

El Pantanal bajo una presión creciente de sequía: análisis histórico y futuro de la duración y severidad de las sequías

XXXVII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española
24.º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología
Málaga 25 – 27 de febrero de 2026

Sala Biblioteca. Sesión: Variabilidad y cambio climáticos (I)

Jakob Ernst, Rogert Sorí y Milica Stojanovic

Email: j.ernst@uvigo.es

1. Introducción
 - Objetivo
2. Materiales y Métodos
 - Materiales
 - Métodos
3. Resultados
 - Evolución Temporal
 - Histórico
 - Futuro
 - Duración e Intensidad
 - Vinculación al Calentamiento
4. Conclusiones

1. Introducción

1. Introducción



Fig 1. América del Sur y área del estudio

1. Introducción

1. Introducción

- Pantanal – El pantano tropical más grande del mundo alberga una gran biodiversidad
- Estación lluviosa – Estación seca



Fig 1. América del Sur y área del estudio

1. Introducción

- Pantanal – El pantano tropical más grande del mundo alberga una gran biodiversidad
- Estación lluviosa – Estación seca
- Sequías: consecuencias ecológicas
 - Impactan Fauna y Flora
 - Especies acuáticas y semiacuáticas
 - Ciclo de nutrientes
 - Convierten pantano en sabanas secas
 - Alteran régimen de gases de efecto invernadero y peligro de incendios



Fig 1. América del Sur y área del estudio

1. Introducción

1.1. Objetivo

Evaluar cómo ha cambiado el impacto de las sequías en el Pantanal mediante el análisis de un periodo histórico y proyecciones futuras bajo los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5.

Ayudará prepararse y adaptarse a alteraciones de recursos acuáticos, riesgos de incendios, cambios en biodiversidad y del ecosistema en general



Fig 1. América del Sur y área del estudio

2. Materiales y Métodos

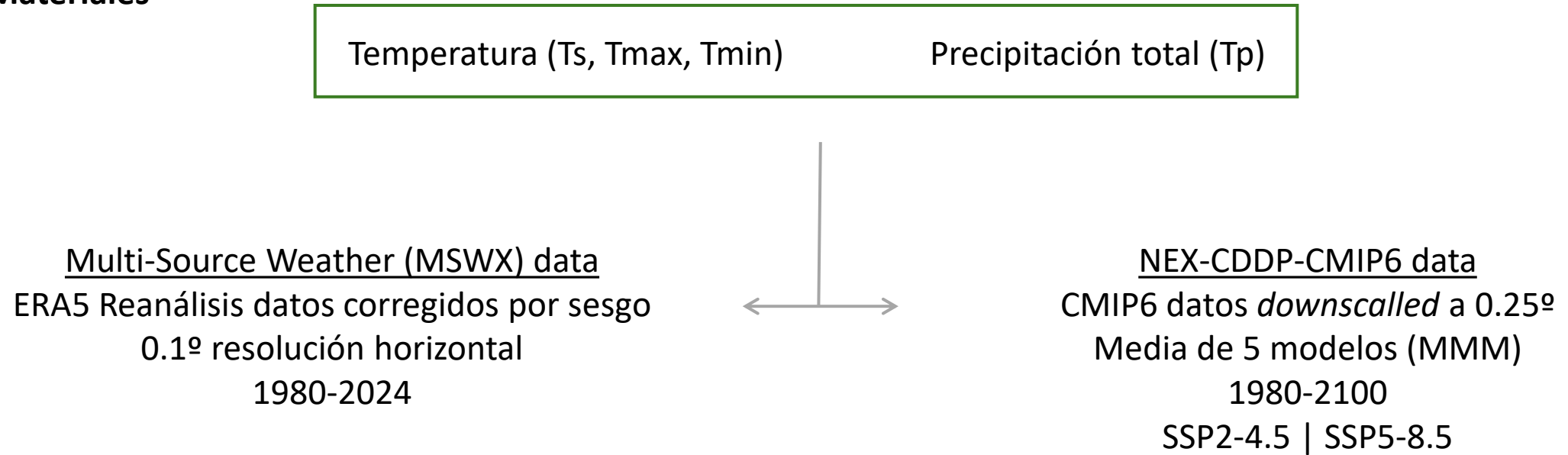
2.1. Materiales

Temperatura (T_s , $T_{\max}$, $T_{\min}$)

Precipitación total (T_p)

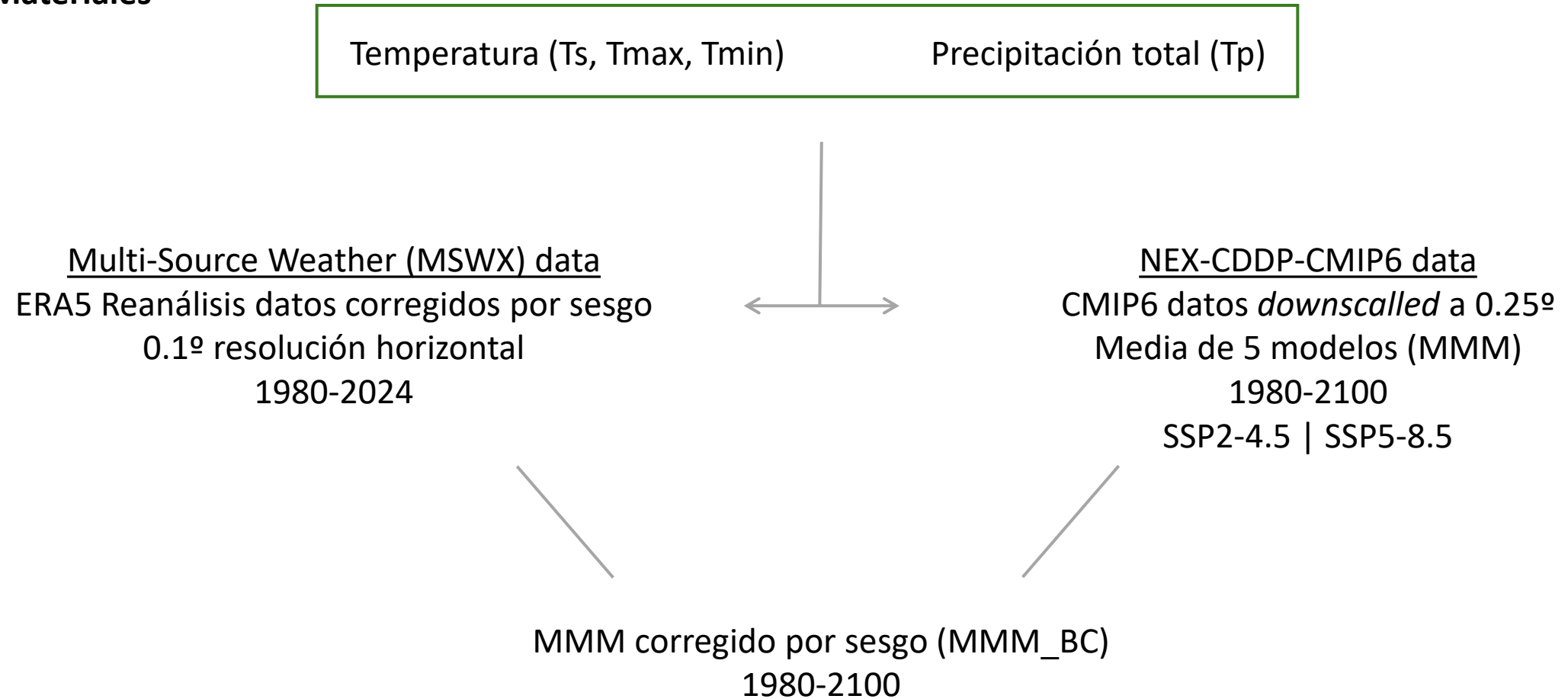
2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales



