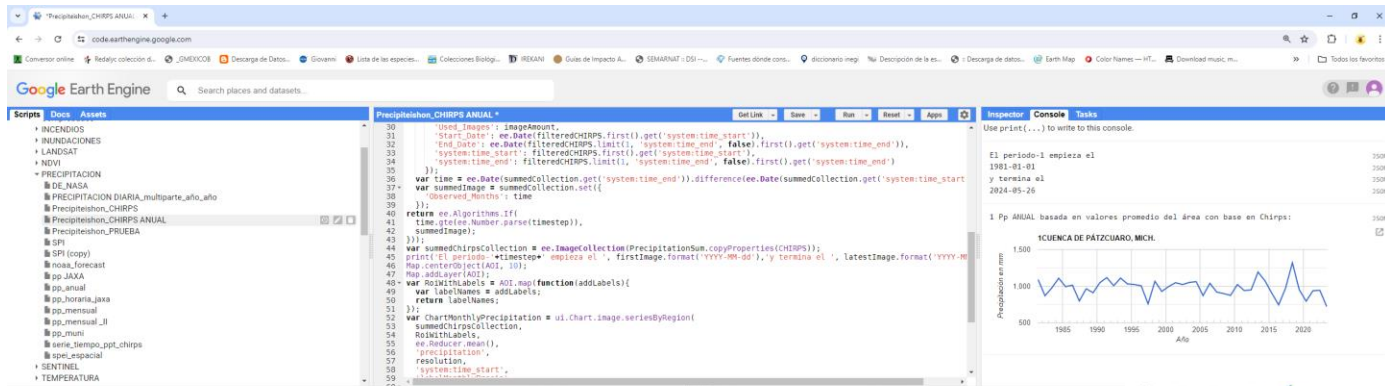
Se define como un valor que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación por arriba o por abajo de la media, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal.

2,0 y más	extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	muy húmedo
1,0 a 1,49	moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	normal o aproximadamente normal
-1,0 a -1,49	moderadamente seco
-1,5 a -1,99	severamente seco
-2 y menos	extremadamente seco

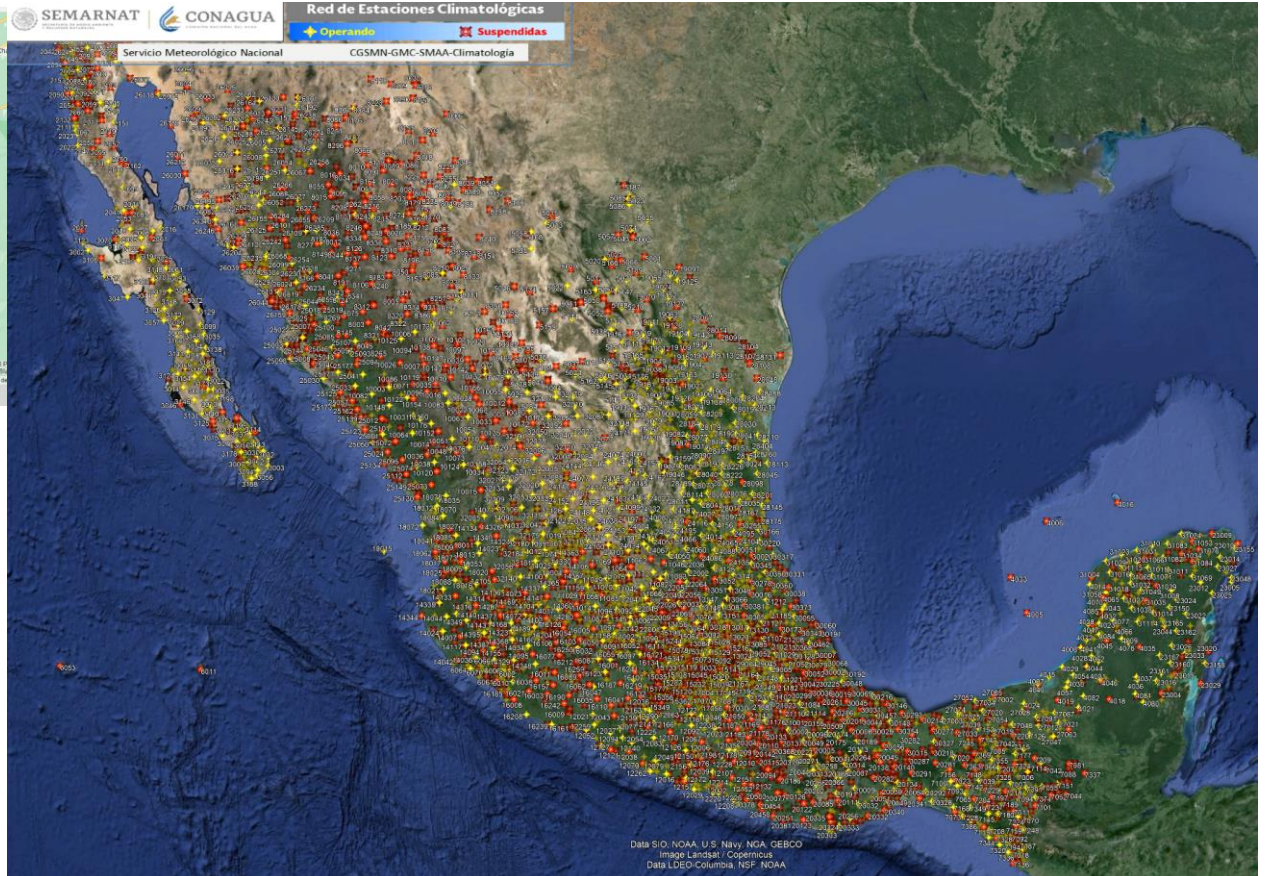
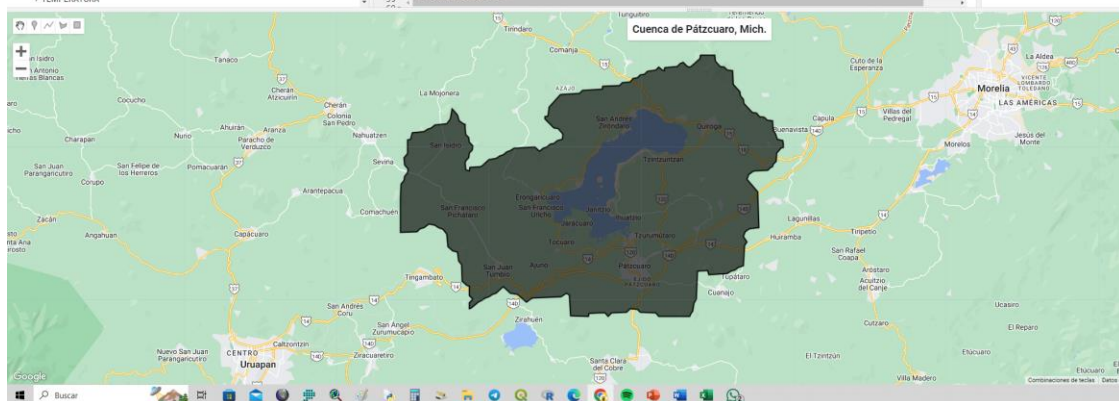
Las condiciones de humedad del suelo responden a anomalías de precipitación en una escala temporal relativamente corta. Las aguas subterráneas, los caudales fluviales y el almacenamiento en reservorios reflejan las anomalías de precipitación a largo plazo.

Además del SPI está el PDSI, y el MONITOR DE SEQUÍA DE NORTEAMÉRICA Y EL DE MÉXICO

ALGUNAS HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS



Disponibilidad de diversas bases de datos provenientes de satélites, estaciones en tierra y reanálisis en *Google Earth Engine* y las proporcionan las agencias nacionales CONAGUA y SMN.

