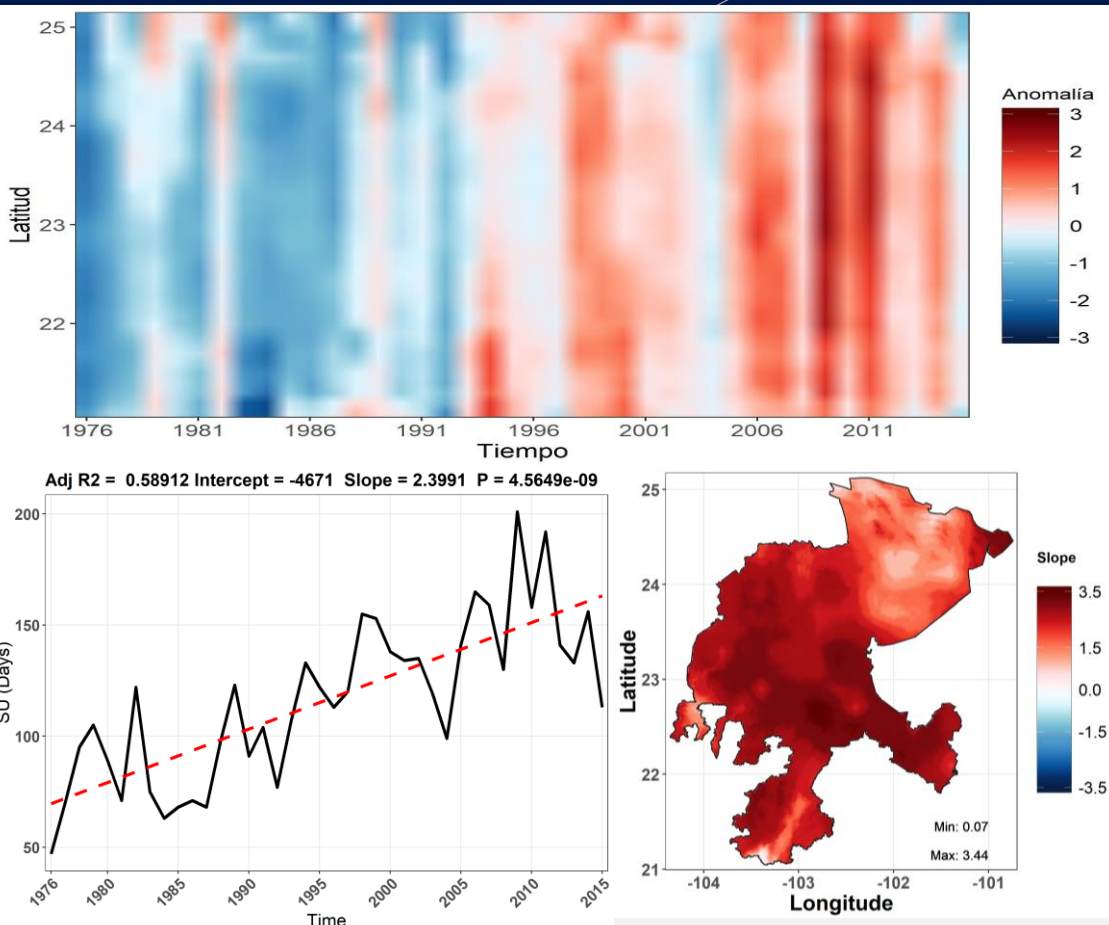




# Webinar 21



El uso de indicadores climáticos y representación espacio-temporal de tendencias de cambio climático: Tres casos de estudio en México.

M.C. Óscar Pita-Díaz

Colaborador en la Subcoordinación de Hidrometeorología

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

# Contenido



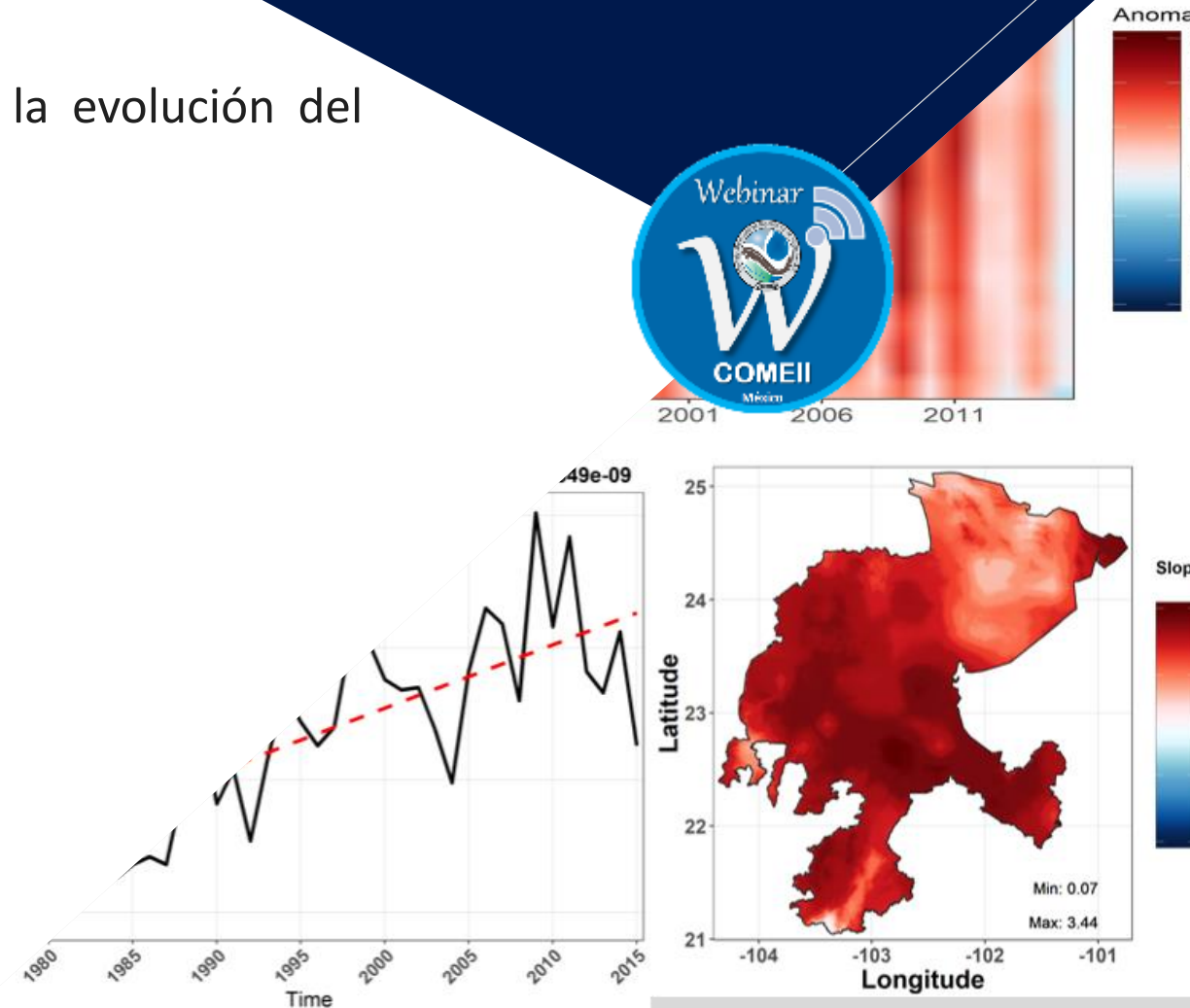
## 1. Generalidades

- 1.1 Introducción
- 1.2 Índices de cambio climático
- 1.3 Cálculo de índices y tendencias
- 1.4 Representación espacio-temporal para observar la evolución del clima

## 2. Evolución del clima en algunas regiones de México

- 2.1 Zonas de estudio
- 2.2 Caracterizaciones climáticas
- 2.3 Índices de cambio climático
- 2.4 Índices de sequía meteorológica

## 3. Conclusiones



# 1.1 Introducción – importancia del tema



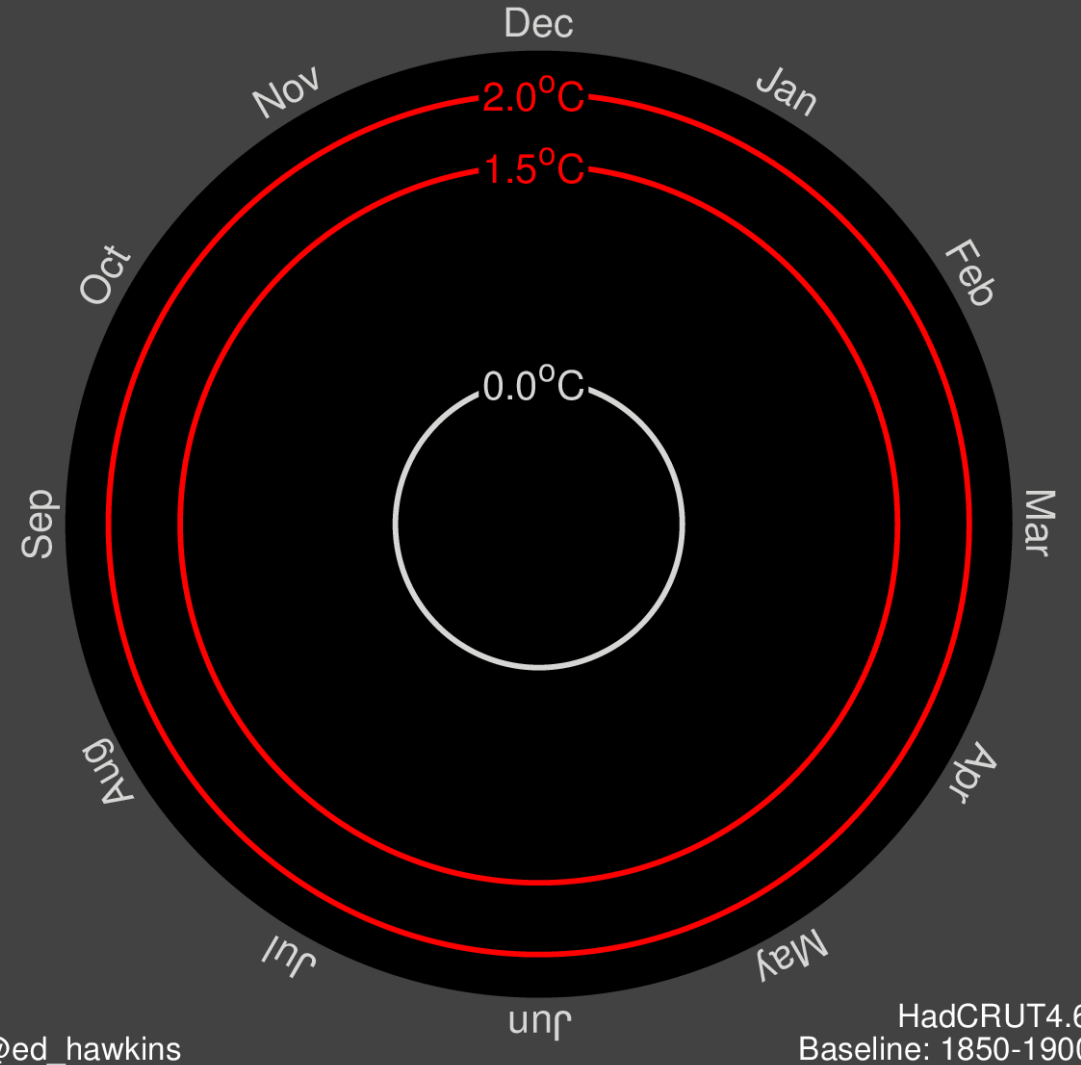
- Se ha documentado que los impactos del cambio climático no serán uniformes en todo el planeta, sino que variarán regionalmente, aunque se prevén un aumento de la temperatura y un incremento del nivel del mar. Otras variables como la precipitación indican tendencias variables dependiendo de la región.
- Se han observado cambios significativos en diferentes magnitudes analizadas en el aspecto físico y biológico en diferentes regiones del mundo.
- Se requiere realizar un análisis estadístico de tendencias presentadas en registros históricos de series climáticas, para identificar no solo posibles evidencias de cambio climático, sino para aplicar modelos climáticos que permitan estudiar posibles impactos en los diferentes sectores productivos de la sociedad.

# 1.1 Introducción

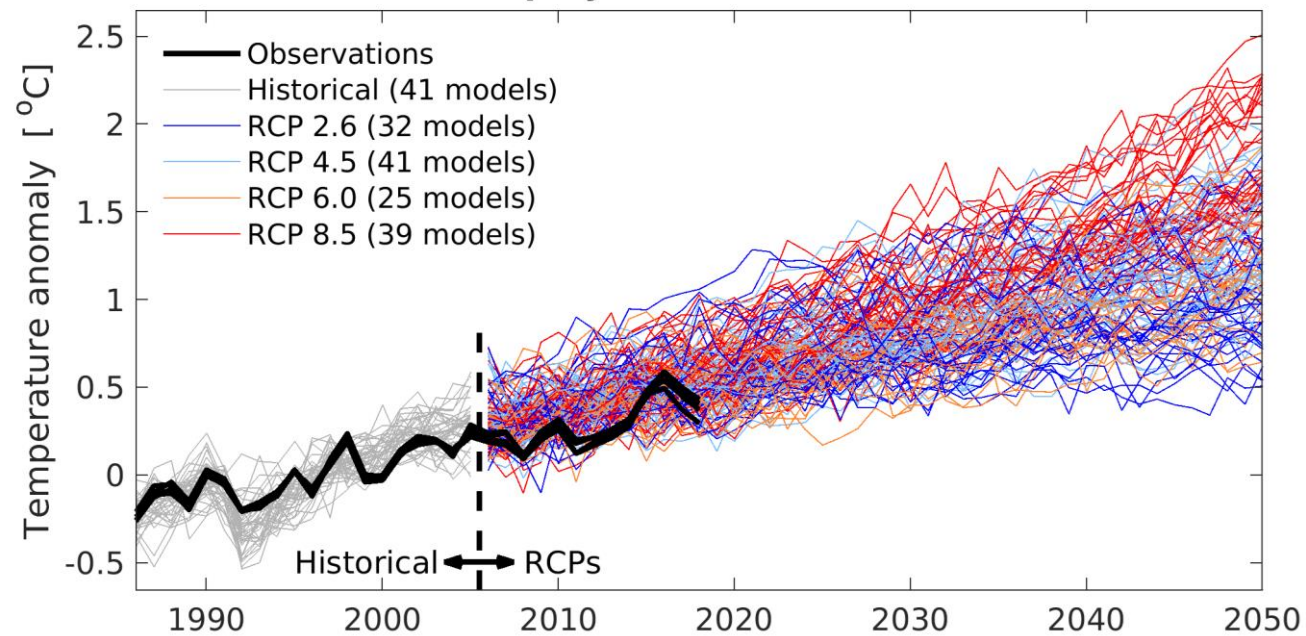


- Modificación de los flujos térmicos y dinámicos de la atmósfera debido a la acumulación de GEI.
- Irregularidad de precipitaciones
- Aumento de temperaturas máximas
- Eventos de humedad y sequía
- Limitada capacidad de adaptación

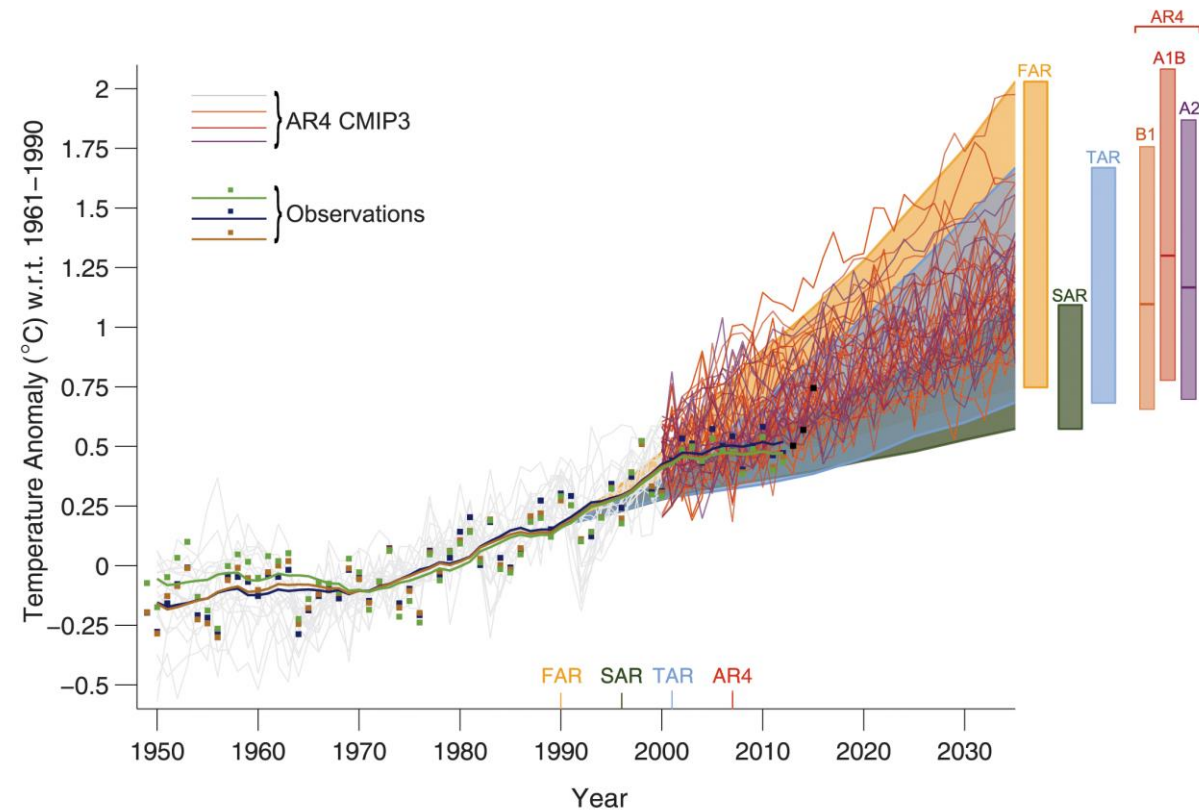
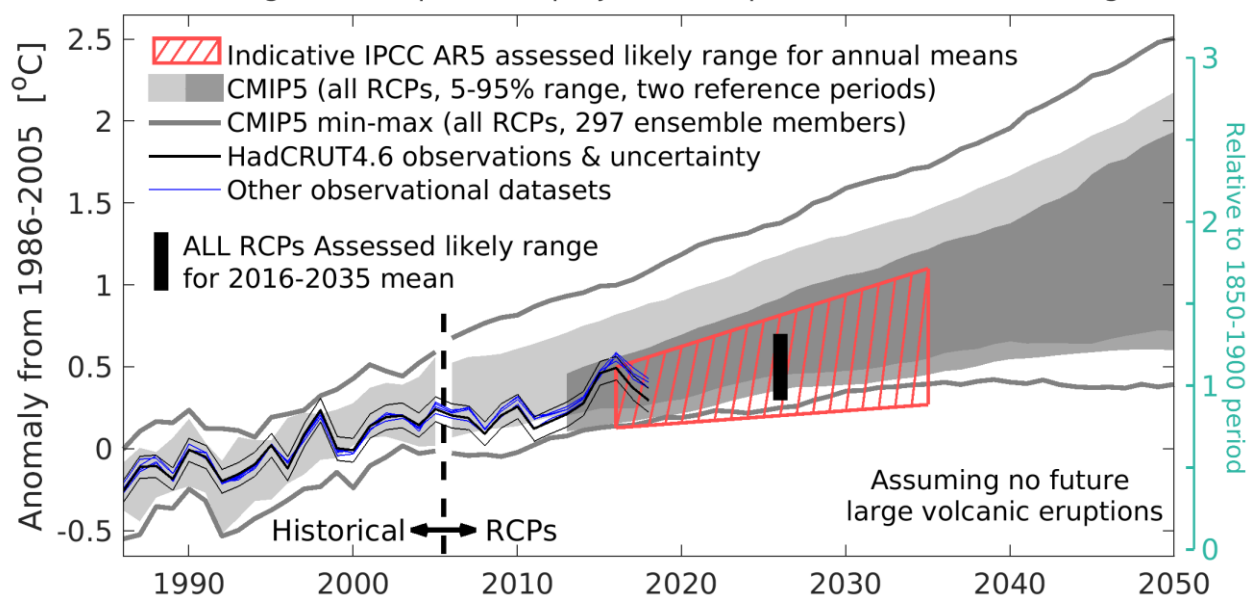
Global temperature change (1850-2020)

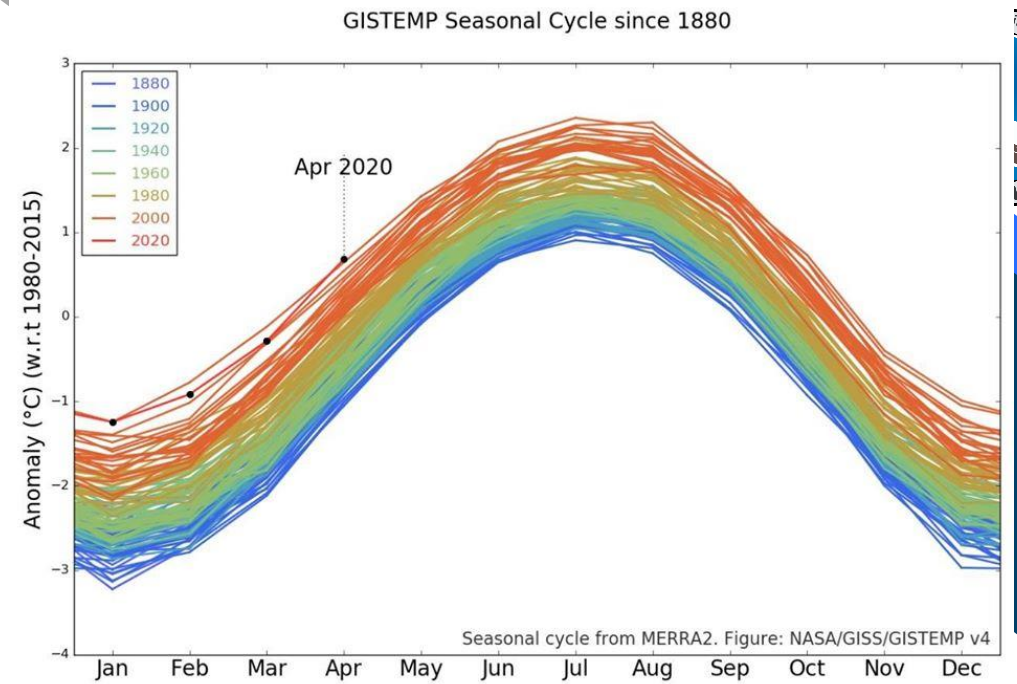
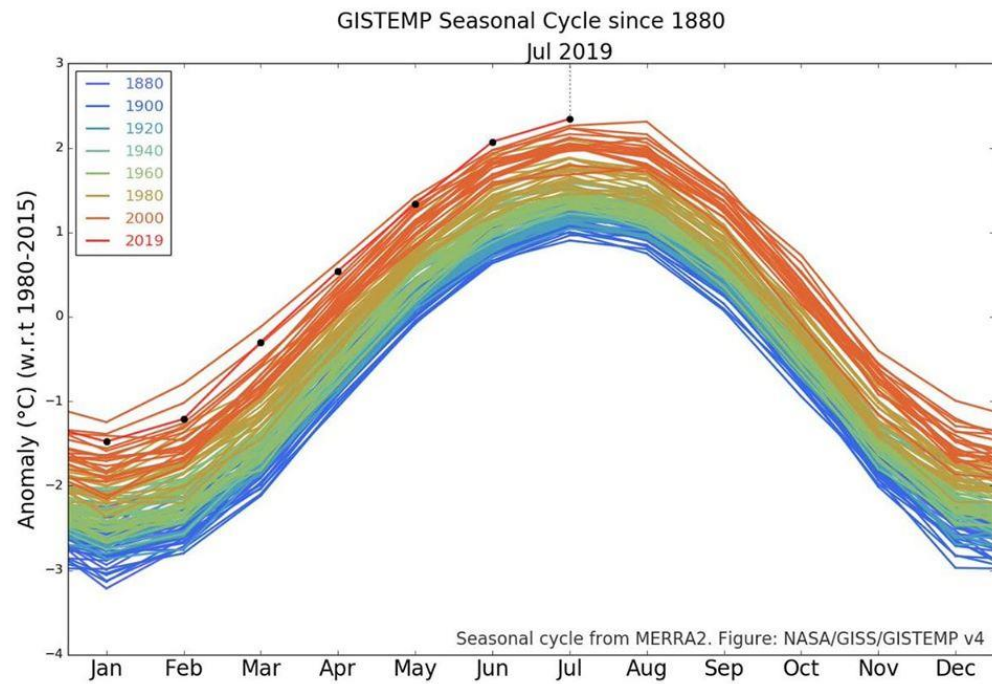


### GMST near-term projections relative to 1986-2005

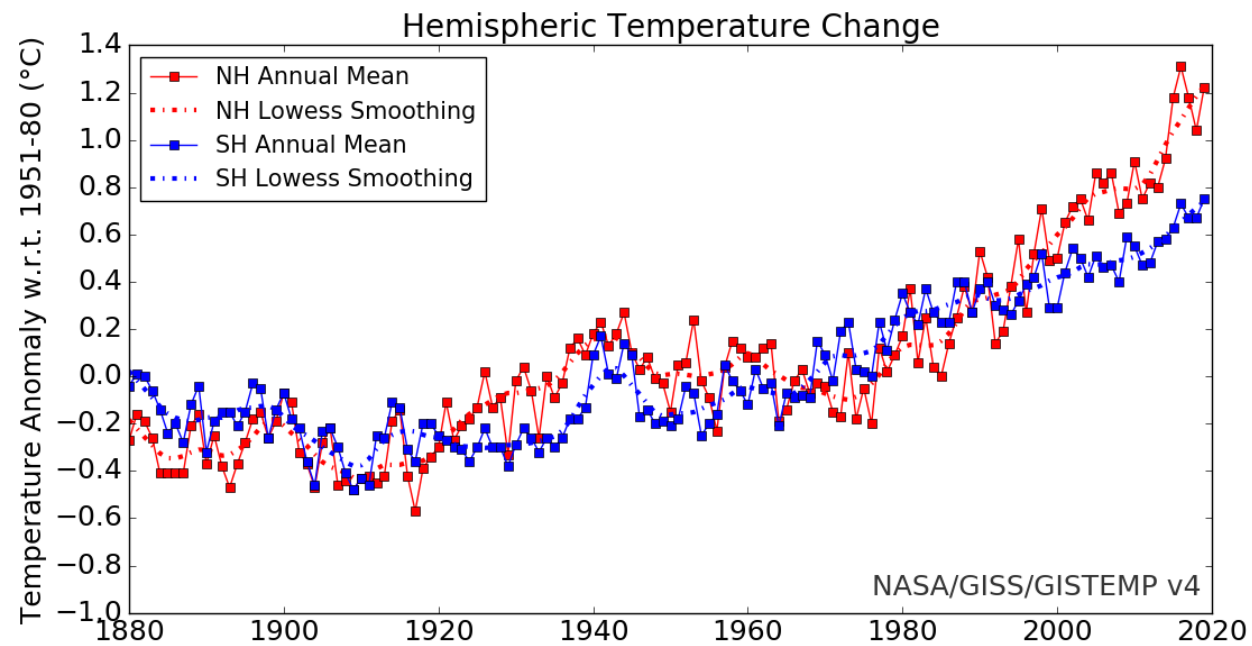
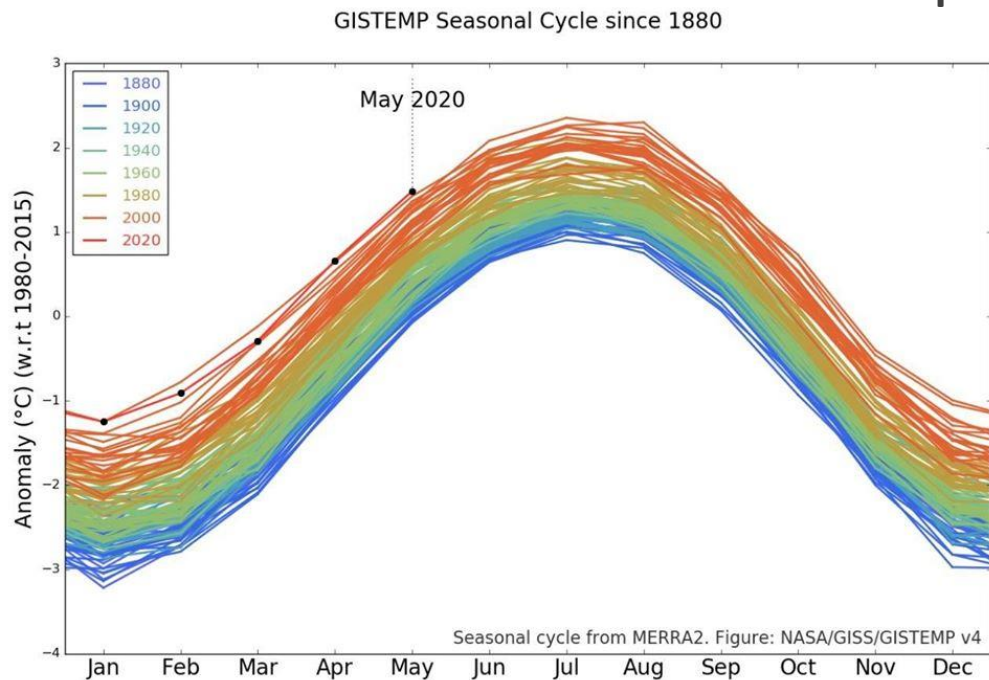