2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales



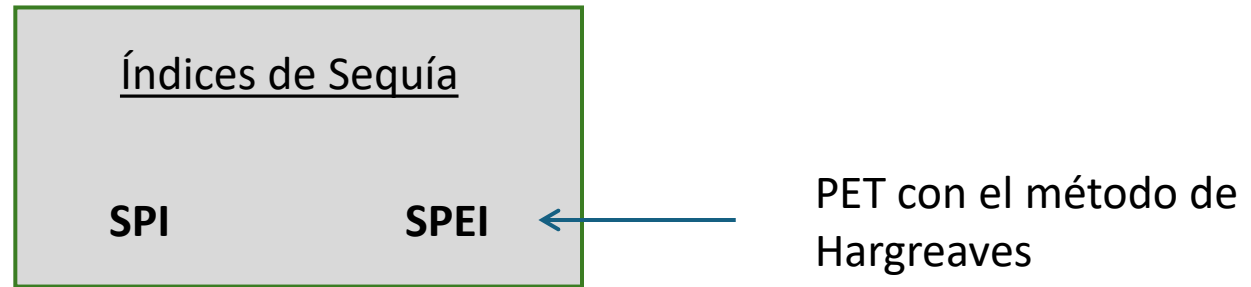
2.2. Métodos

Índices de Sequía

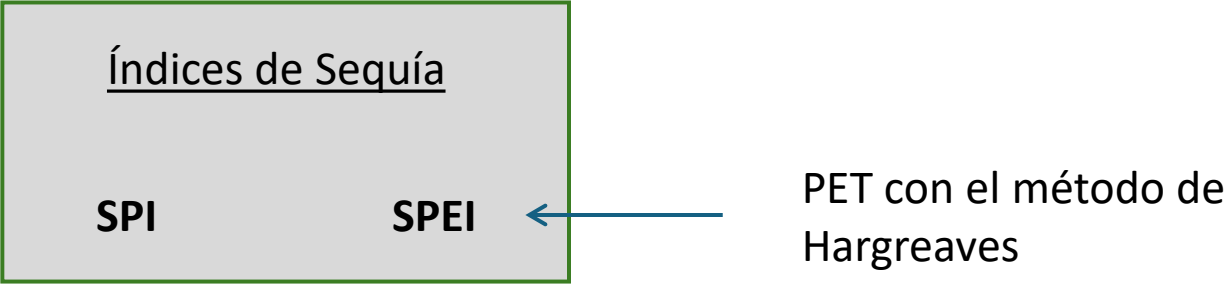
SPI

SPEI

2.2. Métodos

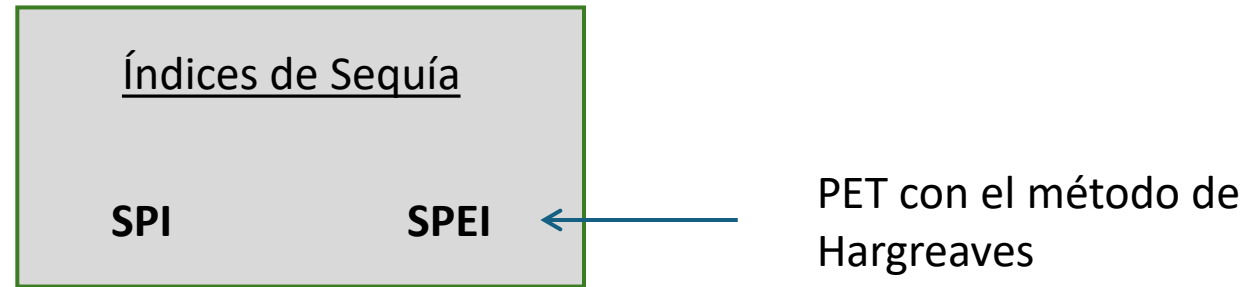


2.2. Métodos



Intensidad: $S_E = \sum_{t \in E} I_t$ $I_t < 0$ $E = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_1 + n\}$ $\min(I_t) \leq -0.84$	Ratio de Riesgo (RR): 4 rangos (b) de anomalía de Ts relativa a 1980-2014 $RR_b = \frac{p^b}{p_{CF}}$ $p^b = \frac{Kb + 0.5}{Nb + 1}$ Nb: años en los que el promedio anual se sitúa dentro de un rango de anomalía (b). Kb: años de Nb en los que el mínimo índice es por abajo de un umbral de sequía (-0.84, -1.28, -1.65)
--	---

2.2. Métodos



Intensidad:

$$S_E = \sum_{t \in E} I_t$$

$$I_t < 0$$

$$E = \{t_1, t_1 + 1, \dots, t_1 + n\}$$

$$\min(I_t) \leq -0.84$$

Ratio de Riesgo (RR):

4 rangos (b) de anomalía de Ts relativa a 1980-2014

$$RR_b = \frac{p^b}{p_{CF}}$$

$$p^b = \frac{Kb + 0.5}{Nb + 1}$$

Nb: años en los que el promedio anual se sitúa dentro de un rango de anomalía (b).
Kb: años de Nb en los que el mínimo índice es por abajo de un umbral de sequía
(-0.84, -1.28, -1.65)

3.1. Evolución Temporal

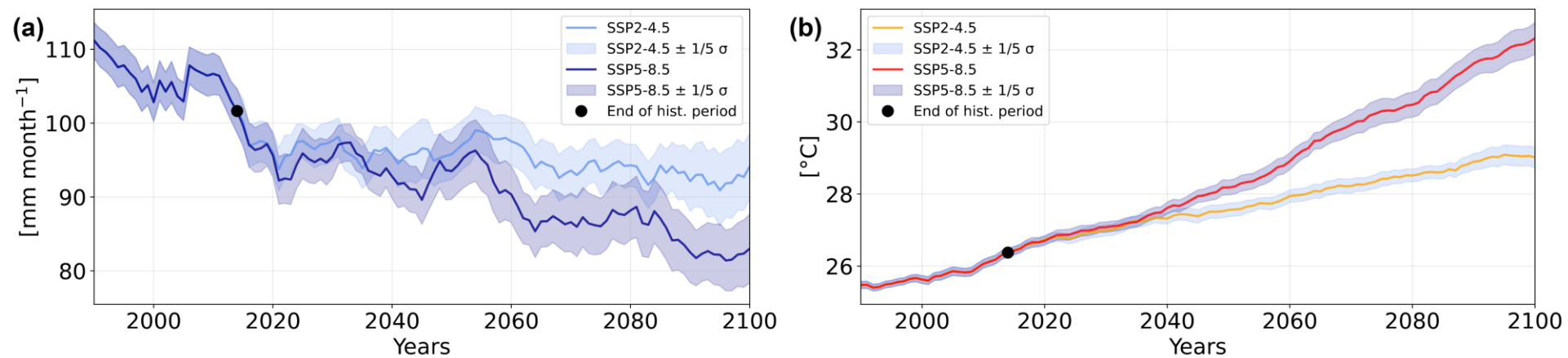


Fig 2. Evolución temporal de Tp (izquierda) y Ts (derecha) de MMM_BC para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (1980-2100). Series son suavizadas con un promedio móvil de 10 años.

3.1. Evolución Temporal

- Disminución significativa de la precipitación

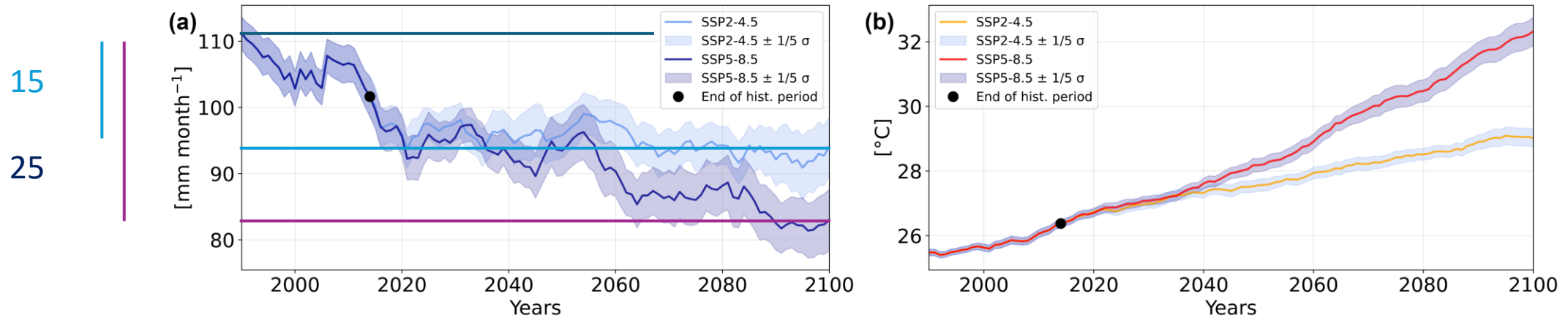


Fig 2. Evolución temporal de Tp (izquierda) y Ts (derecha) de MMM_BC para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (1980-2100). Series son suavizadas con un promedio móvil de 10 años.