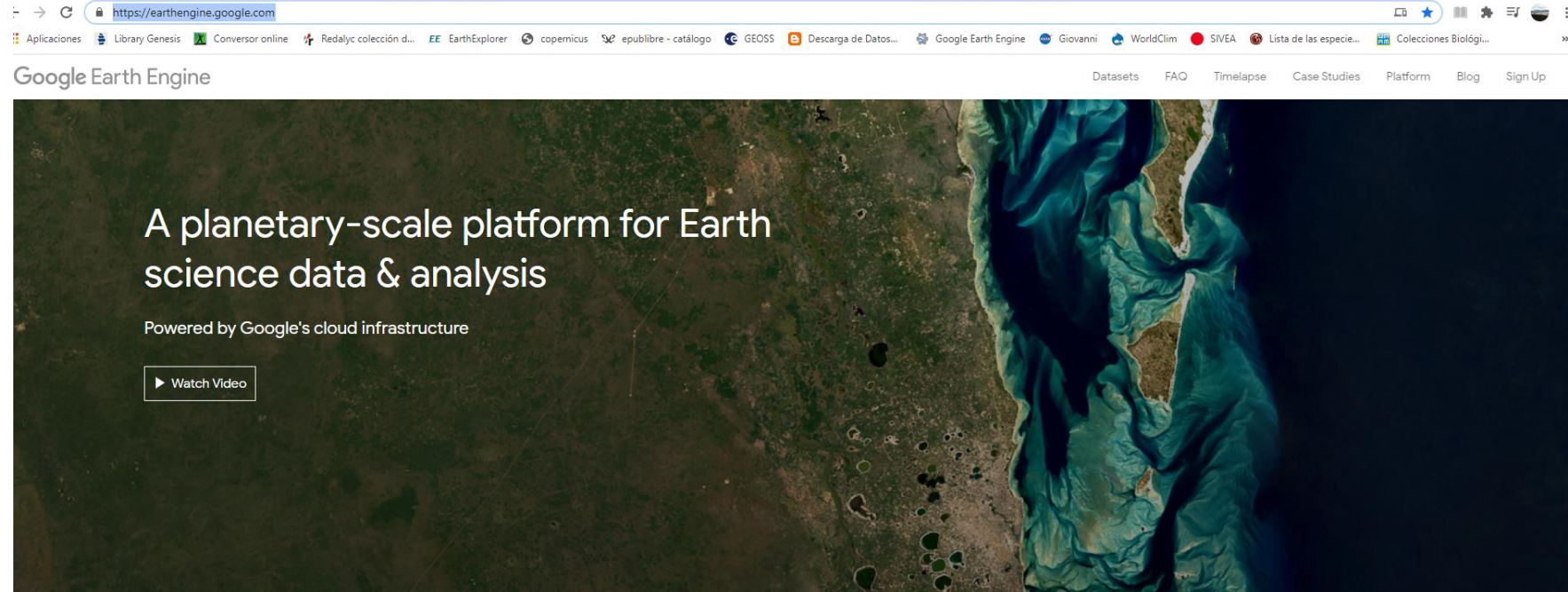


GEE

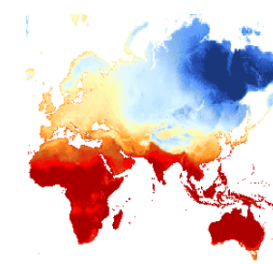
**GOOGLE EARTH ENGINE (GEE) ES UNA “PLATAFORMA DE ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN PLANETARIA”
DISEÑADO PARA CIENTÍFICOS
SU META ES HACER LAS COSAS FÁCIL Y HABILITAR A USUARIOS NO-TRADICINALES EL USO DE ESOS “BIG DATA”**

SE ENFOCA EN LOS GRANDES DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA SOCIEDAD

- **DEFORESTACIÓN**
- **SEQUÍAS**
- **DESASTRES**
- **ENFERMEDADES**
- **CAMBIO CLIMÁTICO**
- **SEGURIDAD ALIMENTARIA**
- **SUSTENTABILIDAD**



RESULTADOS DEL ENFOQUE PDSI HASTA 2021 CON BASE EN TERRACLIMATE



Dataset Availability
1958-01-01T00:00:00 -
Dataset Provider
[University of California Merced](#)
Collection Snippet
`ee.ImageCollection("IDAHO_EPSCOR/TERRACLIMATE")`
[See example](#)