CMIP5 near-term global temperature projections: updated from IPCC AR5 Fig. 11.25

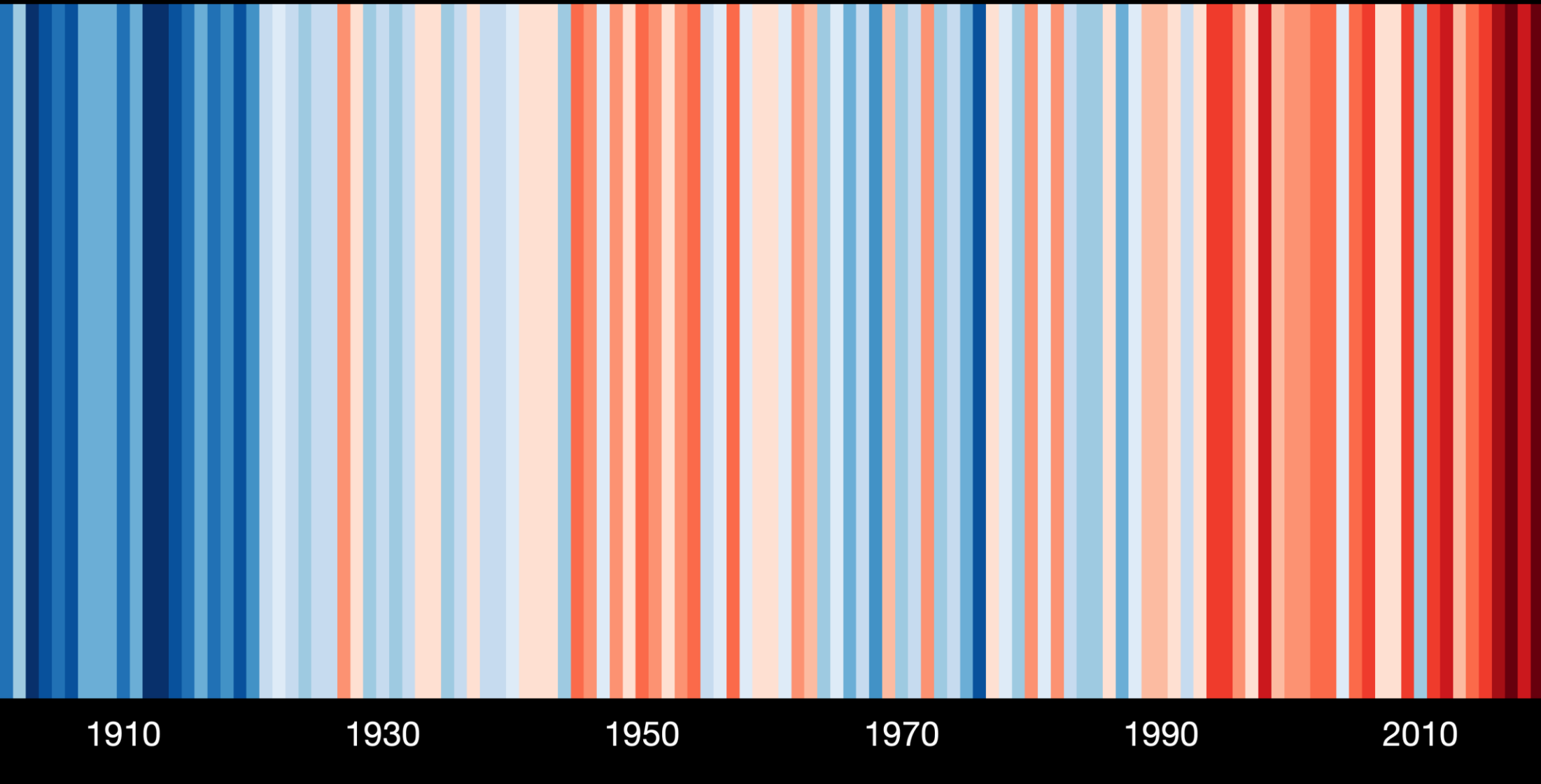




**Fuente: [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v4/](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/)**



# Temperature change in Mexico since 1901



Ed Hawkins

Datos: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD, SMHI, UoR, Meteo France & ZAMG

# 1.2 Índices de cambio climático



<http://etccdi.pacificclimate.org>

Índice	Descripción	Índice	Descripción
CDD	Días secos consecutivos	R5day	Precipitación máxima en 5 días
CSDI	Duración de los periodos fríos	SDII	Índice simple de intensidad diaria
CWD	Días húmedos consecutivos	SU	Días de verano
DTR	Rango diario de temperatura	TN10p	Noches frías
FD	Días con helada	TN90p	Noches cálidas
GSL	Estación de crecimiento	TNn	Temperatura mínima extrema
ID	Días con hielo	TNx	Temperatura mínima más alta
PRCPTOT	Precipitación total anual	TR	Noches tropicales
R10mm	Días con lluvia mayor a 10 mm	TX10p	Días frescos
R20mm	Días con lluvia mayor a 20 mm	TX90p	Días calurosos
R95p	Días muy húmedos	TXn	Temperatura máxima más baja
R99p	Días extremadamente húmedos	TXx	Temperatura máxima extrema
Rnnmm	Días con lluvia mayor a nn	WSDI	Duración de los periodos cálidos
RX1day	Precipitación máxima en un día		



# Índices de sequía meteorológica

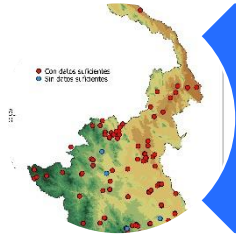


Índice Normalizado de Precipitación  
(SPI; McKee et al. 1993, 1995)

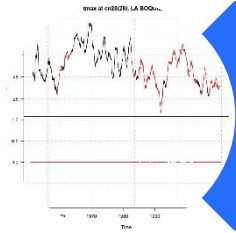
Índice Normalizado de Precipitación y Evapotranspiración  
(SPEI; Vicente-Serrano et al. 2010)

> 2	Extremadamente húmedo
1.5 – 1.99	Severamente húmedo
1.0 – 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 – 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 – -1.49	Moderadamente seco
-1.5 – -1.99	Severamente seco
< -2	Extremadamente seco

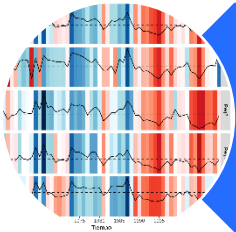
**Clasificación del Índice Normalizado de Precipitación.  
Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2012).**



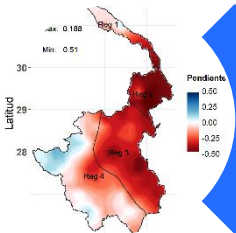
Disponibilidad y selección de datos



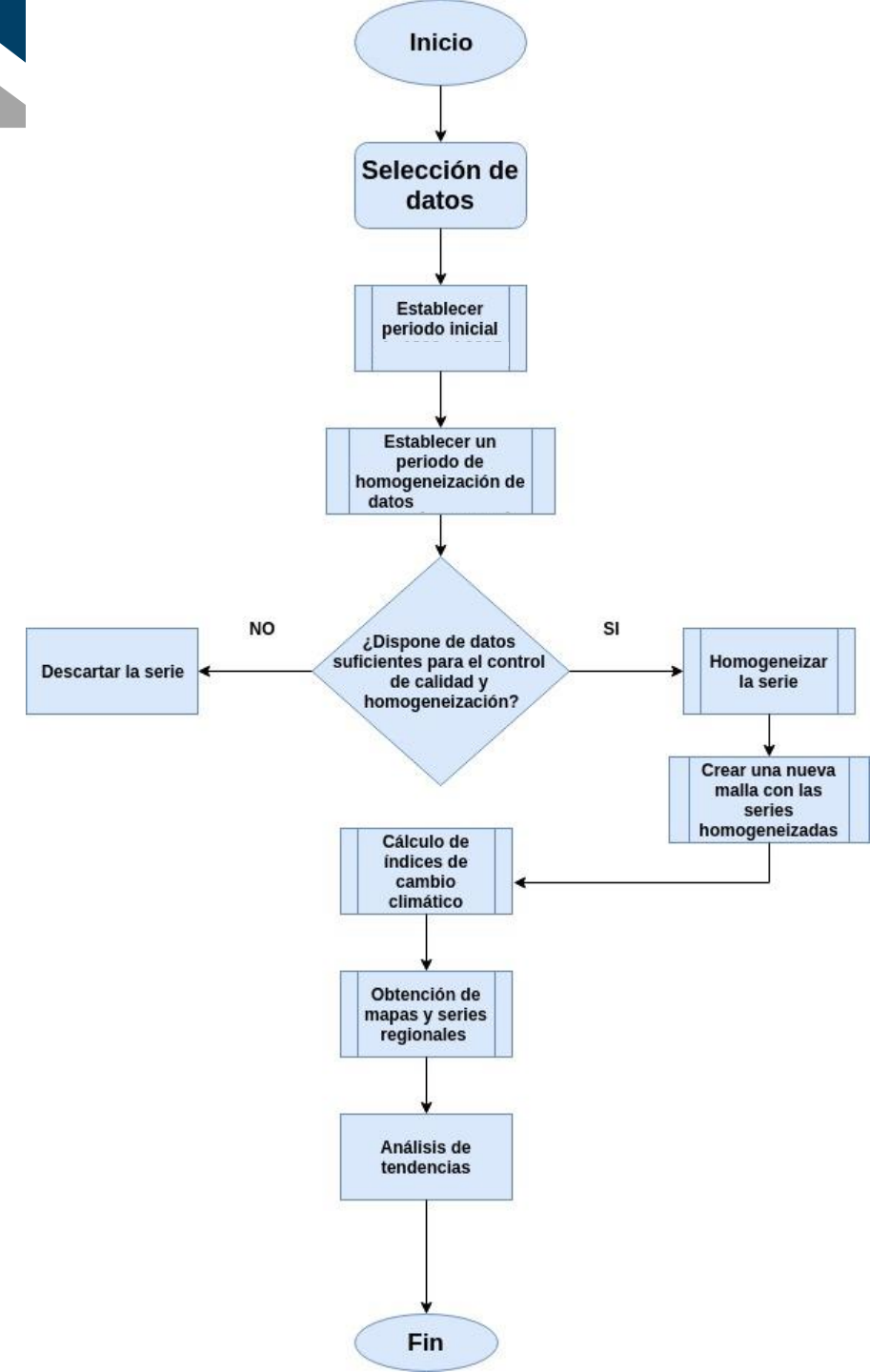
Homogeneización de datos climáticos



Cálculo de índices



Análisis de índices y tendencias



# 1.3 Cálculo de índices y tendencias



ETCCDI

Climdex.pcic.ncdf

SPI y SPEI

Librería SPEI  
(Beguería y Vicente-Serrano, 2017)

Tendencias

Librería  
Greenbrown  
(Forkel *et. al.*, 2013  
y 2015)

# 1.4 Representación espacio-temporal para observar la evolución del clima

Mapas

Diagrama Hovmöller

Diagrama Hovmöller Modificado

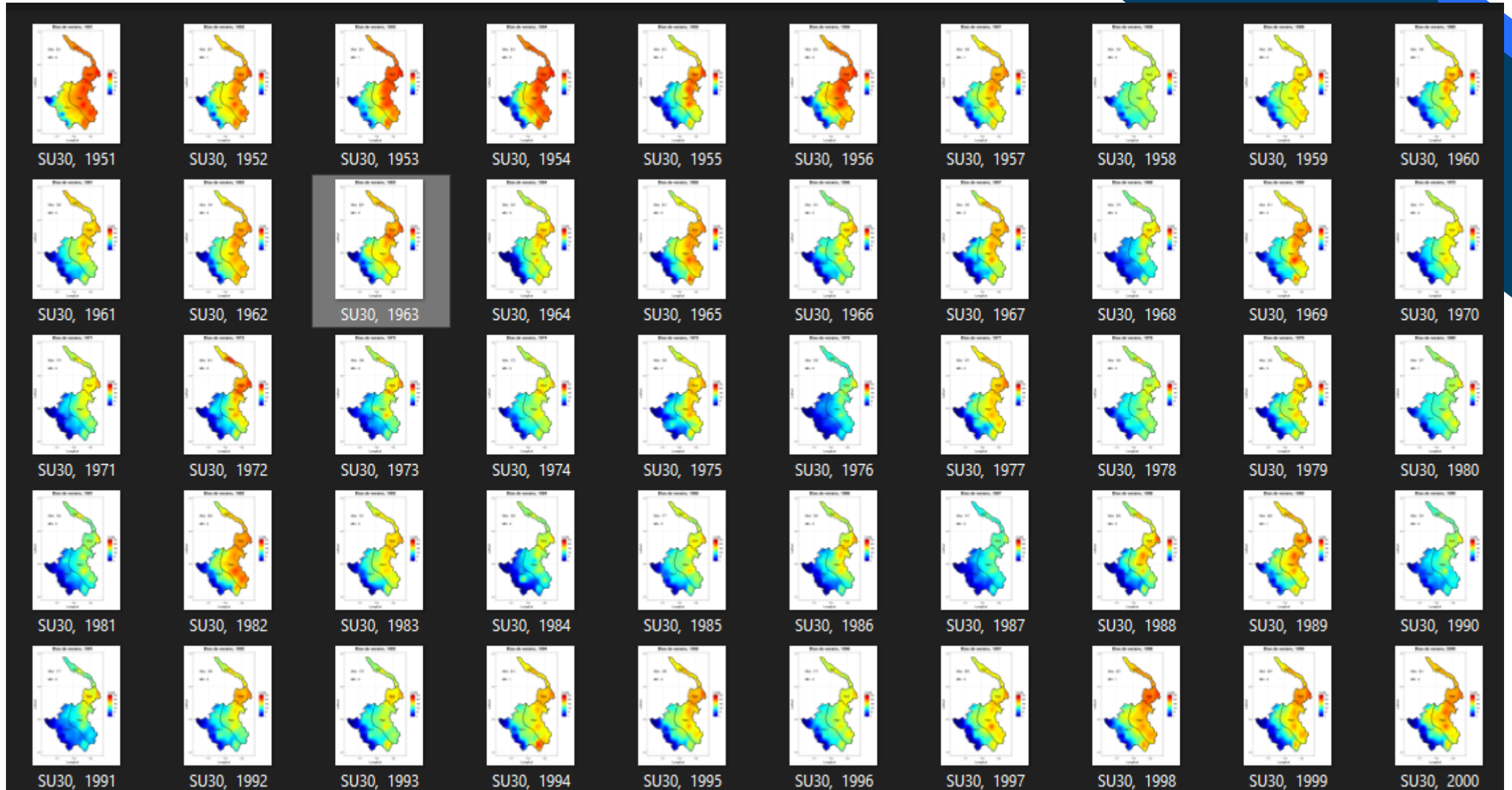
Barras de calentamiento

Serie de tiempo

Anomalías estandarizadas

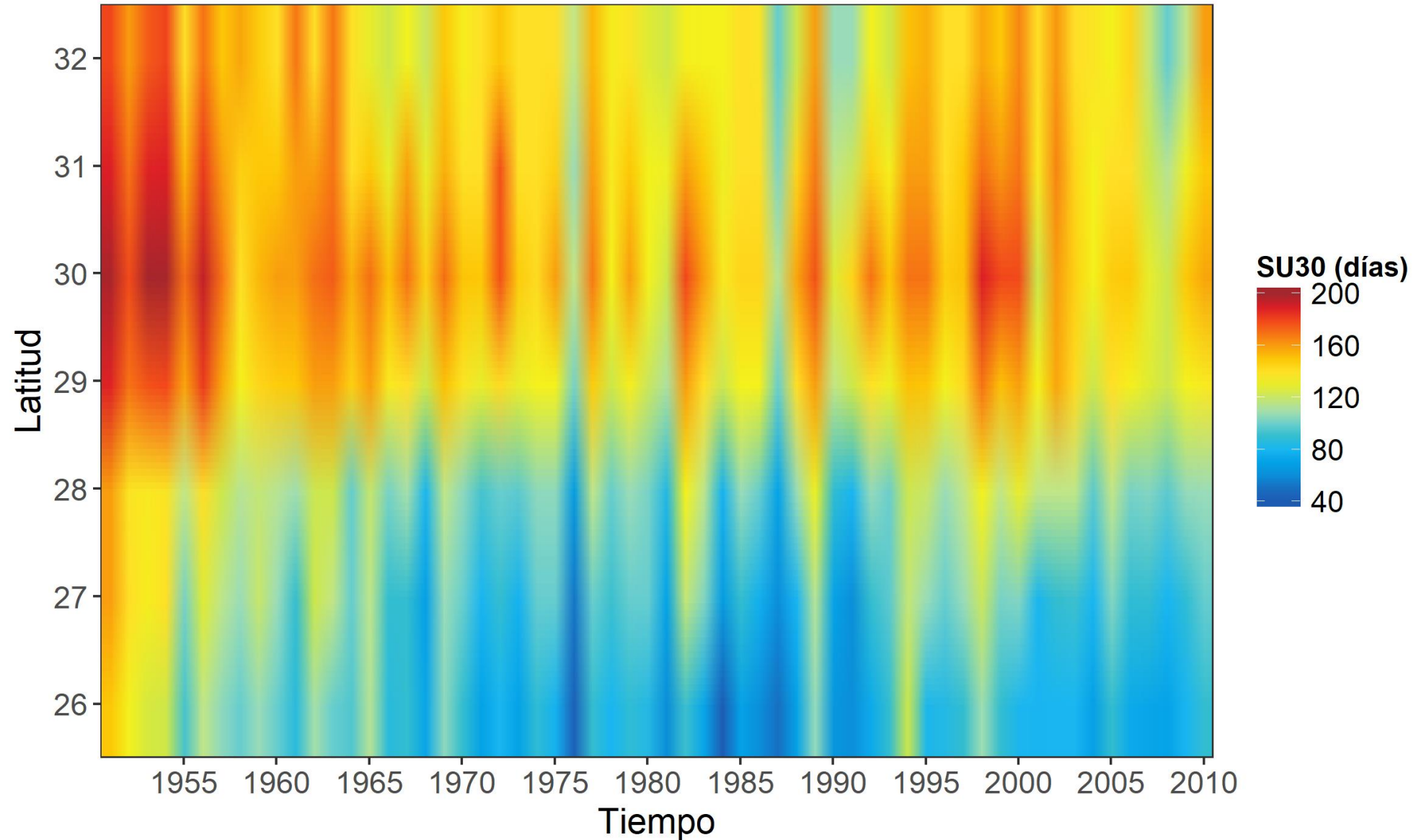
$$x = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

# Diagrama Hovmöller (Hovmöller, 1949)



# Diagrama Hovmöller

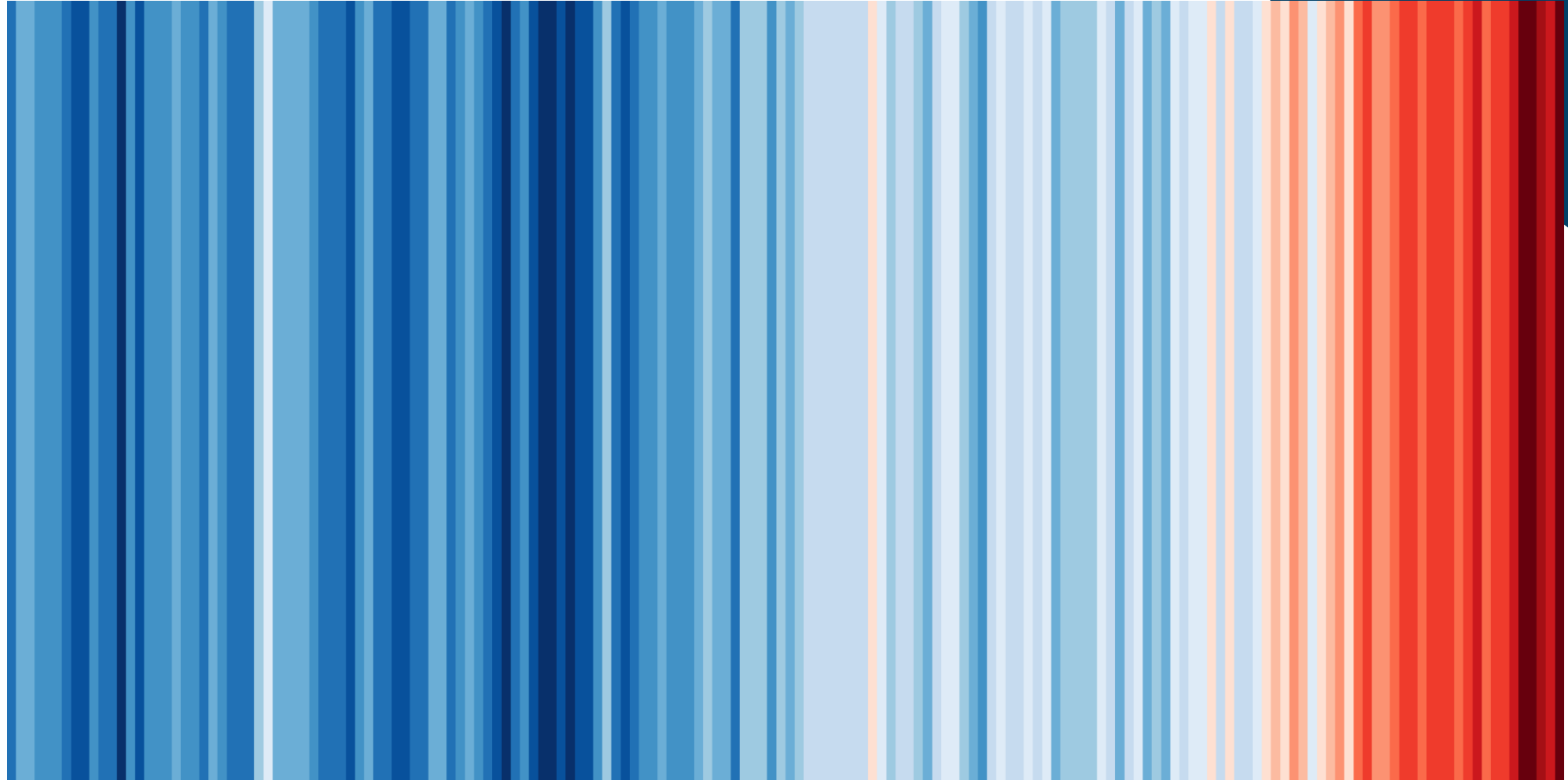
(Hovmöller, 1949)





# Barras de calentamiento

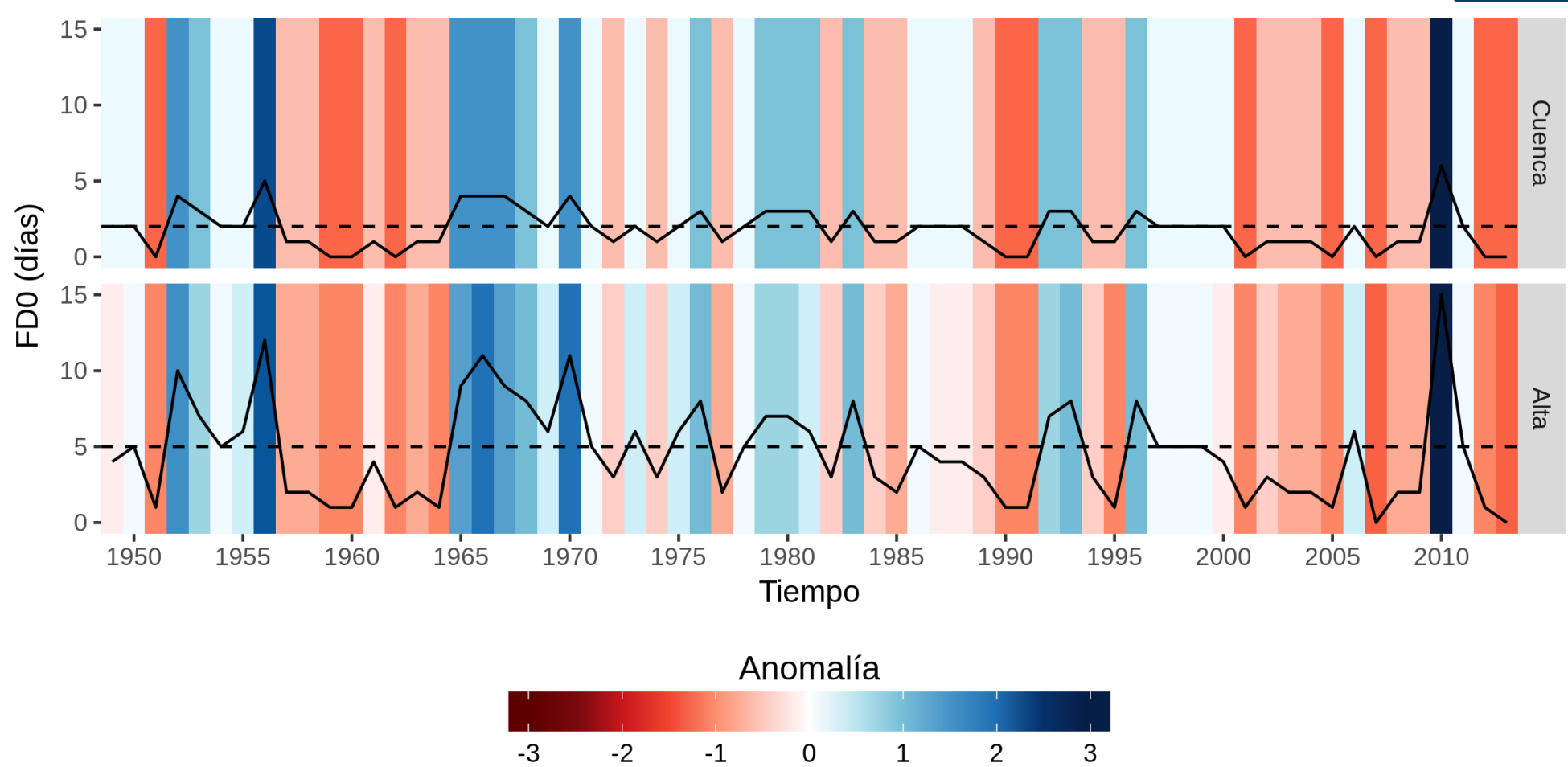
Warming Stripes (Hawkins, 2018)





# Barras de calentamiento

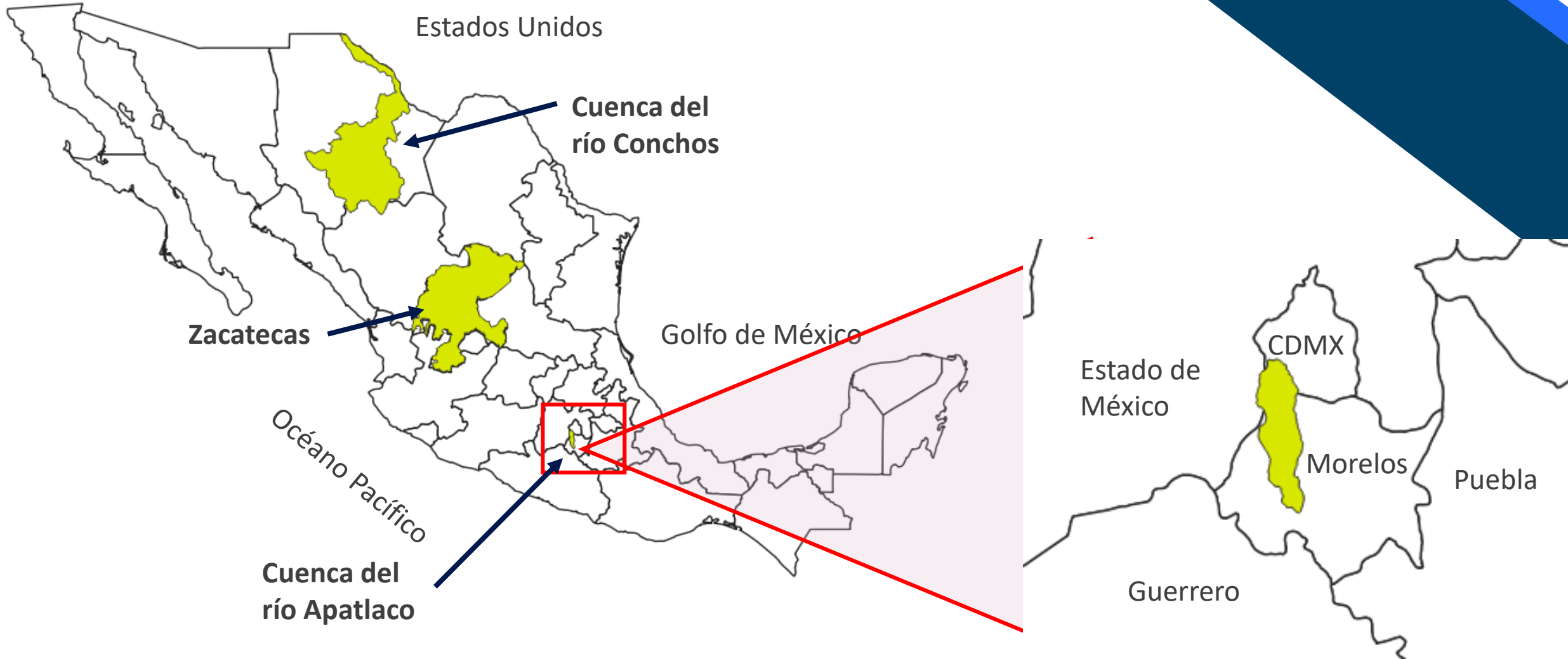
Warming Stripes (Hawkins, 2018)