3.1. Evolución Temporal

- Disminución significativa de la precipitación
- Aumento significativo de la temperatura

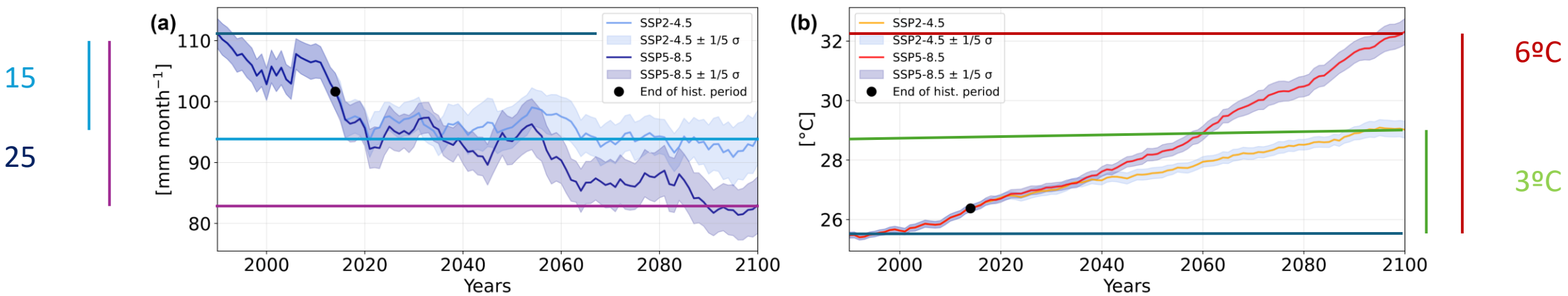


Fig 2. Evolución temporal de Tp (izquierda) y Ts (derecha) de MMM_BC para los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (1980-2100). Series son suavizadas con un promedio móvil de 10 años.

3.2. Histórico

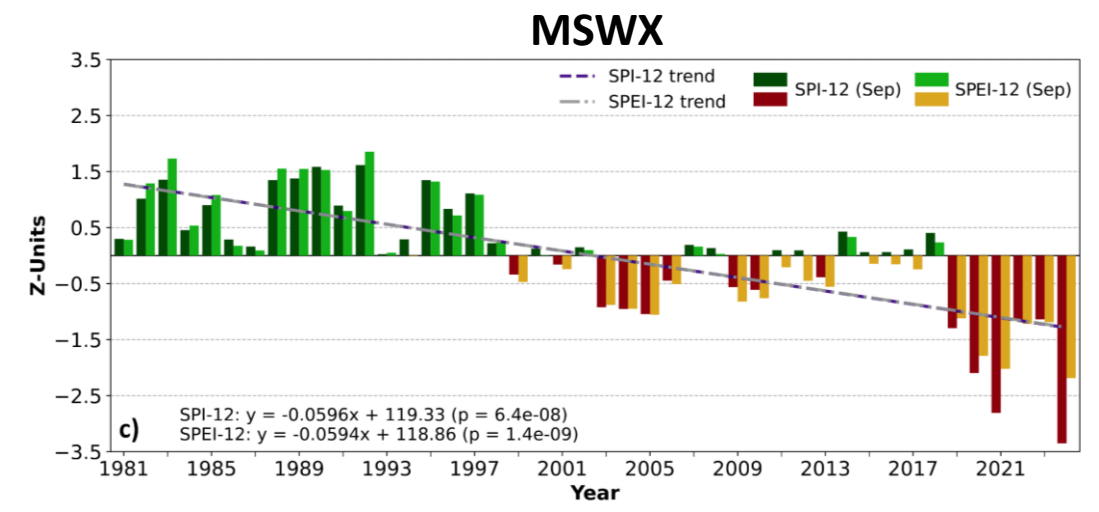


Fig 3. Serie anual de SPI12 y SPEI12 de septiembre, 1980-2024.

3. Resultados

3.2. Histórico

- Transición hacia condiciones más secas

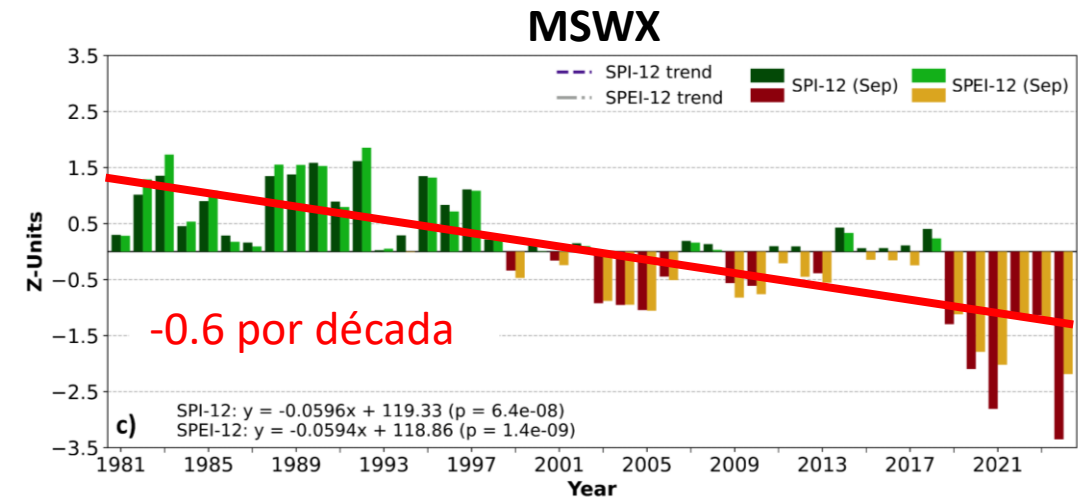


Fig 3. Serie anual de SPI12 y SPEI12 de septiembre, 1980-2024.

3. Resultados

3.2. Histórico

- Transición hacia condiciones más secas
- Condiciones de sequía 2019-2024

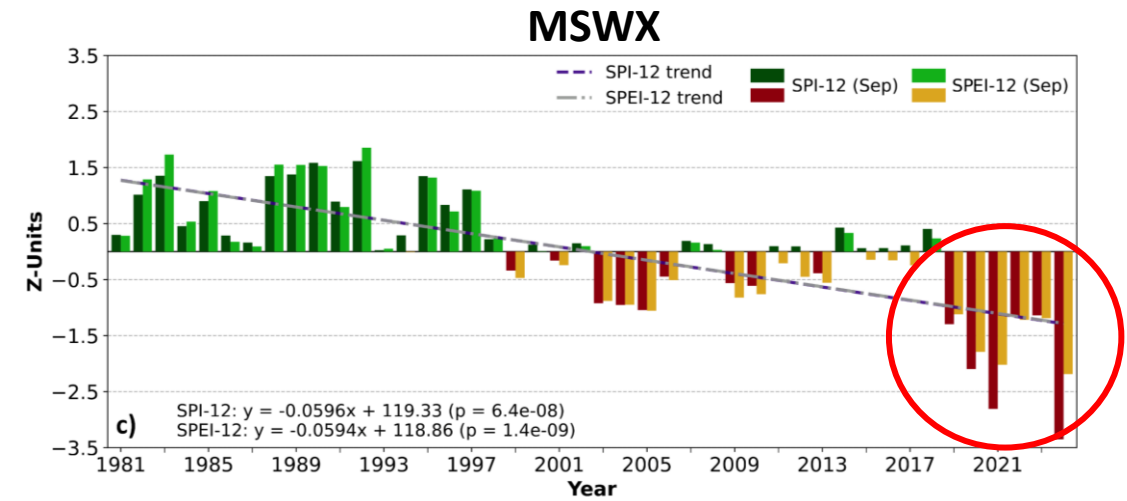


Fig 3. Serie anual de SPI12 y SPEI12 de septiembre, 1980-2024.