Tags

climate

drought

evapotranspiration

geophysical

global

merced

monthly

palmer

pdsi

precipitation

runoff

temperature

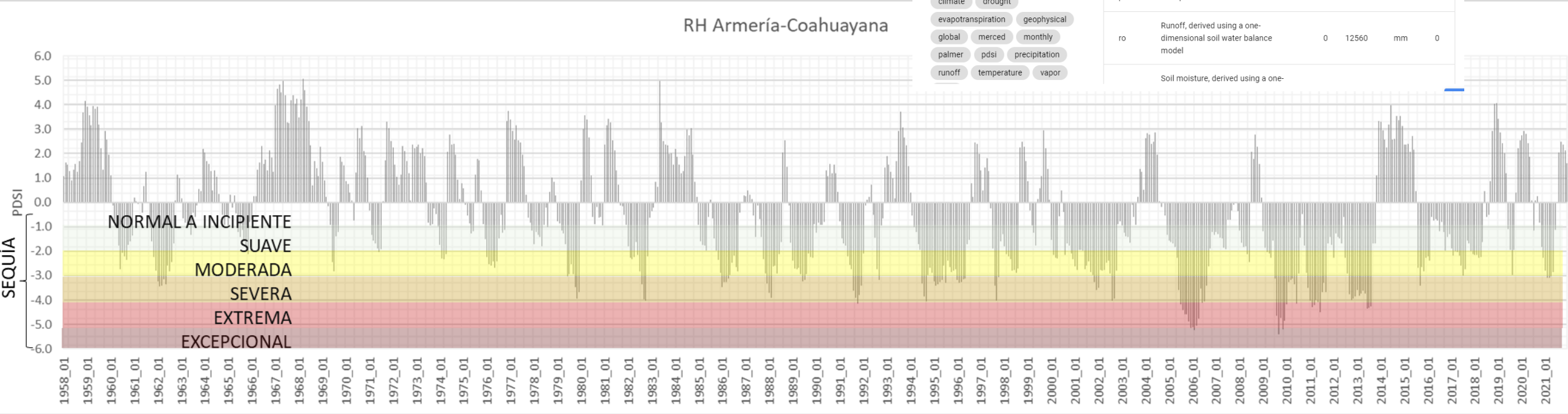
vapor

DESCRIPTIONBANDSIMAGE PROPERTIESTERMS OF USECITATIONS

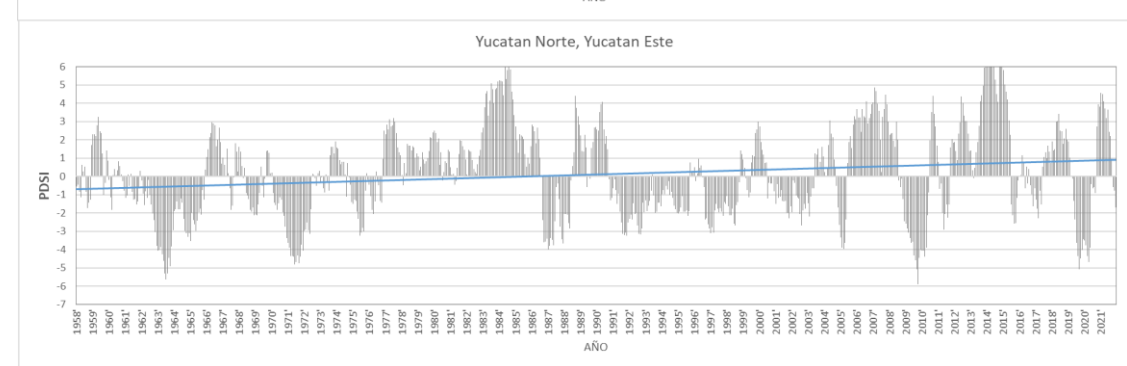
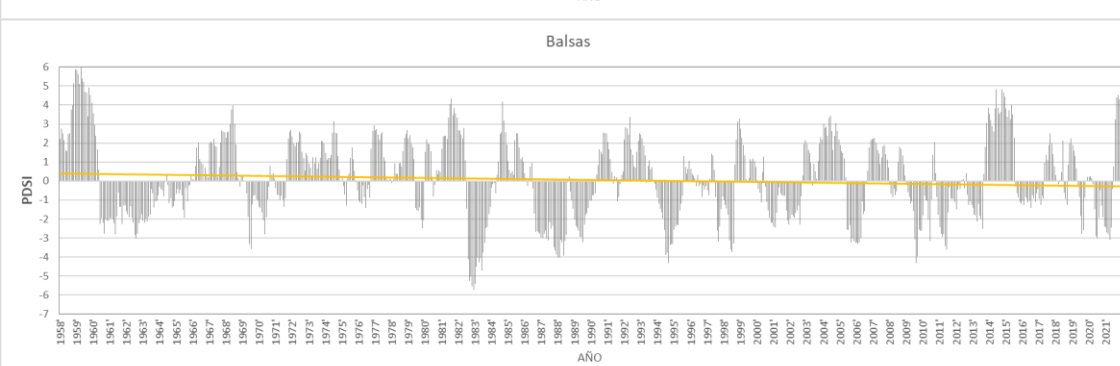
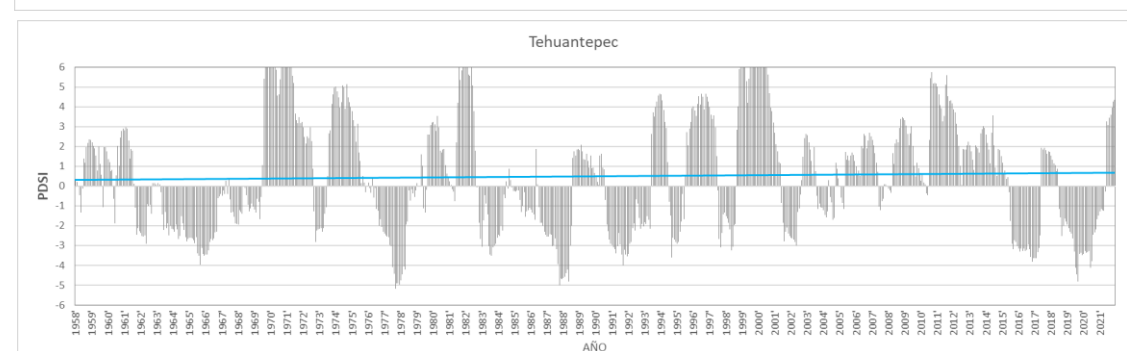
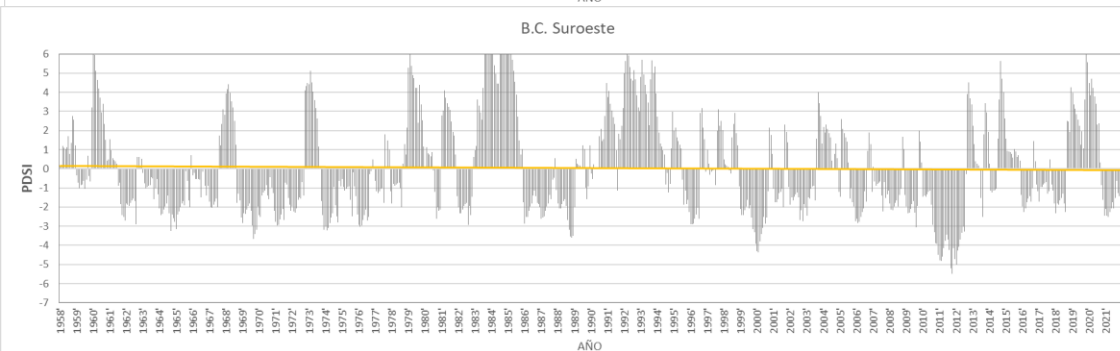
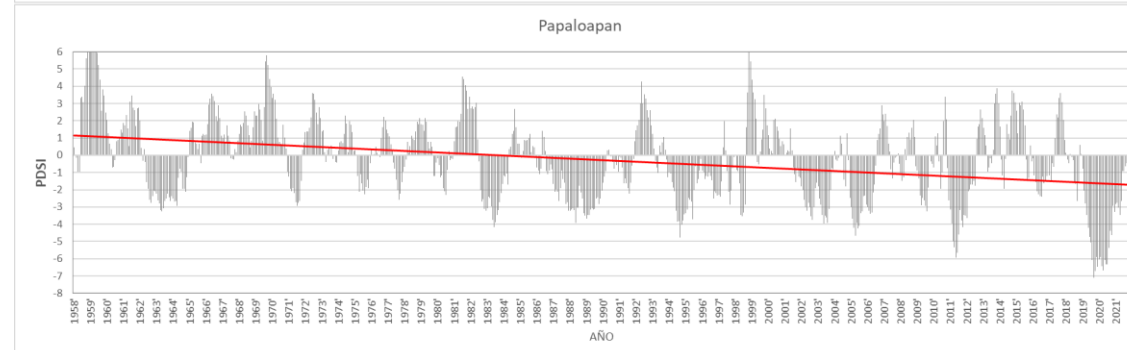
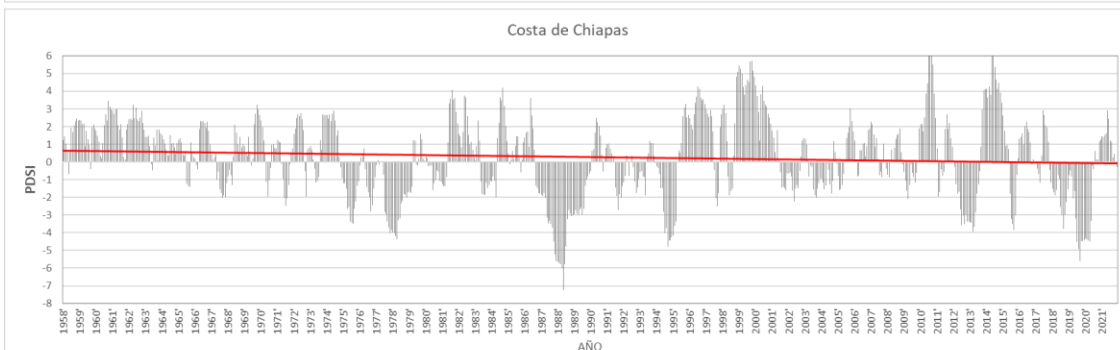
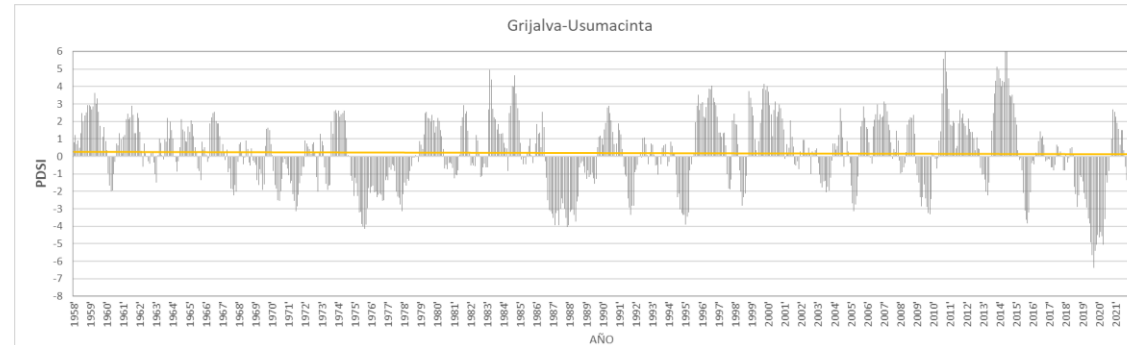
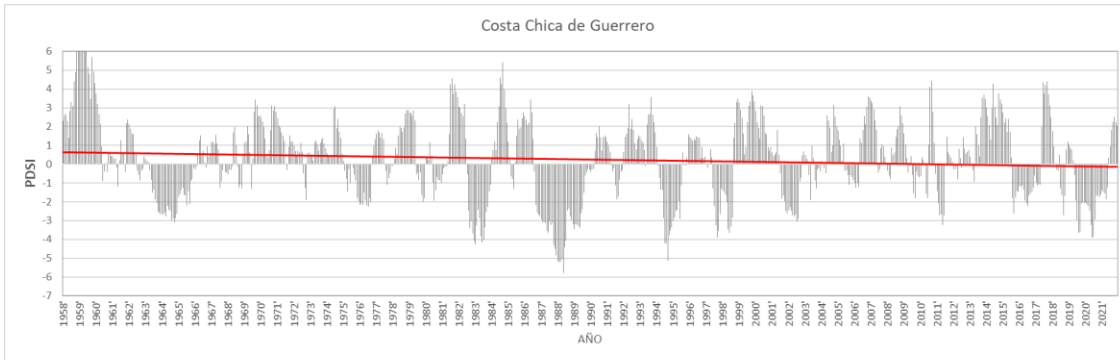
Resolution
4638.3 meters