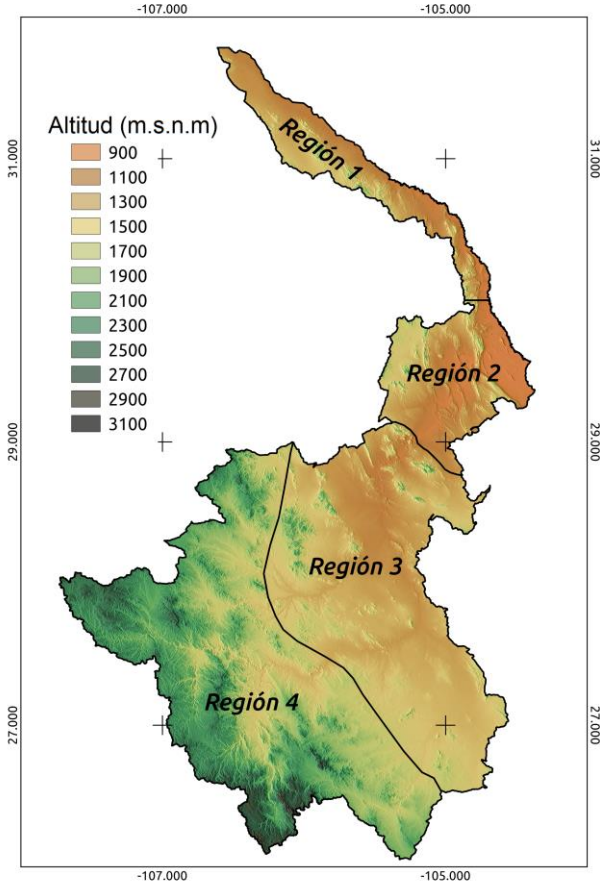


## 2. Evolución del clima en algunas regiones de México

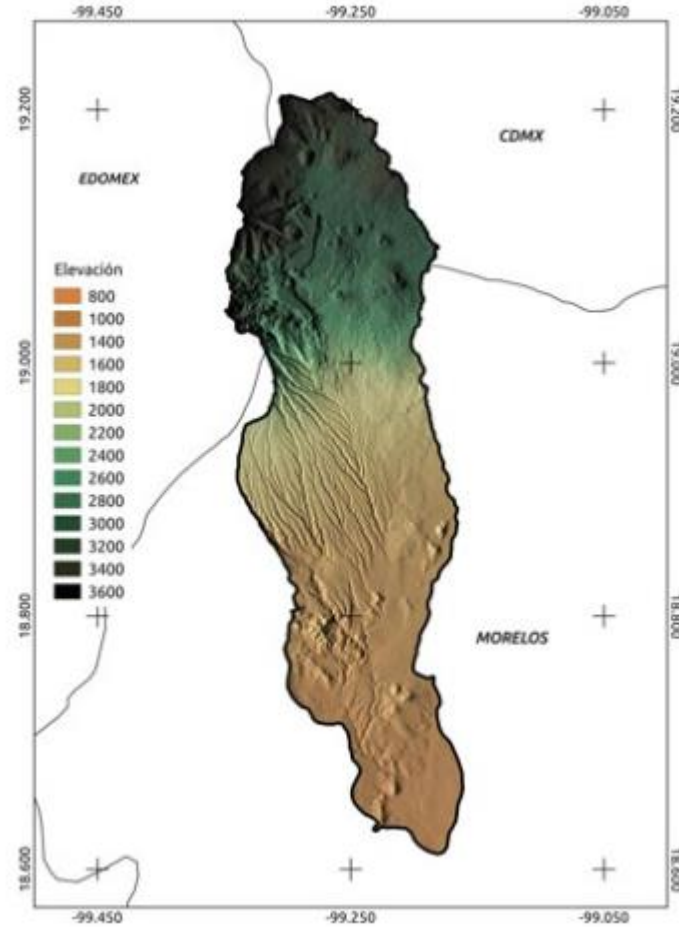


### 2.1 Zonas de estudio

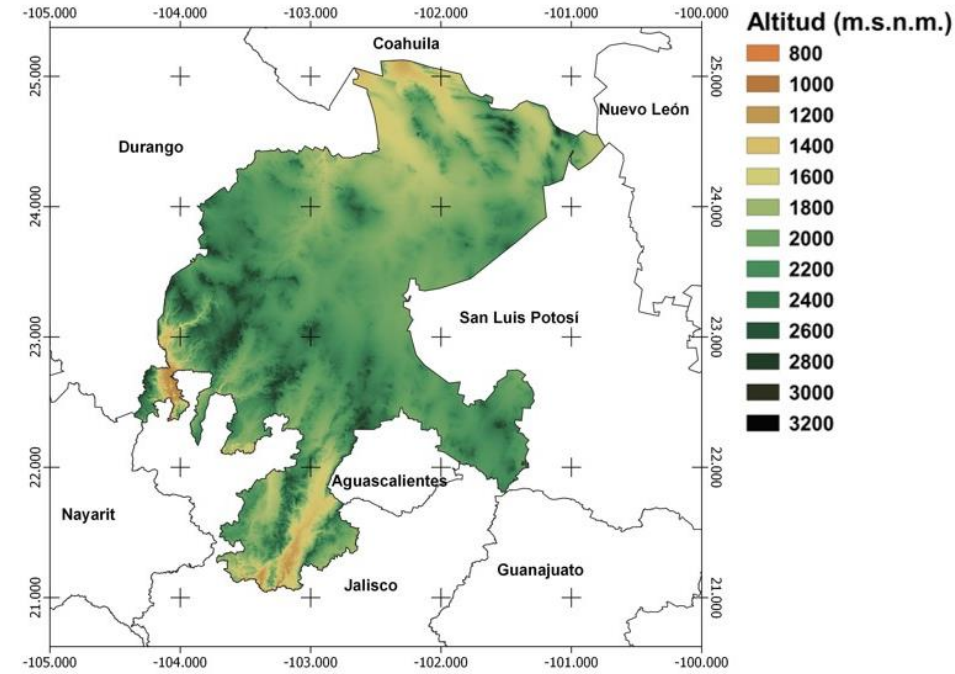




Río Conchos  
1951-2010



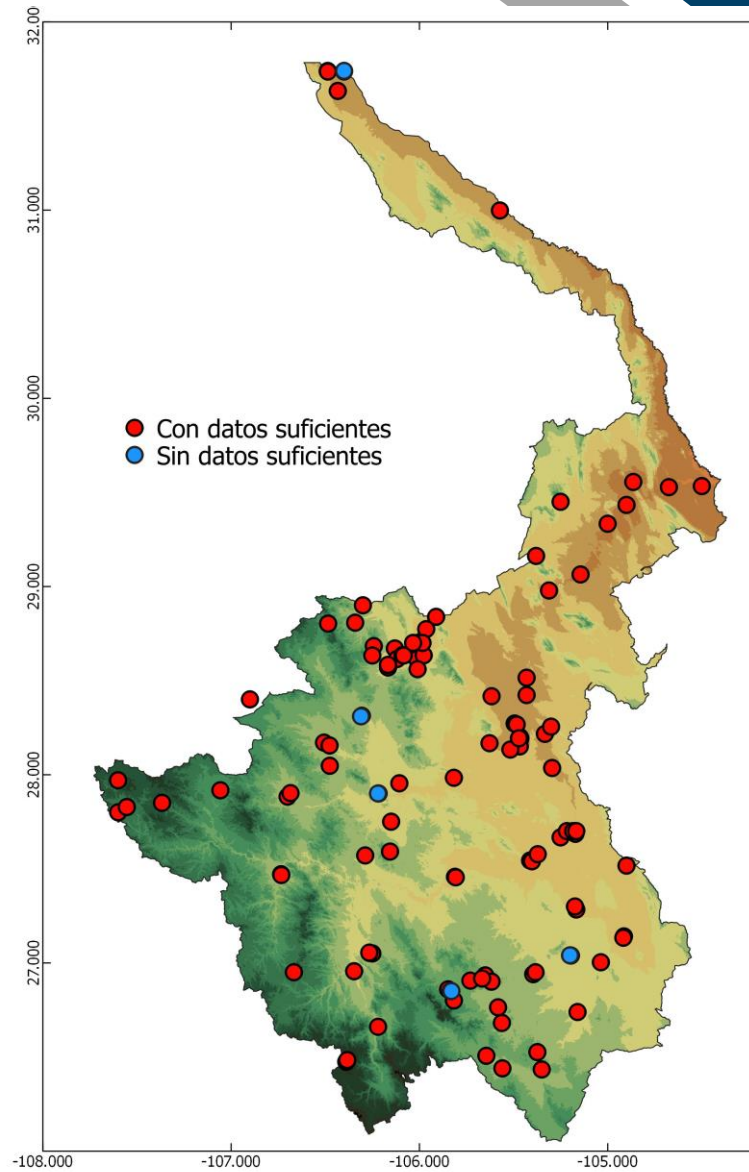
Río Apatlaco  
1949-2013  
Montero-Martínez & Pita-Díaz, 2018



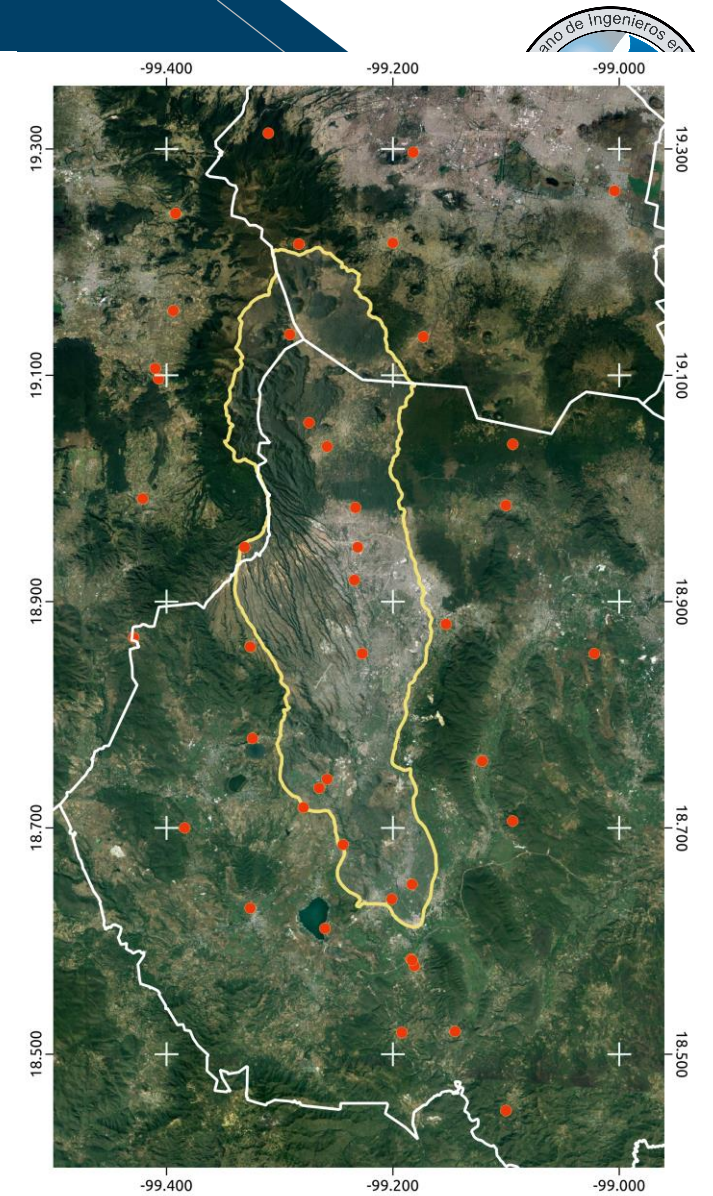
Zacatecas  
1976-2015  
Pita-Díaz & Ortega-Gaucin, 2020

# Localización de estaciones

10% de datos disponibles



**Conchos**  
**60 años (1951-2010)**



**Apatlaco**  
**65 años (1949-2013)**

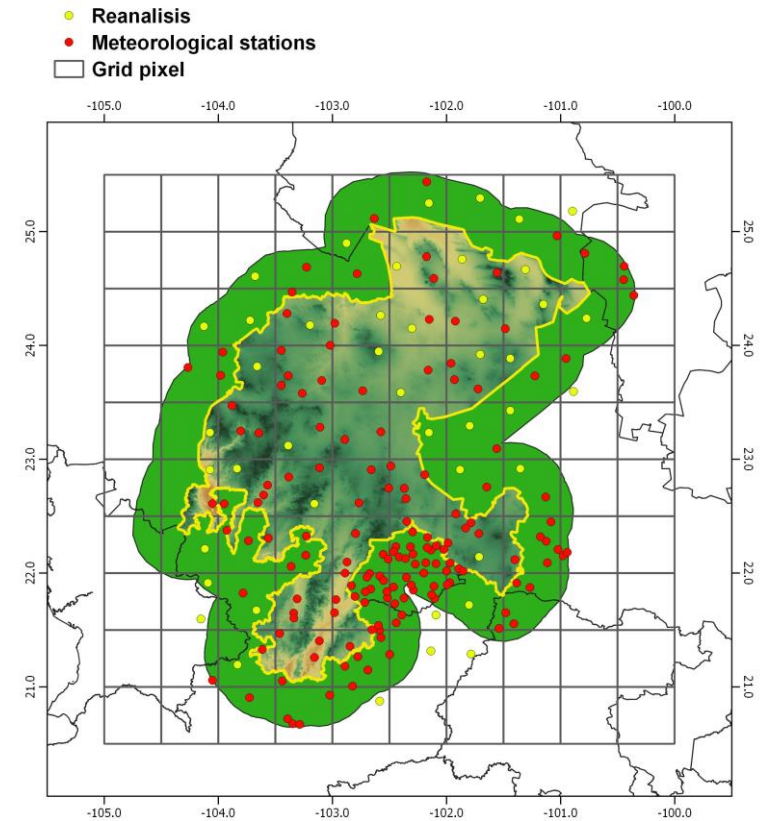
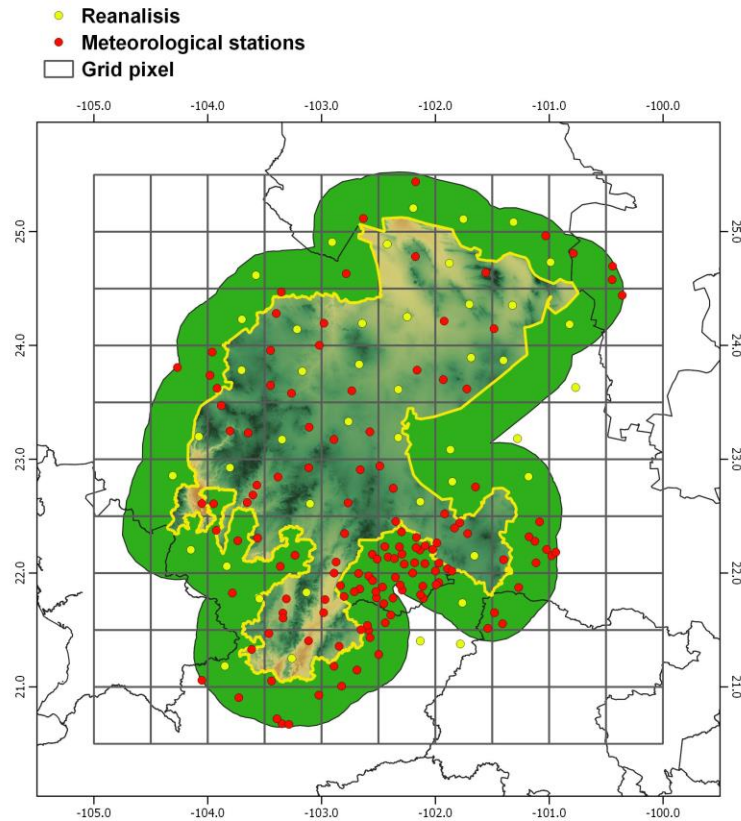
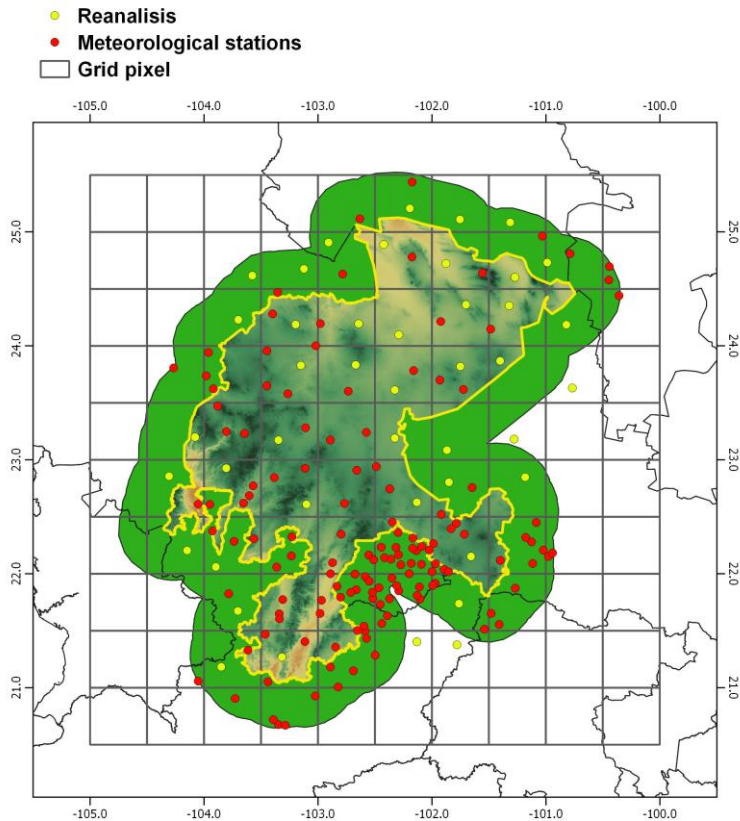
# Zacatecas

40 años (1976-2015)

80% de datos disponibles



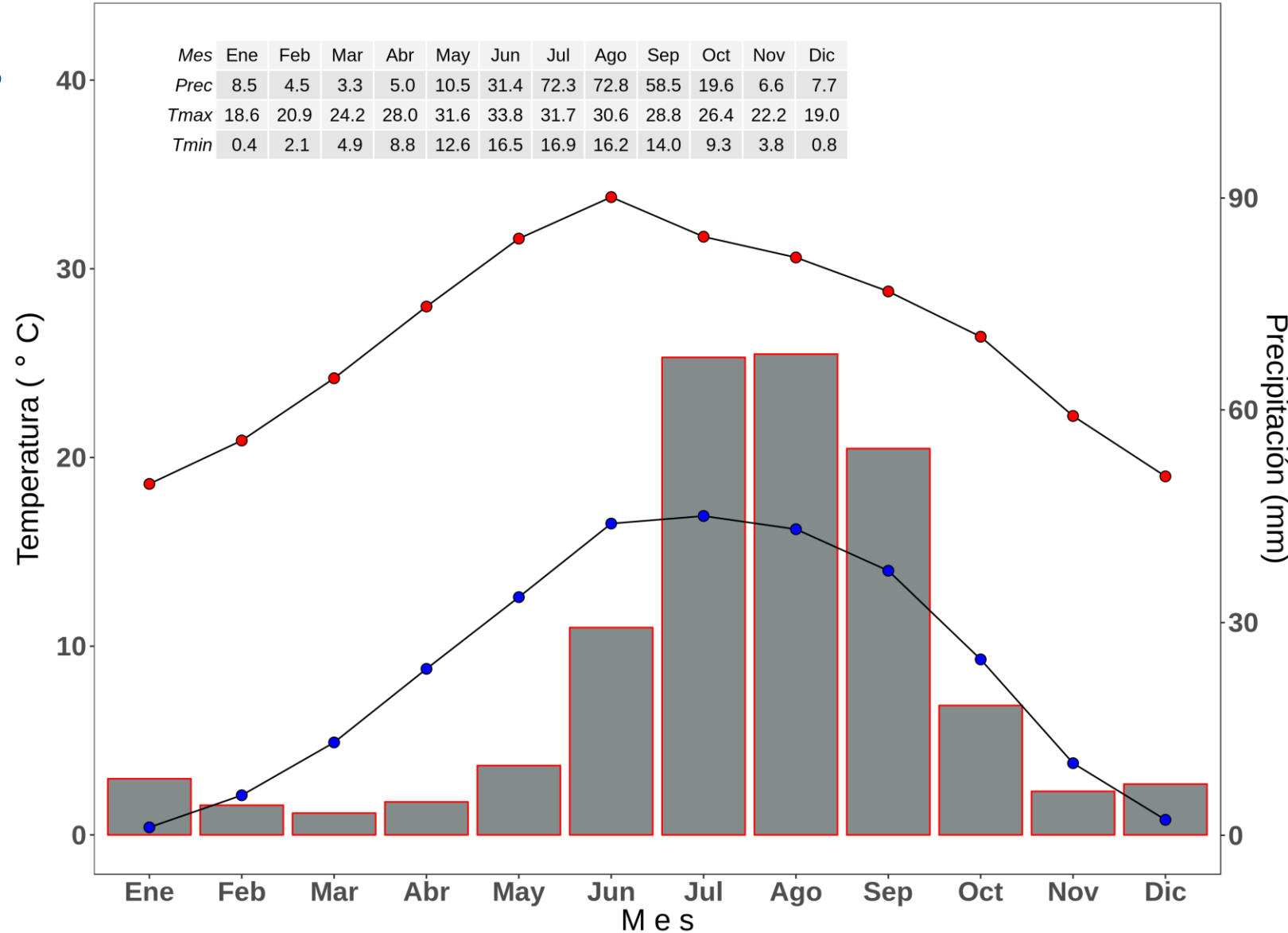
Variable	Número de estaciones		
	Estaciones meteorológicas	Estaciones de reanálisis	Total
TMAX	140	43	183
TMIN	139	40	179
PP	158	44	202

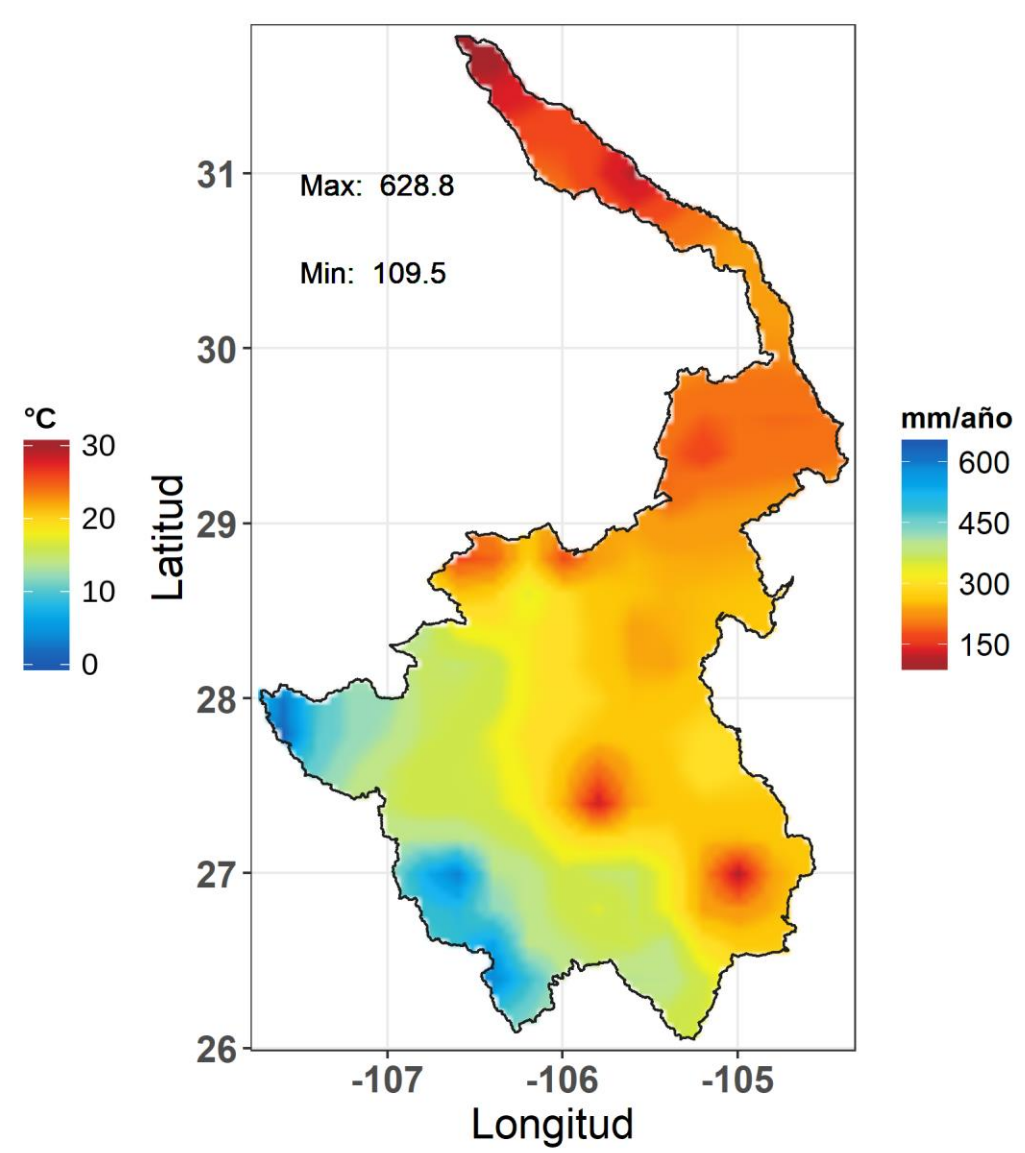
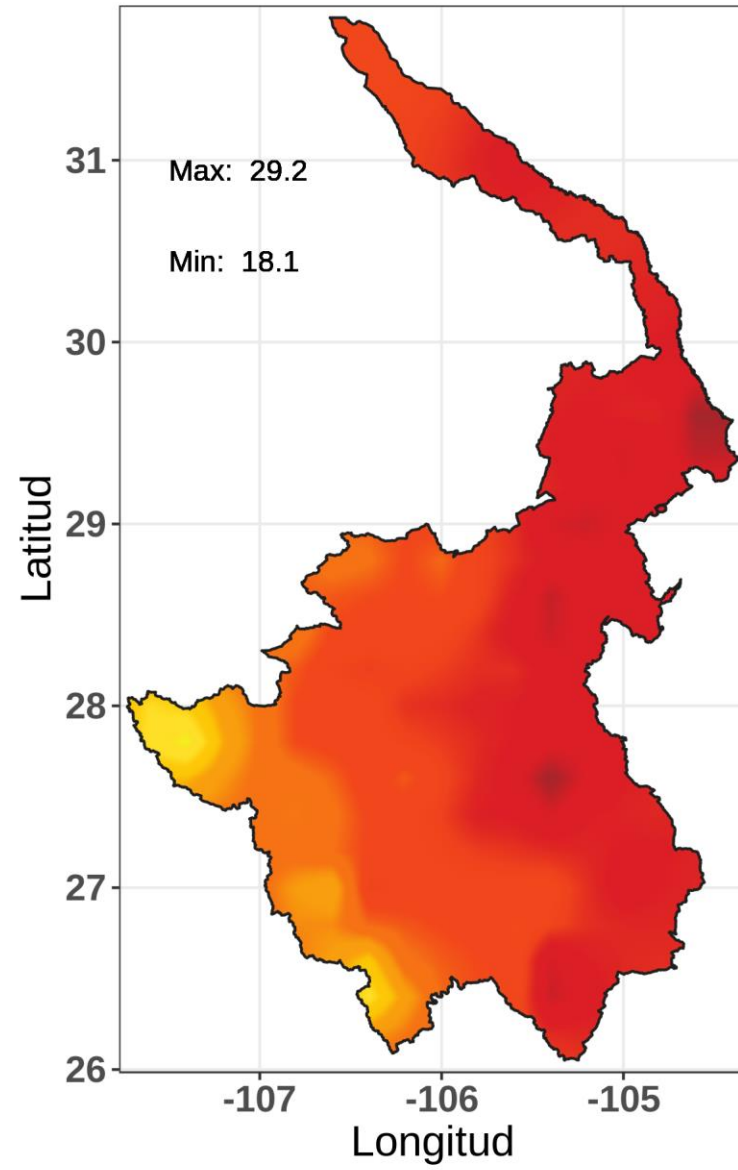
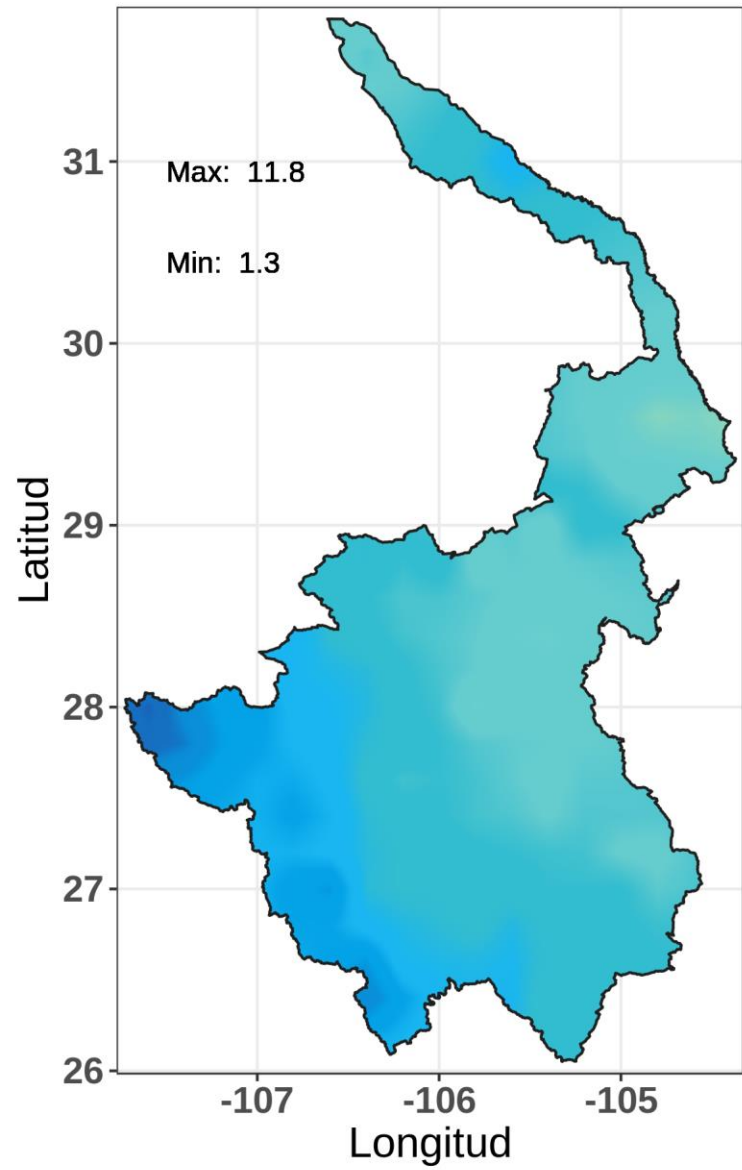


