III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

Condiciones climáticas en Guatemala proyectadas bajo el escenario SSP5 y sus implicaciones para la disponibilidad hídrica

Dr. Paris Rivera

Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad (CEAB)

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

01/01/2025

Introducción

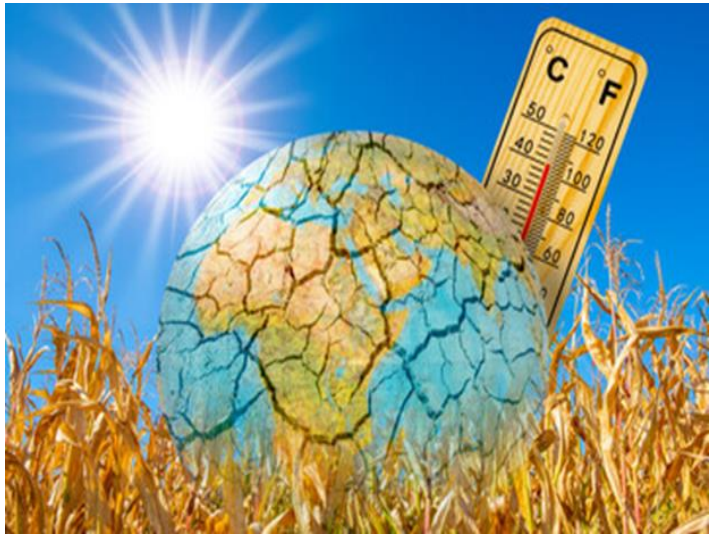
La disponibilidad hídrica en Guatemala está marcada por una fuerte estacionalidad y una distribución desigual de las precipitaciones. El cambio climático está alterando los patrones hidrológicos, afectando la recarga de acuíferos y la disponibilidad de agua superficial, lo que compromete la seguridad hídrica. Estos cambios representan un desafío para sectores clave como la agricultura, la energía hidroeléctrica y el abastecimiento de agua potable, haciendo urgente la adopción de estrategias de adaptación y una gestión sostenible del recurso.

Objetivo

Proporcionar una visión integral de la disponibilidad hídrica en Guatemala en el contexto del cambio climático.

- Presentar algunos índices de cambio climático a partir de los datos observados en temperatura y precipitación.
- Mostrar proyecciones climáticas futuras bajo el escenario SSP_5, para temperatura y precipitación.
- Mostrar estimaciones sobre la disponibilidad hídrica futura en Guatemala a partir de dichas proyecciones climáticas

Cambio Climático



“Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

El cambio climático se refiere al aumento a largo plazo de la temperatura promedio de la Tierra y los cambios en los patrones climáticos globales. Causado principalmente por las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles (como el carbón, el petróleo y el gas natural), la deforestación y otras prácticas que liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC),

Emisiones de GEI

Los gases de efecto invernadero como el CO_2, CH_4 y N_2O retienen el calor solar en la atmósfera, actuando como una manta que impide que escape al espacio.





Esto causa un aumento en la temperatura promedio de la Tierra, conocido como calentamiento global.

Cambio de uso del suelo

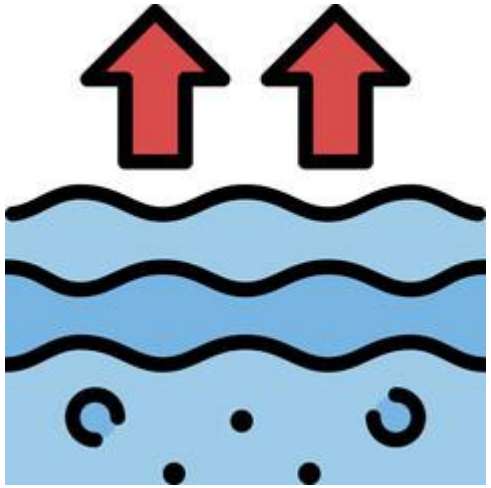
El cambio climático no solo se manifiesta en el aumento de la temperatura global.



- Derretimiento de los casquetes polares y los glaciares.
- El aumento del nivel del mar.
- Cambios en los patrones de precipitación, eventos climáticos más extremos (como tormentas más intensas, sequías prolongadas y olas de calor) y
- Alteraciones en los ecosistemas y la biodiversidad.

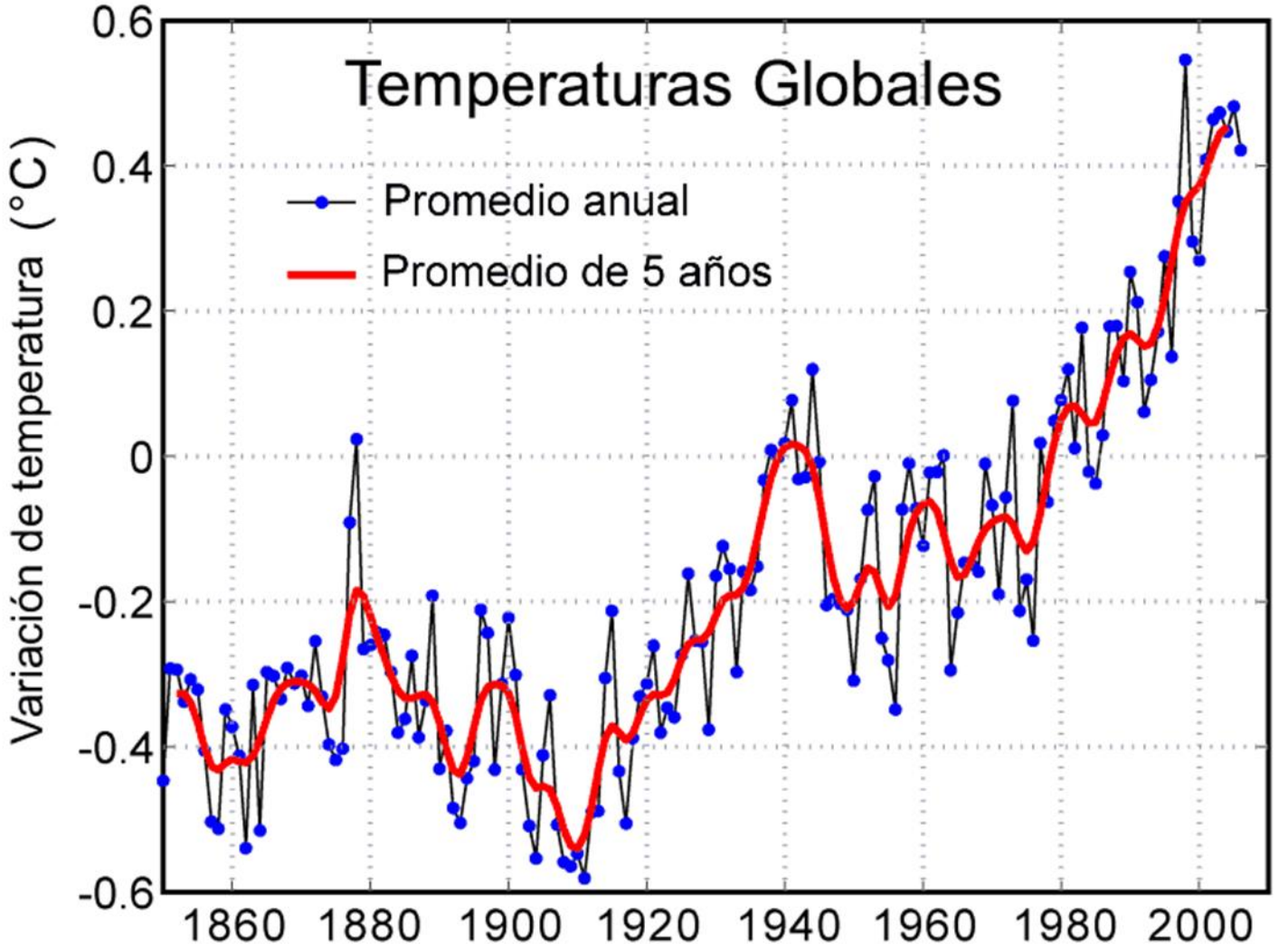






Observación de patrones de calentamiento:

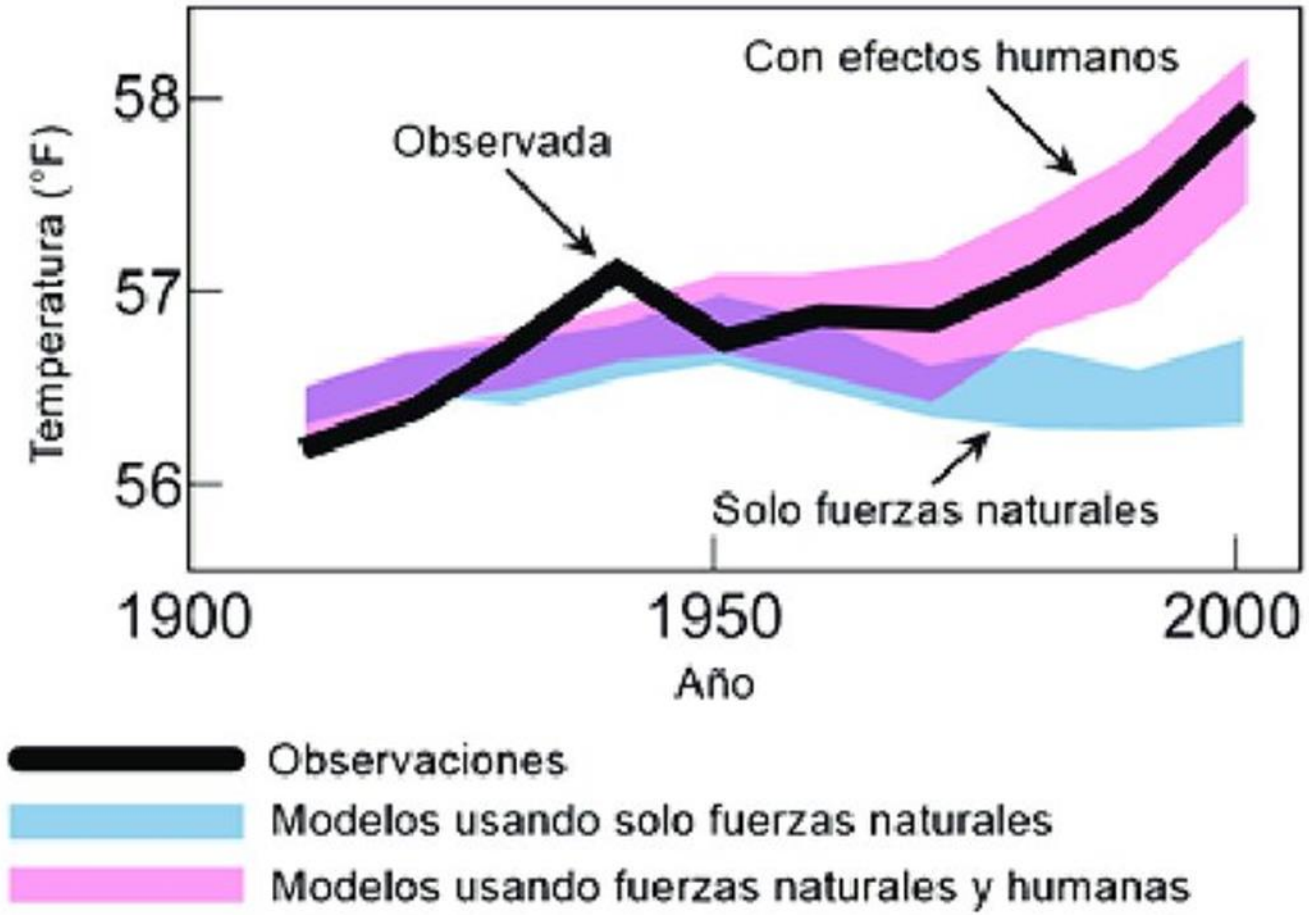
Las observaciones muestran un aumento significativo de la temperatura promedio en la Tierra en las últimas décadas, y este calentamiento se corresponde con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero causados por el ser humano.



Modelos climáticos:

Los modelos climáticos son herramientas poderosas utilizadas para simular y comprender el sistema climático.

Estos modelos han demostrado que solo cuando se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero y otros factores antropogénicos se pueden reproducir con precisión los cambios observados en la temperatura y los patrones climáticos.