3. Resultados

3.2. Histórico

- Transición hacia condiciones más secas
- Condiciones de sequía 2019-2024
- SPEI menos extremo que SPI
 - Evapotranspiración compensó la intensidad de la sequía por precipitación

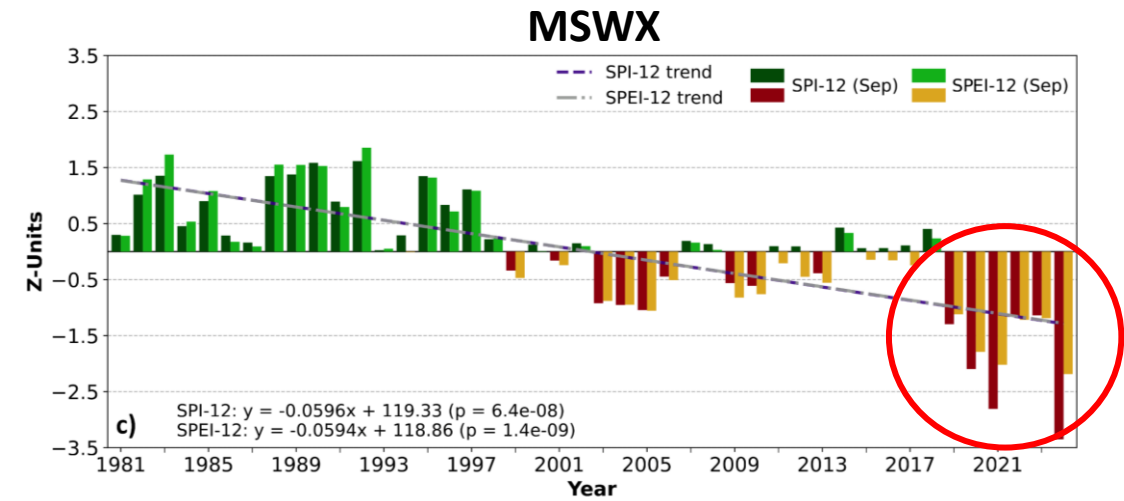


Fig 3. Serie anual de SPI12 y SPEI12 de septiembre, 1980-2024.

3.3. Futuro

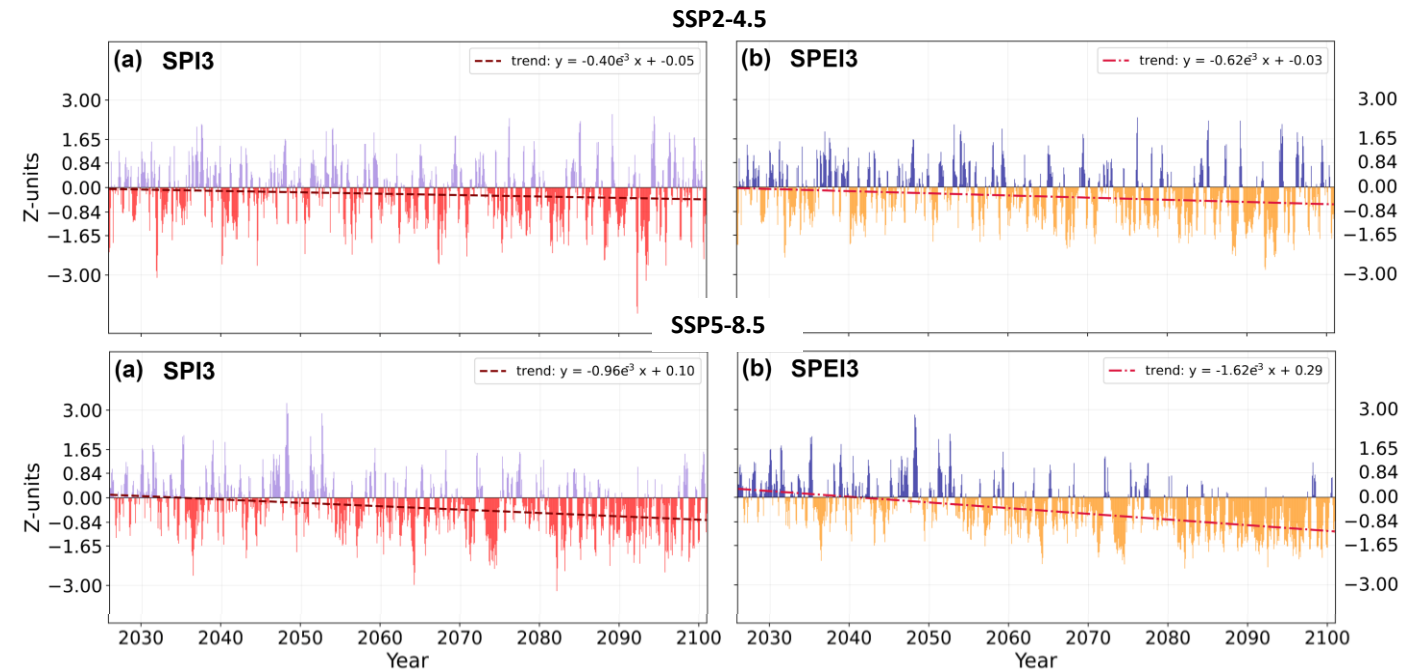


Fig 4. Serie temporal de SPI3 y SPEI3 bajo dos estaciones futuras con período de referencia: 1980-2100, SSP2-4.5 paneles arriba, SSP5-8.5 paneles abajo, 2026-2100.

3.3. Futuro

- Disminución del SPI/SPEI

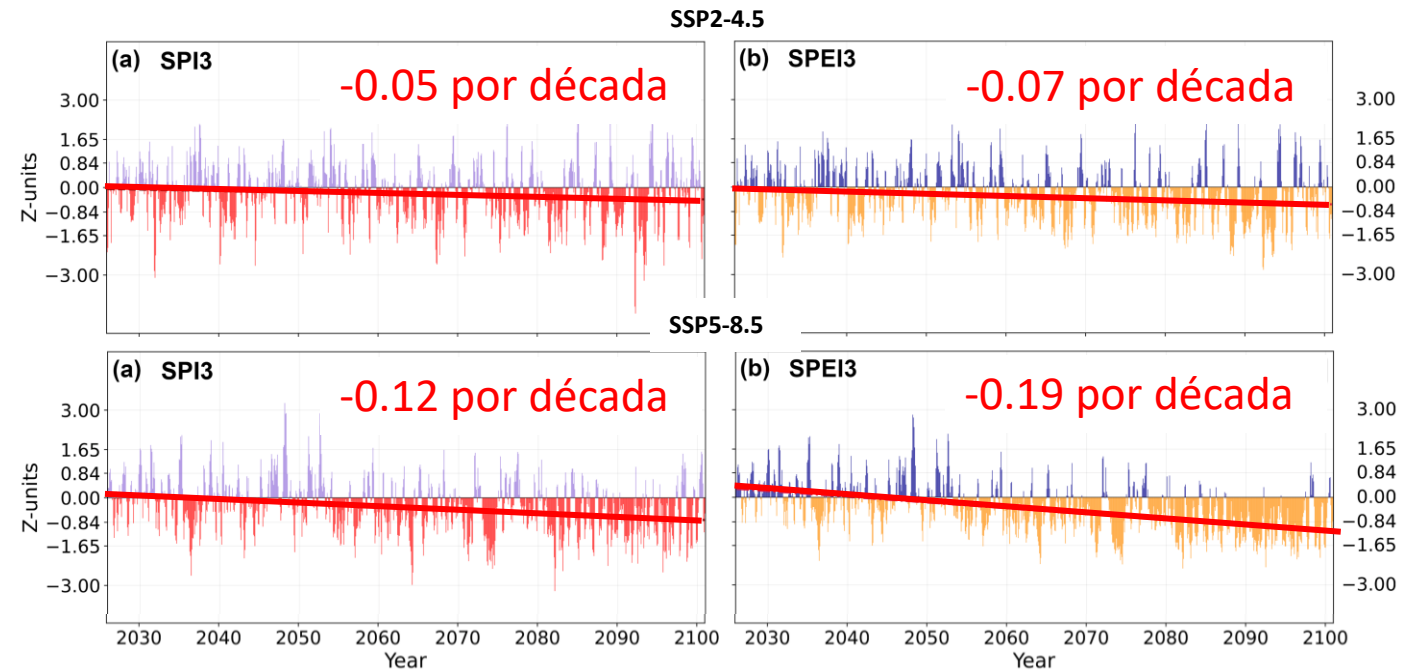


Fig 4. Serie temporal de SPI3 y SPEI3 bajo dos estaciones futuras con período de referencia: 1980-2100, SSP2-4.5 paneles arriba, SSP5-8.5 paneles abajo, 2026-2100.