# 2. Evolución del clima en algunas regiones de México

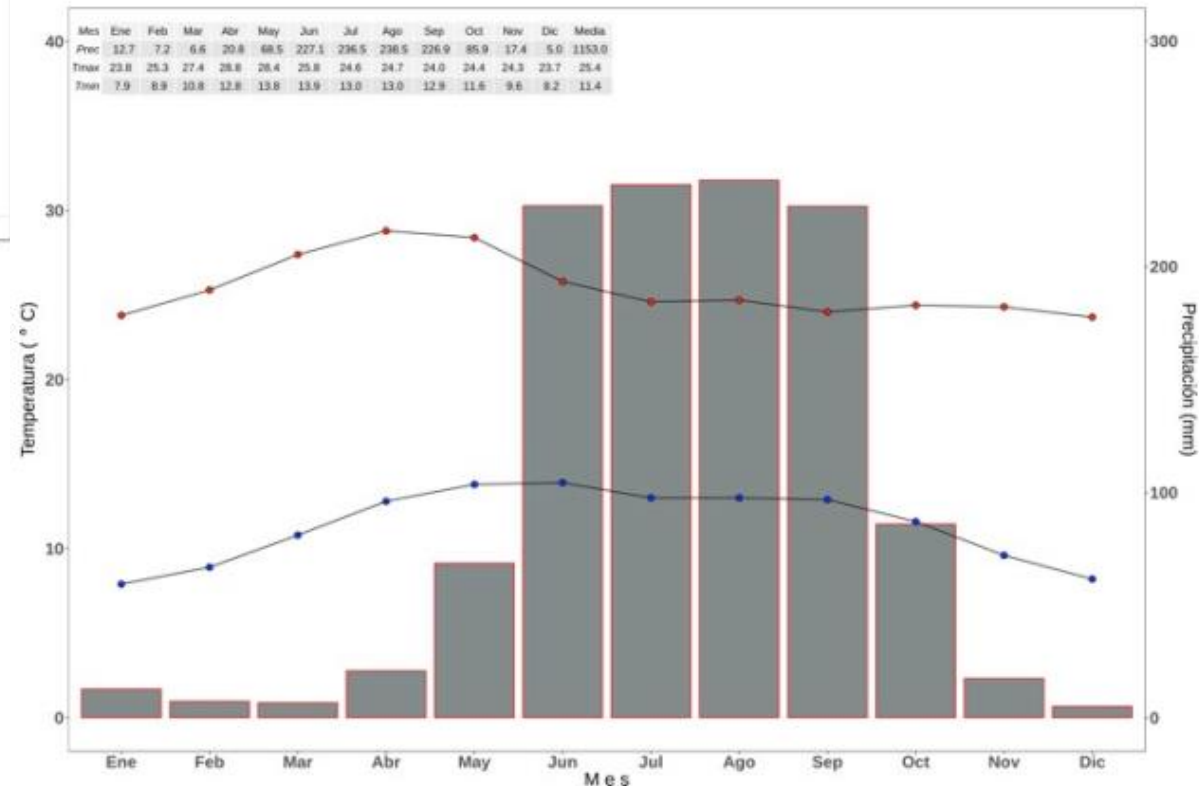
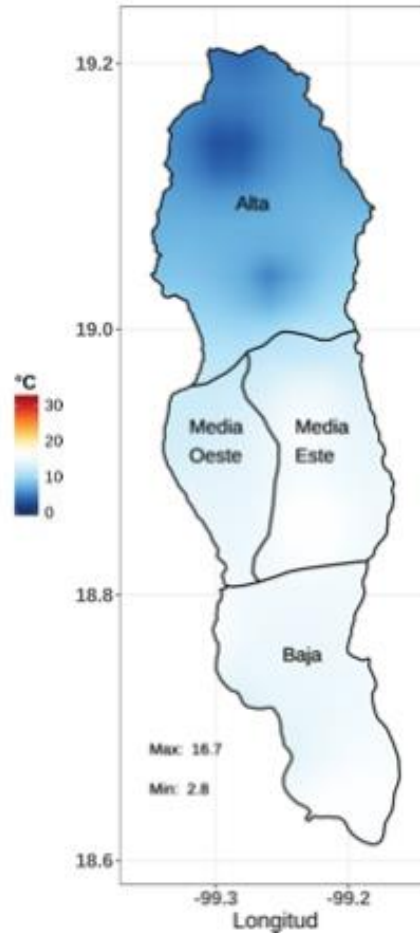
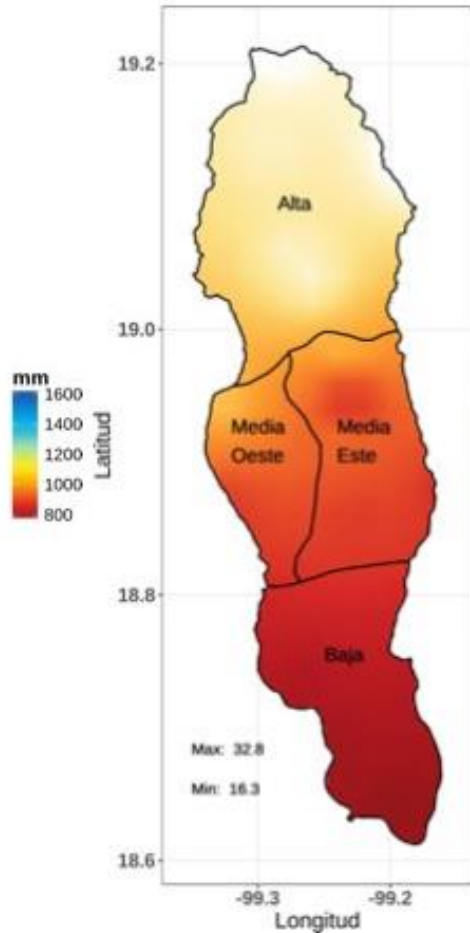
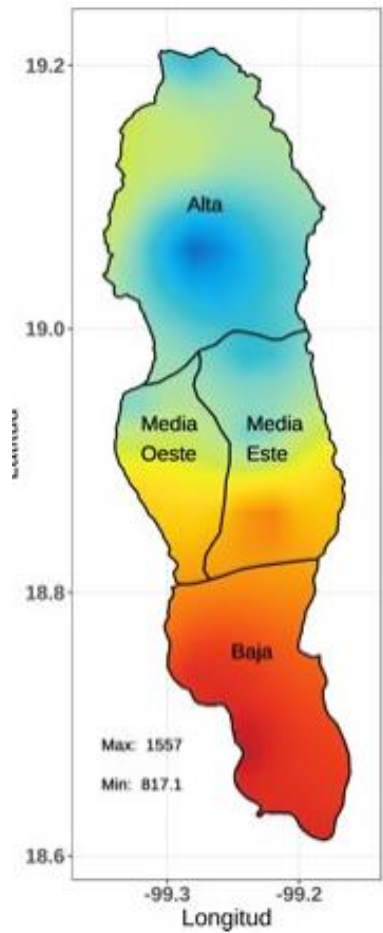
## 2.2 Caracterizaciones climáticas

### Río Conchos

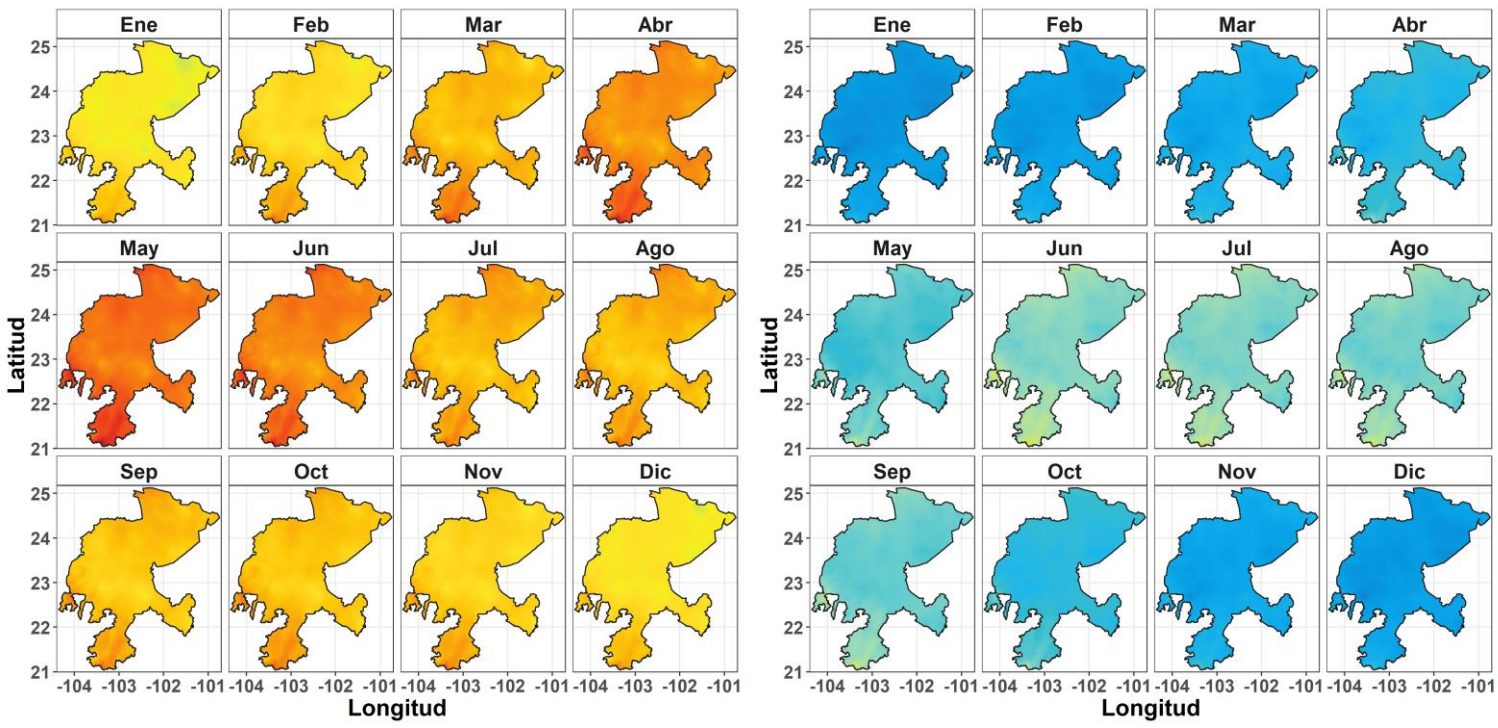




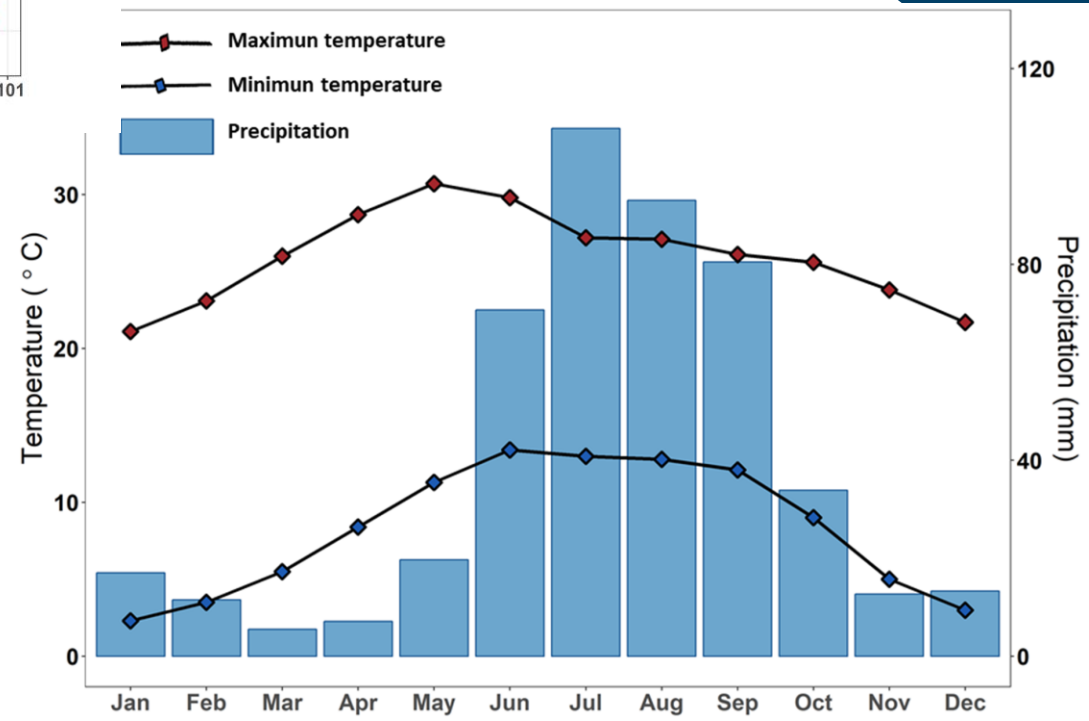
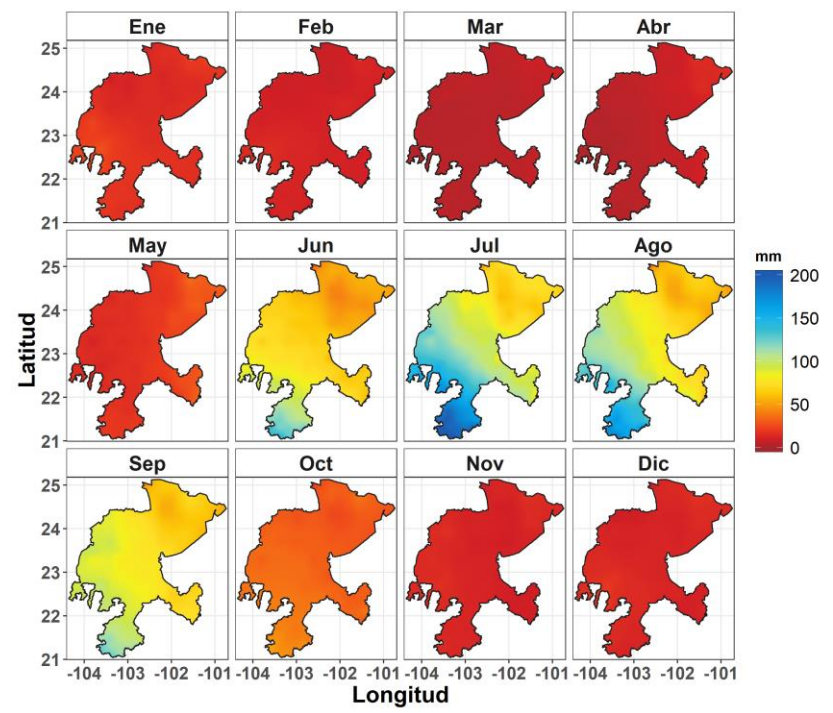
# Río Apatlaco







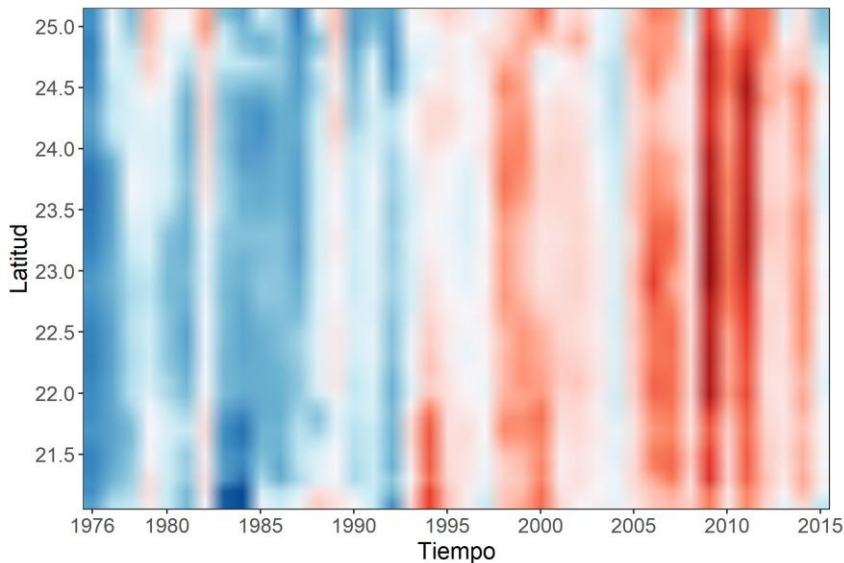
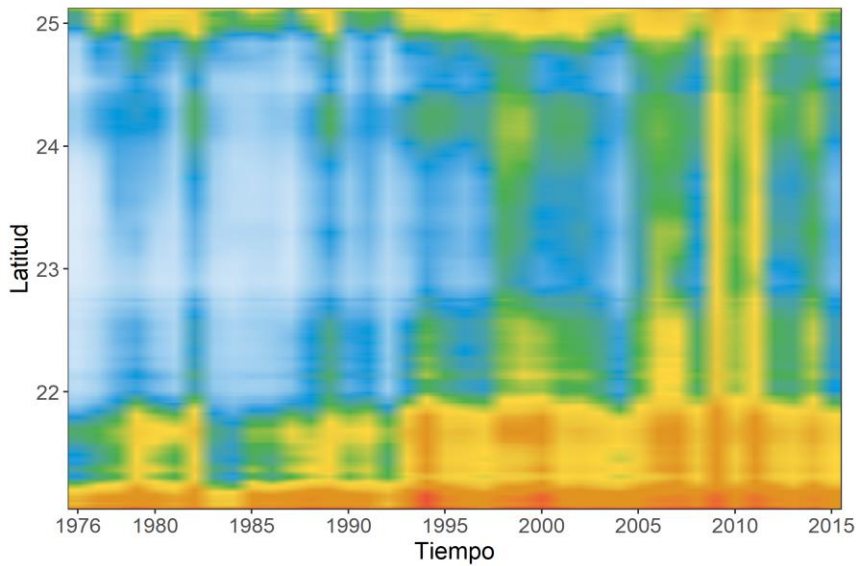
# Zacatecas



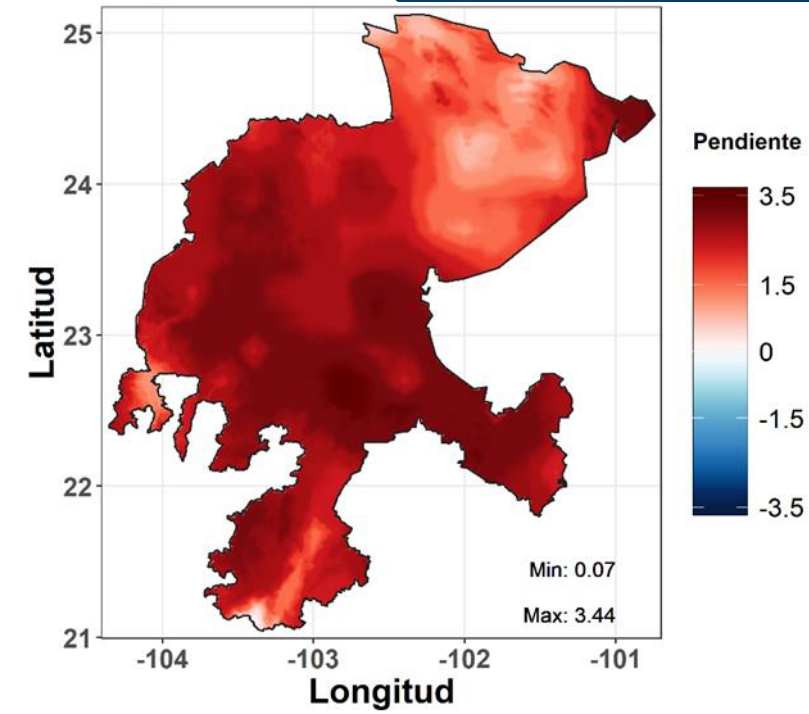
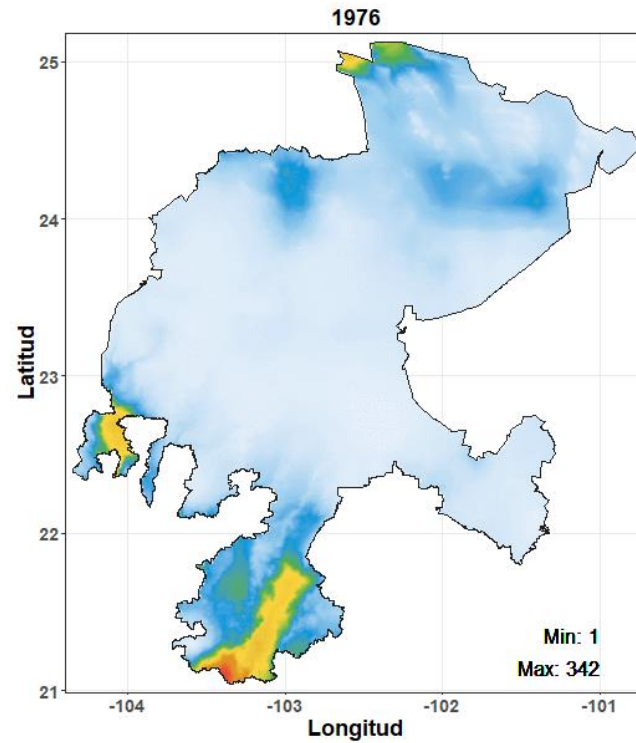
# 2.3 Índices de cambio climático

Días de verano

$$SU = TX_{ij} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$



## Zacatecas

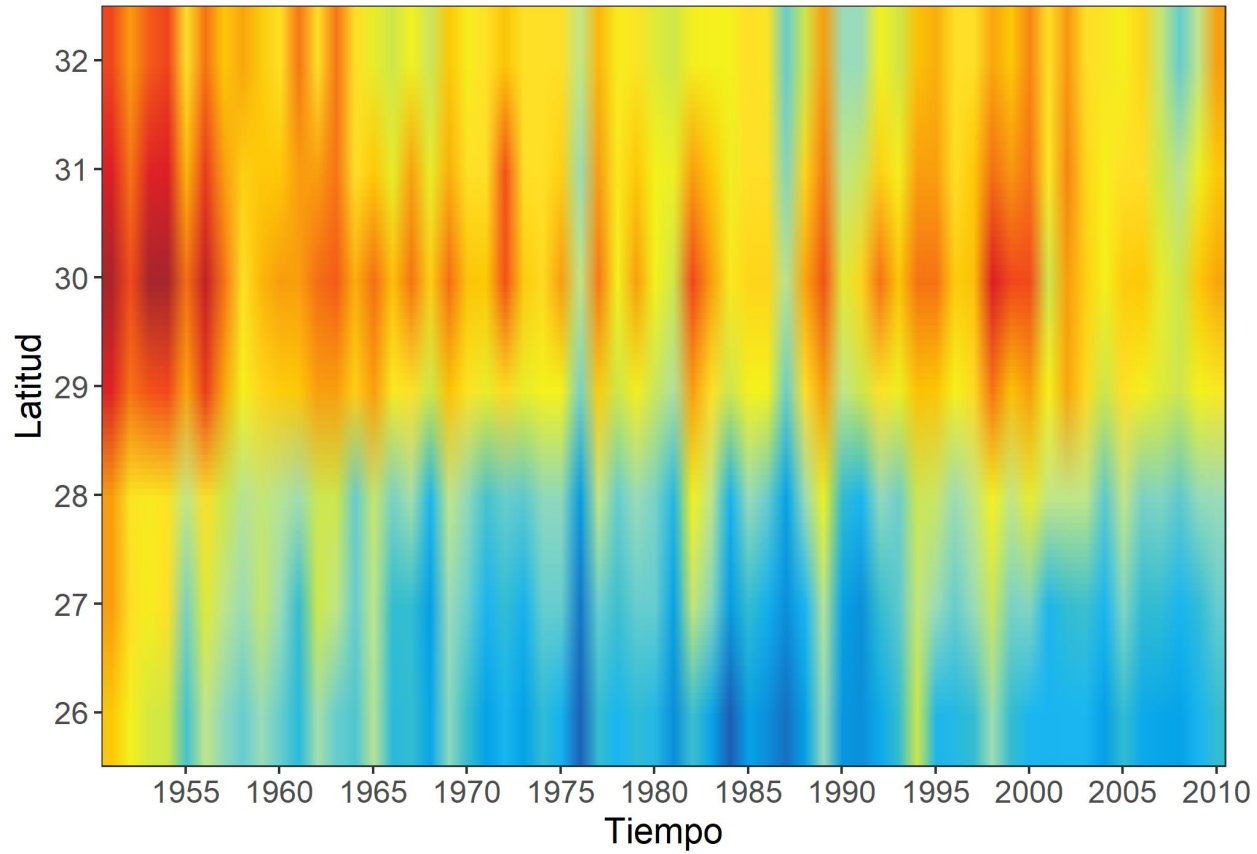


Fuente: Pita-Díaz & Ortega-Gaucin, 2020

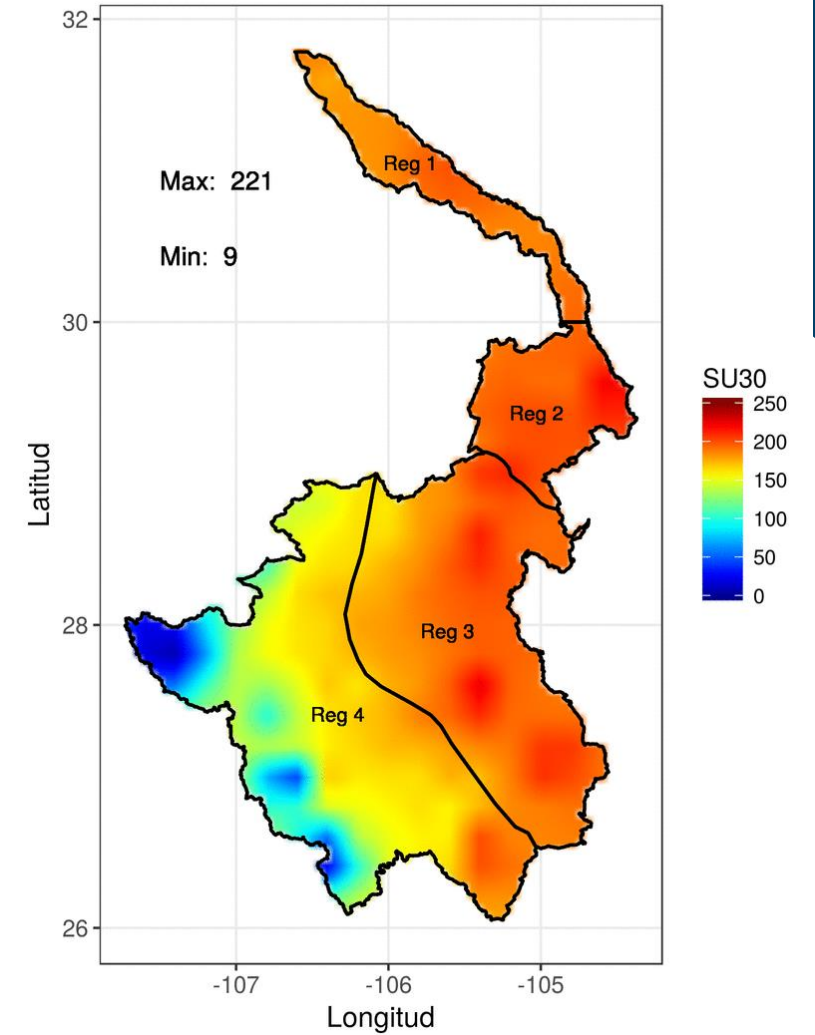
Días de verano

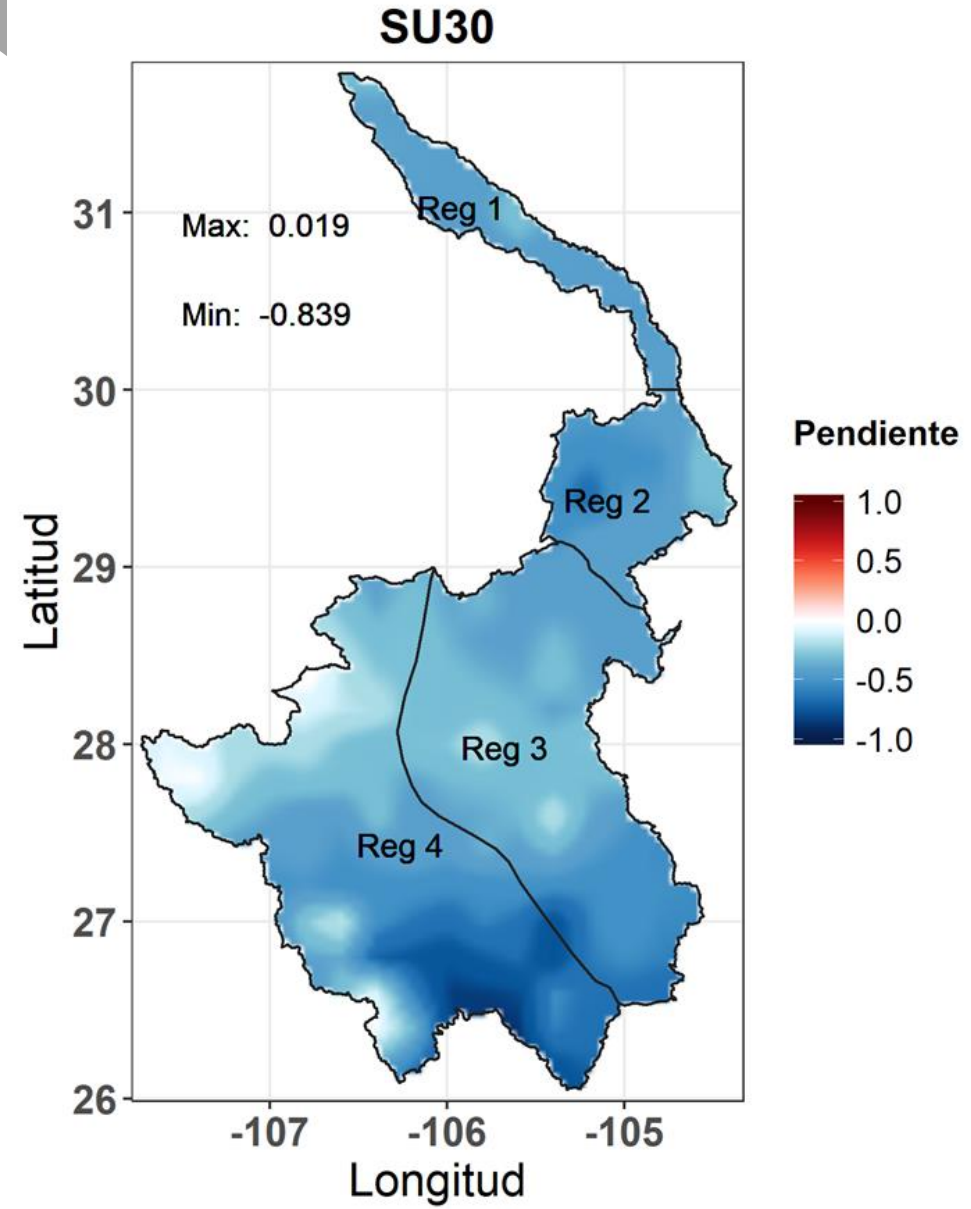
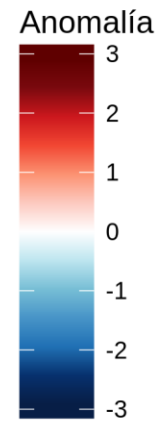
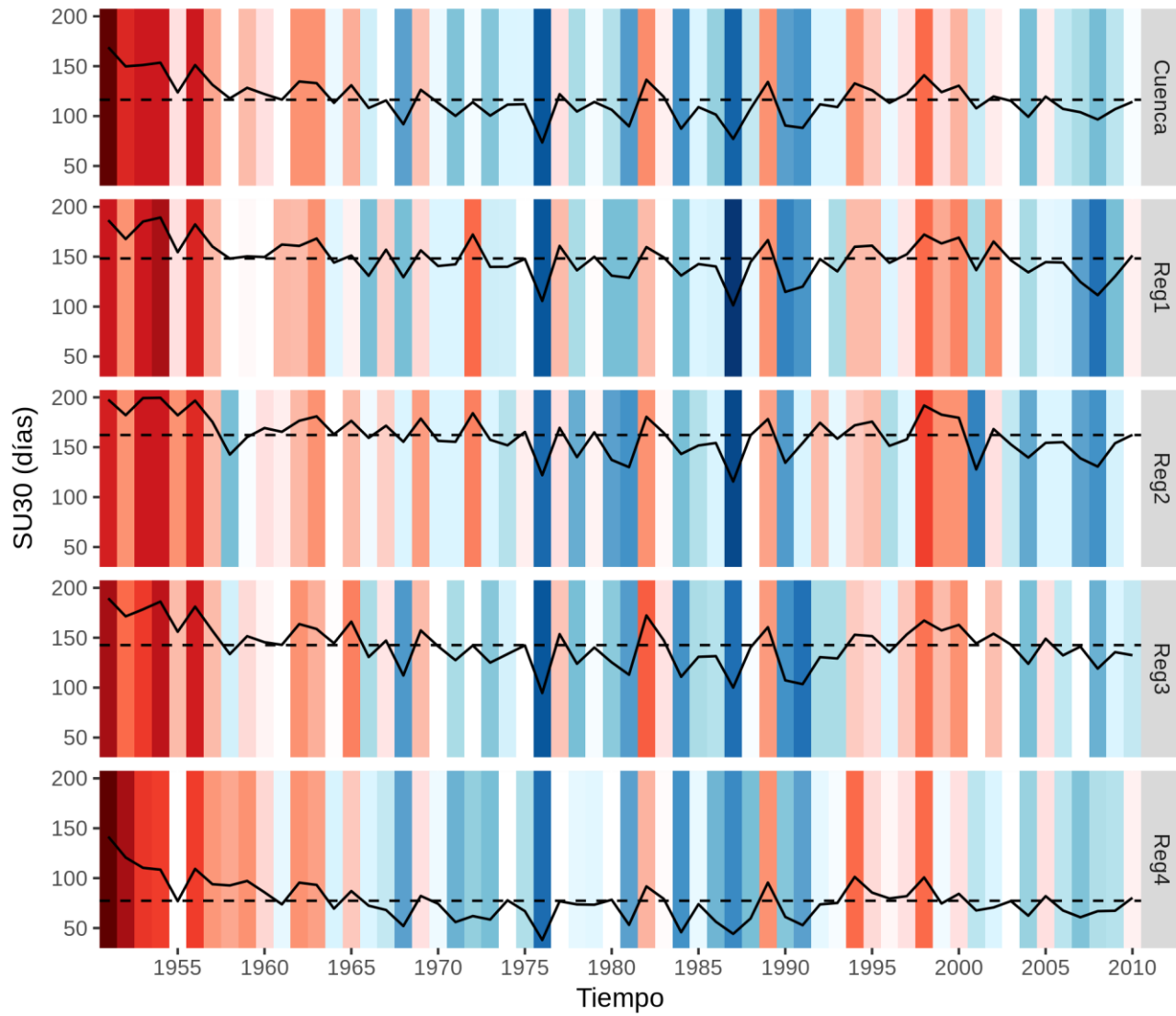
$$SU = TX_{ij} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