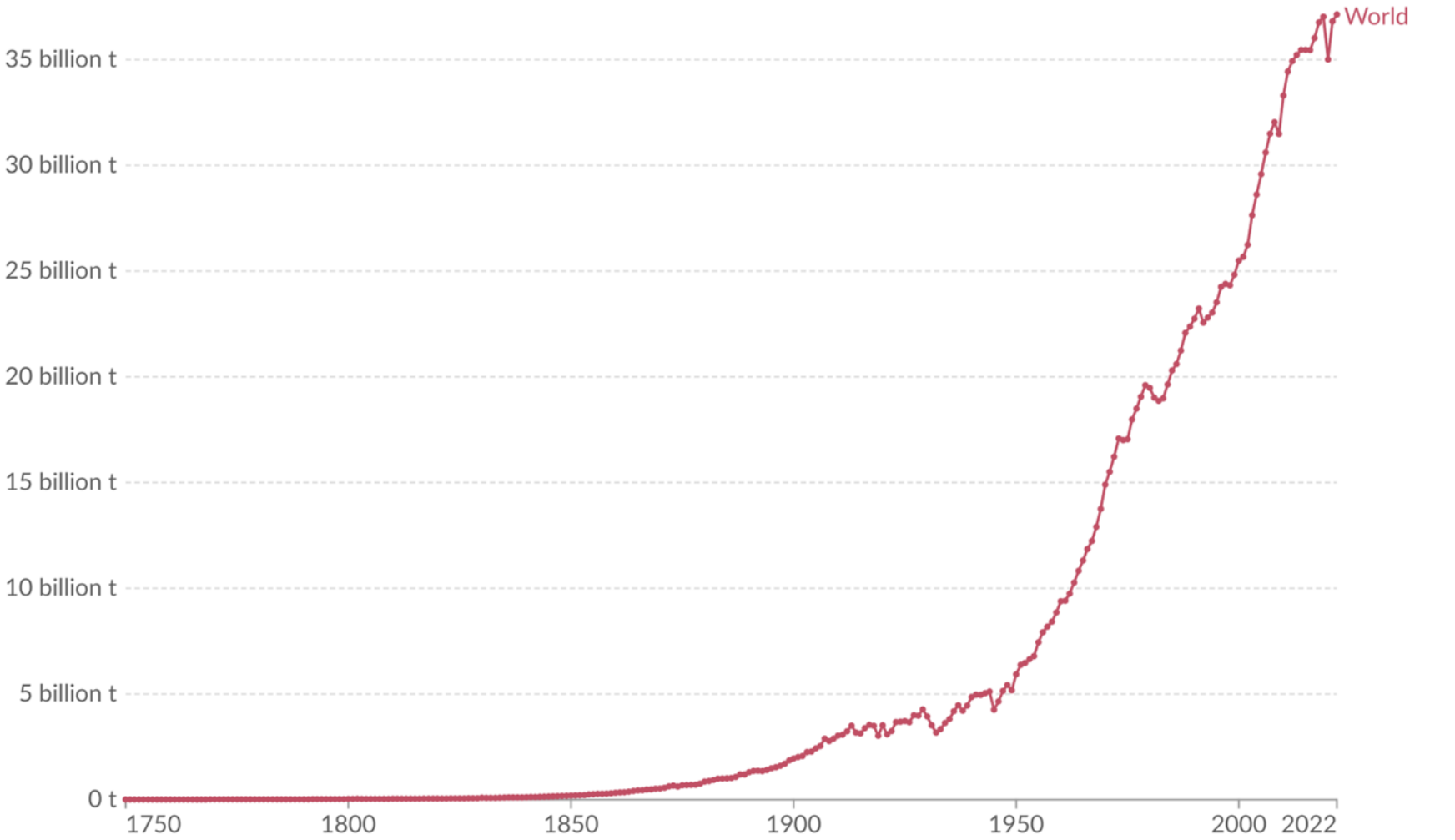
Huellas digitales de los gases de efecto invernadero:

Los gases de efecto invernadero emitidos por actividades humanas, como el dióxido de carbono, tienen una firma química específica. Al analizar las concentraciones de estos gases en la atmósfera, los científicos pueden rastrear su origen y determinar su contribución al calentamiento global.



Annual CO_2 emissions

Carbon dioxide (CO_2) emissions from fossil fuels and industry[1]. Land-use change is not included.

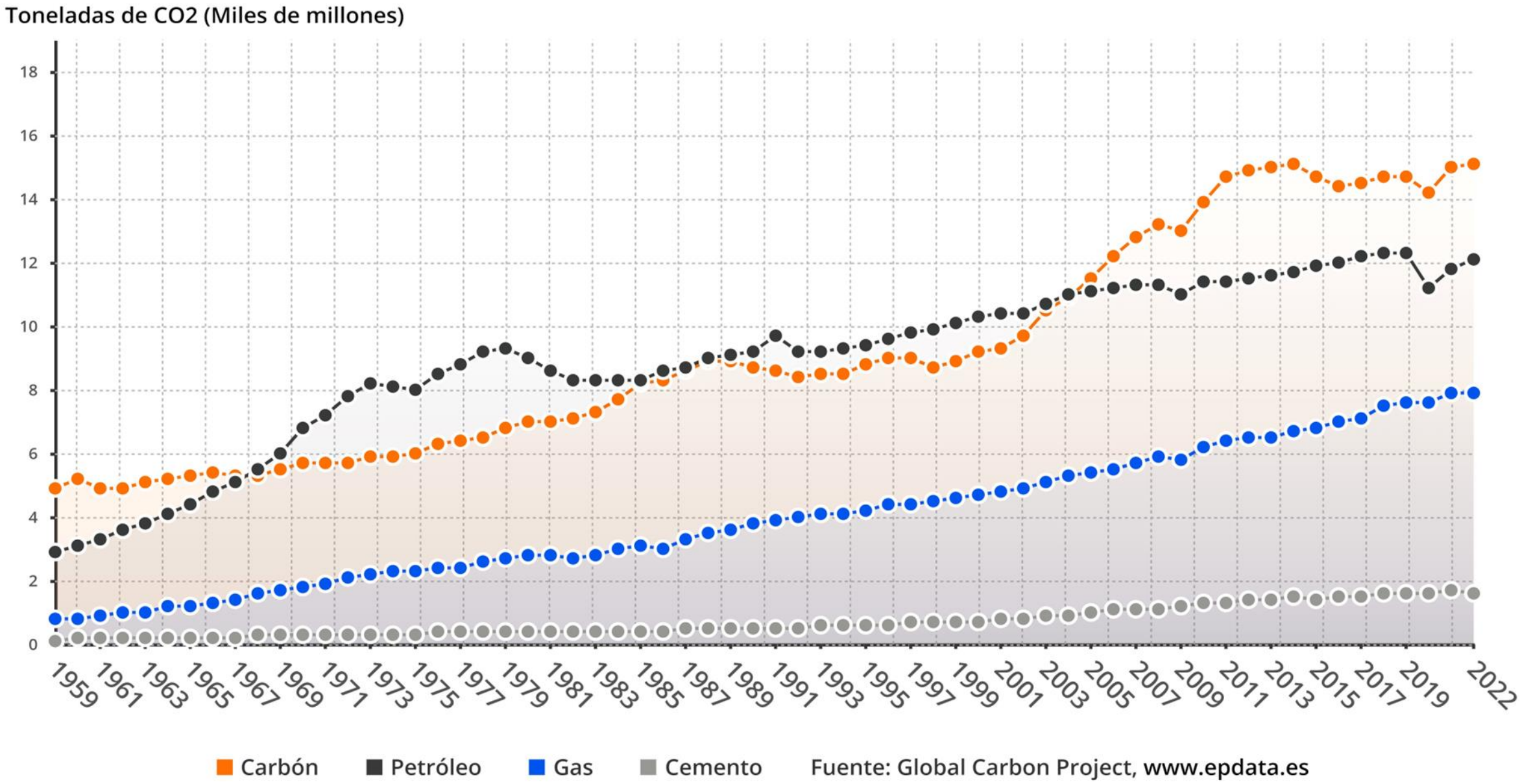


Data source: Global Carbon Budget (2023)

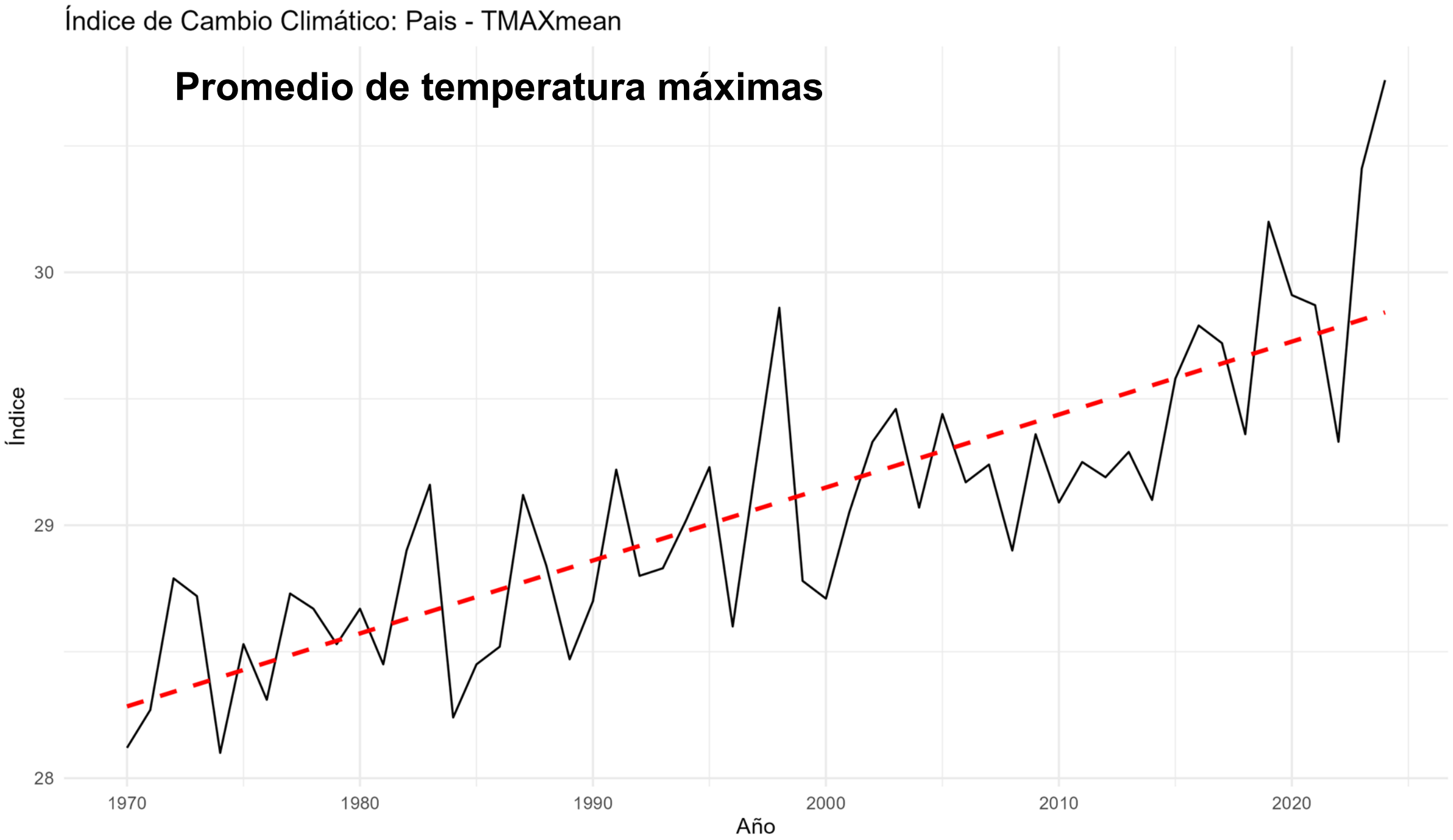
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