3.3. Futuro

- Disminución del SPI/SPEI
- Sequías predominan en la segunda parte del siglo y bajo SSP5-8.5

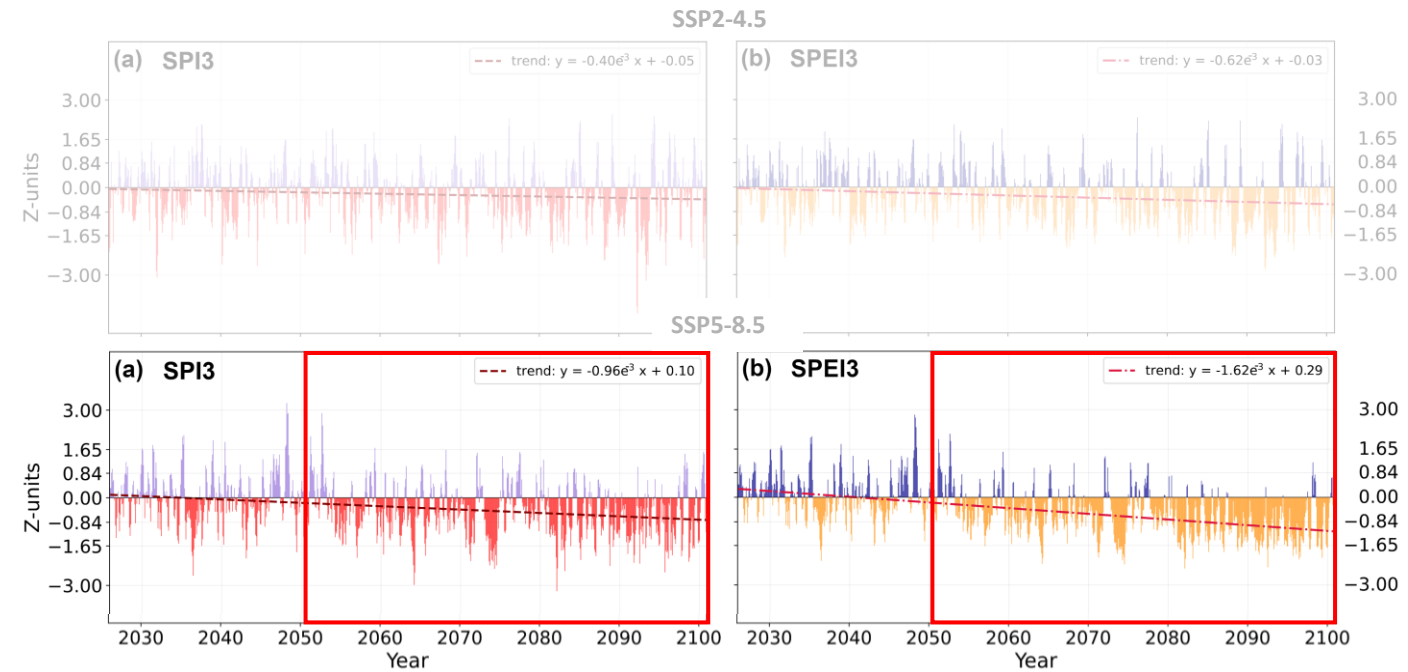


Fig 4. Serie temporal de SPI3 y SPEI3 bajo dos estaciones futuras con período de referencia: 1980-2100, SSP2-4.5 paneles arriba, SSP5-8.5 paneles abajo, 2026-2100.

3.4. Duración e Intensidad

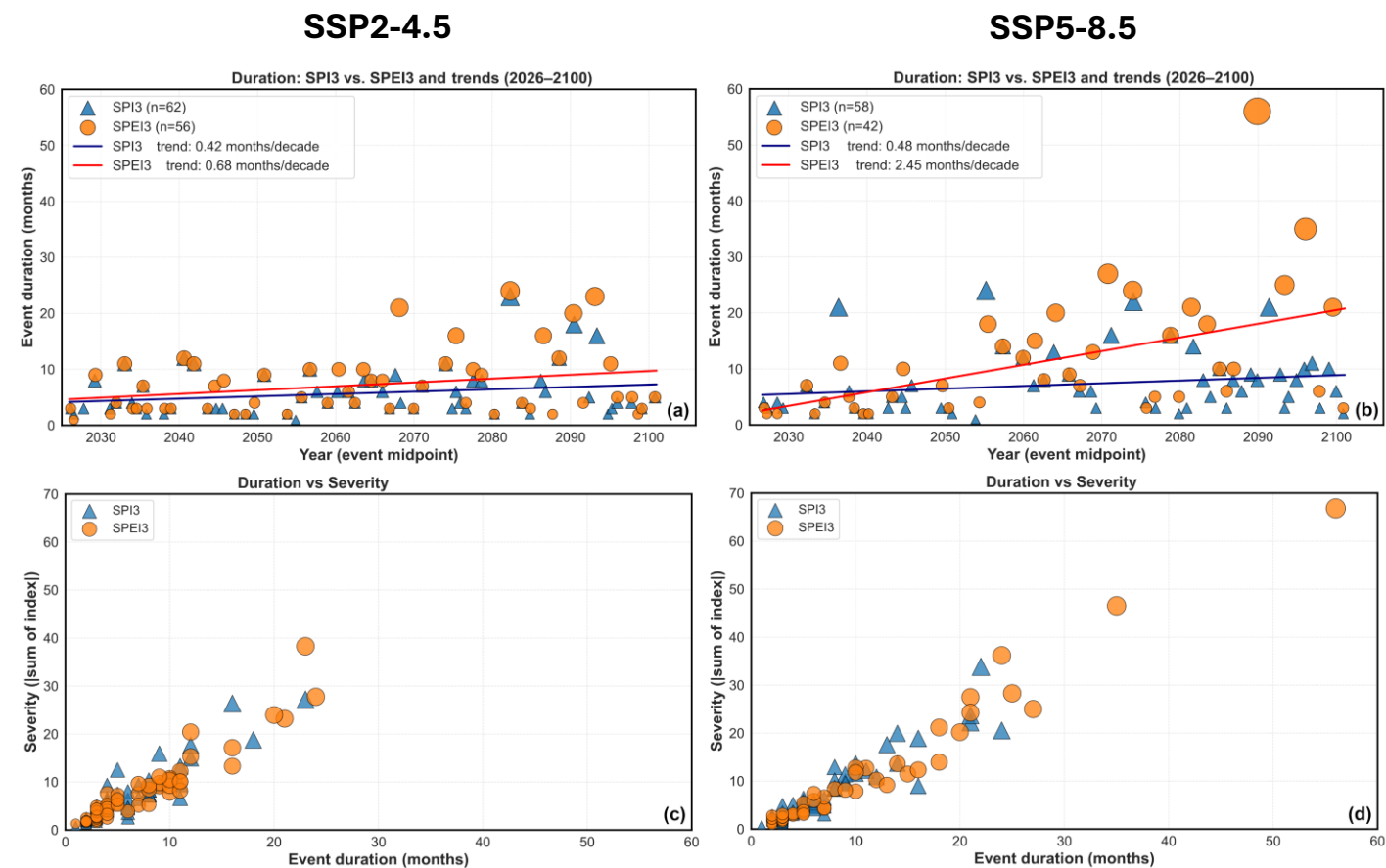


Fig 5. Duración de sequías a lo largo del estudio y sus tendencias (paneles arriba) y relación entre la duración y la severidad (paneles abajo), para SPI3 y SPEI3 bajo SSP2-4.5 (izquierda) y SSP5-8.5 (derecha), 2026-2100, con periodo de referencia 1980-2100.