Bands Table

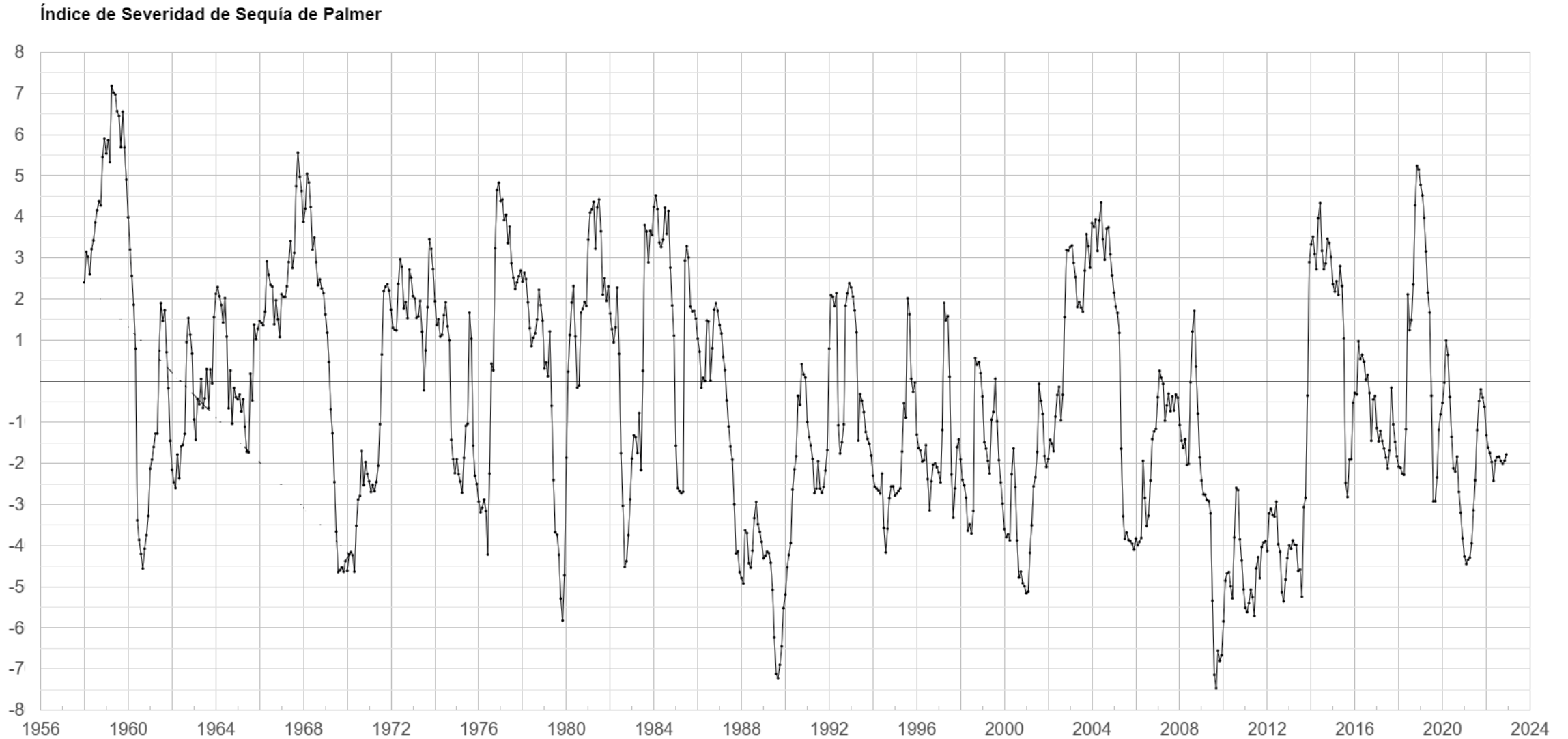
Name	Description	Min*	Max*	Units	Scale
aet	Actual evapotranspiration, derived using a one-dimensional soil water balance model	0	3140	mm	0.1
def	Climate water deficit, derived using a one-dimensional soil water balance model	0	4548	mm	0.1
pdsi	Palmer Drought Severity Index	-4317	3418		0.01
pet	Reference evapotranspiration (ASCE Penman-Montieth)	0	4548	mm	0.1
pr	Precipitation accumulation	0	7245	mm	0
ro	Runoff, derived using a one-dimensional soil water balance model	0	12560	mm	0
	Soil moisture, derived using a one-				



Del total de RH (39) solo 4, correspondientes a la península de Yucatán muestran tendencias a la reducción de sequías. Otras 12 RH no muestran ninguna tendencia y 23 RH, que corresponden a la mayor superficie del territorio, muestran claramente una tendencia a la sequía.



Un script adaptado para consultar la colección Terra, a nivel de microcuenca O DE MUNICIPIO toma unos segundos.
El ejemplo para el PDSI Mpio. Los Reyes, Mich. 1958-2022



RESULTADOS DEL ENFOQUE SPI (1982-2024)

CON BASE EN CHIRPS-MODIS

Cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación
(30, 90, 180, 365 días),