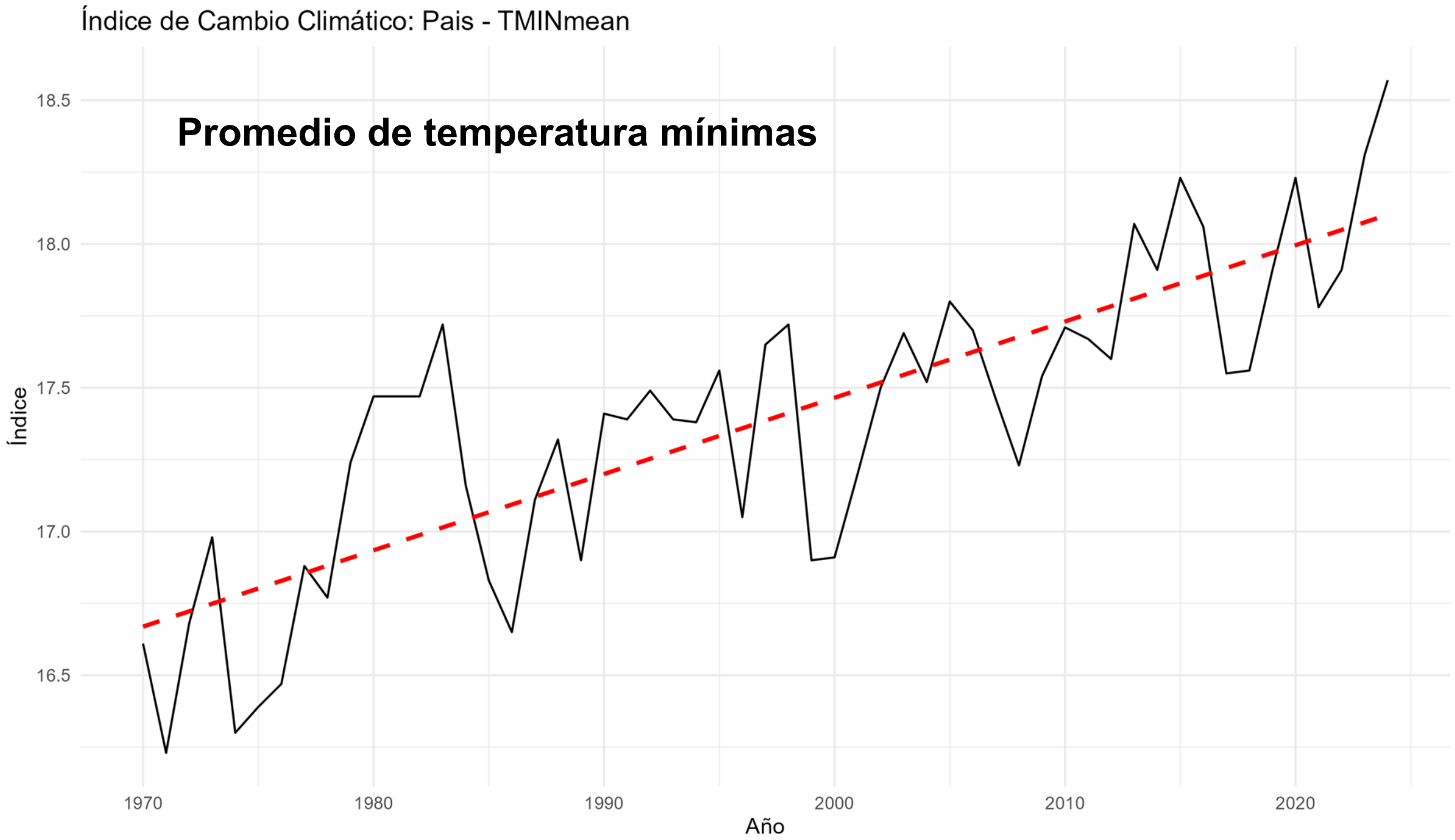
1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO_2) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO_2 includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Evolución en las emisiones globales de CO2 por origen