3.4. Duración e Intensidad

- Duración de sequías aumenta con los años

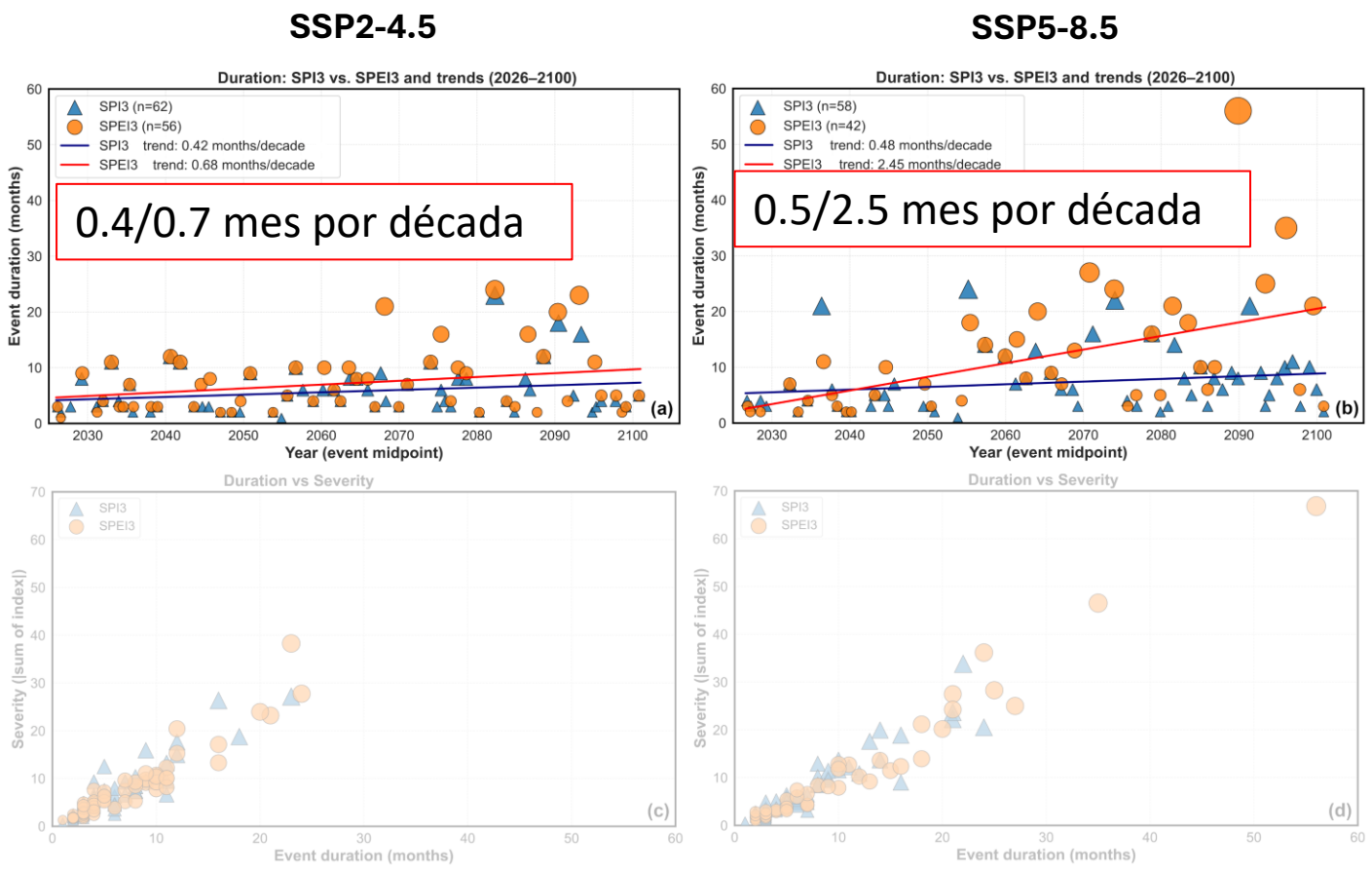


Fig 5. Duración de sequías a lo largo del estudio y sus tendencias (paneles arriba) y relación entre la duración y la severidad (paneles abajo), para SPI3 y SPEI3 bajo SSP2-4.5 (izquierda) y SSP5-8.5 (derecha), 2026-2100, con periodo de referencia 1980-2100.

3.4. Duración e Intensidad

- Duración de sequías aumenta con los años
- SPEI indica sequías más largas que SPI

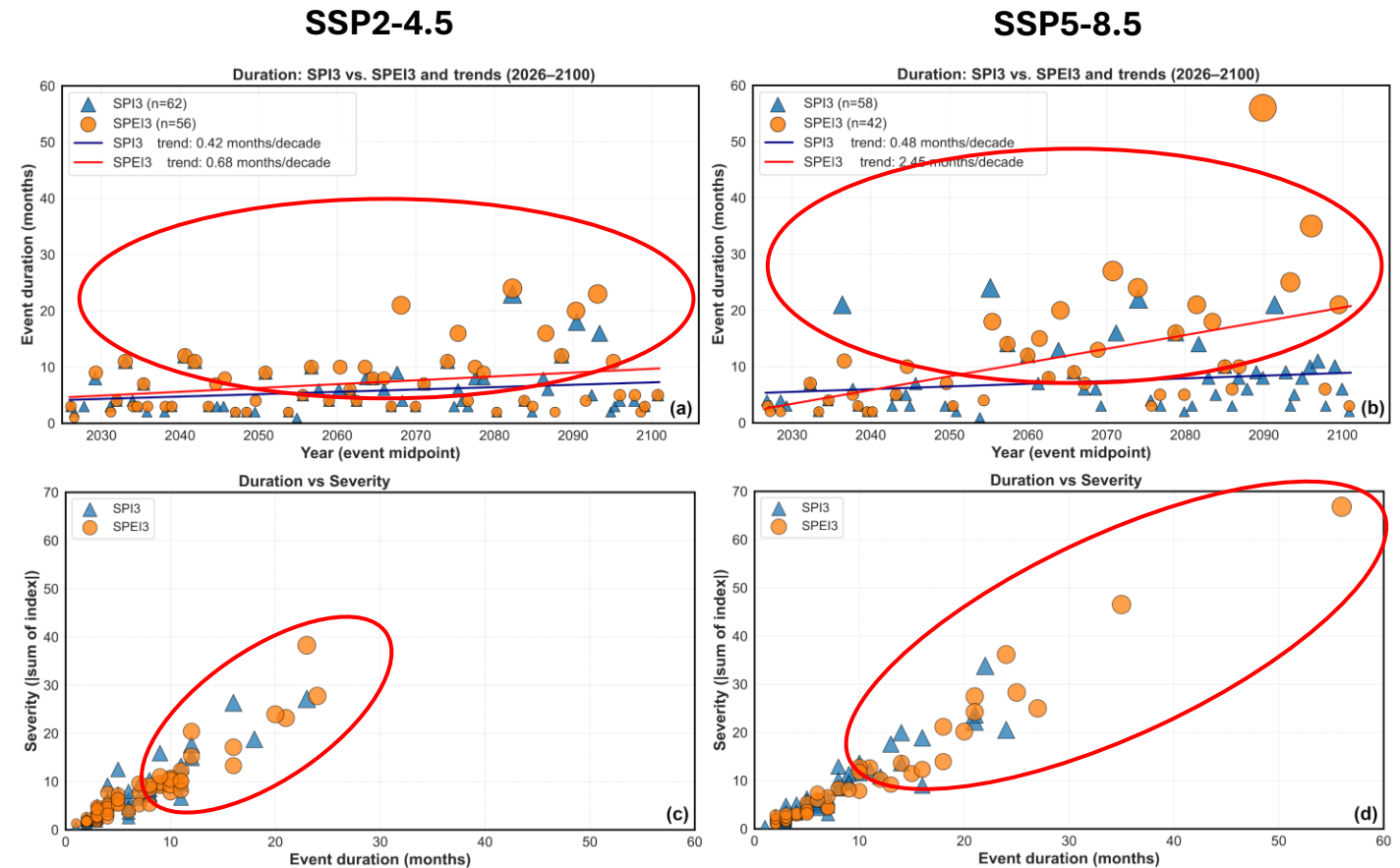


Fig 5. Duración de sequías a lo largo del estudio y sus tendencias (paneles arriba) y relación entre la duración y la severidad (paneles abajo), para SPI3 y SPEI3 bajo SSP2-4.5 (izquierda) y SSP5-8.5 (derecha), 2026-2100, con periodo de referencia 1980-2100.