## Cuenca del río Conchos



Días de verano, 1951

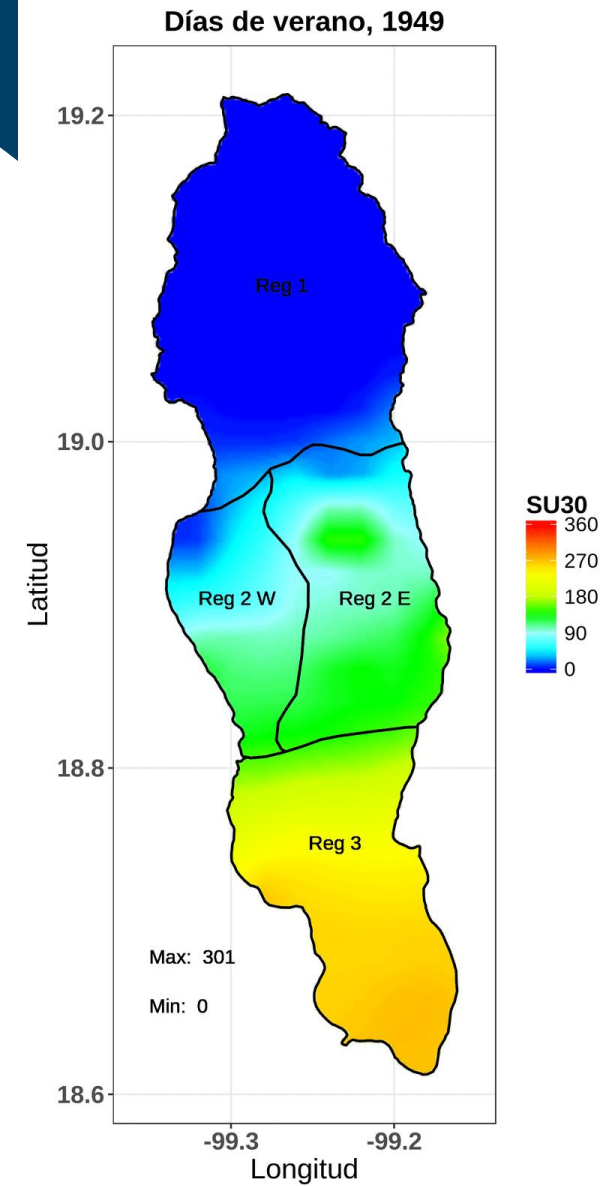
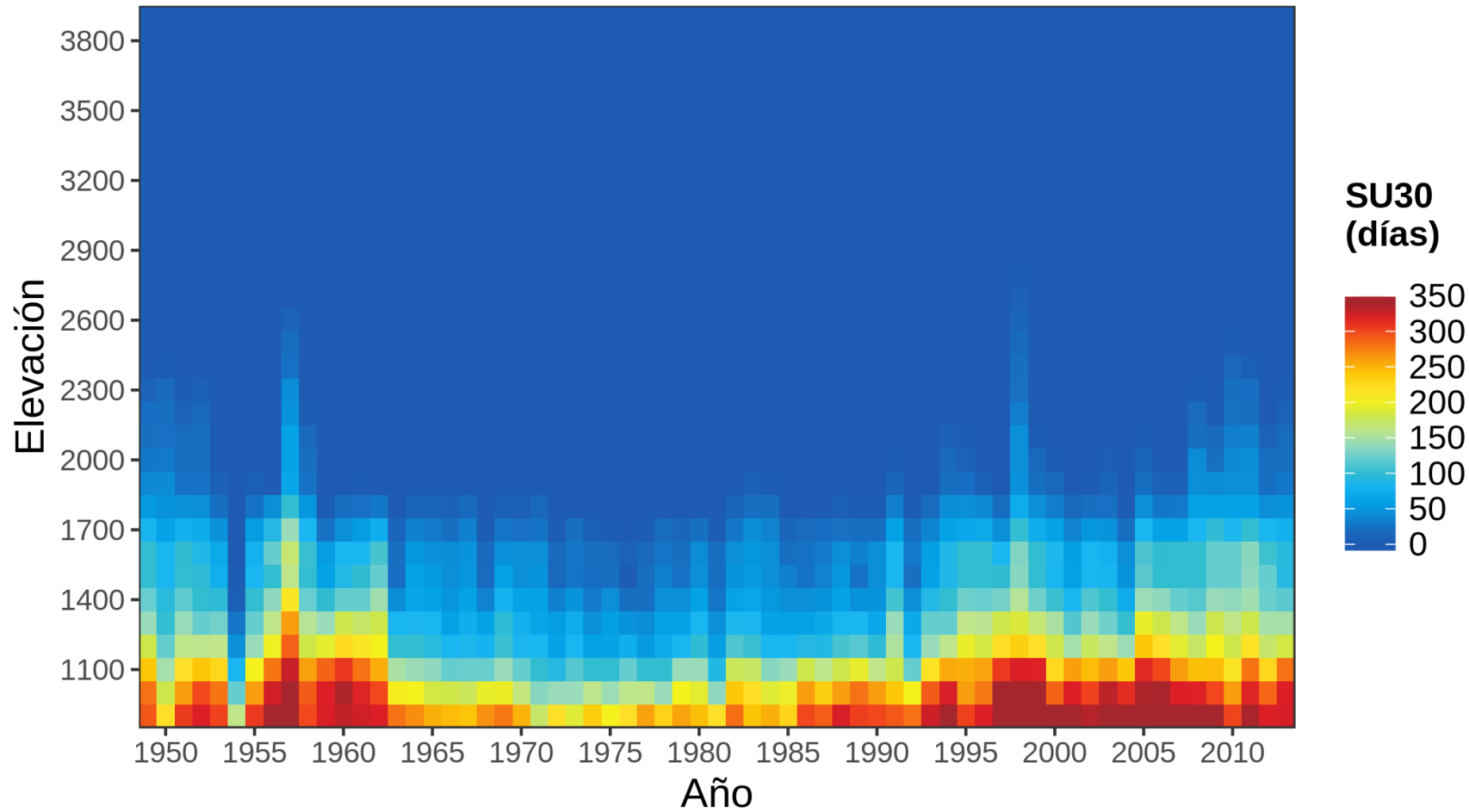


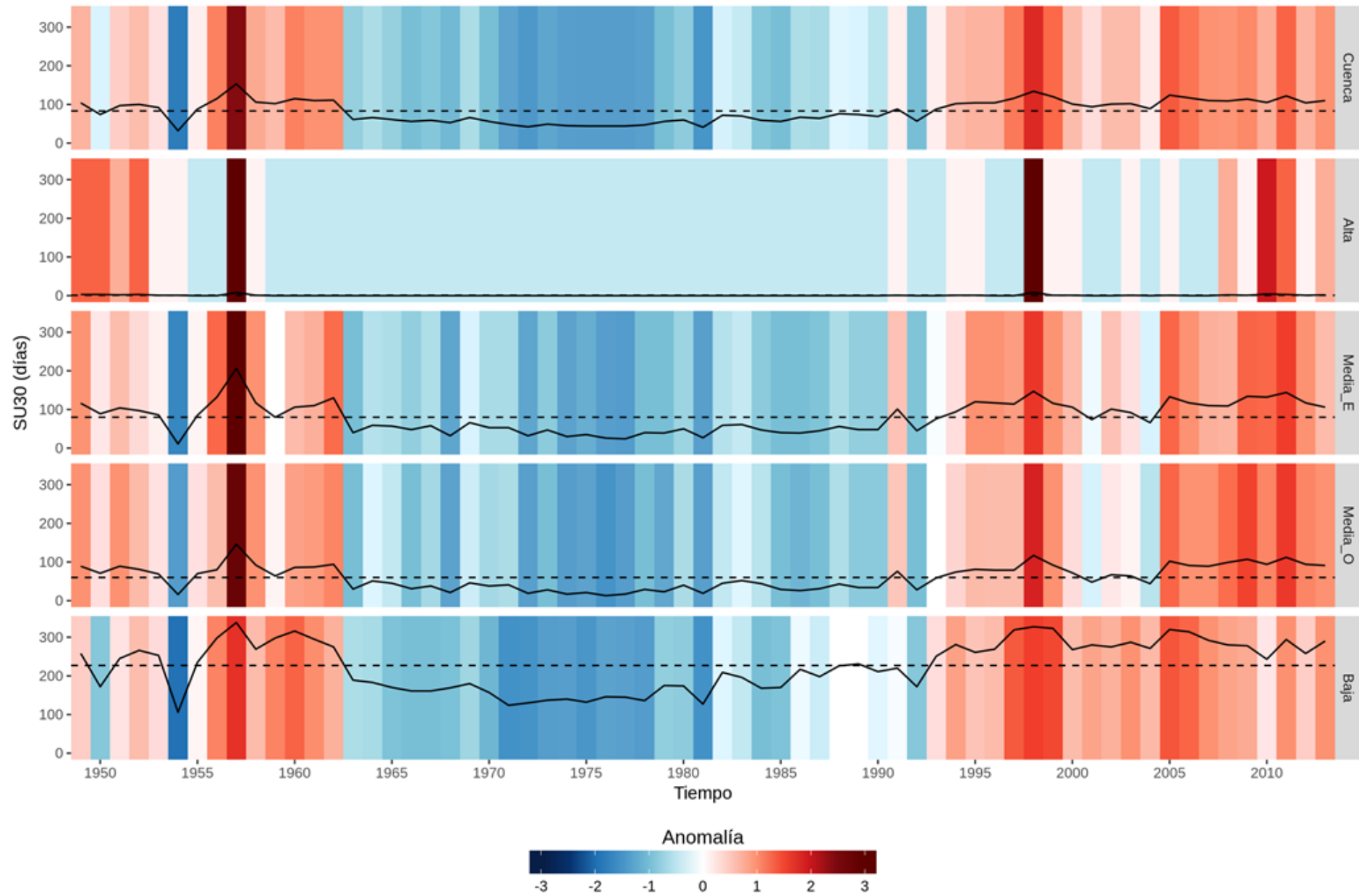


Días de verano

$$SU = TX_{ij} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

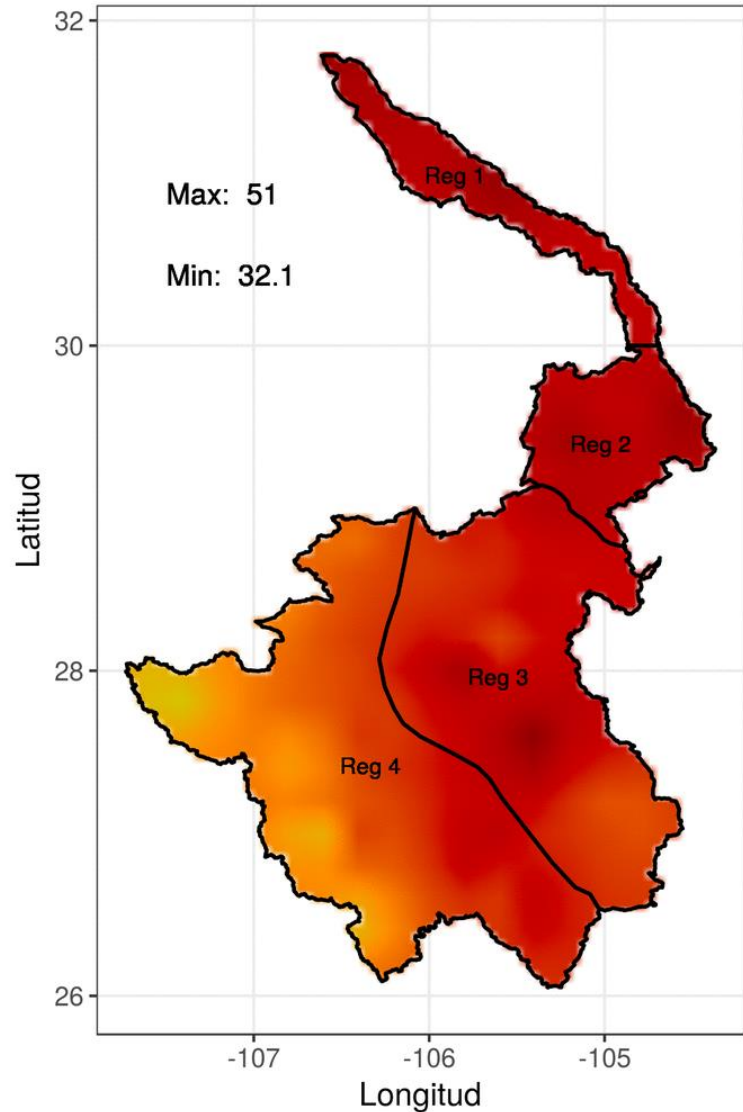
## Cuenca del río Apatlaco



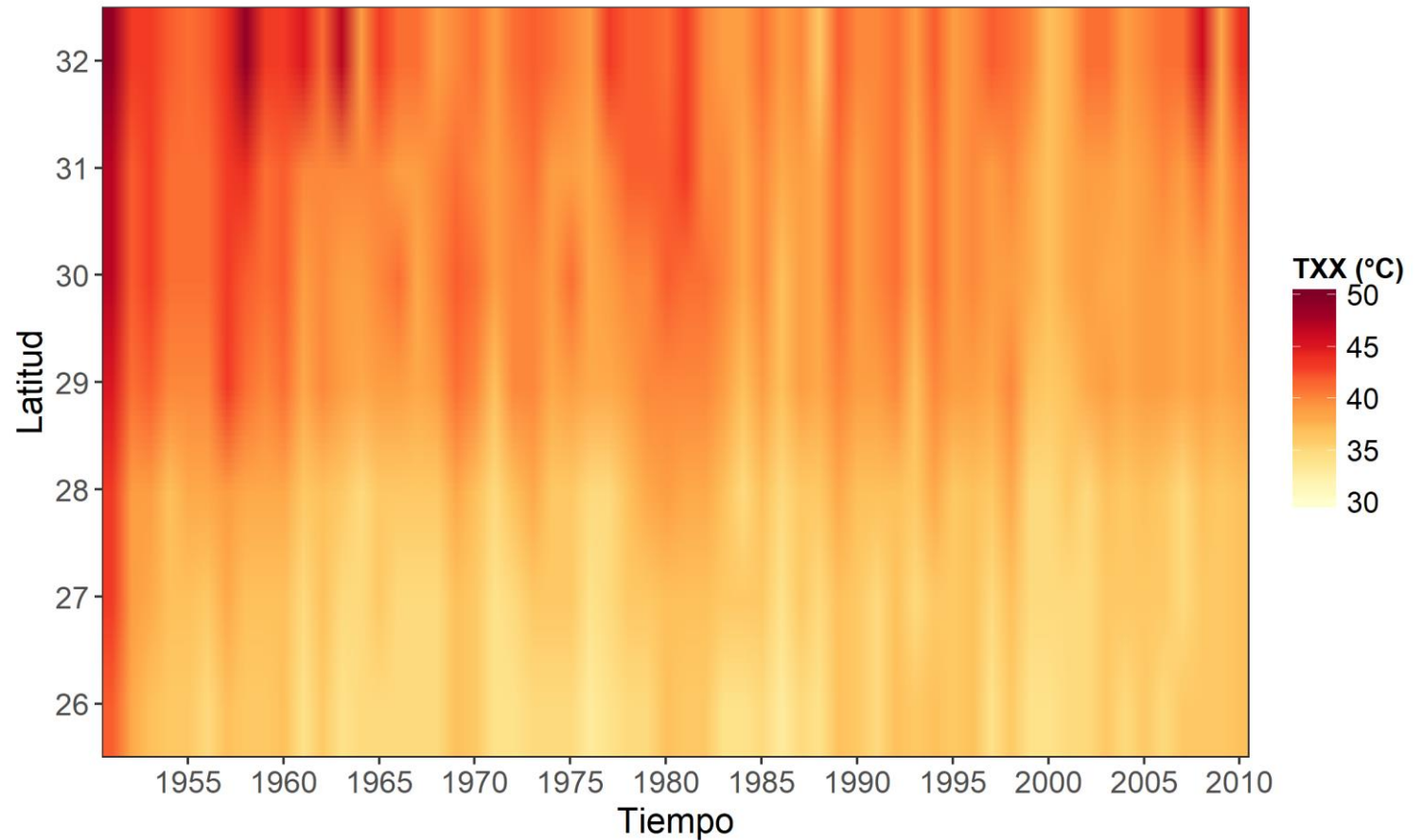


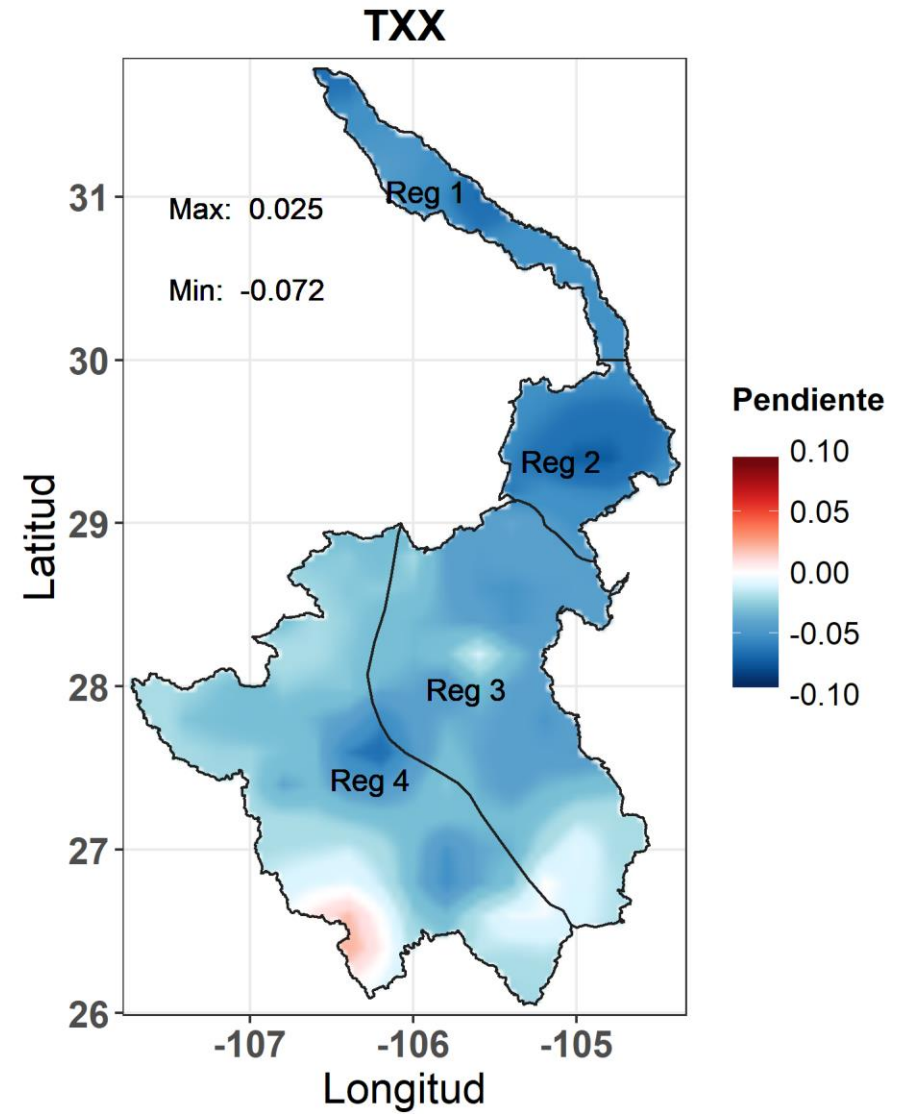
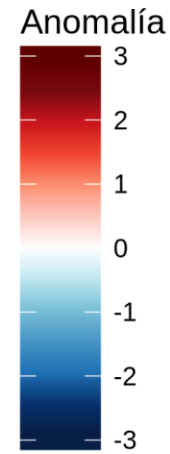
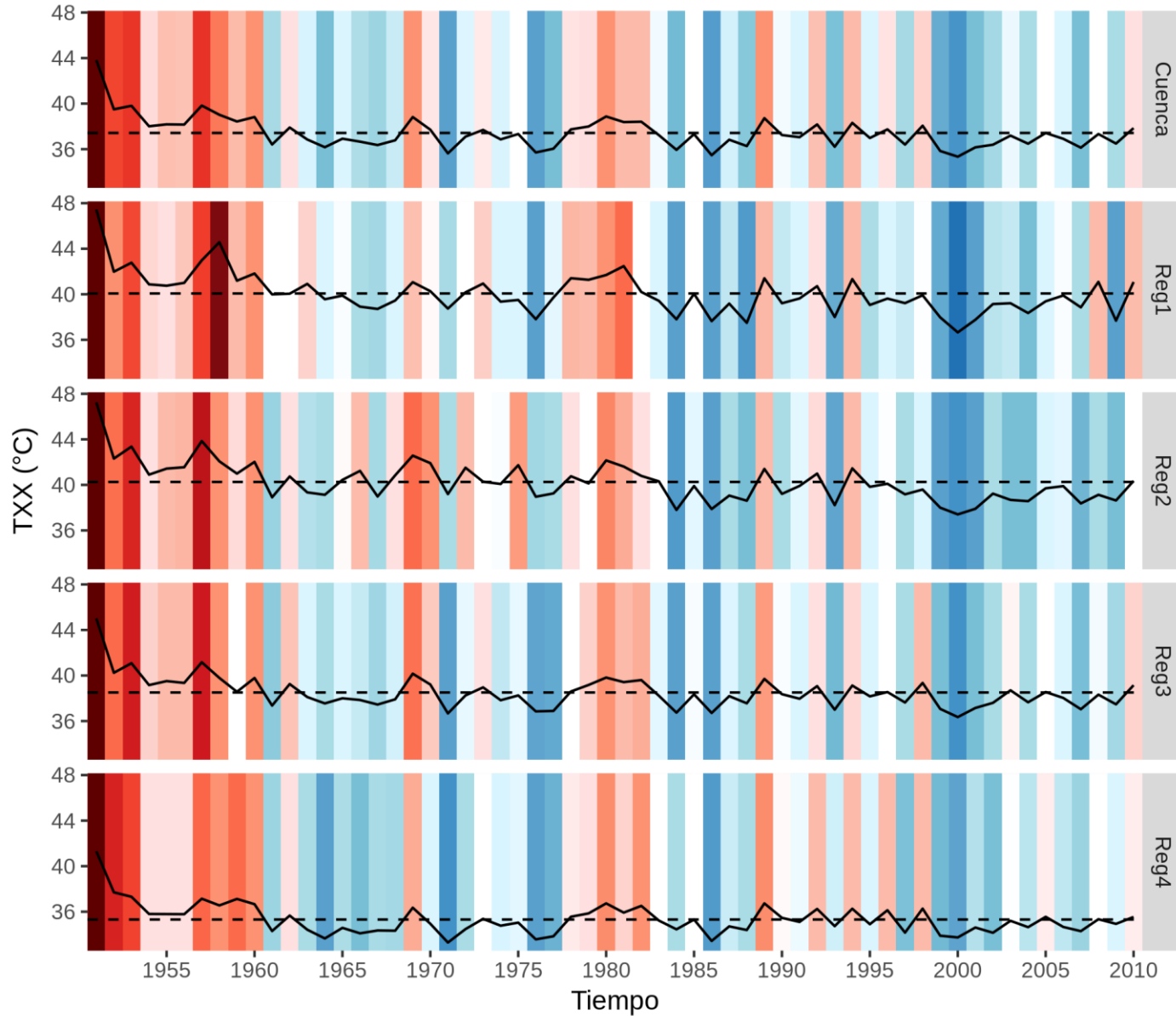
# Temperatura máxima extrema (TXX)

Valor máximo de la temperatura máxima diaria, 1951

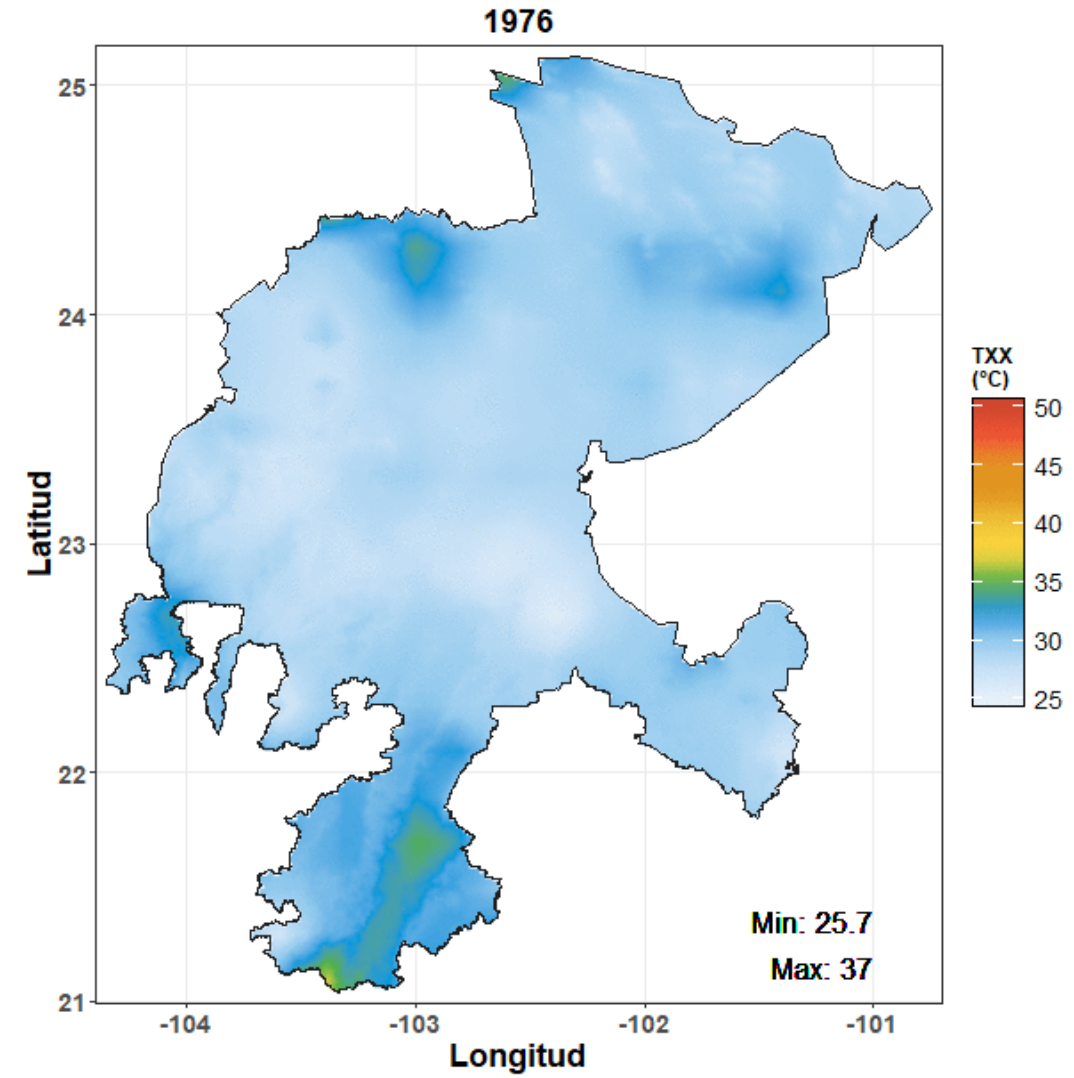
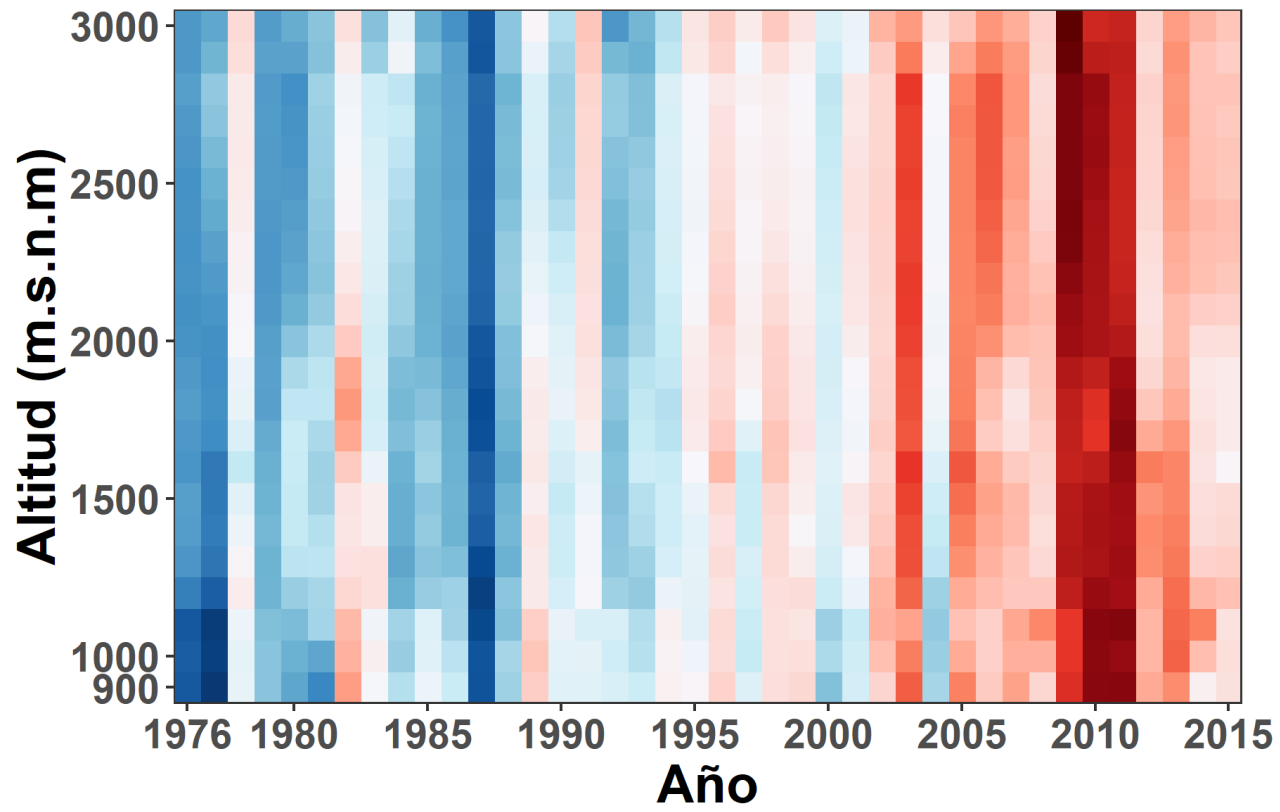