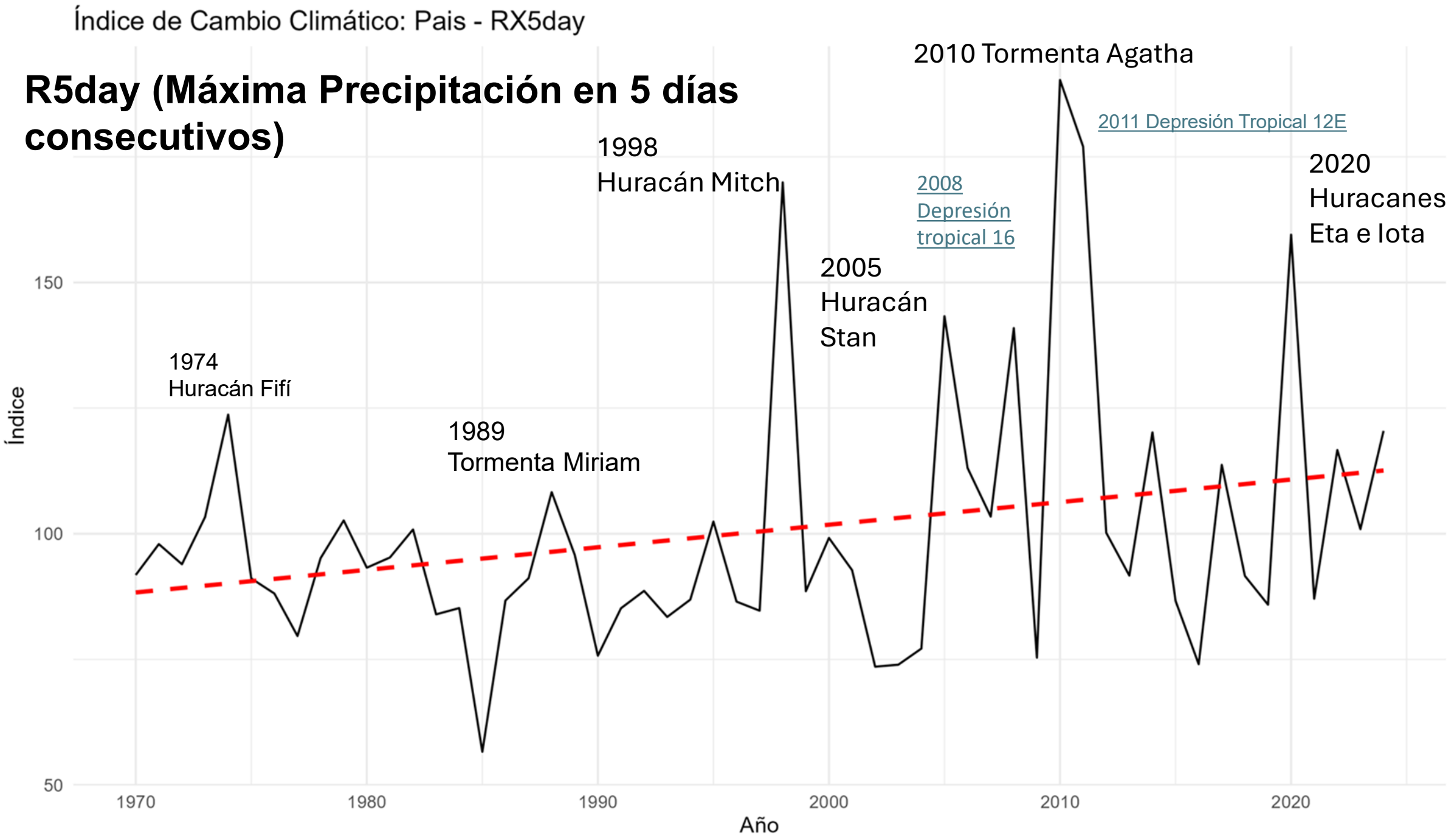


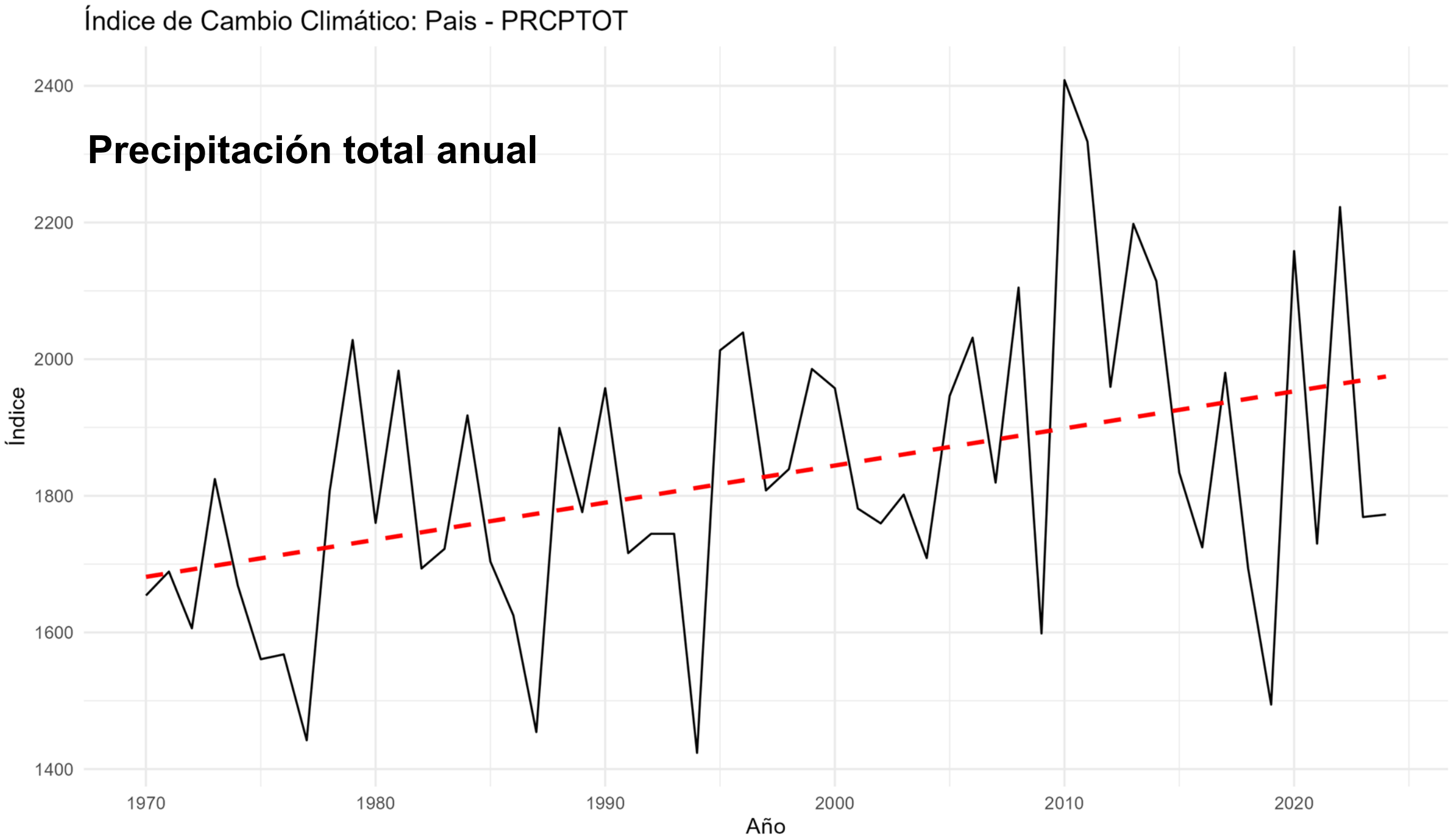
Promedio de temperatura máximas



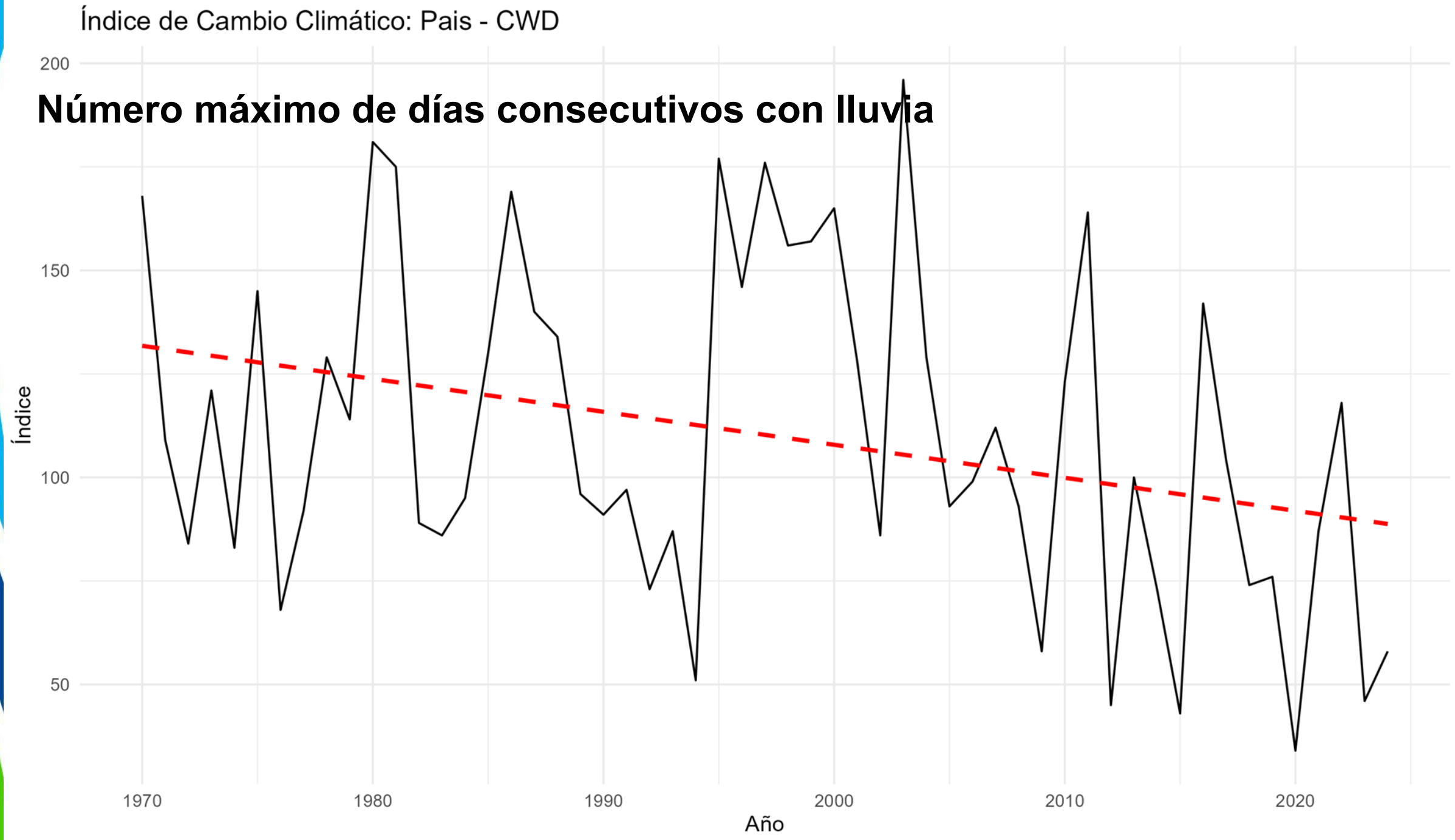

Índice de Cambio Climático: Pais - TMINmean
Promedio de temperatura mínimas
18.5
18.0
17.5
17.0
16.5
Índice
1970
1980
1990
2000
2010
2020
Año
Línea de tendencia: rojo punteado

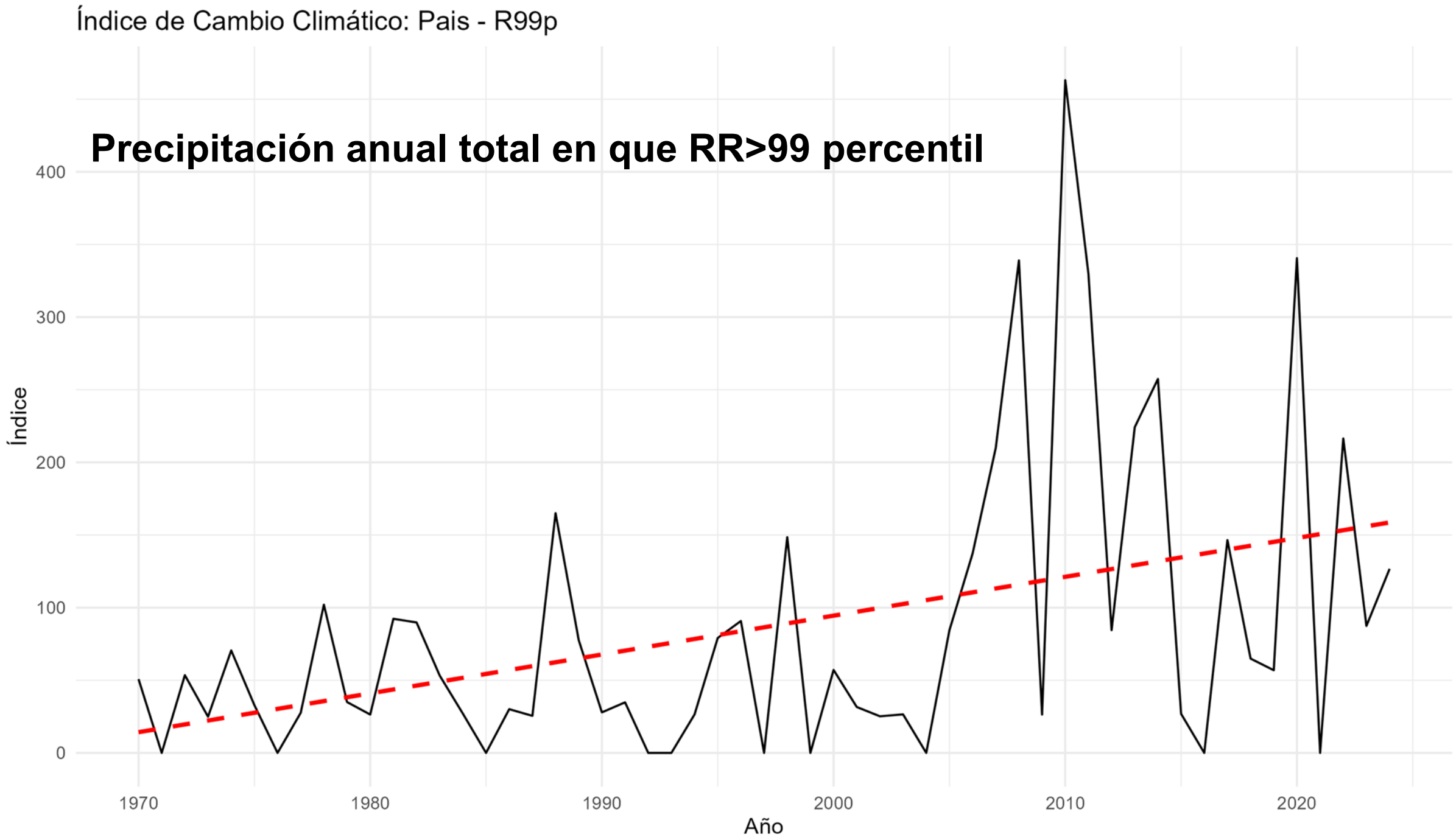
R5day (Máxima Precipitación en 5 días consecutivos)




Índice de Cambio Climático: Pais - PRCPTOT
Precipitación total anual
2400
2200
2000
1800
1600
1400
Índice
1970
1980
1990
2000
2010
2020
Año
Línea de tendencia: rojo punteado

Número máximo de días consecutivos con lluvia




Índice de Cambio Climático: Pais - R99p
Precipitación anual total en que RR>99 percentil
400
300
200
100
0
Índice
1970
1980
1990
2000
2010
2020
Año
Línea de tendencia: rojo punteado

Sexto Informe de Evaluación (AR6)
IPCC, 2021

Escenarios conocidos como “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (SSP – Shared Socioeconomic Pathways, por sus siglas en inglés).

Describen futuros alternativos de desarrollo socioeconómico que muestran cómo podría evolucionar el mundo en las décadas siguientes en diferentes aspectos: evolución de las economías, niveles de desigualdad futura, el cambio demográfico y tecnológico, además de aspectos para la **mitigación y la adaptación**.

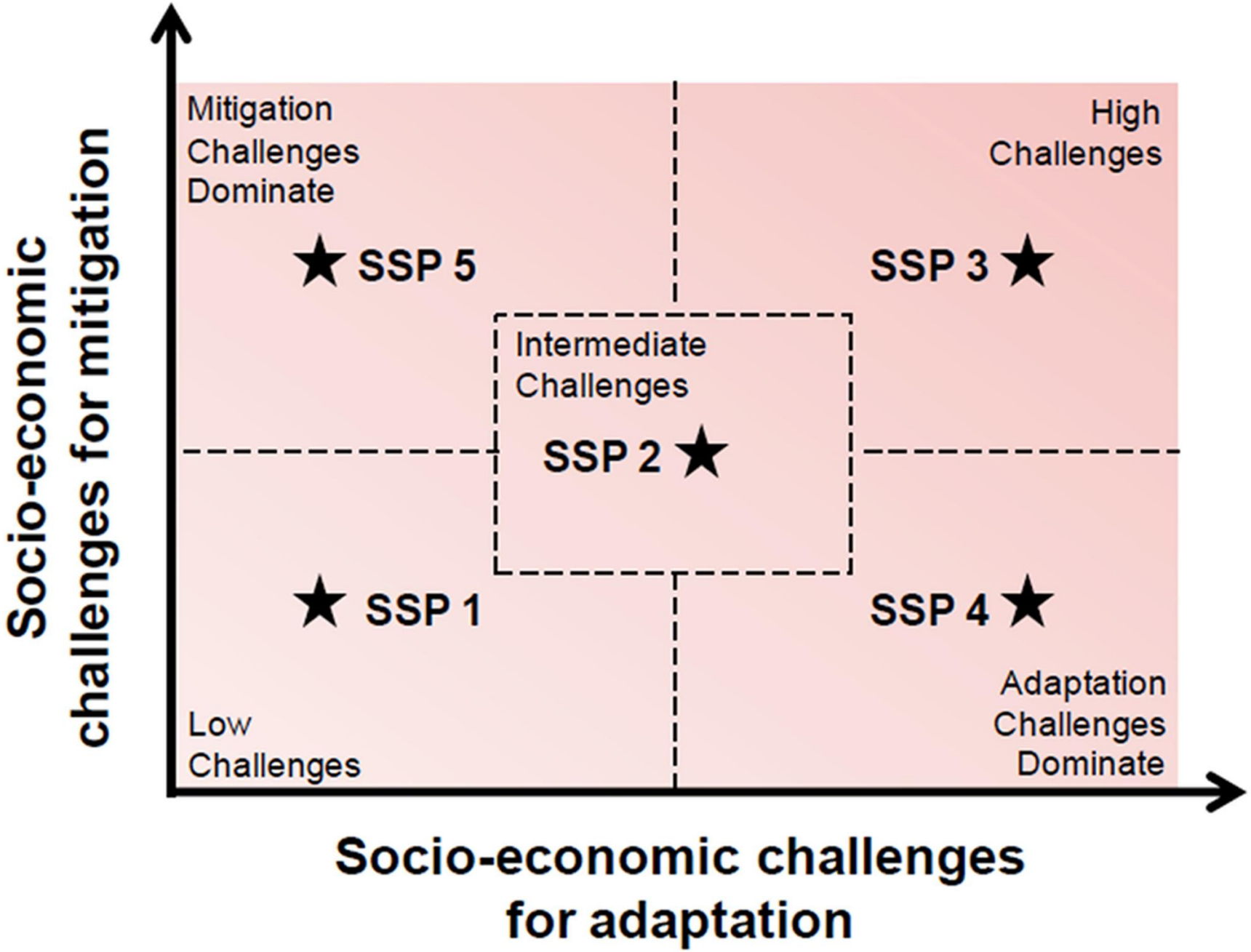
SSP1: Sostenibilidad (tomar el camino verde)