3.4. Duración e Intensidad

- Duración de sequías aumenta con los años
- SPEI indica sequías más largas que SPI
- Duración e Intensidad están relacionadas

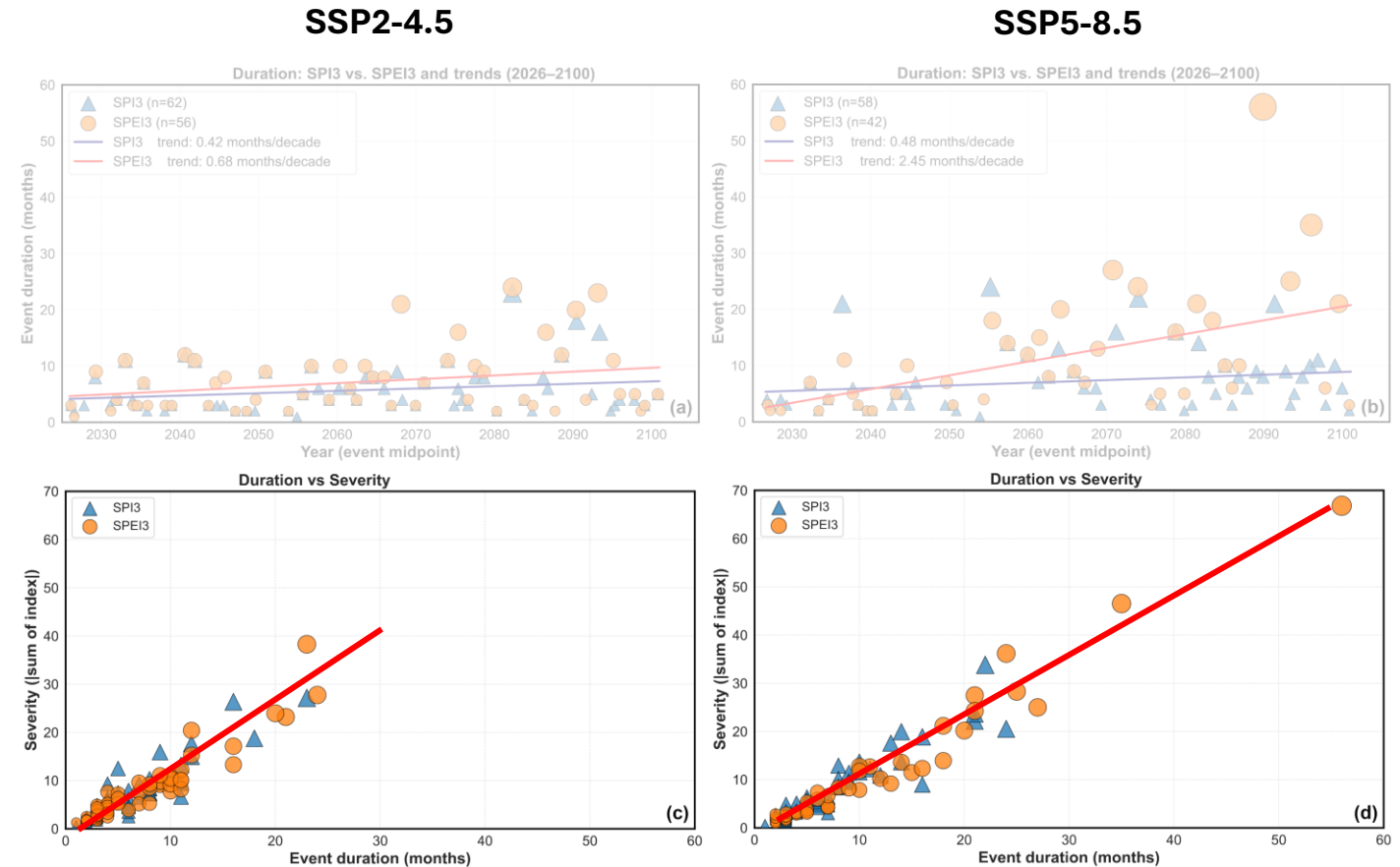


Fig 5. Duración de sequías a lo largo del estudio y sus tendencias (paneles arriba) y relación entre la duración y la severidad (paneles abajo), para SPI3 y SPEI3 bajo SSP2-4.5 (izquierda) y SSP5-8.5 (derecha), 2026-2100, con periodo de referencia 1980-2100.

3.5. Vinculación al Calentamiento

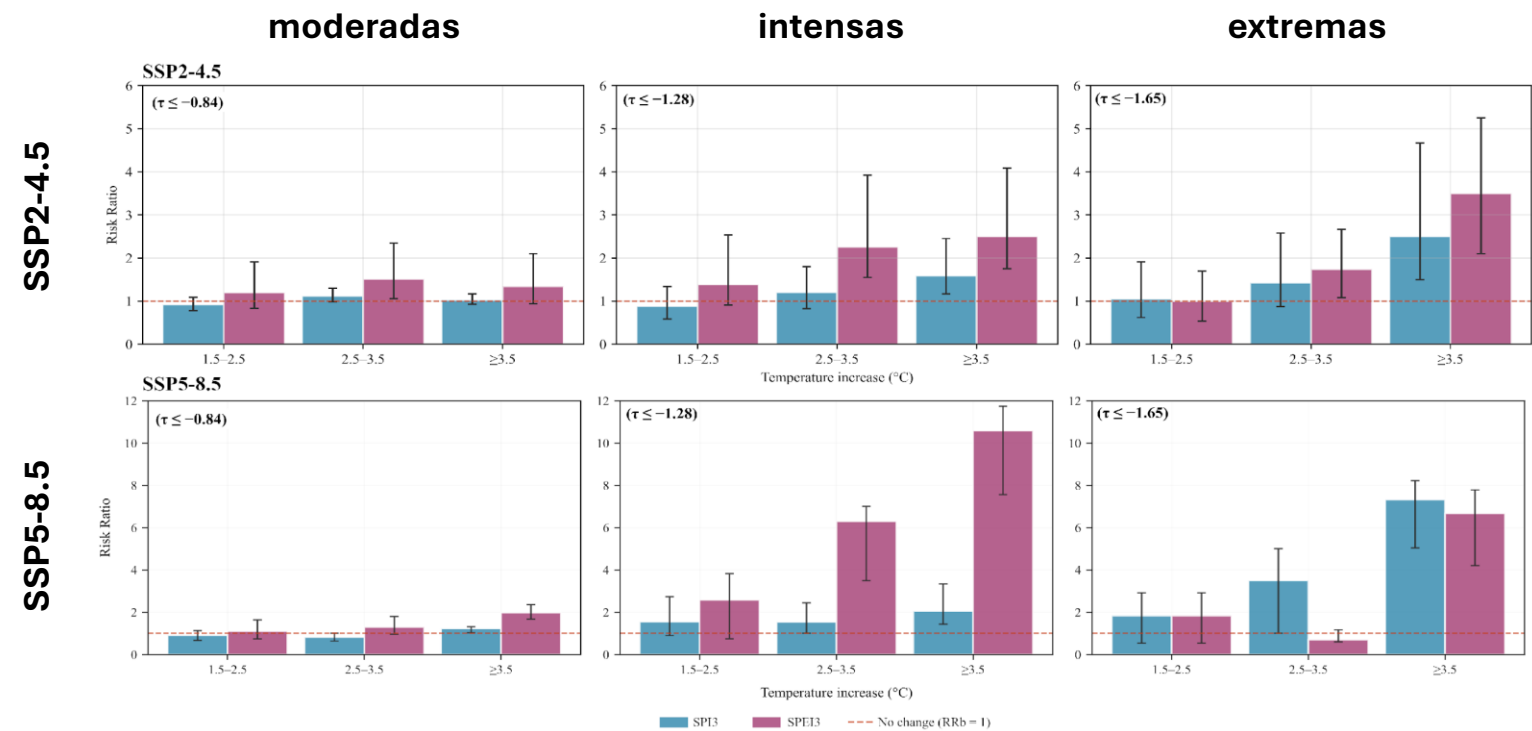


Fig 6. Ratios de riesgo (RR) de ocurrencia de sequías para diferentes rangos de temperatura relativo al rango counterfactual (0.5-1.5°C). Barras azules representan SPI3, barras magentas SPEI3 y barra negra el intervalo de confianza, 2026-2100.