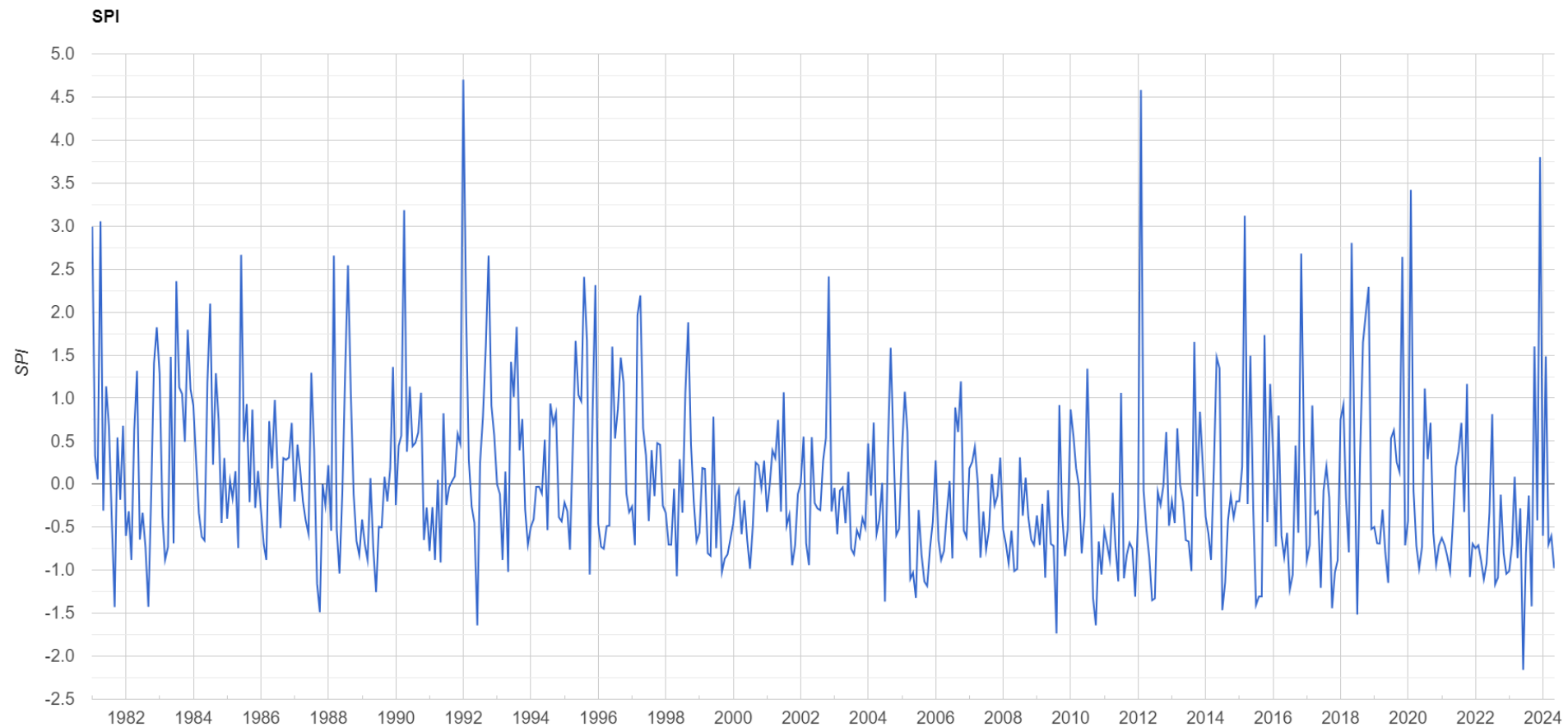
La estructura gral del script la ofrece FAO-UNESCO

Las BDG son CHIRPS y Modis

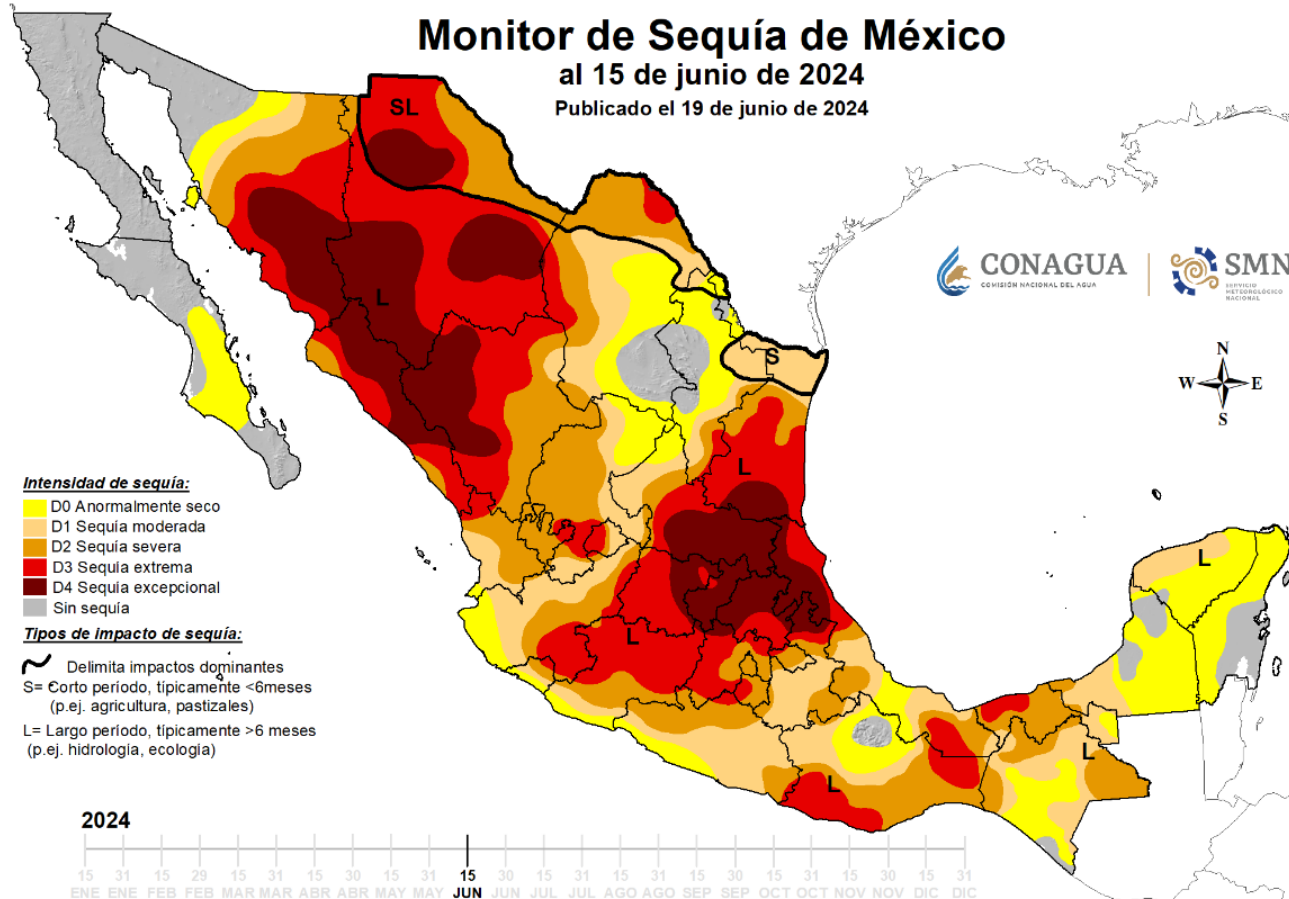
Se basa en el método de MCKee et al 1993

La plataforma de análisis es GEE

Los resultados también pueden descargarse para cada mes (o cada 16 días) en formato PNG o en archivos de texto CSV



RESULTADOS DEL ENFOQUE DEL MONITOR DE SEQUÍA DE MÉXICO (2003-JUNIO 2024)



Extensión del Monitor de Sequía de América del Norte

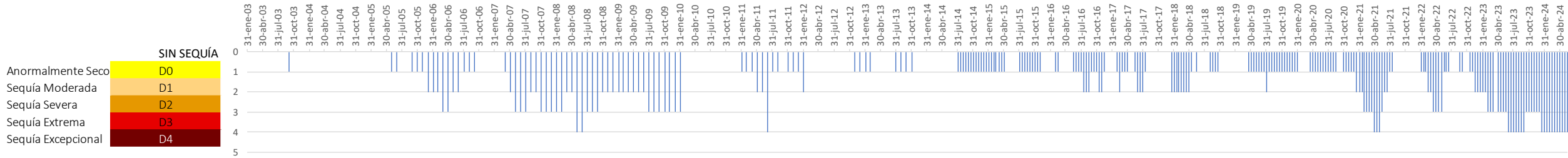
Se basan en:

- Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)
- Anomalía de Lluvia en Porcentaje de lo Normal (30, 90, 180, 365 días)
- Índice Satelital de Salud de la Vegetación (VHI)
- Modelo de Humedad del Suelo Leaky Bucket CPC-NOAA
- Índice Normalizado de Diferencia de la Vegetación (NDVI)
- Anomalía de la Temperatura Media
- Porcentaje de Disponibilidad de Agua en las presas del país y la aportación de expertos locales.
- Estos índices se despliegan en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se determinan las regiones

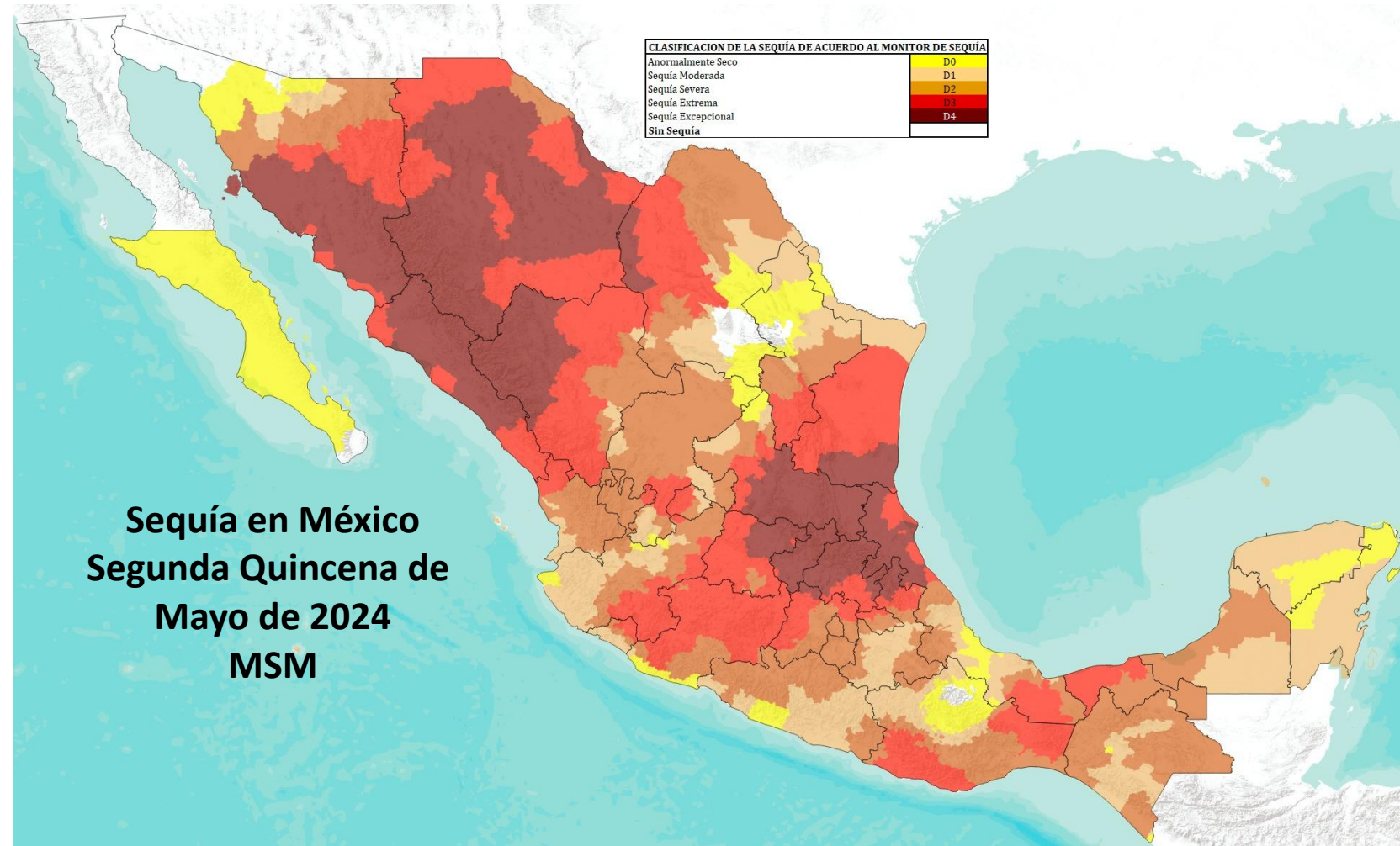
La escala de intensidades es común en Canadá-EUA y Méx.

Se emiten los concesos trinacionales cada 15 días se utilizan para cuantificar la sequía sobre el territorio nacional y cuando corresponden a la evaluación final de cualquier mes complementa además al mapa regional o continental del NADM.

Monitor de Sequía en México. Municipio de Los Reyes, Mich



- En la página del SMN ponen la hoja de Excel desde 2003
- Con un SIG tipo QGIS (gratuito) se espacializa ya que viene la valoración POR MUNICIPIO