SSP2: Mitad del camino

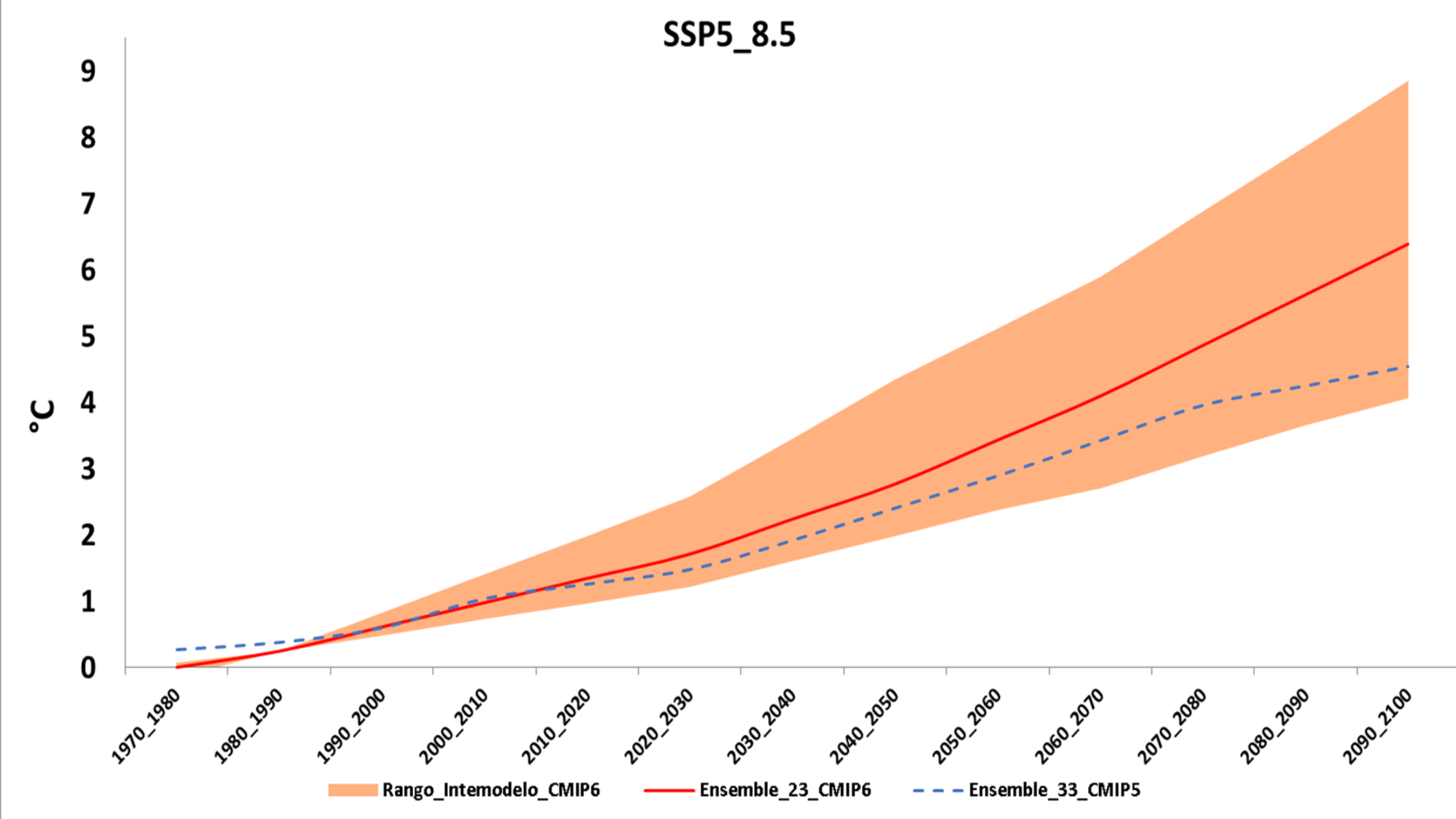
SSP3: Rivalidad regional (un camino rocoso)

SSP4: Desigualdad (un camino dividido)

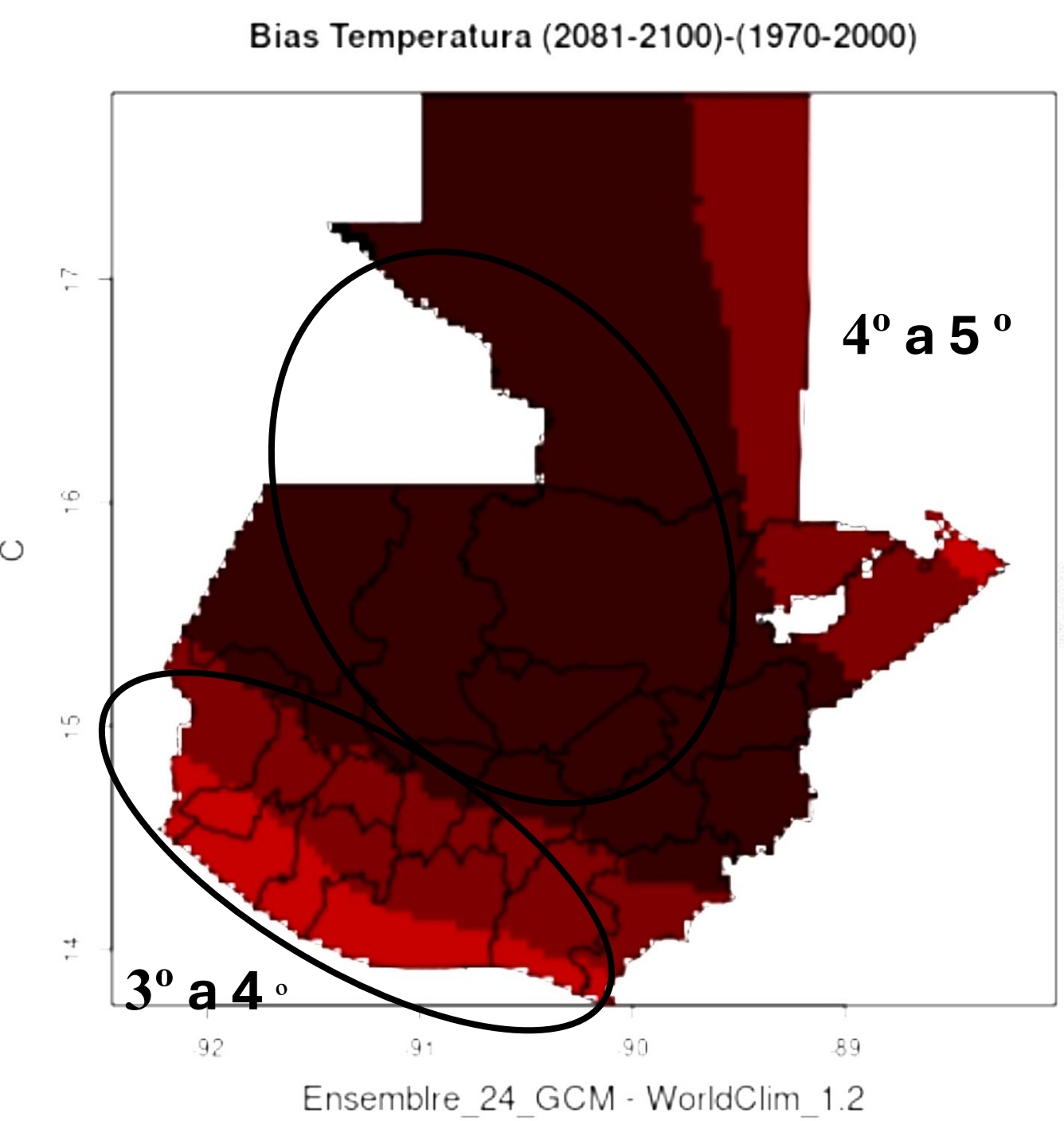
SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles (tomar la autopista)

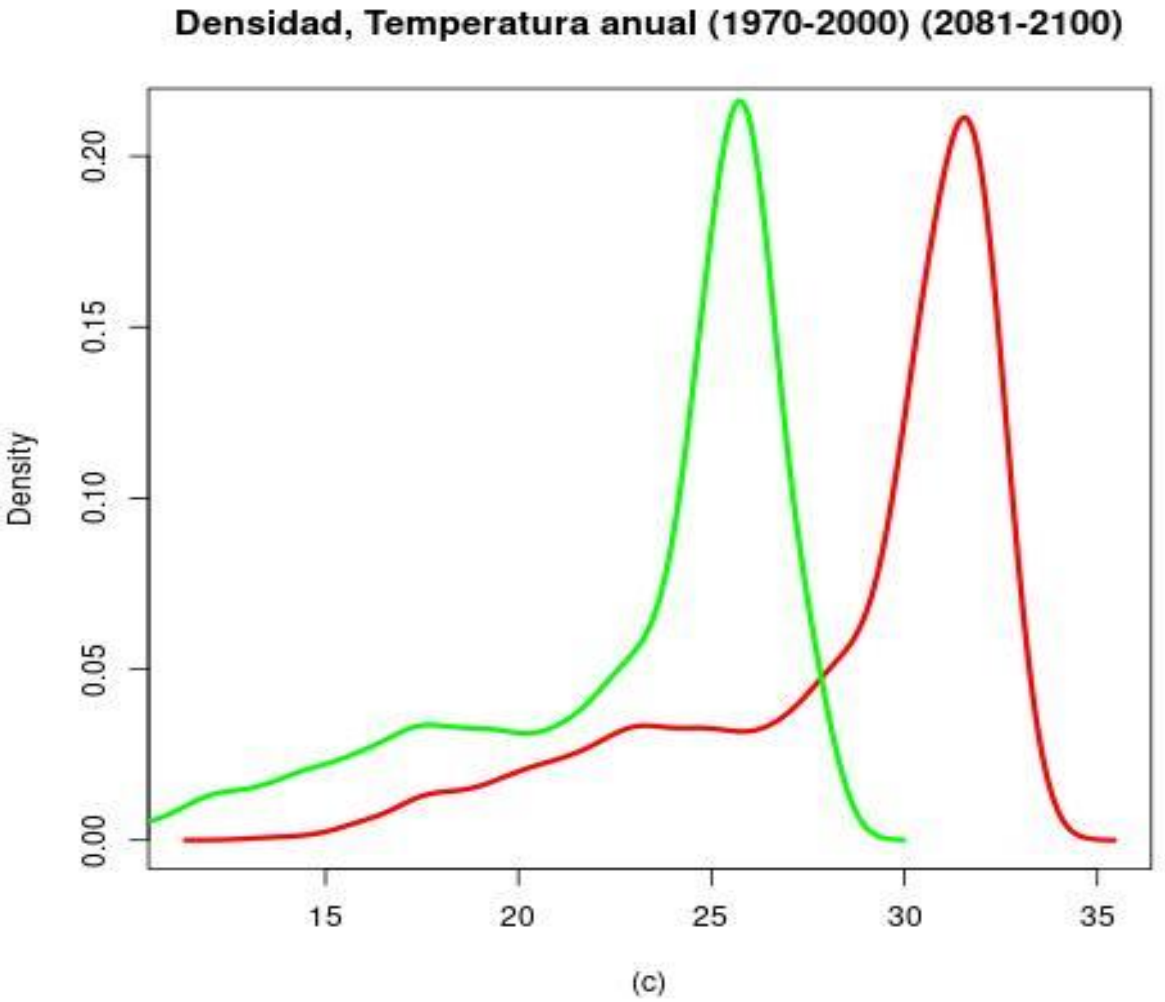


Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). (O'Neill et al., 2017).