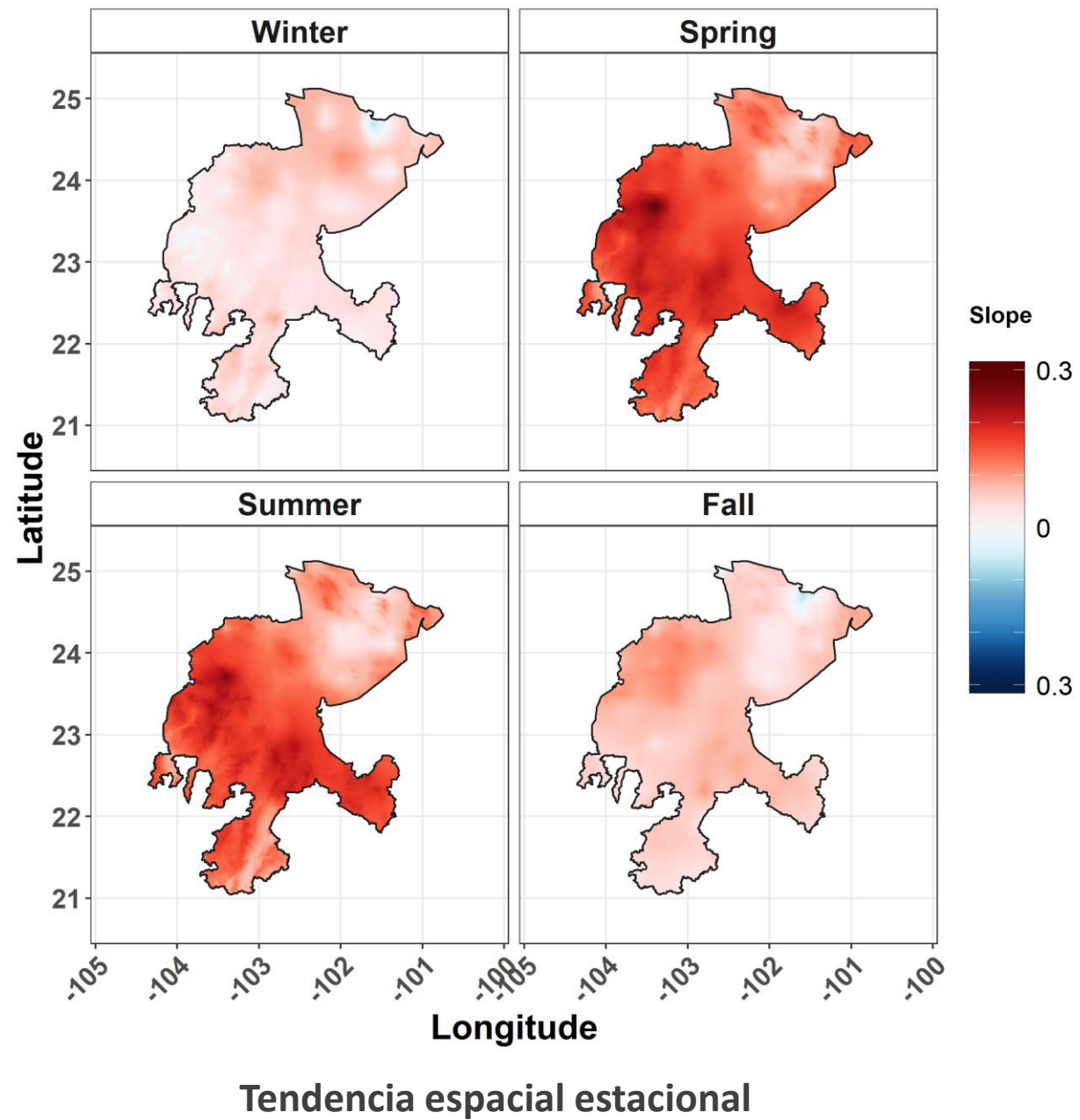
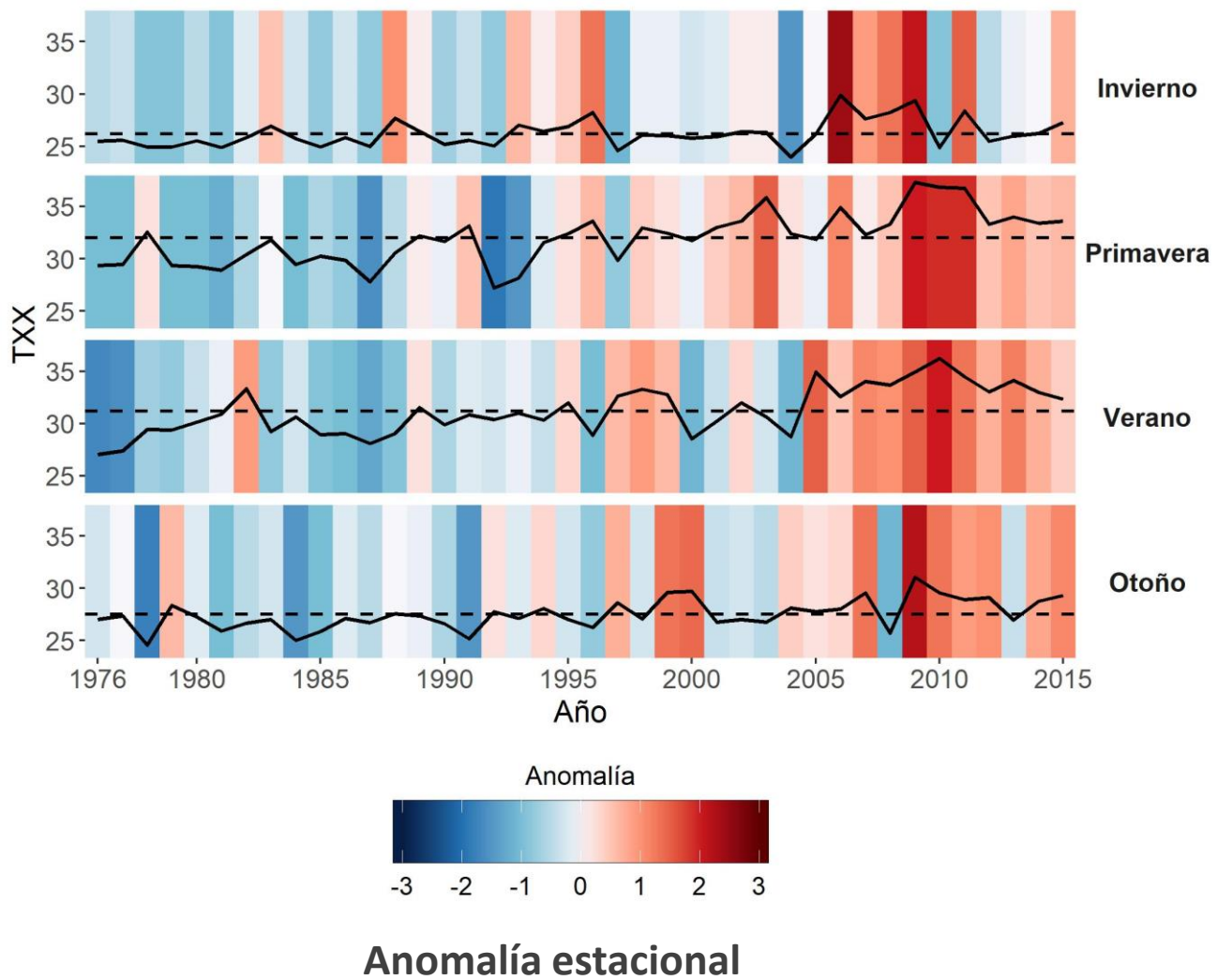
$$TXX = \max(tmax)$$

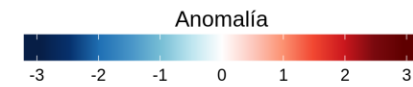
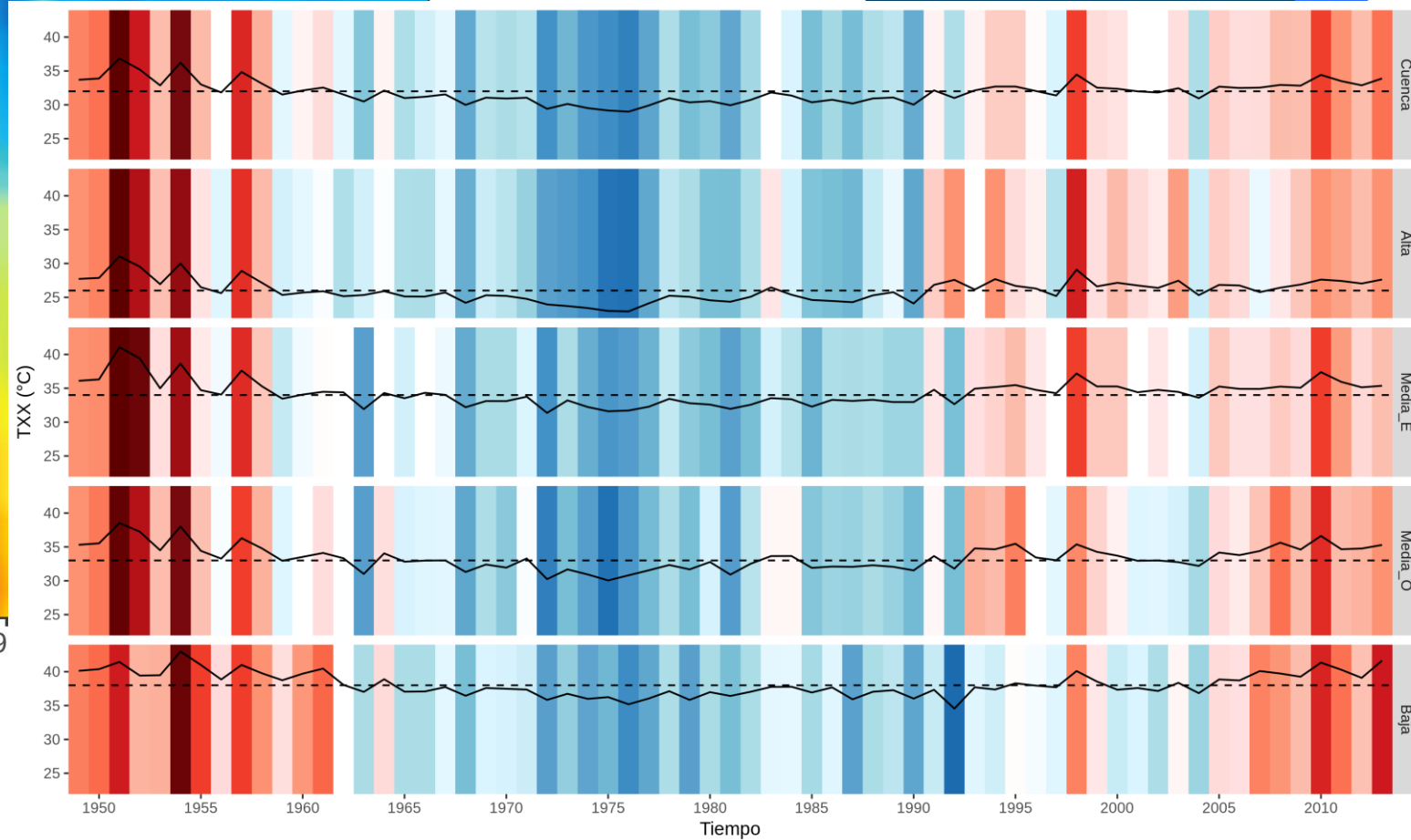
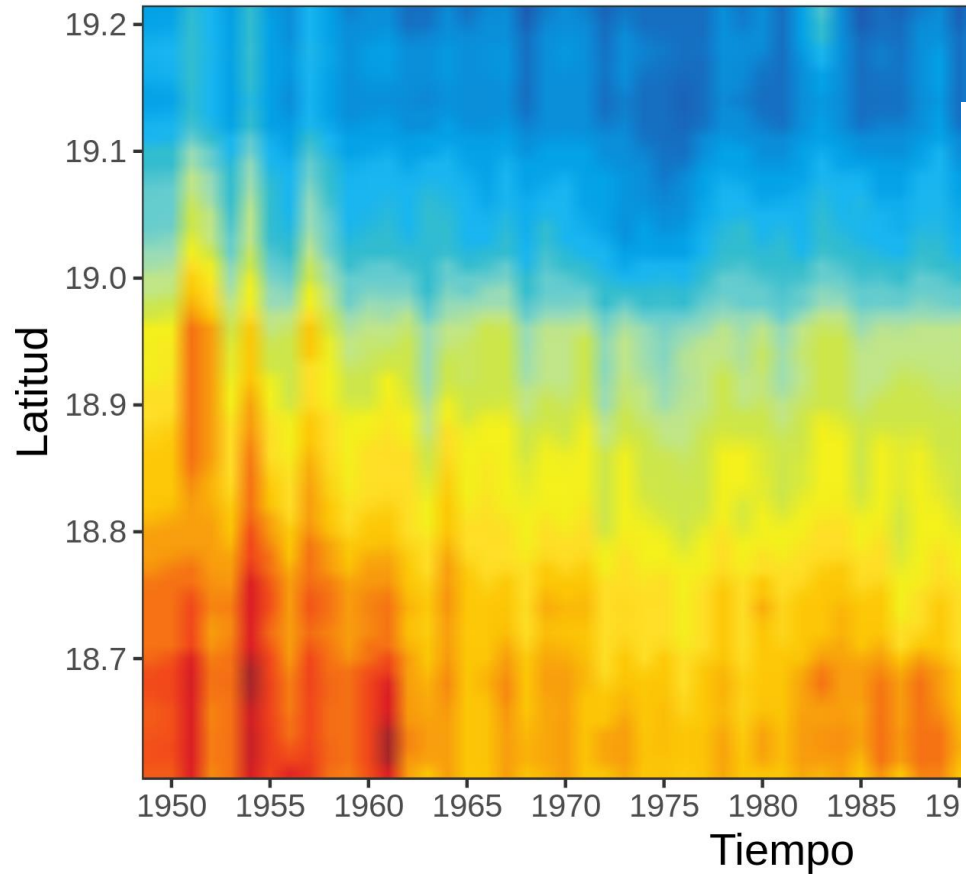








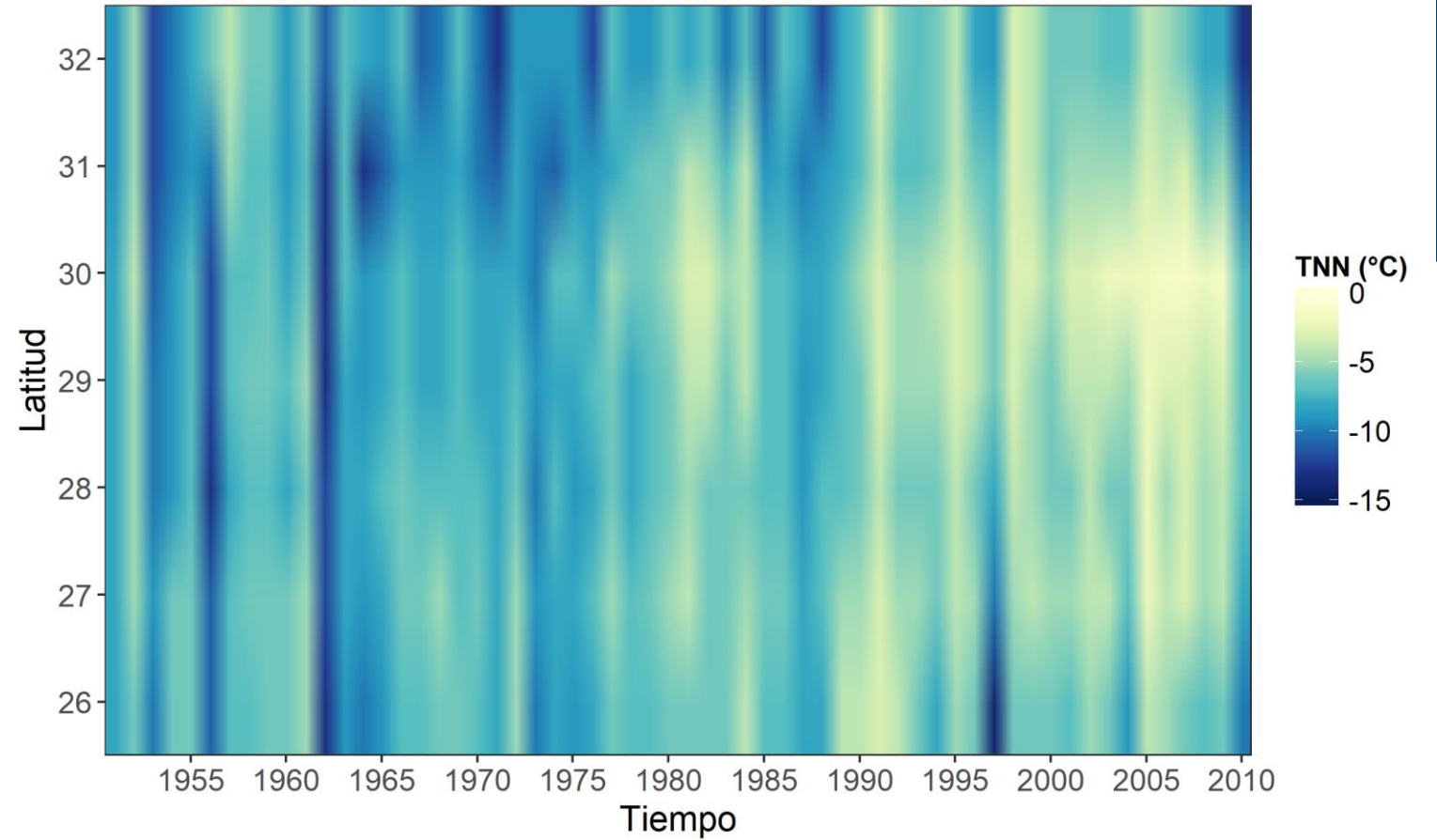
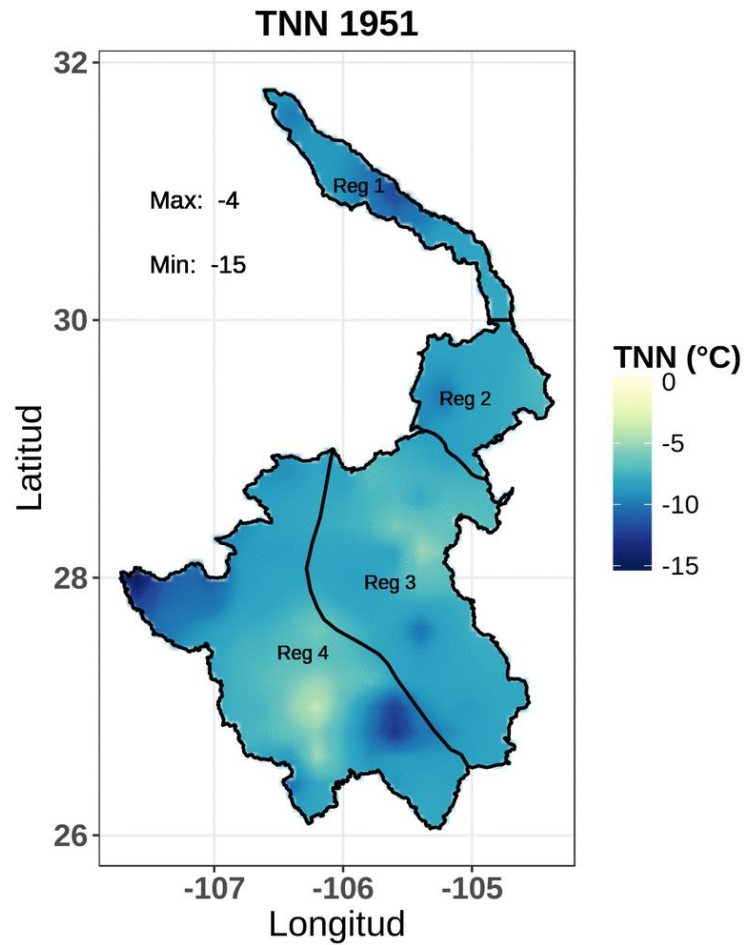


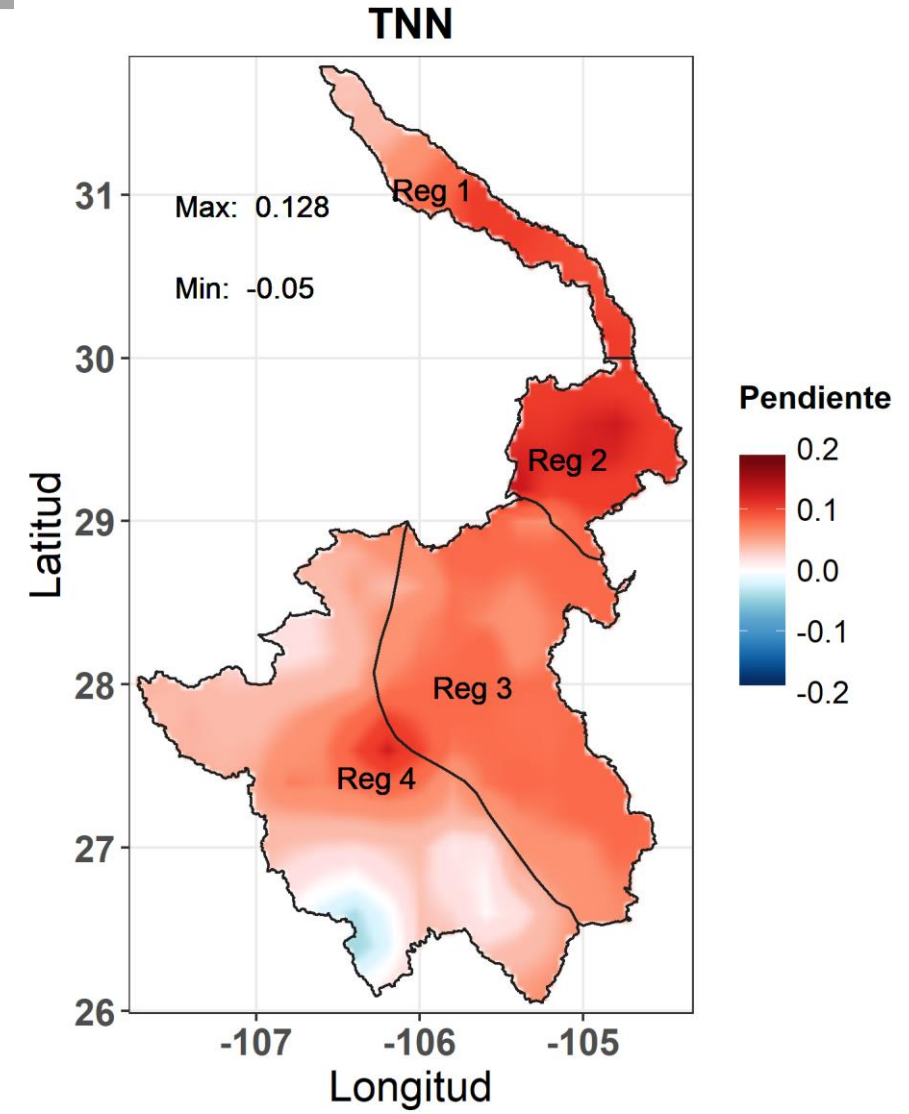
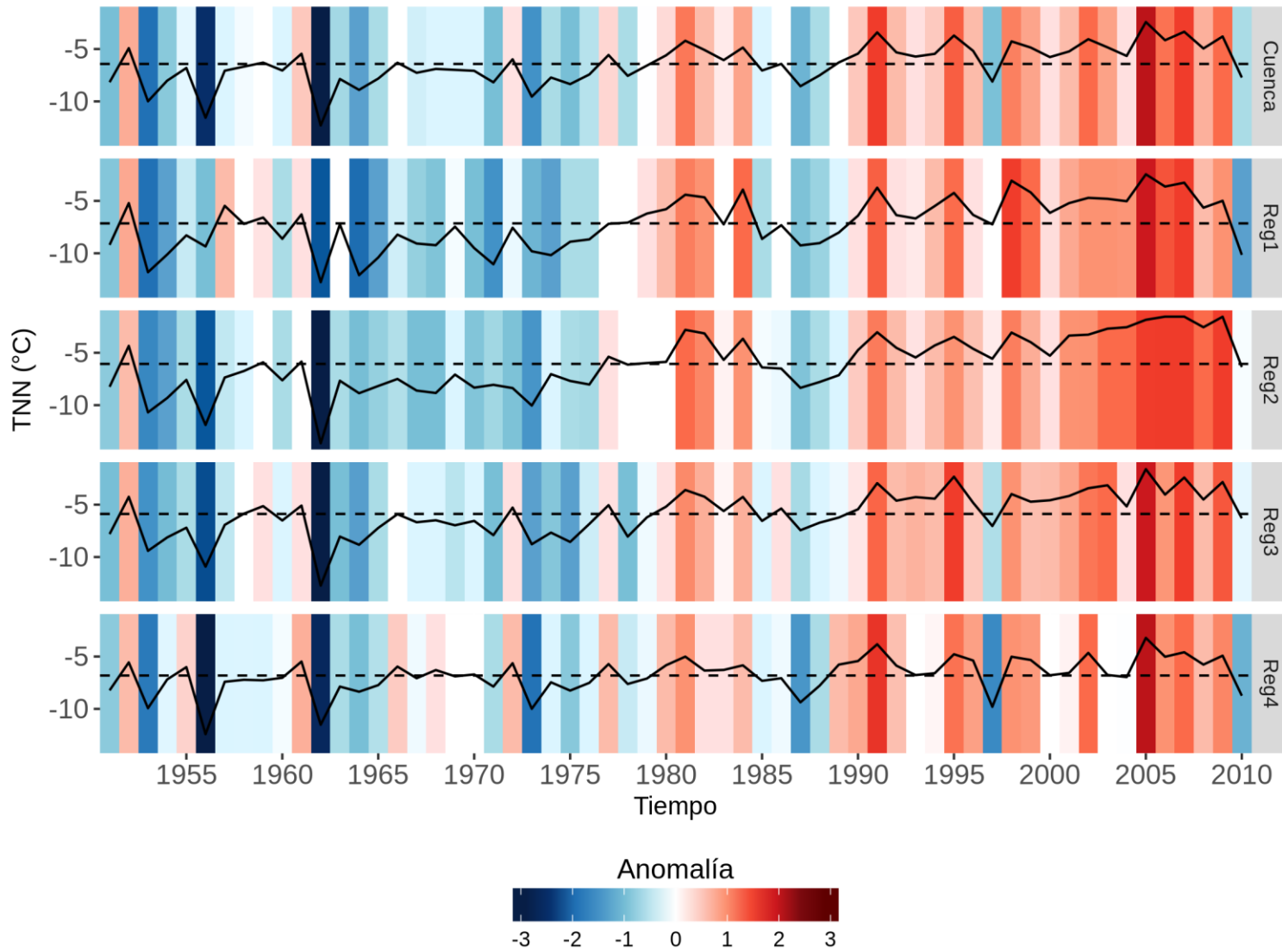