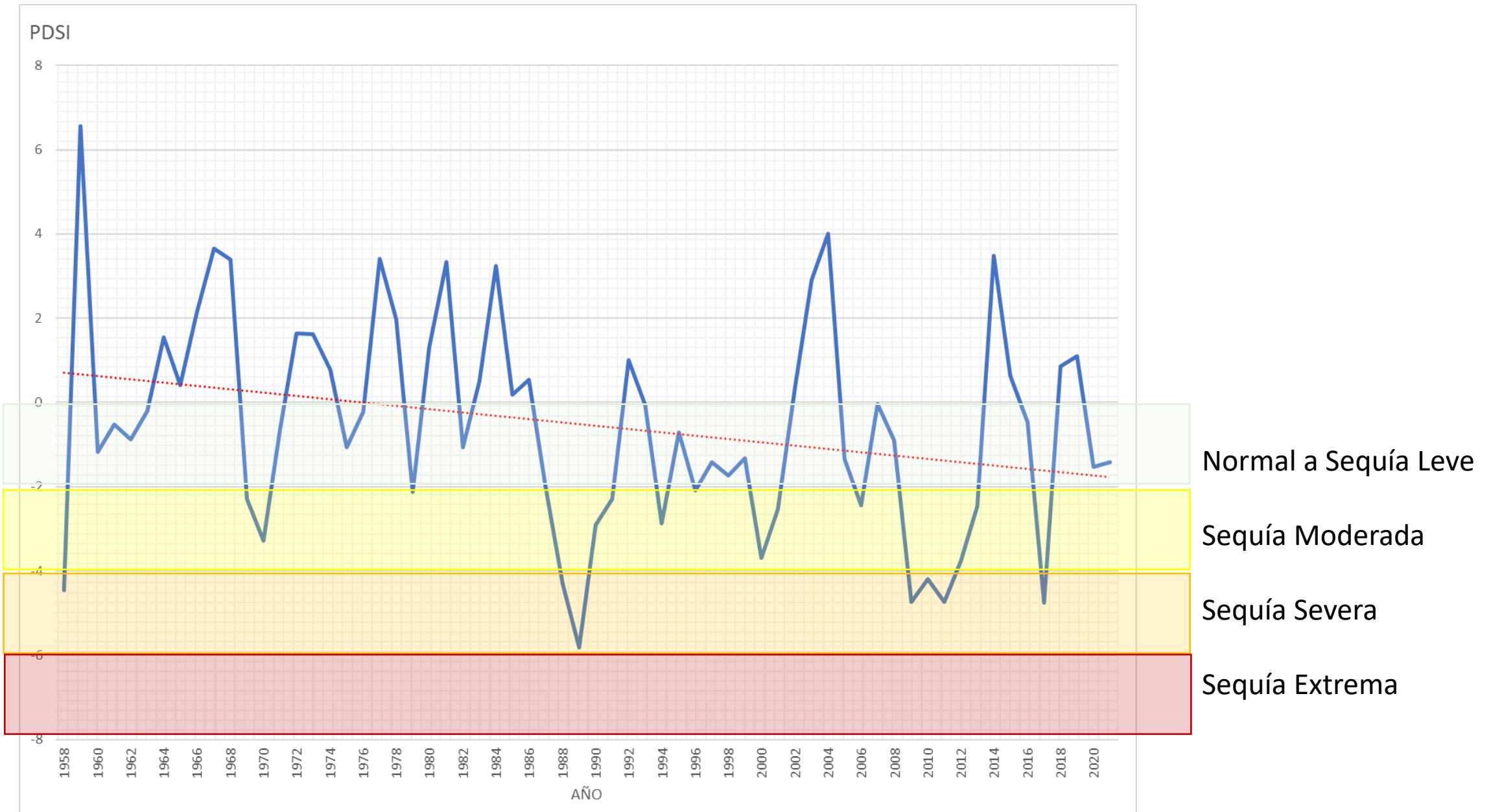


Hasta esta parte...

1. PDSI tiene un enfoque de “balance hídrico”, está disponible hasta 2022 en *TerraClimate* y está orientado a la retención de humedad del suelo.
2. SPI solo considera la diferencia normalizada (desviación estándar) de la precipitación.
3. El Monitor de Sequía de Norteamérica y México podría replicarse para modelarse, pero son tantas variables.
4. Lo más sencillo es revisar lo que otros modelos (no menos complejos), han desarrollado los especialistas.

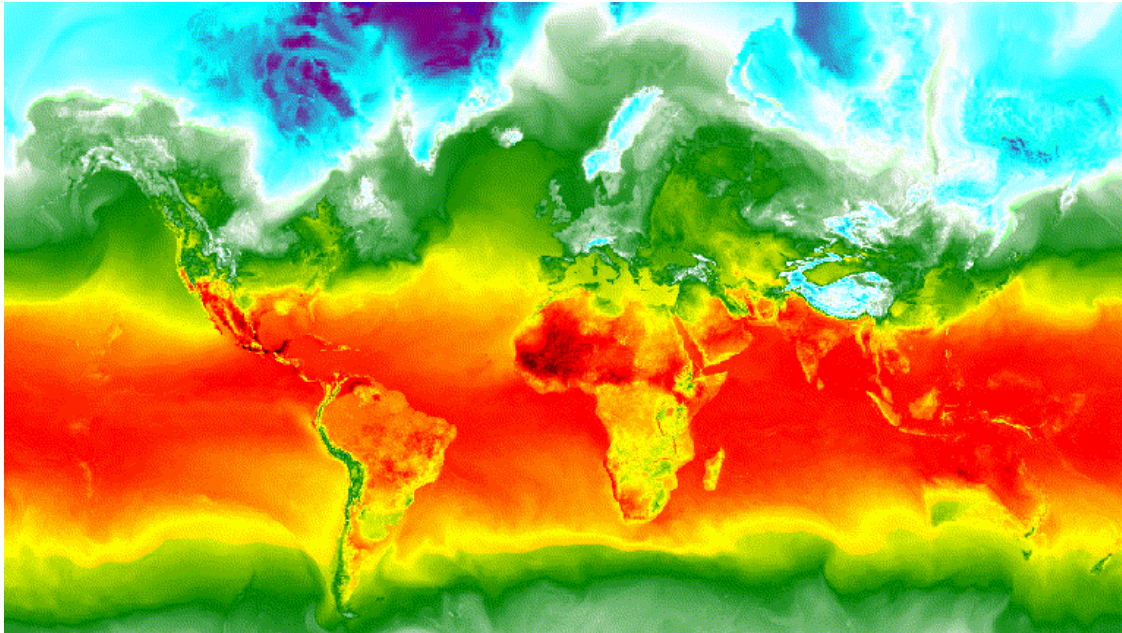
Hay varios modelos de “circulación general de la atmósfera” que proyectan escenarios de temperatura y precipitación: Anual, mensual y hasta diaria!

Tendencia de PDSI en la Meseta

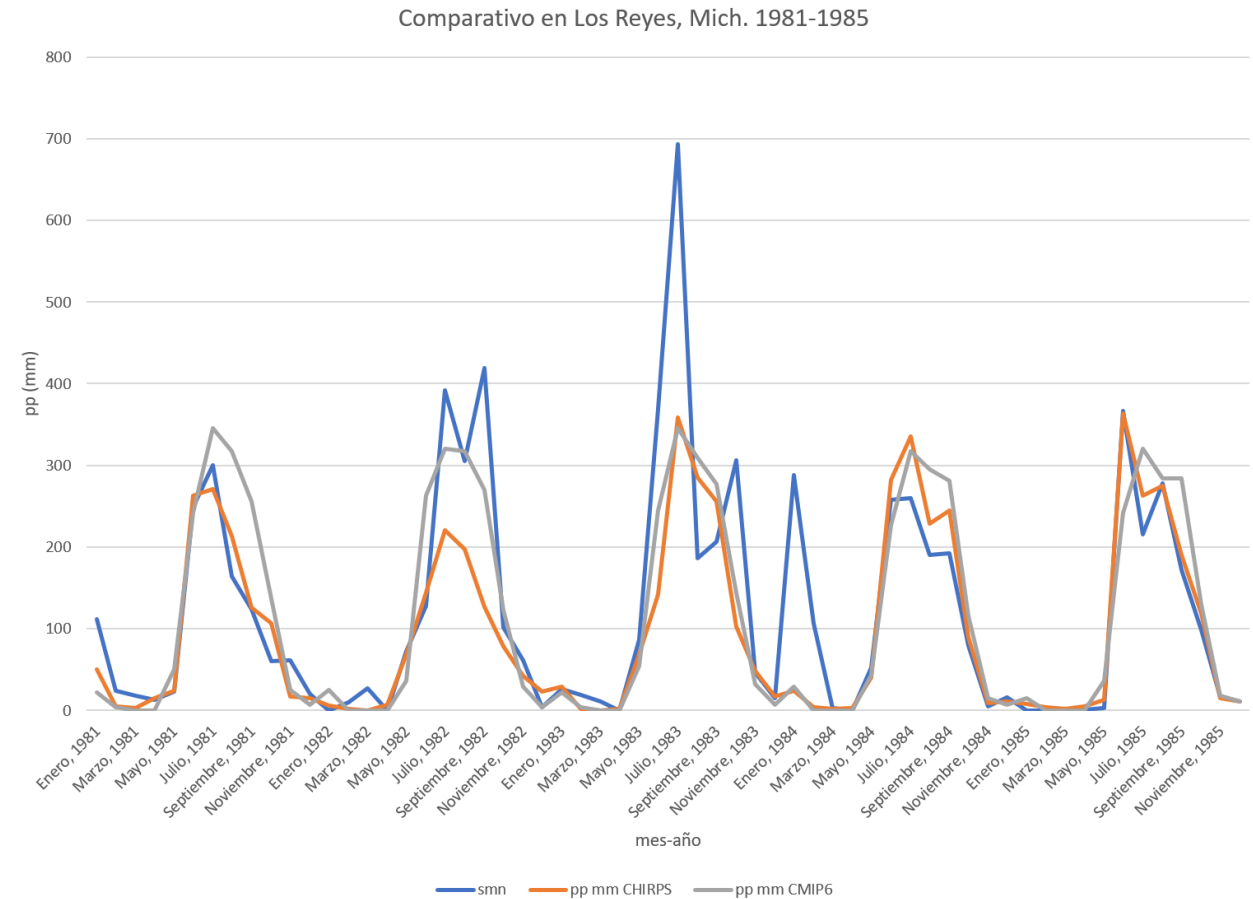


El Cambio Climático es un hecho y puede MODELARSE

- La realidad (ya no es expectativa) es que llueve menos, de manera más intensa y hace más calor.
- Se acelera el ciclo hidrológico y la parte del agua subterránea, se integró a esa dinámica acelerada de tiempo atrás.