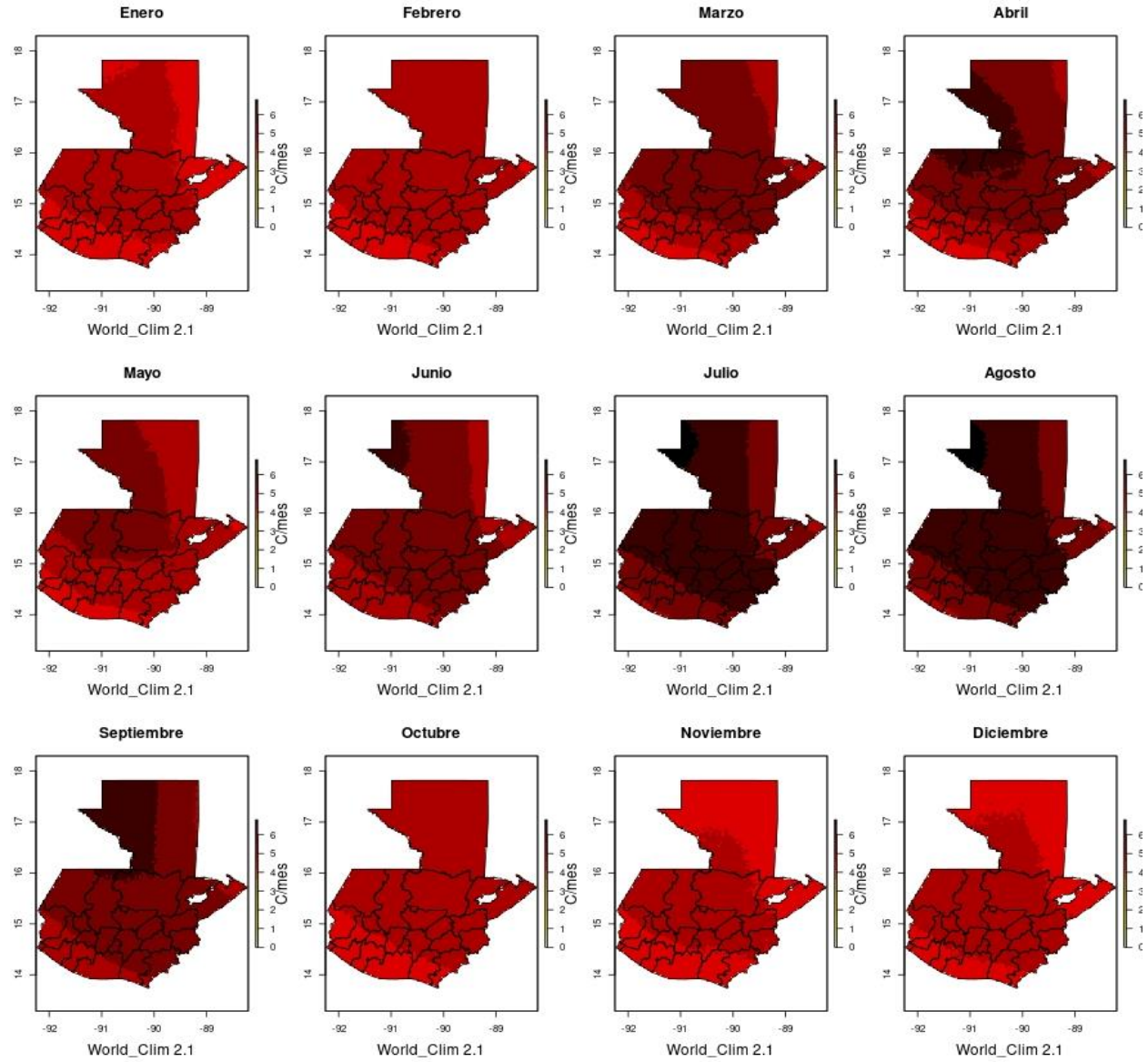

SSP5_8.5
°C
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1970_1980
1980_1990
1990_2000
2000_2010
2010_2020
2020_2030
2030_2040
2040_2050
2050_2060
2060_2070
2070_2080
2080_2090
2090_2100
Rango_Intemodelo_CMIP6
Ensemble_23_CMIP6
Ensemble_33_CMIP5

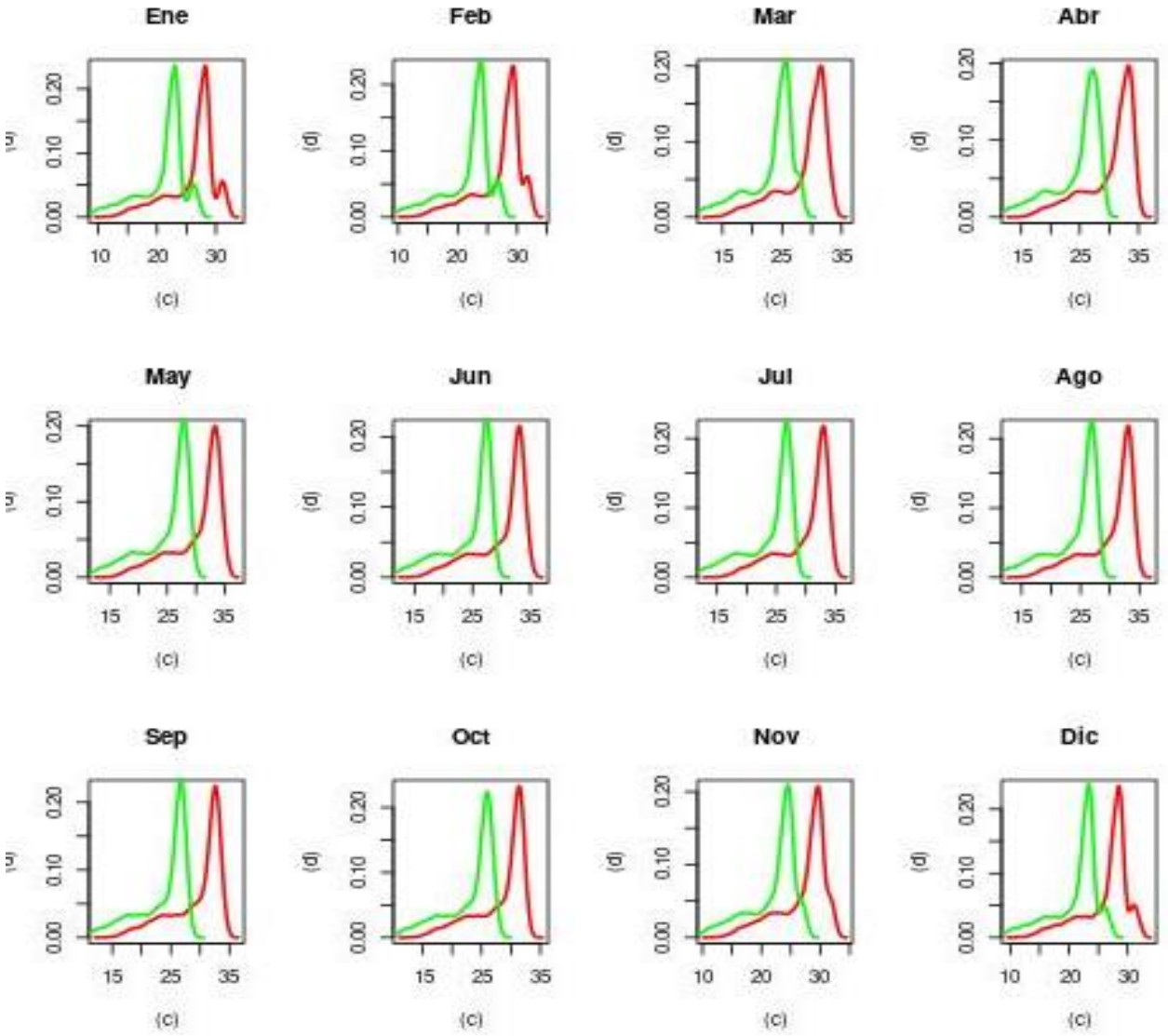
SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles



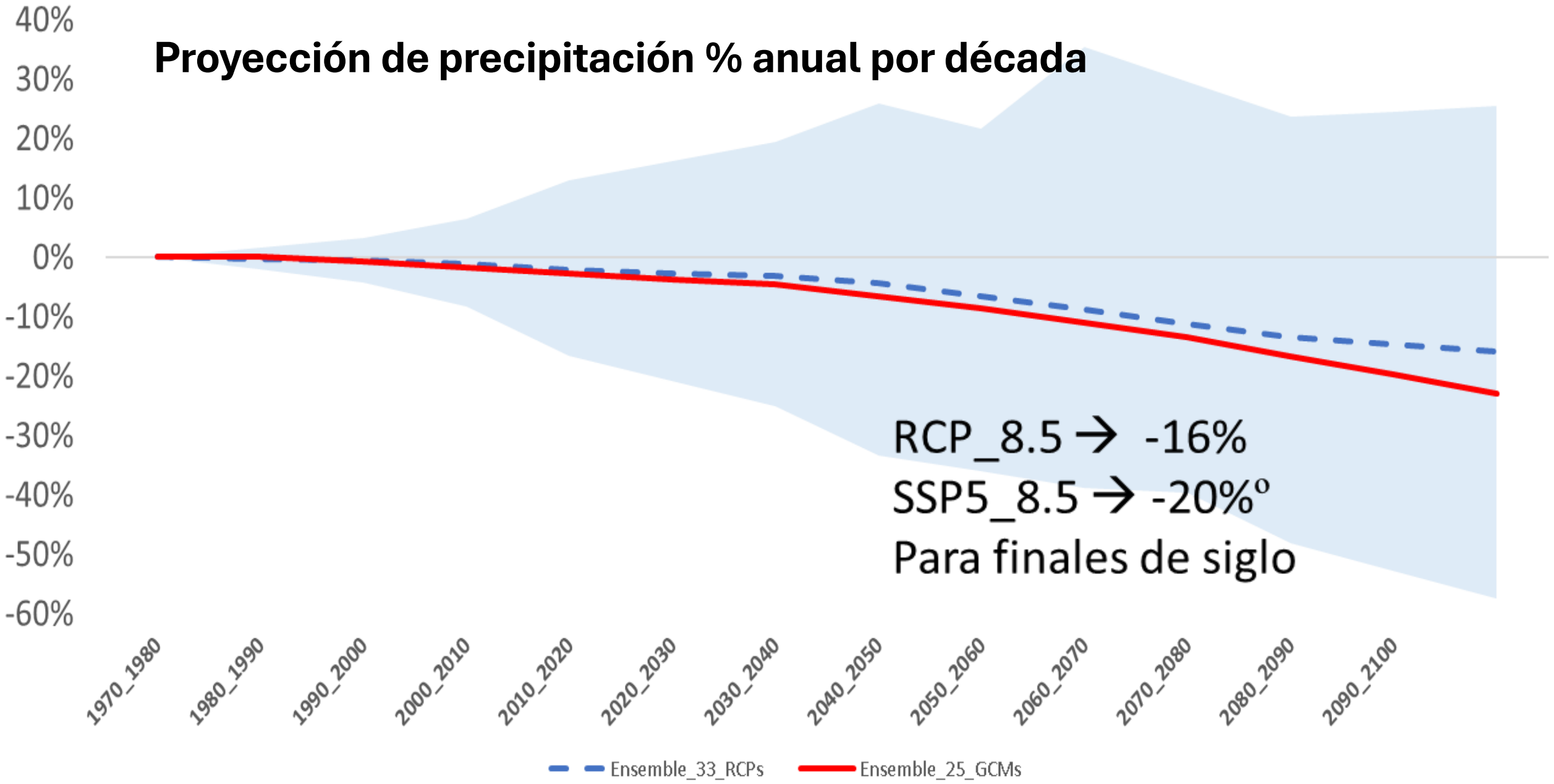


SSP_5_8.5 a nivel mensual

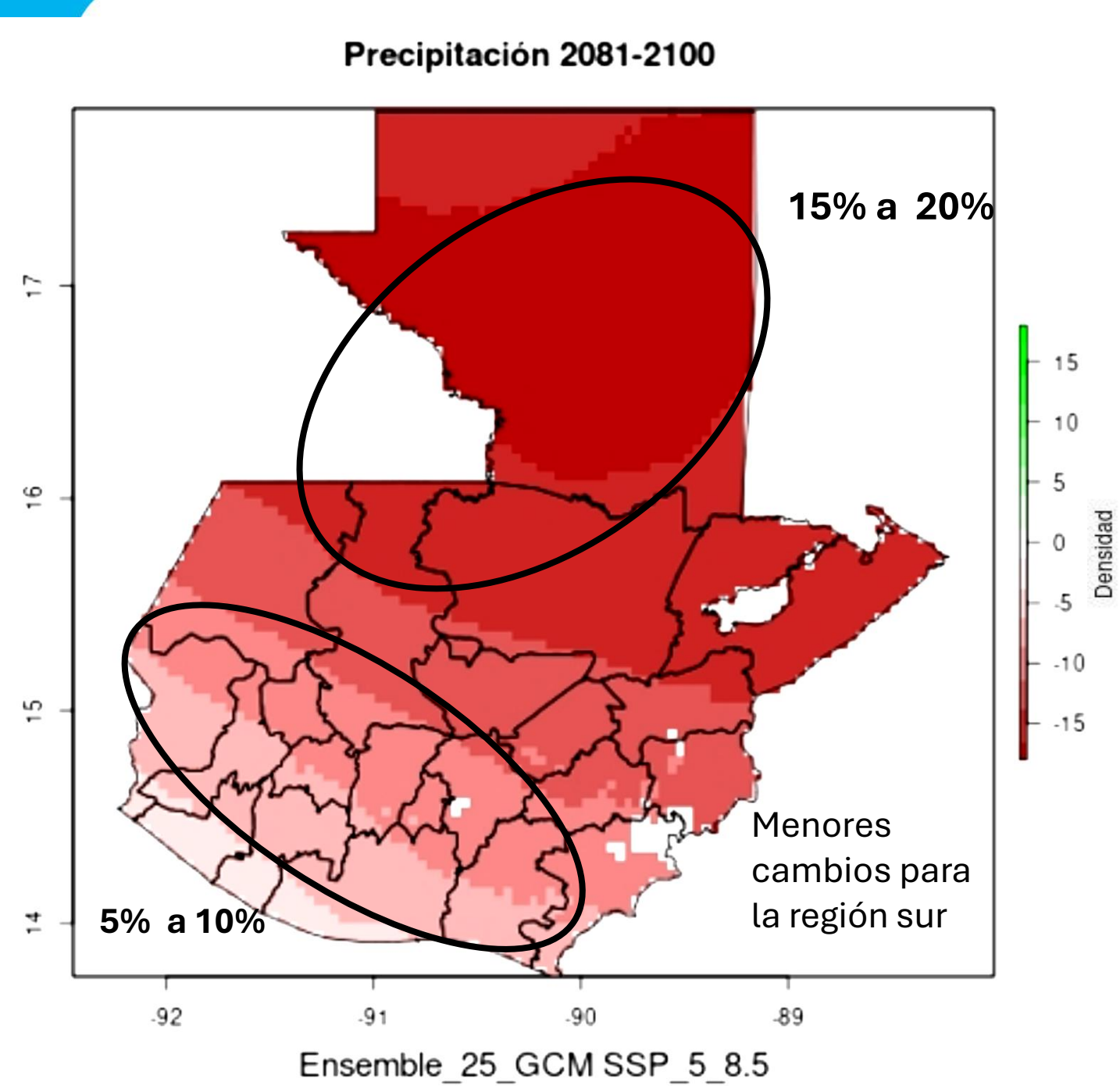


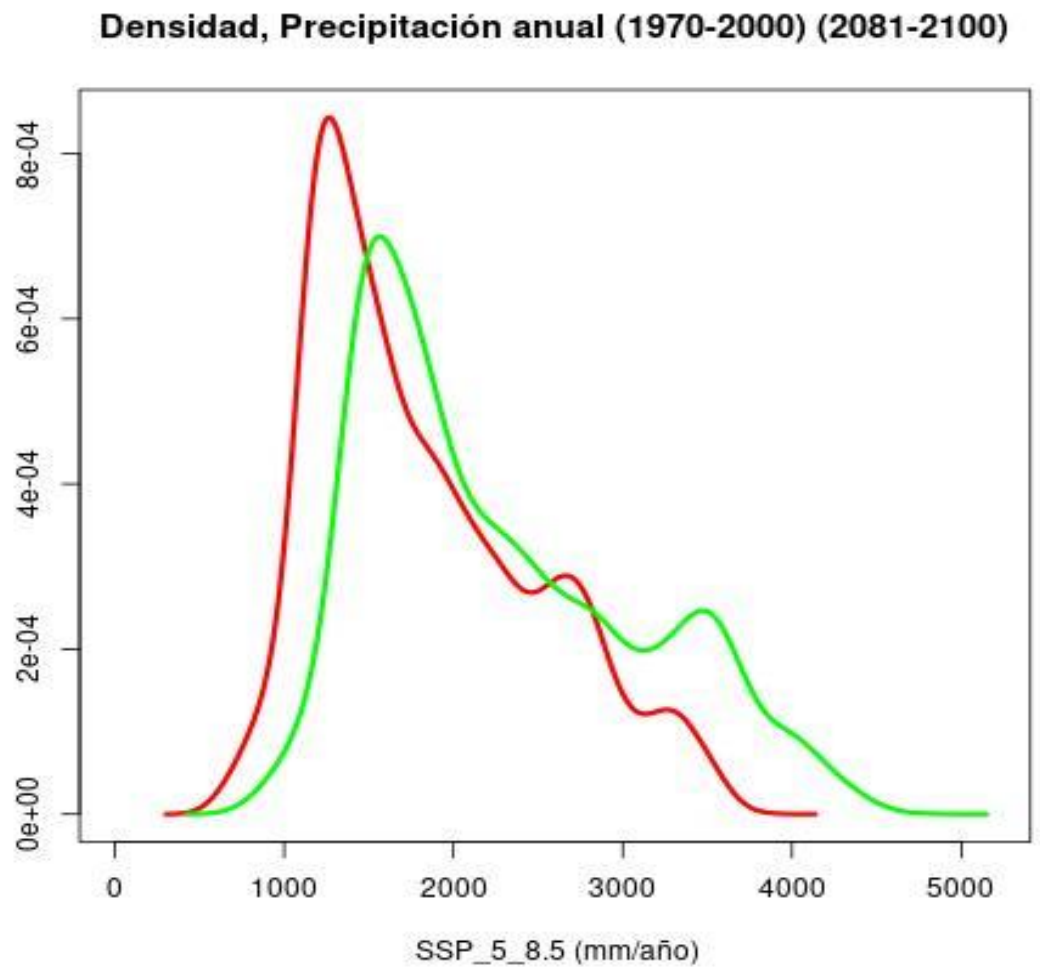


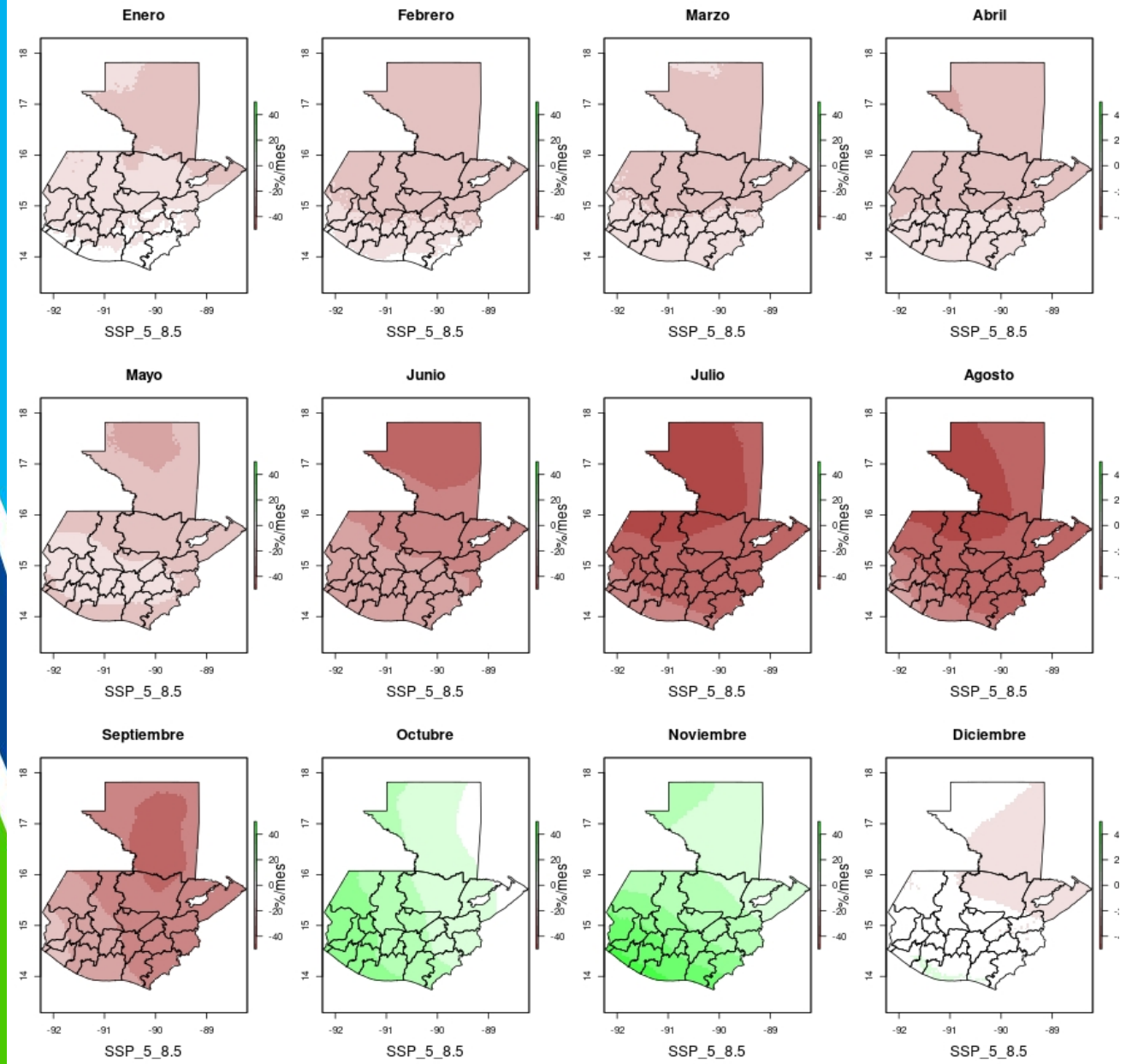
SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles

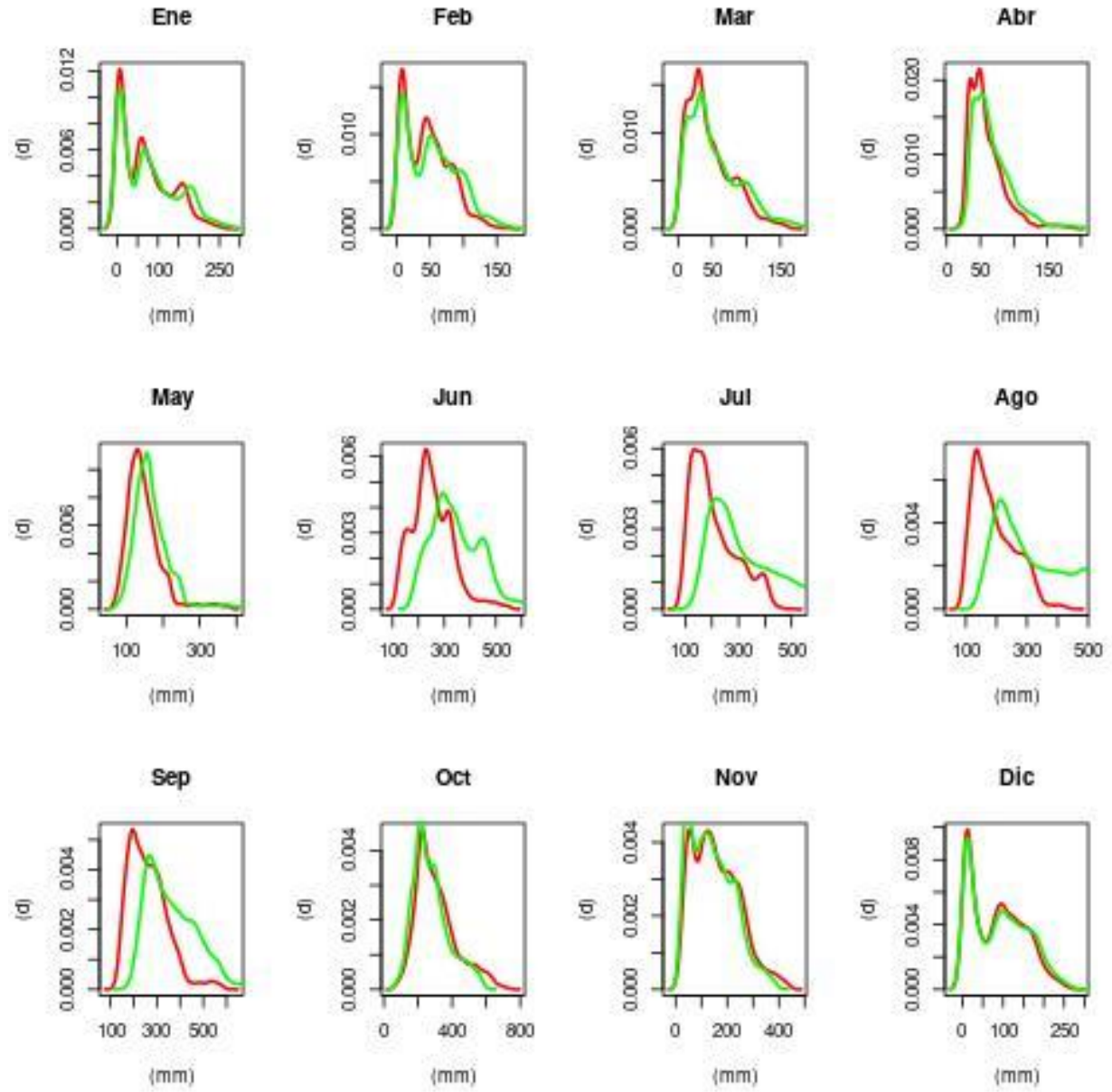


SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles





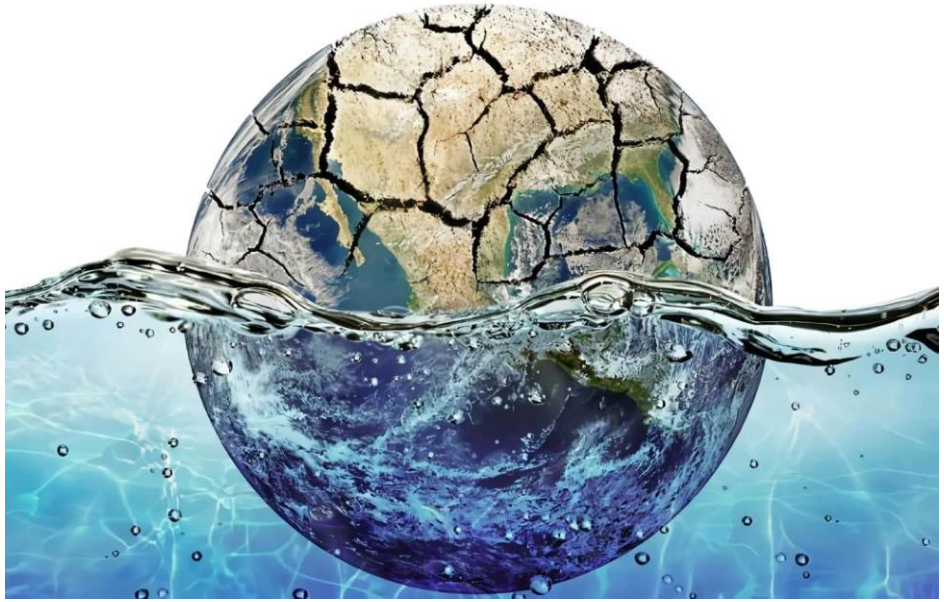




https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-023-01881-5

Disponibilidad Hídrica

Cantidad de agua superficial y subterránea accesible para su uso en un área determinada, considerando tanto su oferta natural como las demandas humanas y ambientales. (Water Resources Mission Area / USGS, 2023).