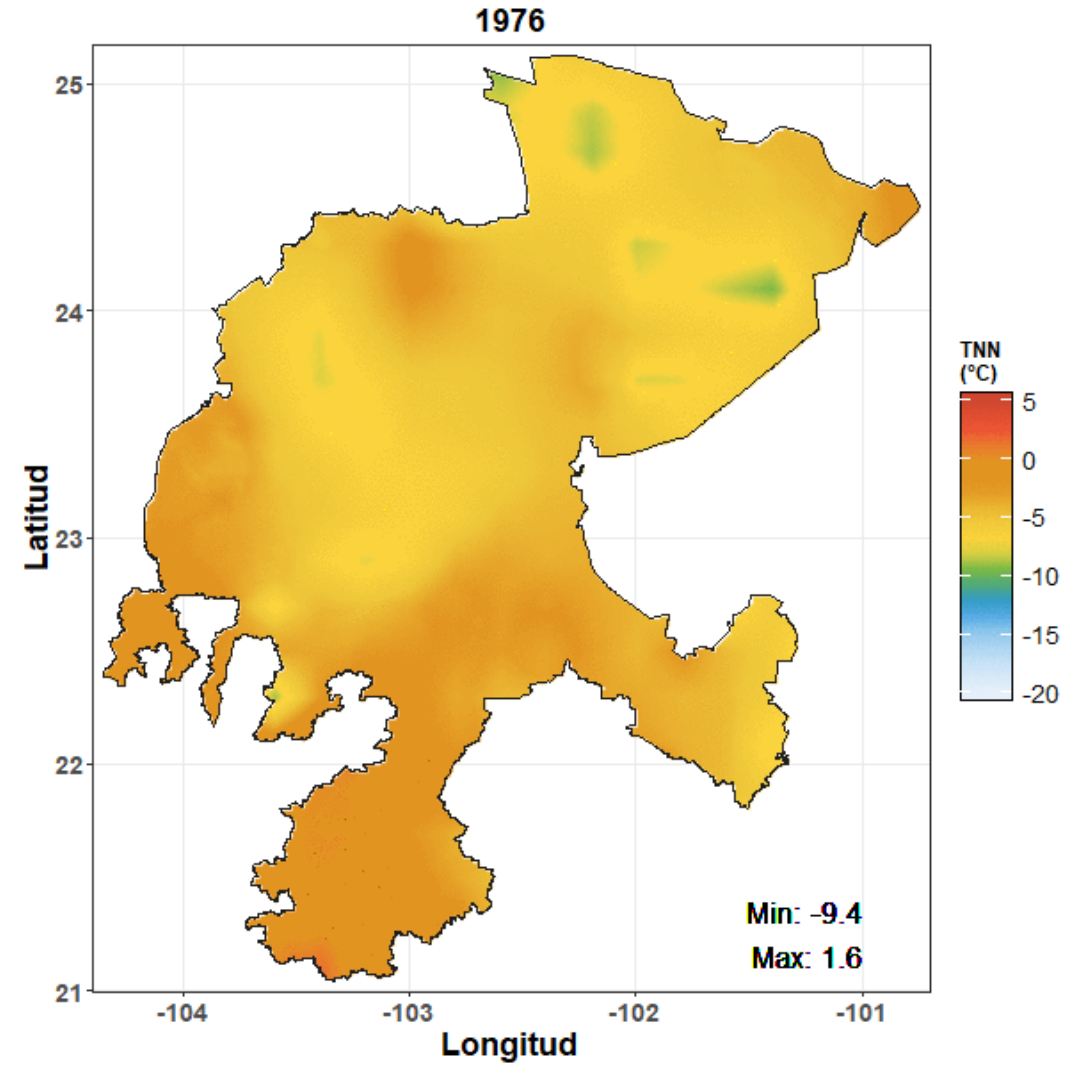
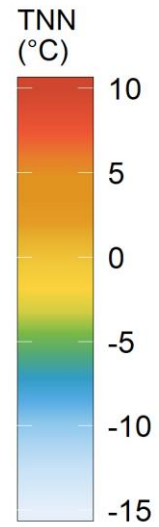
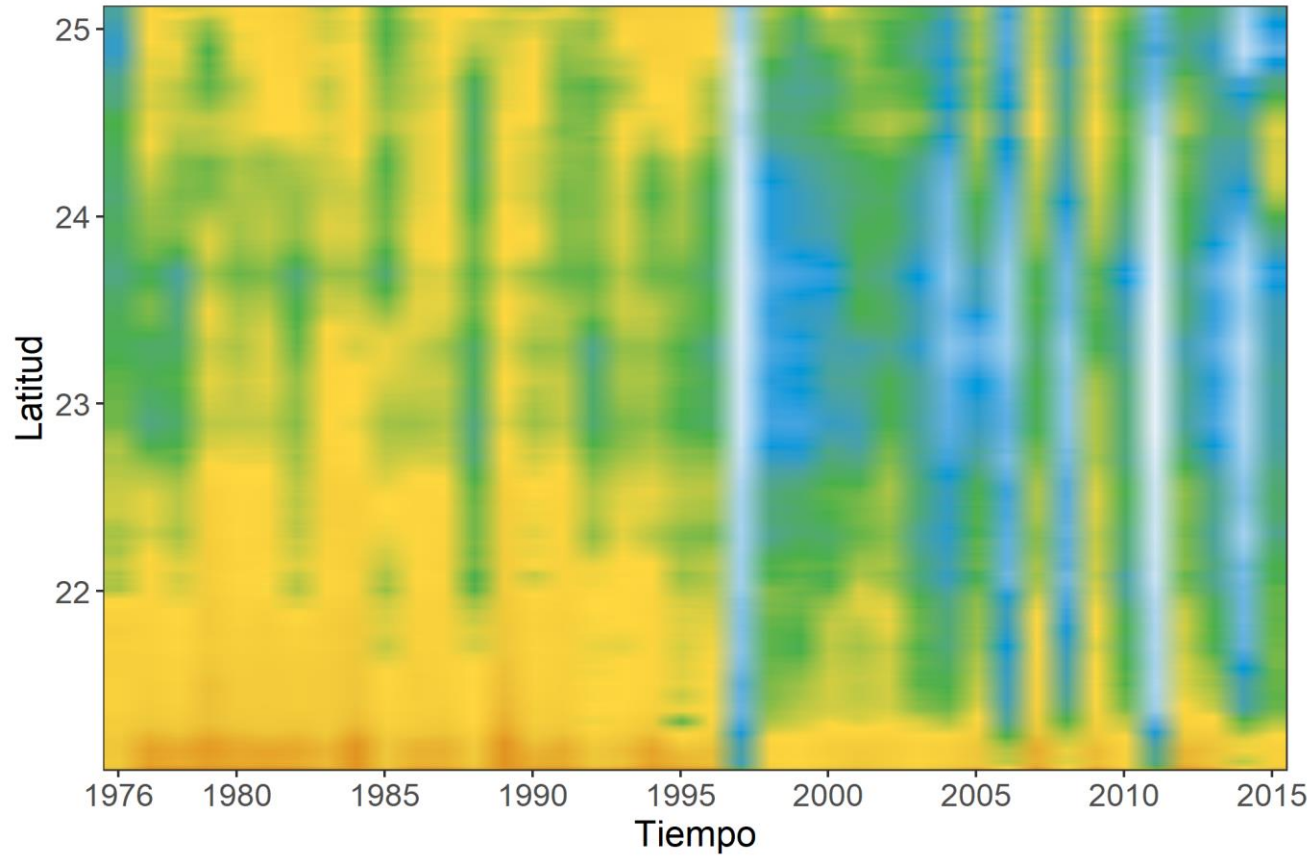
# Temperatura mínima extrema (TNN)

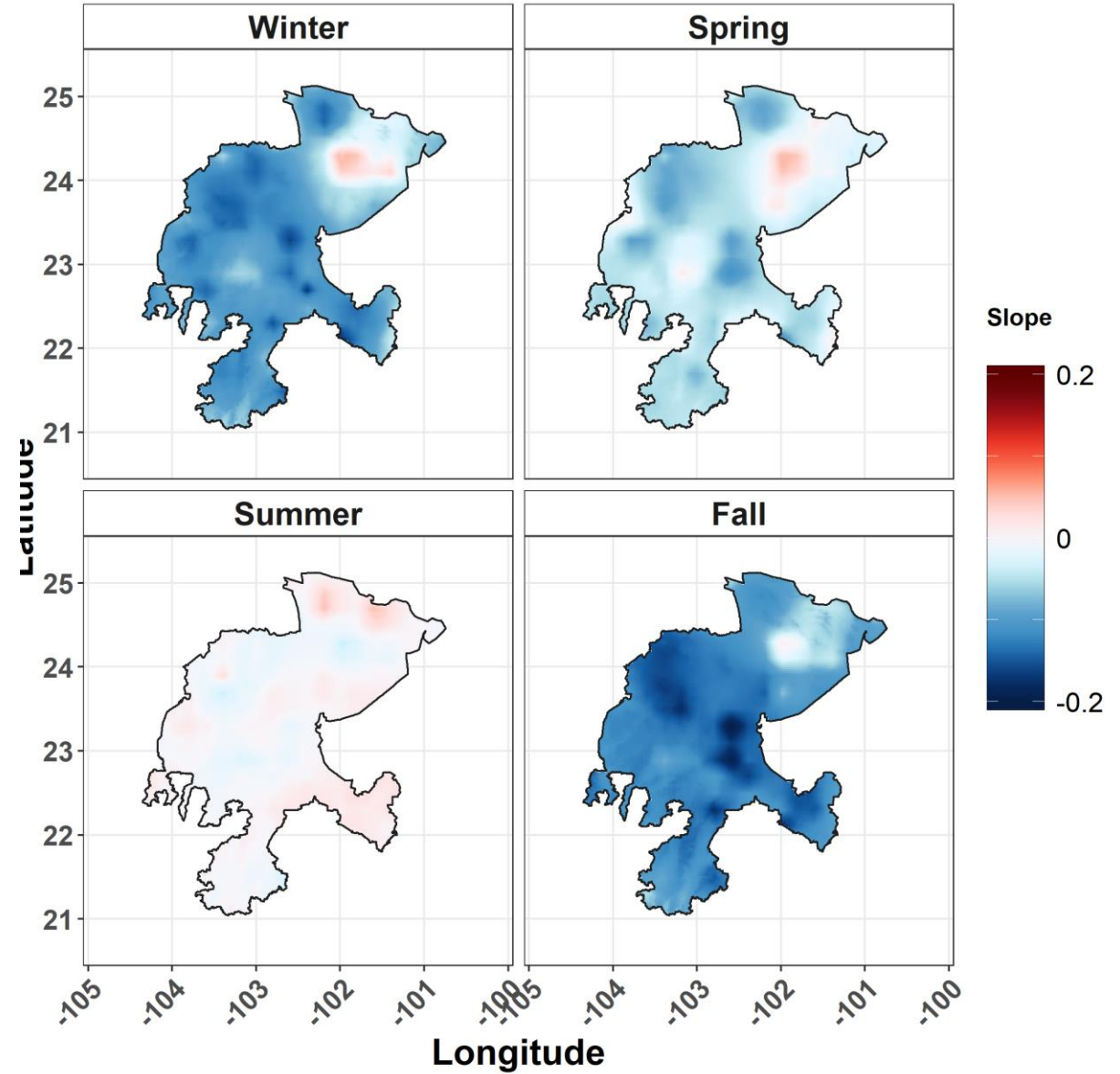
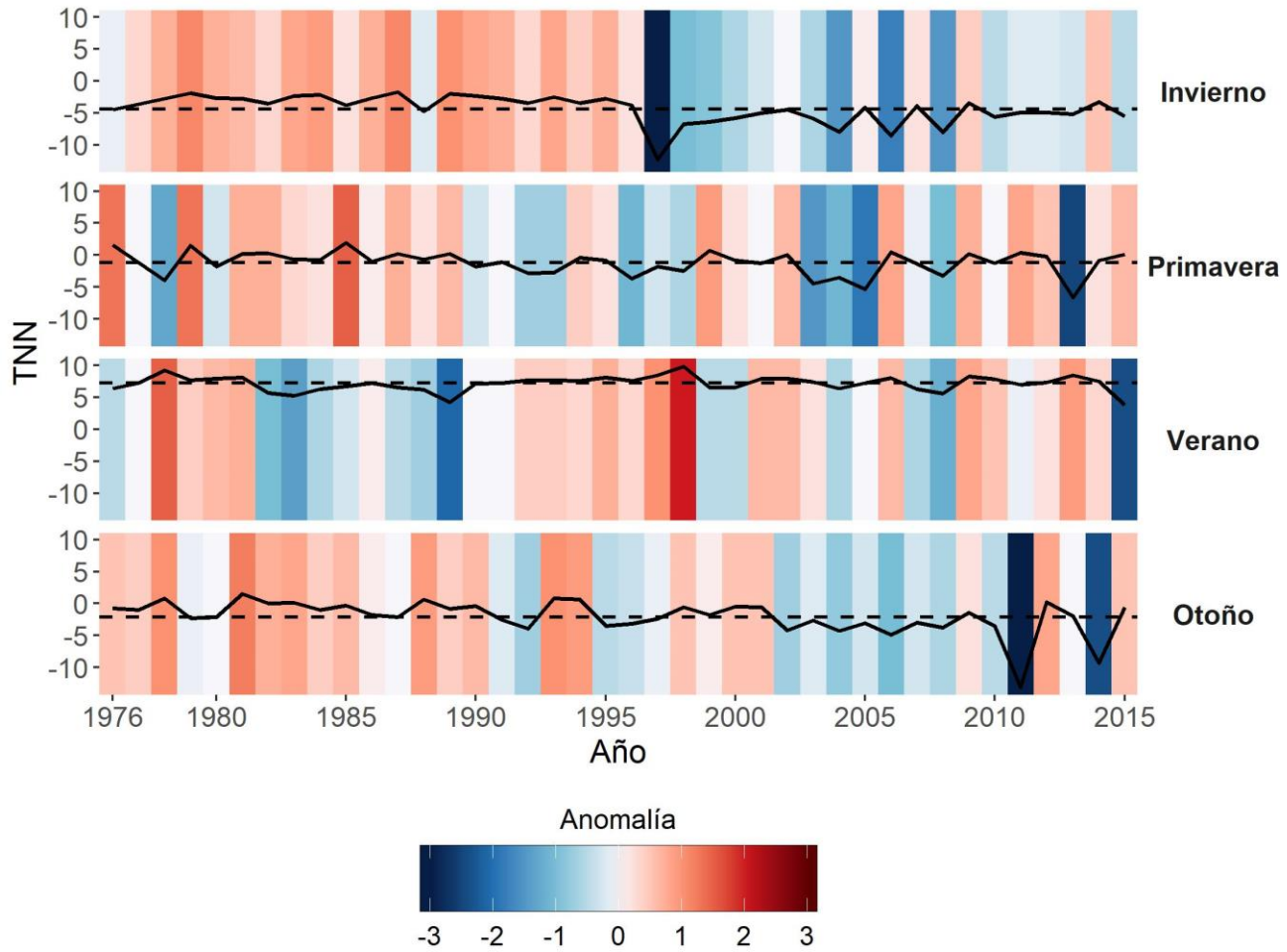


$$TNN = \min(tmin)$$





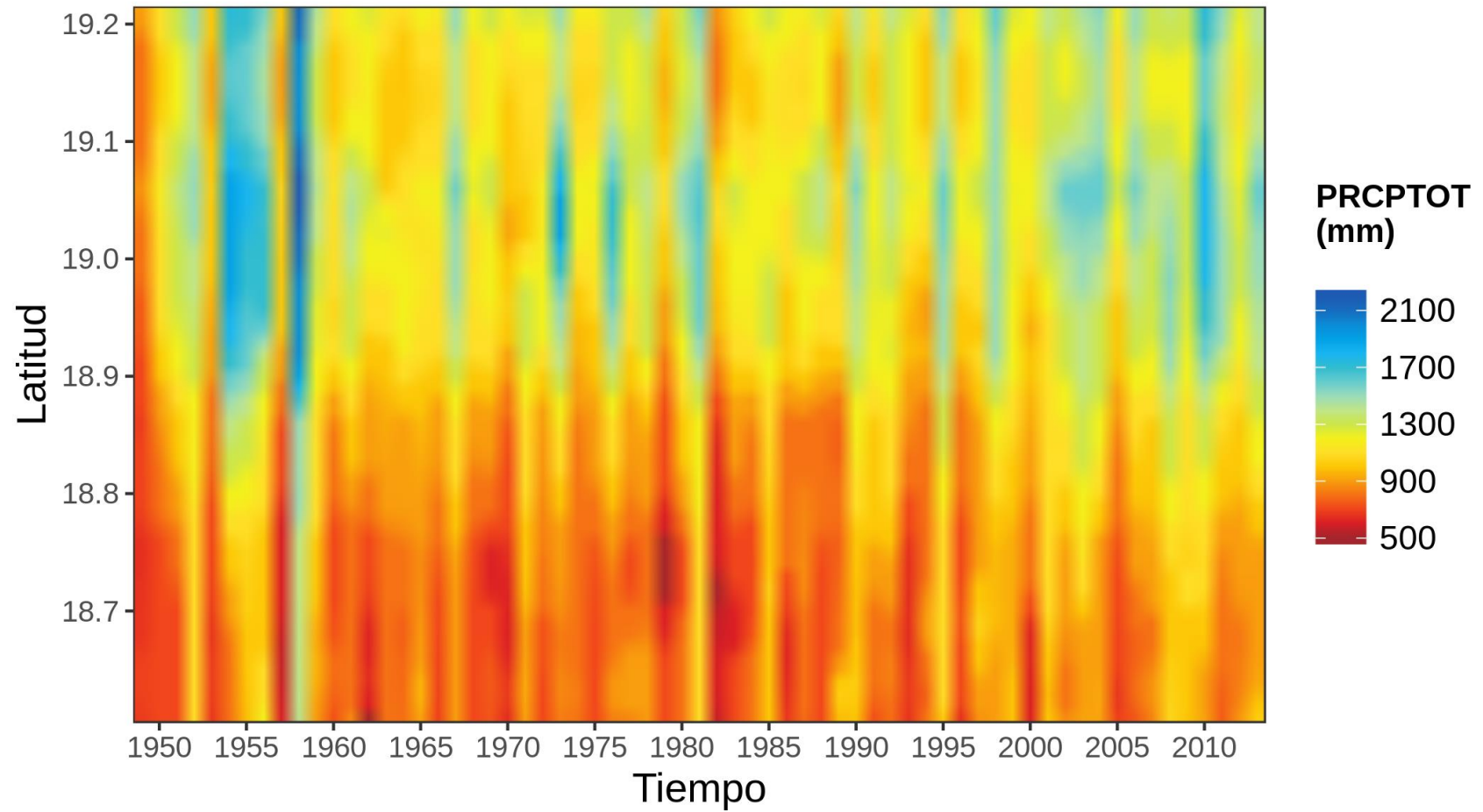
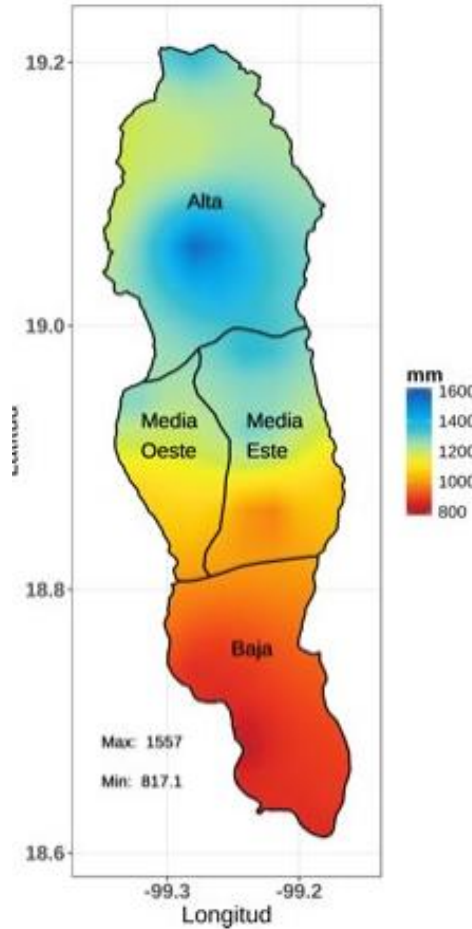




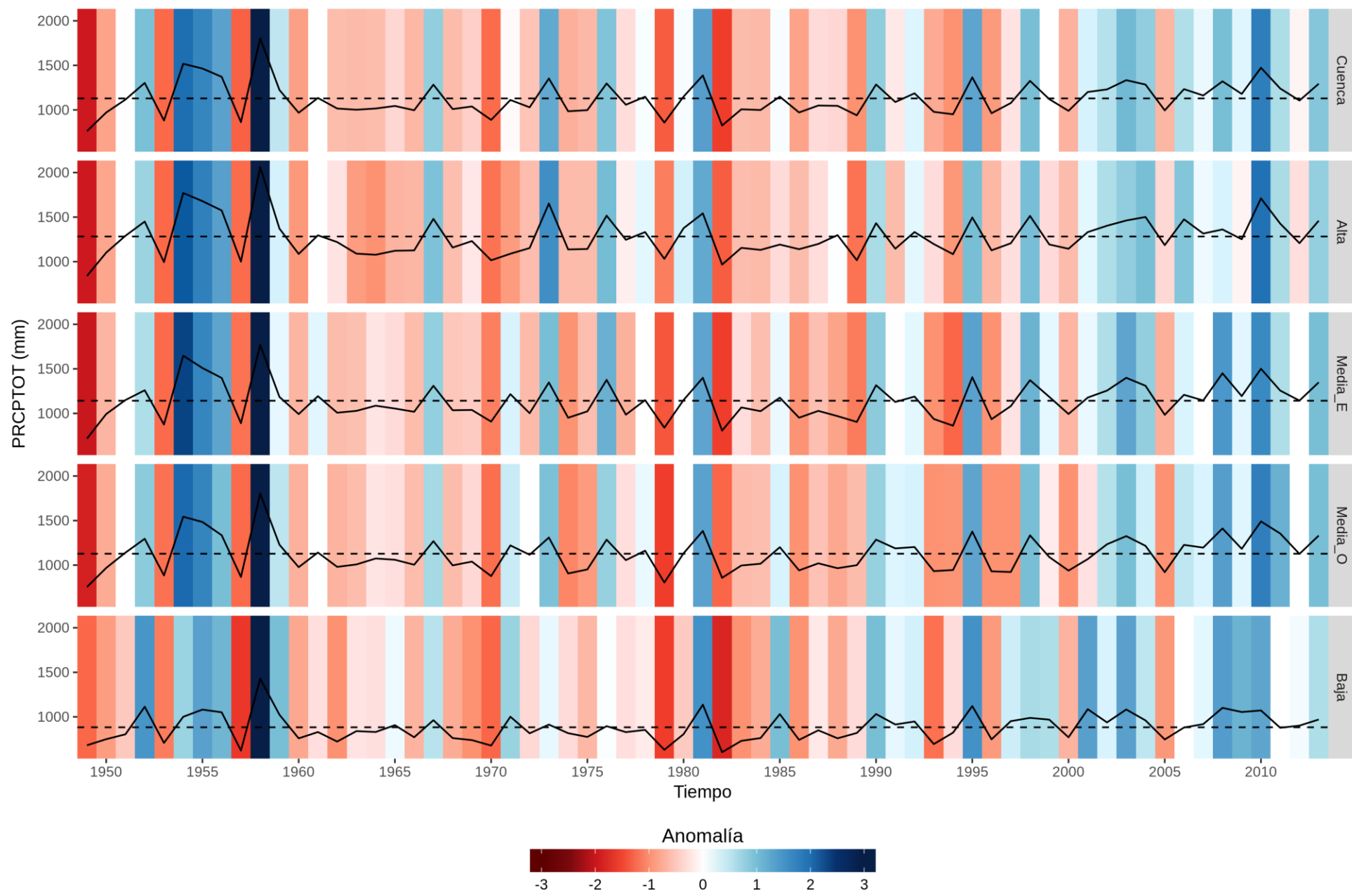
# Precipitación Total (PRCPTOT)

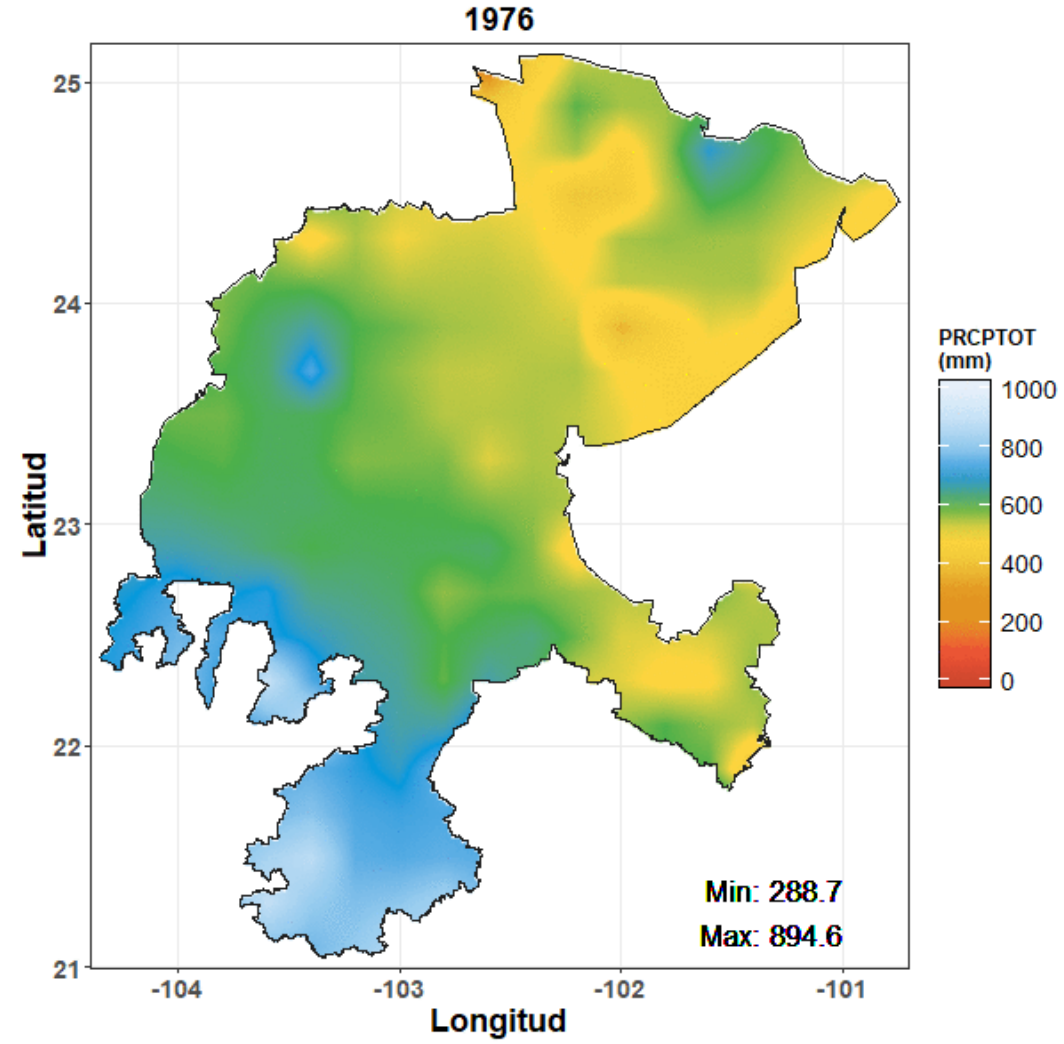
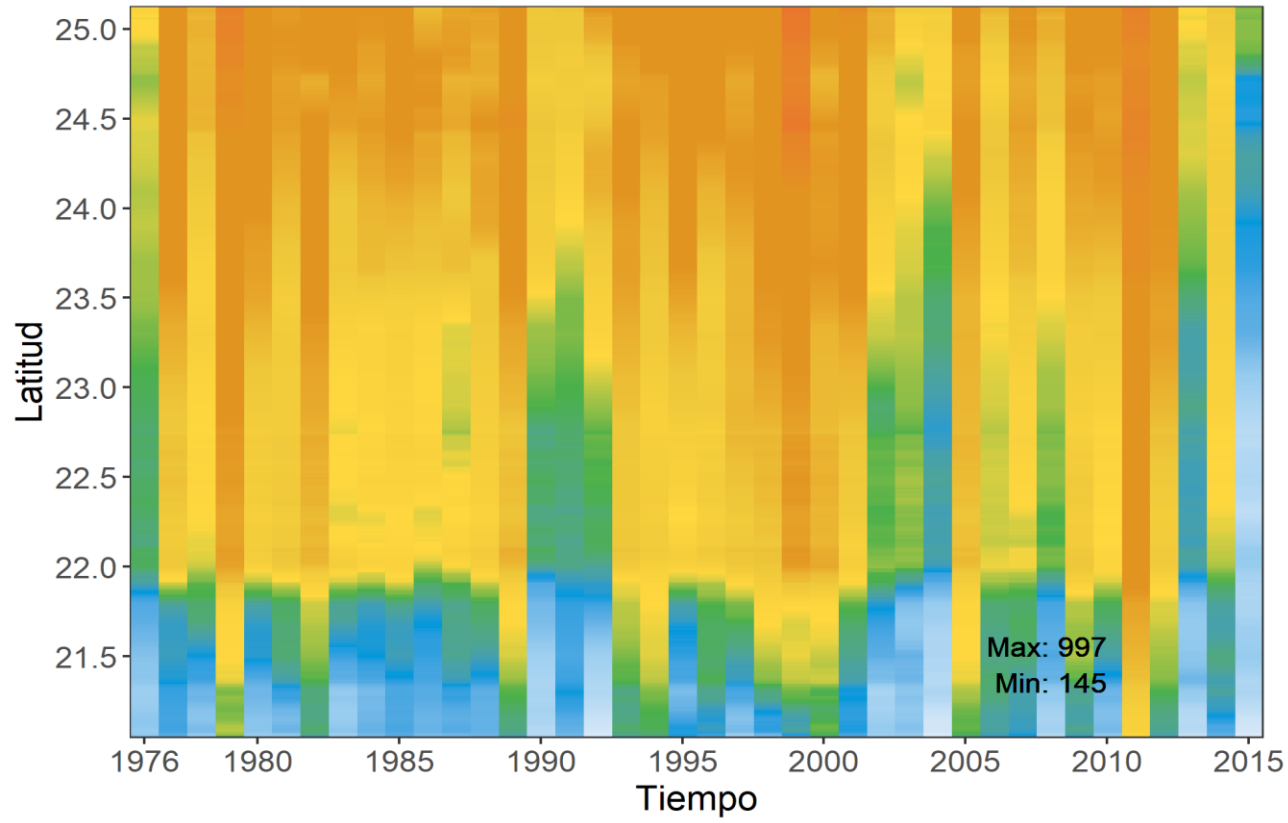