MARCHA DIARIA DE LA TEMPERATURA



PRECIPITACIÓN

- MEDIDA
- REANALIZADA
- MODELADA

Desde hace por lo menos 10 años la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales) dejó de manejar como tal el concepto de “sustentabilidad” por el de “adaptación basada en ecosistemas”.

Tabla 1: Resumen de los impactos del cambio climático por sector en México (adaptado de SEMARNAT, 2013).		
Tema	Impactos proyectados	Nivel de impacto
Agua	Una gran parte del país se volverá más seca y habrá sequías más frecuentemente. Se espera una mayor demanda del recurso, especialmente en el norte del país y en zonas urbanas.	Medio
	Debido a la presencia de eventos de precipitación más extremos, se espera un mayor riesgo de inundaciones para 2 millones de personas, en particular aquellas que están ubicadas en las partes bajas de cuencas degradadas.	Medio
Costas	La infraestructura costera será afectada por el aumento del nivel del mar y la intrusión salina afectará la agricultura y la provisión de agua en las costas.	Bajo
Agricultura	Para el 2030, se espera que las condiciones empeoren para la mayoría de los cultivos. La producción de maíz se reducirá al 2050.	Bajo
Eventos extremos	En el Noroeste del Pacífico y el Atlántico Norte se espera una mayor intensidad en las tormentas, lo cual traerá impactos sociales y económicos severos.	Alto
Ecosistemas y biodiversidad	Algunos ecosistemas terrestres como los bosques de coníferas y las regiones áridas y semiáridas se verán reducidas. La productividad de los océanos disminuirá debido al aumento de la temperatura. Los mamíferos terrestres y voladores perderán aproximadamente el 80% de su distribución histórica.	Medio



ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS: UNA RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO



Financieros (diversas fuentes de mercado y no relacionadas con el mercado)

Pagos por servicios ecosistémicos (no transables)	Pagos para compensar a quienes mantienen los servicios ecosistémicos (p. ej., pagos por la gestión de las cuencas hidrográficas)
Financiamiento de carbono	Pagos por almacenamiento de carbono (p. ej., Mecanismo de Desarrollo Limpio, mercado voluntario de carbono)
Incentivos relacionados con REDD	Incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo
Mecanismos basados en la biodiversidad, regímenes de compensación de biodiversidad (<i>biodiversity offsets</i>)	Pagos basados en indicadores indirectos o representativos de la biodiversidad (p. ej., la superficie de bosque no intervenido)
Canjes de deuda por naturaleza	Cancelación de la deuda a cambio de la conservación de los ecosistemas naturales (p. ej., la creación de áreas protegidas en Costa Rica a cambio de la condonación de la deuda)
Fondos fiduciarios de conservación	Fondos para mejorar la gestión y asegurar la conservación de las áreas protegidas (p. ej., convenios de conservación)
Certificación y etiquetado	Certificación de productos y servicios cuya producción tenga un impacto mínimo en los ecosistemas, aspecto que se verifica mediante la aplicación de rigurosas normas e indicadores (p. ej., el ecoturismo, certificación del Consejo de Administración Forestal – FSC por sus siglas en inglés) de manera que se evite la creación de obstáculos al comercio)
Acceso/sobrepeso en los mercados verdes	Agregación de valor y aumento del acceso al mercado para productos y servicios sostenibles (p. ej., un nicho de mercado para los productos orgánicos, el café orgánico)
Desarrollo de mercados	Desarrollo de nuevos mercados y expansión de los mercados existentes de productos y servicios respetuosos con el medio ambiente
Premio/reconocimiento medioambiental	Reconocimiento público a la buena administración del medio ambiente
Eliminar subvenciones perjudiciales (p. ej., pesca, agricultura, energía)	Eliminación de las subvenciones que destruyen, degradan o llevan al uso insostenible de los ecosistemas
Impuestos, tasas y cargos	Cobro de impuestos sobre actividades que destruyen o degradan o implican un mal manejo de los recursos naturales (p. ej., impuestos al uso de pesticidas, a la extracción insostenible de madera...)
Cuotas negociables	Fijación de cuotas para la extracción de bienes (como la leña, madera, pesca, recolección de especies silvestres) de los ecosistemas naturales para garantizar su gestión sostenible

No Financieros

Definición de la tenencia, el ordenamiento y propiedad de la tierra y de los derechos de uso y manejo

Aclaración de la tenencia y los derechos sobre la tierra, para mejorar la conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas

Sensibilización ciudadana y desarrollo de capacidades para la Adaptación basada en Ecosistemas

Un mayor reconocimiento del valor de la Adaptación basada en Ecosistemas y su papel en las estrategias de adaptación, que conduzca a aumentar su implementación

Elaboración, perfeccionamiento y aplicación de leyes

Leyes que promueven la implementación de la Adaptación basada en Ecosistemas y herramientas para garantizar el cumplimiento; leyes que promueven el uso sostenible de los ecosistemas o desalientan la mala administración (p. ej., legislación sobre áreas protegidas, normas sobre el uso de pesticidas, leyes sobre la contaminación del agua)

Fortalecimiento institucional y creación de alianzas

La asignación de recursos financieros y humanos a las instituciones pertinentes y la creación de redes con la participación de los diversos interesados

Desarrollo, transferencia y despliegue de tecnologías ecológicamente racionales

Desarrollo de tecnologías materiales e inmateriales que pueden ayudar a aplicar la Adaptación basada en Ecosistemas (p. ej., desarrollo de software, sistemas de alerta temprana, arrecifes artificiales)

Fuente: CDB, 2009.

CONCLUSIONES

1. Se ha extendido el uso de diferentes índices para medir sequía. Cada uno se enfoca en aspectos particulares del fenómeno:
 - *El Balance hídrico y la retención de humedad en el suelo (**PDSI**)
 - *La normalidad de la precipitación (**PSI**)
 - *Los efectos o daños ocasionados a la agricultura, el abasto de agua potable, etc. (**MSM**)
2. La literatura destaca el **SPI** ya que se señala que estimado de 1 ó 2 meses es de utilidad para medir **sequía meteorológica**, de entre 1 y 6 meses para la **sequía agrícola**, y de entre unos 6 y 24 meses o más para los análisis y aplicaciones de la **sequía hidrológica**.
3. Ante la posible aceleración de efectos del CC en el sentido de incrementos en la frecuencia e intensidad de sequías, estimaciones de este tipo con metodologías también expeditas pueden ser útiles en el diseño de políticas públicas relacionadas con el abasto de agua.



3 Congreso
Nacional
de Riesgos
Hidrogeológicos
Vulnerabilidad de los recursos hídricos subterráneos ante riesgos hidrológicos

TALLER

EVALUACIÓN DE RIESGOS HIDROCLIMÁTICOS EN GOOGLE EARTH ENGINE Y QGIS

DURACIÓN: 10 HORAS

MODALIDAD: PRESENCIAL

CUPO MÁXIMO: 20 PERSONAS

CUPO MÍNIMO: 10 PERSONAS

COSTOS

PÚBLICO EN GENERAL: \$800

ASOCIADOS Y ALUMNOS: \$400



UTEC, MORELIA

SEP
23
2024



IMPARTIDO POR:
DR. ALFREDO AMADOR GARCÍA



<https://conrhid.org>



congresos.amerhid@gmail.com

GRACIAS POR SU ATENCIÓN