Factores que influyen:

- Precipitación y evaporación
- Recarga de acuíferos
- Uso y demanda del agua
- Impactos del cambio climático

Importancia:

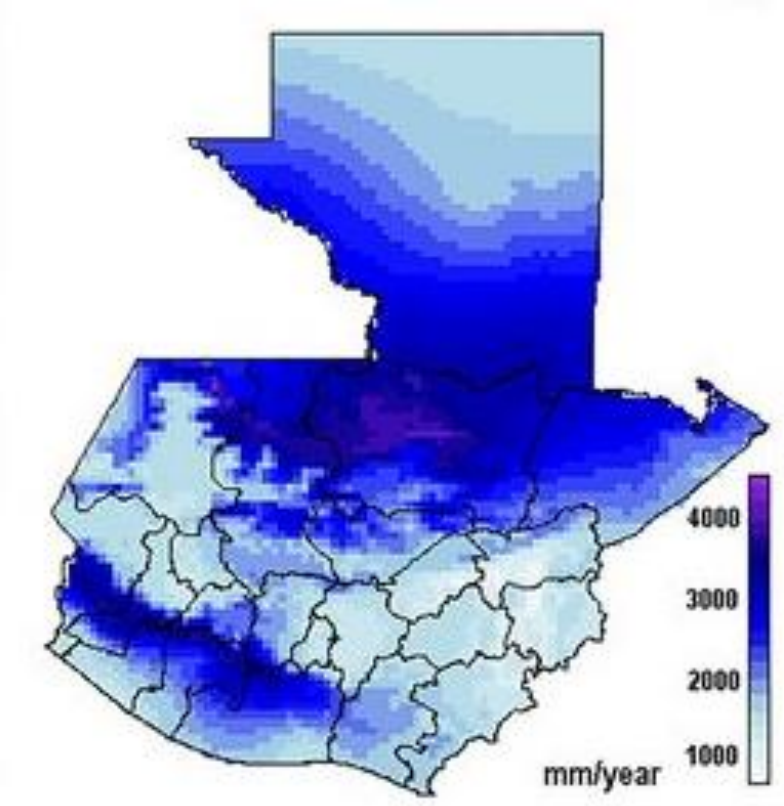
La gestión sostenible del agua es clave para garantizar el desarrollo agrícola, el abastecimiento urbano y la generación de energía, especialmente ante los efectos del cambio climático.

https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/problema-escasez-de-agua/

https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/understanding-water-availability

Disponibilidad hídrica en Guatemala

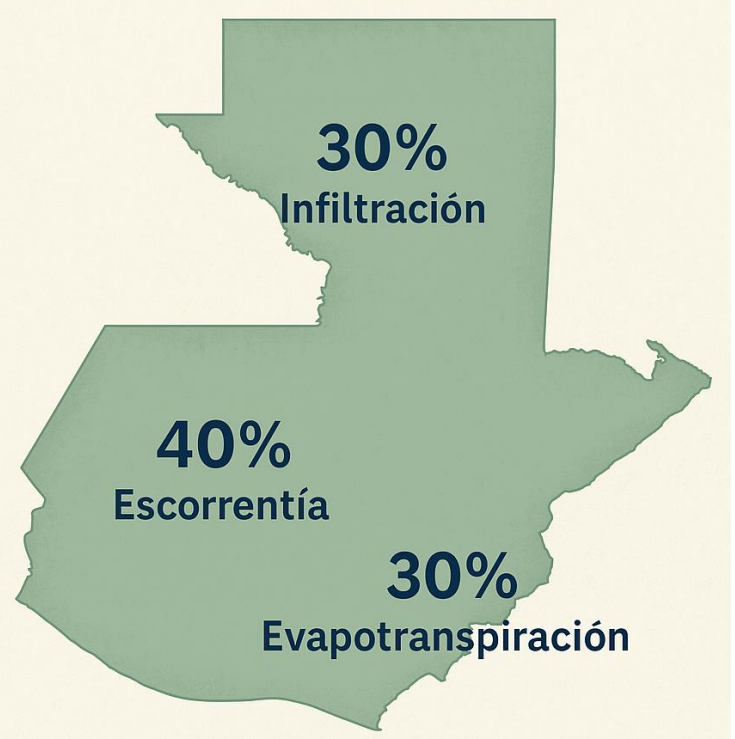
- Anualmente de 97,120 a 100,6000 Millones m3.
- Disponibilidad per cápita de 6,000 - 8,000 m3/persona/año
- **Promedio anual de precipitación:** ~1,800 mm, con variaciones regionales.
- El agua es abundante pero la mala gestión hace que no este disponible para todos.
- La variabilidad climática del país genera también problemática por las inundaciones por lluvias intensas y sequias lo que afectan la distribución y calidad del recurso.
- **Regiones con mayor estrés hídrico:** Zona semiárida de Guatemala “Corredor Seco” y áreas urbanas en expansión.



SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CENTROAMÉRICA: HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA (GWP,2011)
Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala(Segeplan 2006)
Política Marco para la Gestión Integrada del recurso Hídrico (MARN, 2015) Situación del recuso hídrico en Gatemala (URL, 2005)

Estimaciones de Disponibilidad Hídrica en Guatemala

- Infiltración a acuíferos: 30%
- Escorrentía superficial: 40%
- Evapotranspiración: 30%



Estimaciones con una precipitación media anual de 1876 mm *

Volumen total de precipitación: 335,333 millones de m^3/año

Infiltración a acuíferos: 100,600 millones de m^3/año

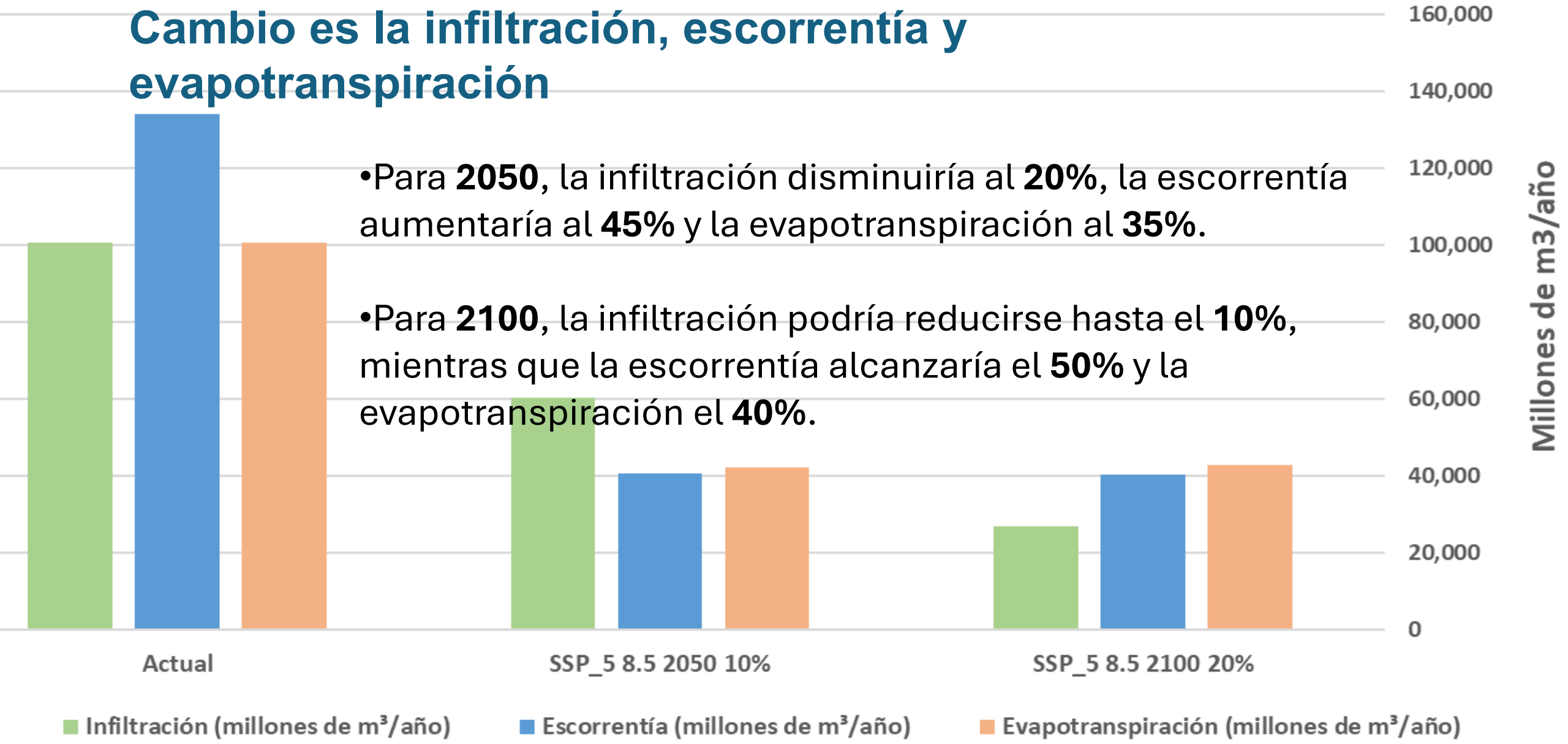
Escorrentía superficial: 134,133 millones de m^3/año

Evapotranspiración: 100,600 millones de m^3/año

* Datos INSIVUMNEH, 48 estaciones 1970- 2024.

Cambio es la infiltración, escorrentía y evapotranspiración

- Para **2050**, la infiltración disminuiría al **20%**, la escorrentía aumentaría al **45%** y la evapotranspiración al **35%**.
- Para **2100**, la infiltración podría reducirse hasta el **10%**, mientras que la escorrentía alcanzaría el **50%** y la evapotranspiración el **40%**.



La proyecciones de disponibilidad hídrica futura es mediante un balance hídrico simplificado, que considera la lluvia como entrada y la salida como escorrentía, infiltración y evapotranspiración potencial (ETP).

Impactos esperados

Sequías extremas

Escasez hídrica

Inseguridad alimentaria

Lluvias extremas

Erosión

Conflictos Sociales

Conclusiones

- Se proyectan aumentos en la temperatura de hasta 3° para 2050 y de hasta 5.°C para fines de siglo.
- La mayoría de los escenarios estiman disminución del 20% de la precipitación anual para finales de siglo.
- Las sequías podrían ser mas prolongadas y la temporada de lluvias puede ser alterada, generando tormentas locales severas.

Recomendaciones

- Implementación de técnicas de riego más eficientes y cultivos resistentes a la sequía.
- Mejorar la gestión de cuencas y promover la conservación del agua.
- Proteger áreas naturales y restaurar ecosistemas degradados.
- Invertir en infraestructura de agua y saneamiento.

Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

FUNCAGUA por la vida

Global Water Partnership Central America
GWP Guatemala

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

The Nature Conservancy Guatemala

WCS

WWF

III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

¡Muchas gracias!



- Dr. Paris Rivera
- pfrivera@uvg.edu.gt
- https://www.researchgate.net/profile/Paris-Rivera?ev=hdr_xprf