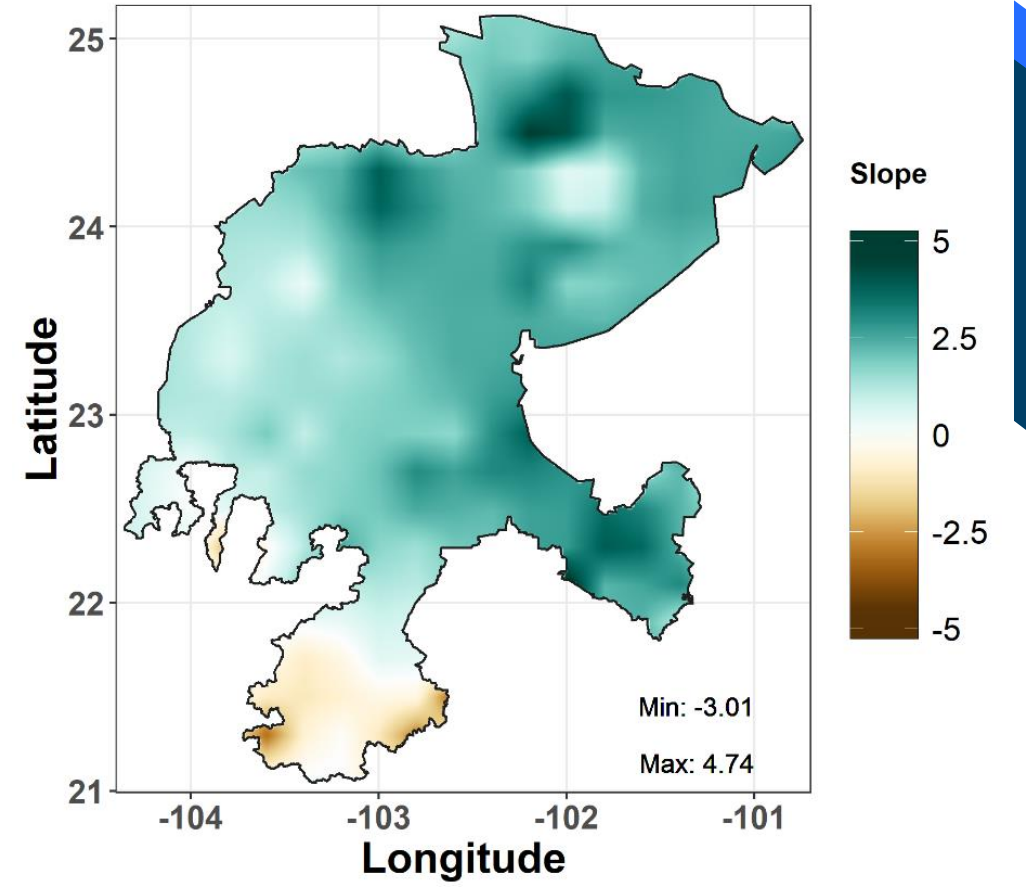
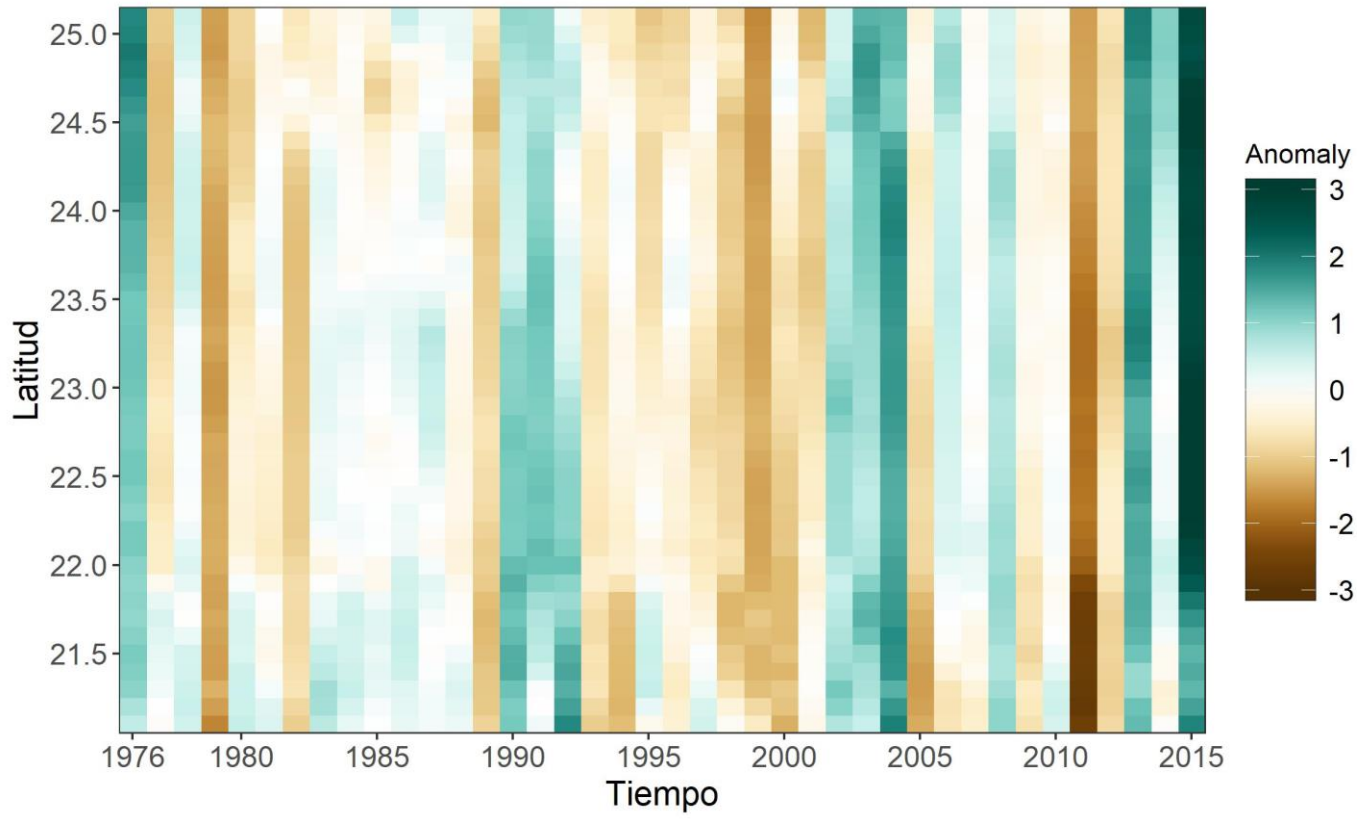
$$PRCPTOT = \sum_{i=1}^I RR_{ij}$$



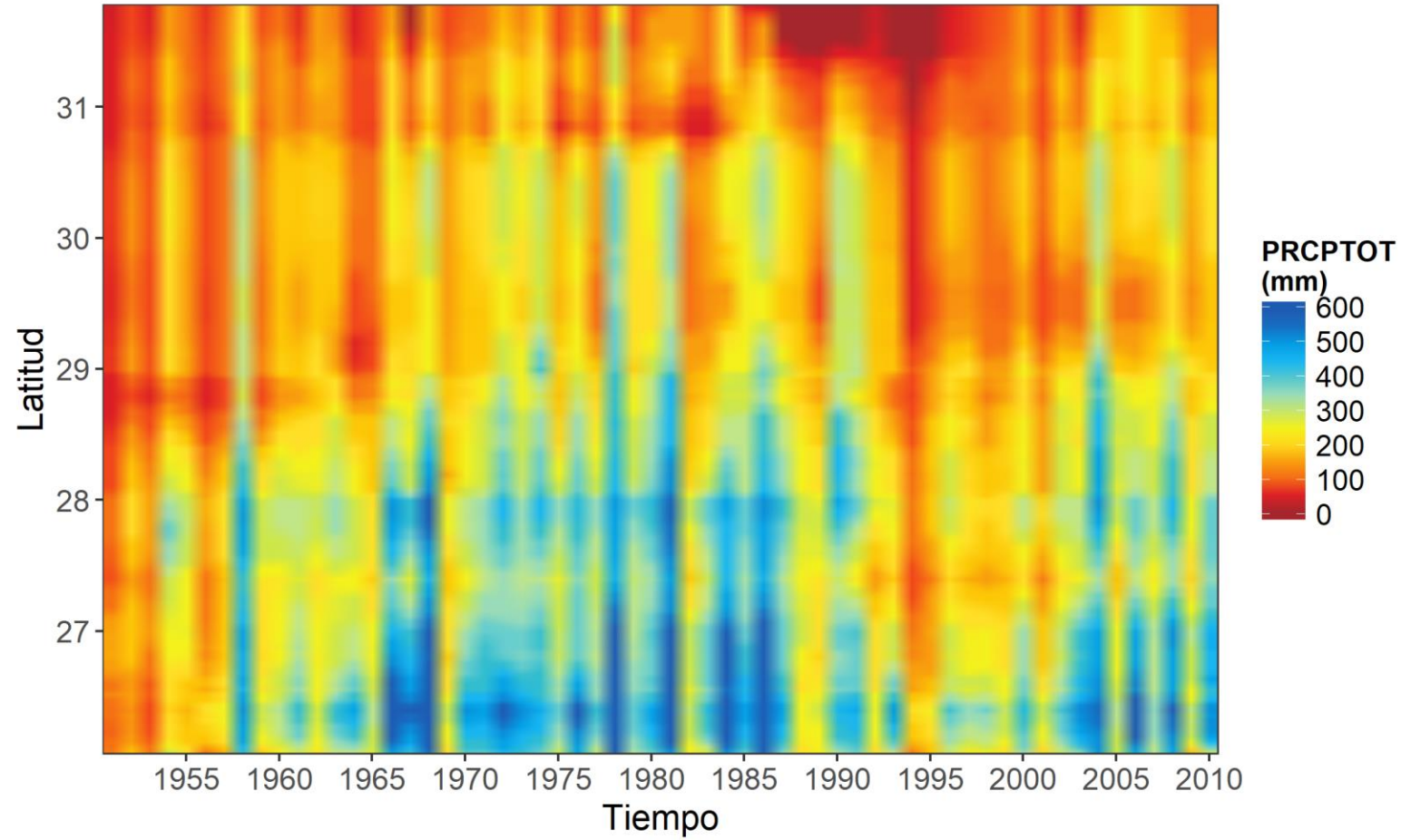
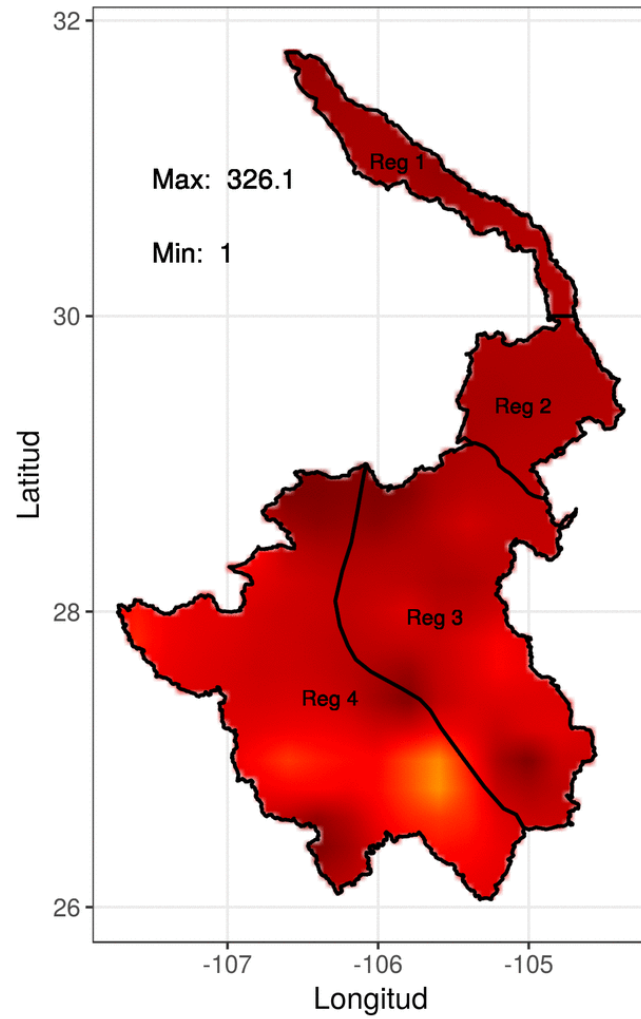




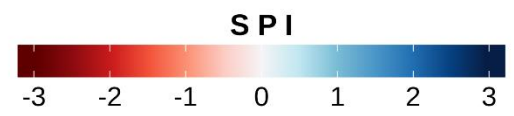
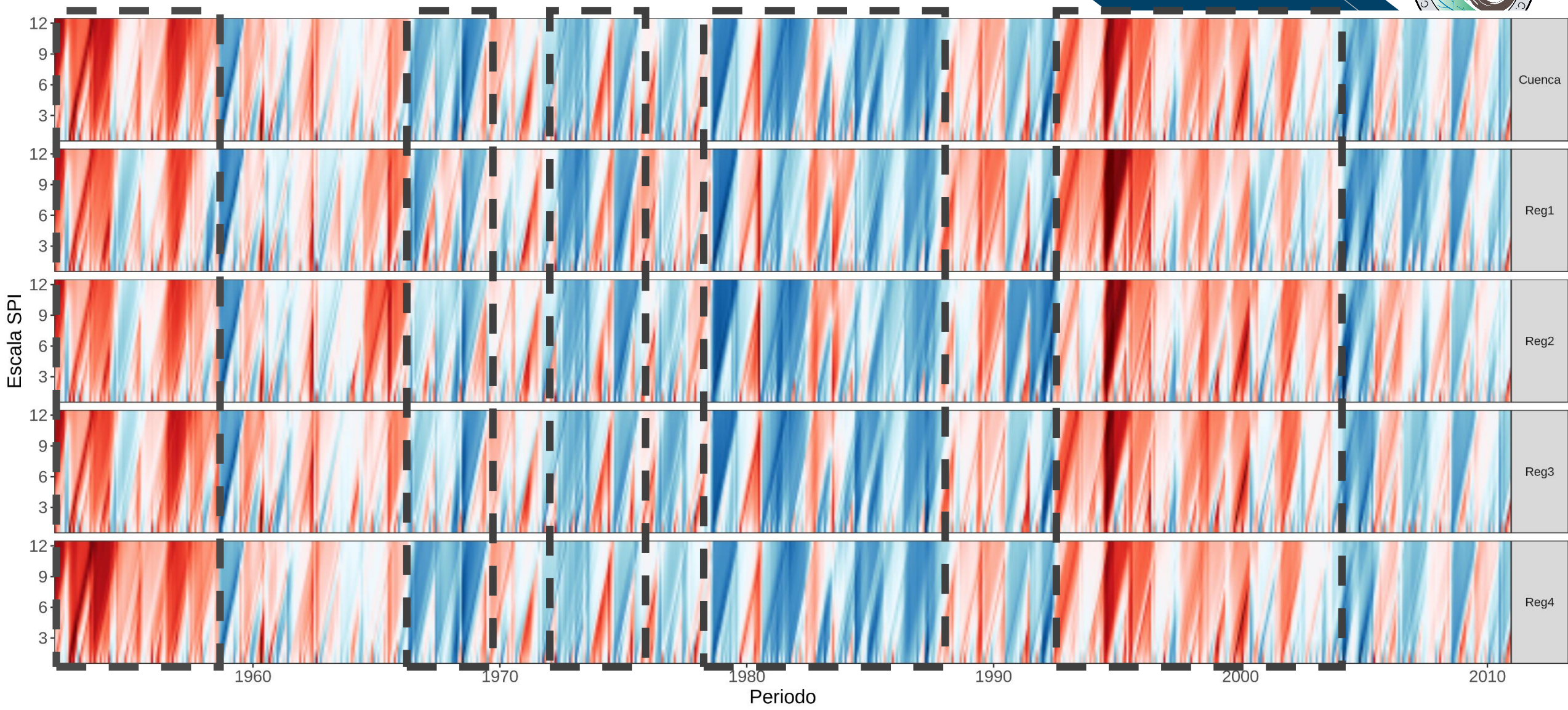




## Precipitación total (mm), 1951

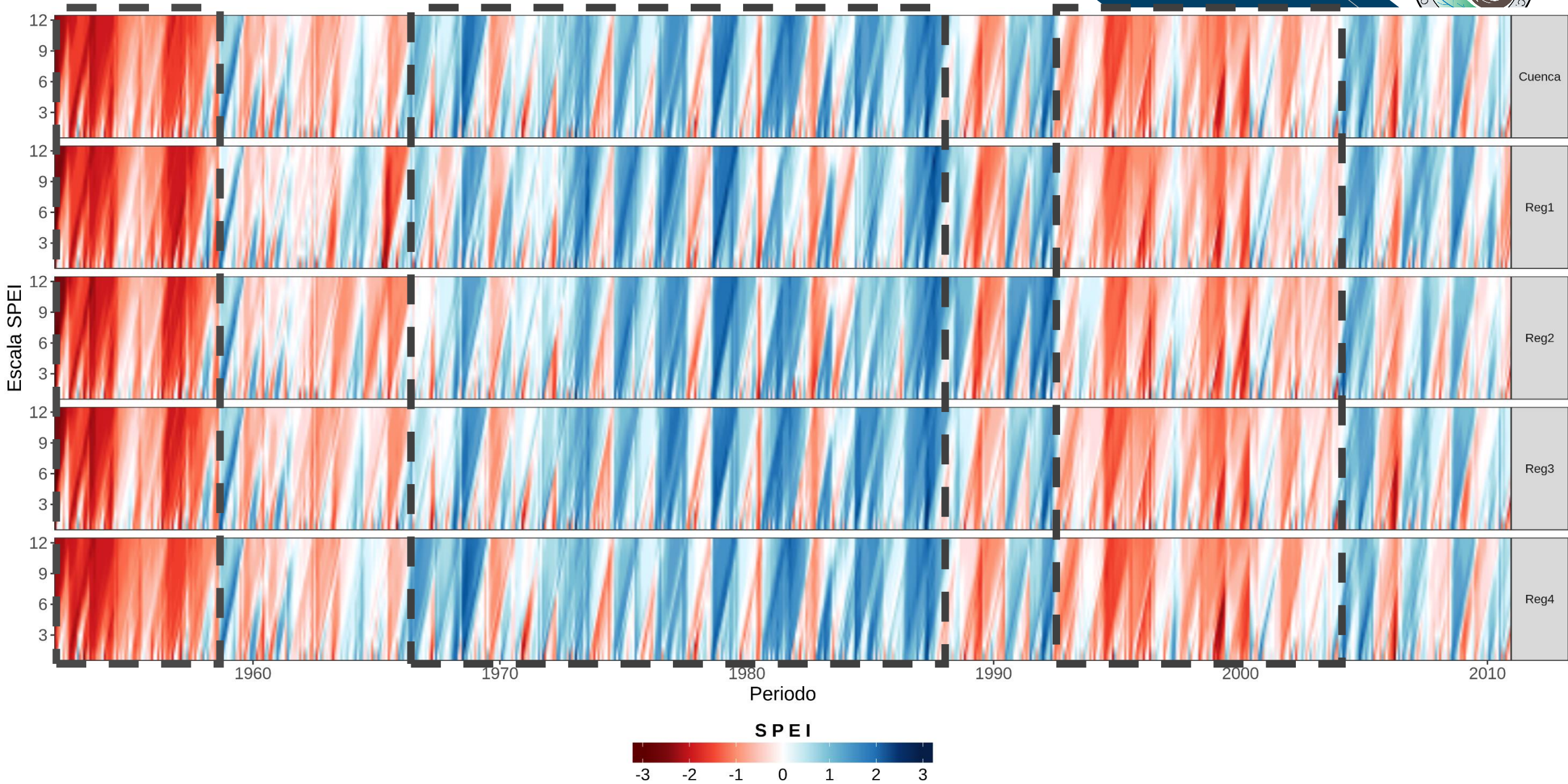


# 2.4 Índices de sequía meteorológica

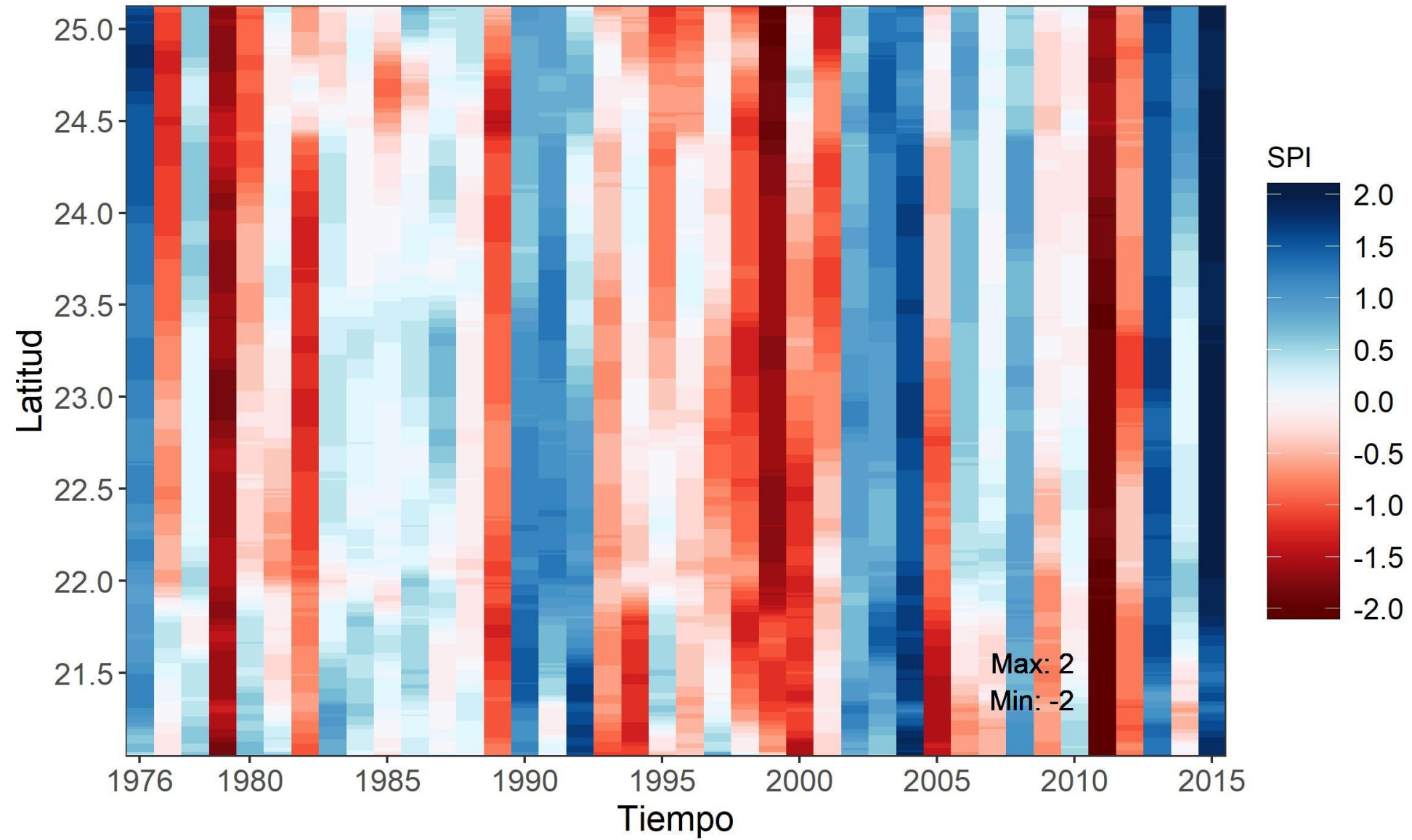


**SPI-CONCHOS**

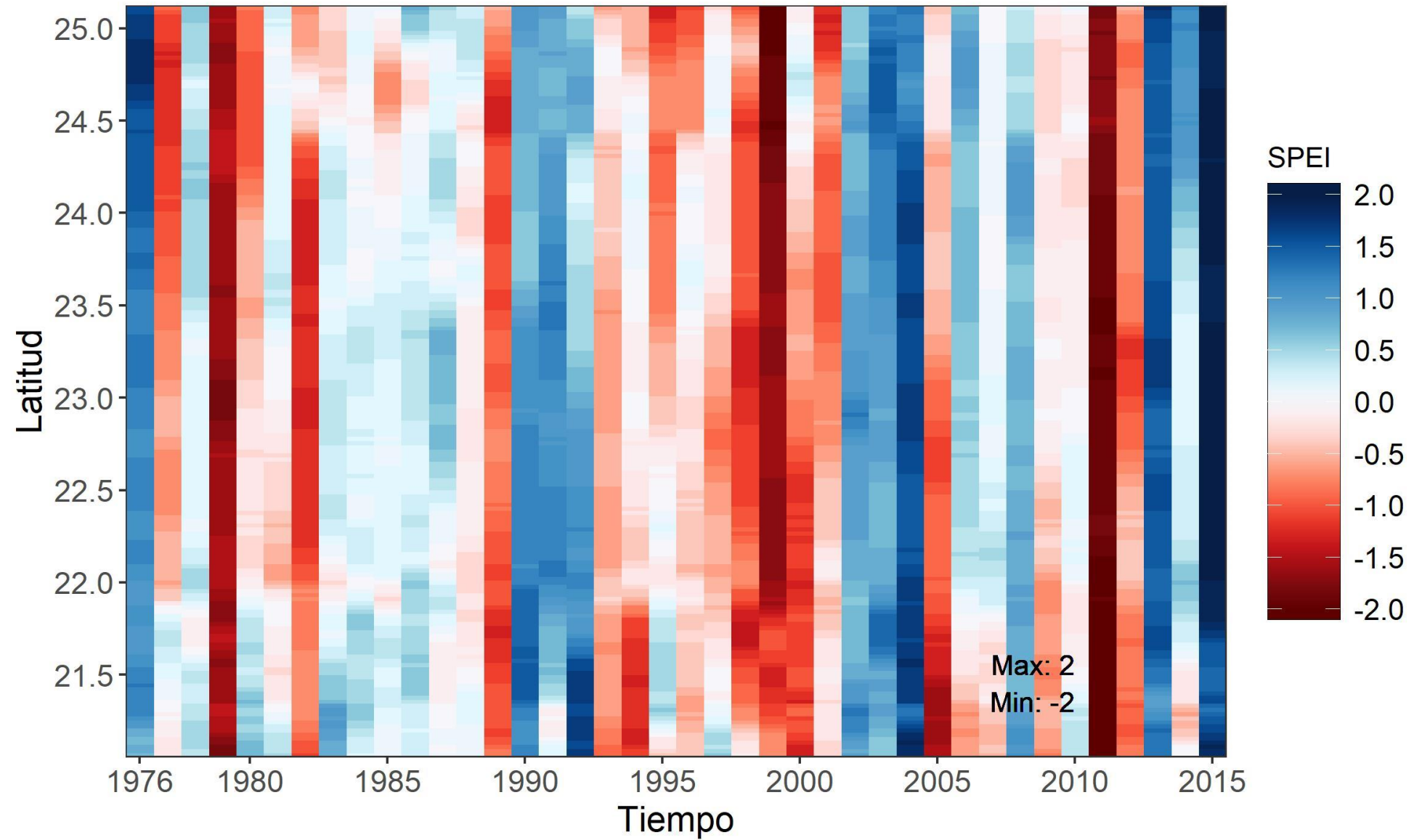
# SPEI-CONCHOS



# SPI ZACATECAS



# SPEI ZACATECAS





## 3. Conclusiones

- Comportamientos de temperatura distintos en la tres regiones del país
  - Incremento de la temperatura máxima en los últimos años
  - Incremento de temperatura mínima (Conchos)
  - Disminución de temperatura mínima (Zacatecas)
  - Disminución del rango diurno de temperatura (DTR, Conchos)
  - Aumento del DTR en Zacatecas
- Comportamiento variable de la precipitación en las tres zonas de estudio
- Eventos de sequía y humedad más frecuentes
- Influencia de oscilaciones de baja frecuencia (ENSO, PDO, AMO) en el comportamiento a largo plazo de las tres variables analizadas
- Monitoreo constante de fenómenos que afecten los sectores productivos y económicos
- La problemática a corto plazo más importante será la dificultad de adaptación a estos cambios acelerados y hacia un nuevo escenario climático, los cuales serán nuevos desafíos en el futuro.

## Links de interés



### **Detección de cambio climático en la cuenca del río Conchos, mediante índices climáticos**

<http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/2062>

### **Comparing climate change indices between a northern (arid) and a southern (humid) basin in Mexico during the last decades**

<https://www.adv-sci-res.net/15/231/2018/>

### **Impacto del cambio climático para la gestión integral de la cuenca hidrológica del río Apatlaco, Capítulo III, Homogeneización de datos y cálculo de índices de cambio climático en la cuenca del río Apatlaco.**

[http://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/rio\\_apatlaco/cambio\\_climatico\\_rio\\_aplatlaco.pdf](http://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/rio_apatlaco/cambio_climatico_rio_aplatlaco.pdf)

### **Analysis of Anomalies and Trends of Climate Change Indices in Zacatecas, Mexico**

<https://doi.org/10.3390/cli8040055>

### **Webinar 19. Homogeneización de series climáticas (Canal COMEI YouTube)**

<https://youtu.be/DVpEo0bVf9Q>

### **Sitio web ETCCDI**

<http://etccdi.pacificclimate.org/>

### **Documentación para R RClimDex**

<https://cran.r-project.org/web/packages/climdex.pcic/index.html>



# Links de interés

## Climate Lab Book

<http://www.climate-lab-book.ac.uk/>

## Documentación paquete SPEI

<https://cran.r-project.org/web/packages/SPEI/index.html>

## Documentación paquete Greenbrown

<http://greenbrown.r-forge.r-project.org/index.php>

## Guía para el cálculo y uso de índices de cambio climático en México (Jorge Luis Vázquez Aguirre)

<https://es.scribd.com/document/365816447/Guia-Indices-CC-2010-pdf>

## La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático

<https://www.gob.mx/imta/documentos/la-cuenca-del-rio-usumacinta-desde-la-perspectiva-del-cambio-climatico>

## La cuenca del río Conchos: una mirada desde las ciencias ante el cambio climático

<https://www.gob.mx/imta/documentos/la-cuenca-del-rio-conchos-una-mirada-desde-las-ciencias-ante-el-cambio-climatico>

## Cambio climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación

<https://www.gob.mx/imta/documentos/cambio-climatico-seleccion-clasificacion-y-diseno-de-medidas-de-adaptacion>

# Muchas gracias

**M.C. Óscar Pita-Díaz**

Colaborador en la Subcoordinación de Hidrometeorología del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

opitadiaz@outlook.com

## Para citar esta presentación:

Pita-Díaz, A. 2020. El uso de indicadores climáticos y representación espacio-temporal para observar tendencias de cambio climático; tres casos de estudio en México. Serie de Seminarios Virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMeII). México. 52 pp.

Consulta el portal del COMeII y sus redes sociales:

[www.comeii.com](http://www.comeii.com) y [www.riego.mx](http://www.riego.mx)