3.5. Vinculación al Calentamiento

- Riesgo de sequías intensas/extremas aumenta con más temperatura

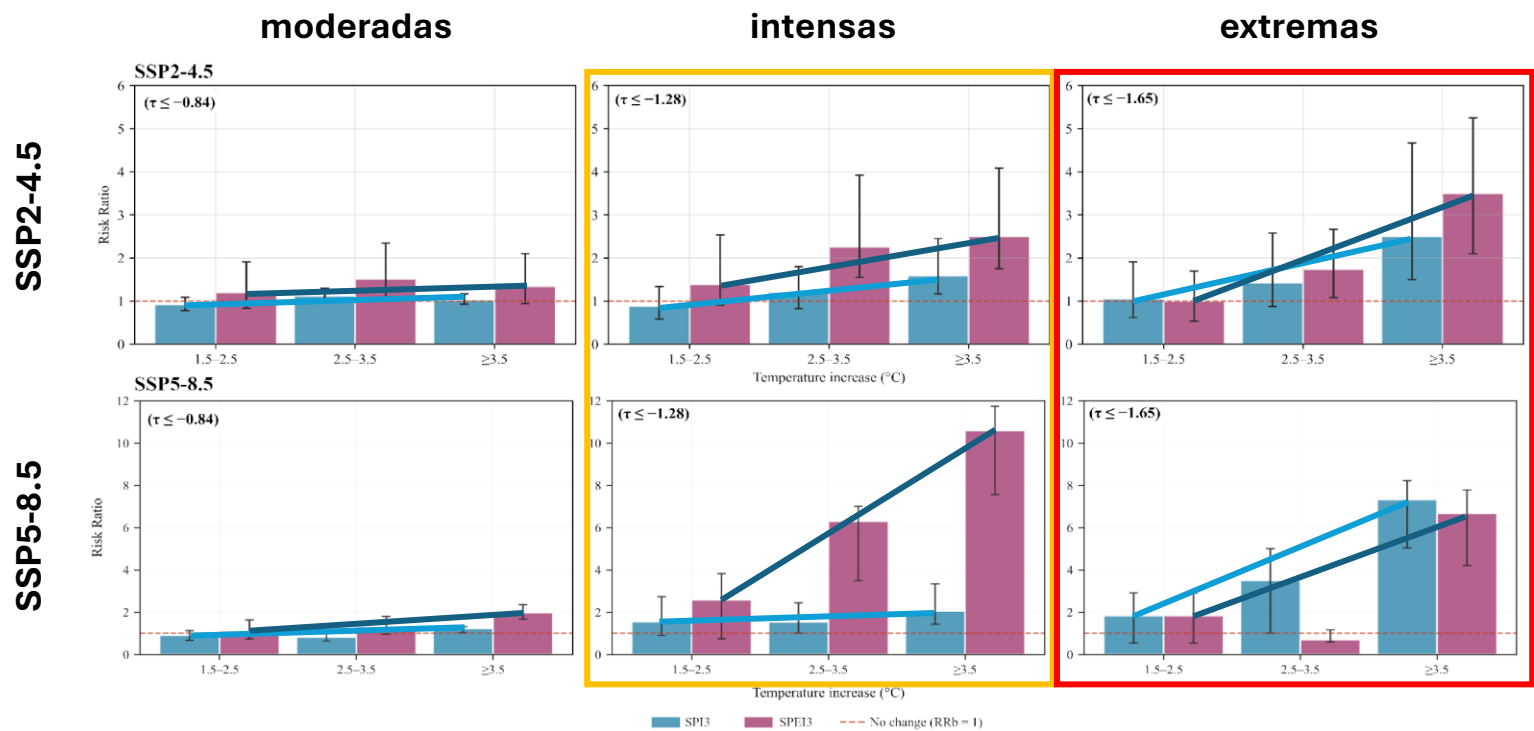


Fig 6. Ratios de riesgo (RR) de ocurrencia de sequías para diferentes rangos de temperatura relativo al rango counterfactual (0.5-1.5°C). Barras azules representan SPI3, barras magentas SPEI3 y barra negra el intervalo de confianza, 2026-2100.

3.5. Vinculación al Calentamiento

- Riesgo de sequías intensas/extremas aumenta con más temperatura
- SPEI más afectado que SPI

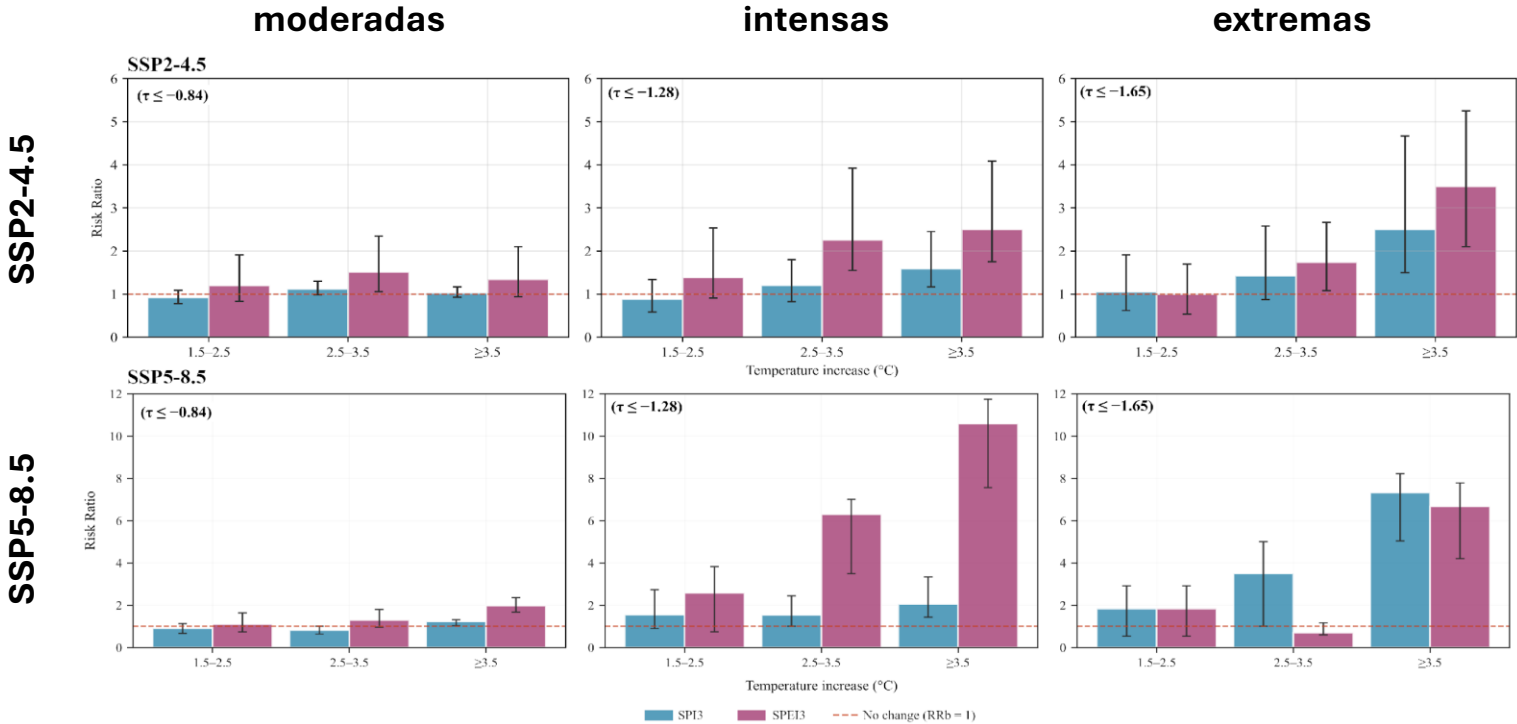


Fig 6. Ratios de riesgo (RR) de ocurrencia de sequías para diferentes rangos de temperatura relativo al rango counterfactual (0.5-1.5°C). Barras azules representan SPI3, barras magentas SPEI3 y barra negra el intervalo de confianza, 2026-2100.

4. Conclusiones

- La **temperatura aumentará** significativamente hacia finales del siglo XXI, mientras que la **precipitación disminuirá** en el Pantanal.
- El sistema ha experimentado una **sequía multianual** persistente desde 2019 hasta el final del periodo analizado.
- En el futuro, la región se enfrentará a un clima más seco, con **sequías más frecuentes, más prolongadas y más intensas**. Este efecto se intensifica al considerar el aumento de la **evapotranspiración** asociado al incremento de la temperatura.
- Los cambios hidroclimáticos podrán provocar impactos en los **recursos hídricos**, el riesgo de **incendios** y la **biodiversidad**, con riesgos críticos que requieren adaptación y mitigación urgentes.

¡Muchas gracias por vuestra atención!

¿Preguntas?



El Pantanal bajo una presión creciente de sequía: análisis histórico y futuro de la duración y severidad de las sequías

XXXVII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española
24.º Encuentro Hispano-Luso de Meteorología
Málaga 25 – 27 de febrero de 2026

Sala Biblioteca. Sesión: Variabilidad y cambio climáticos (I)

Jakob Ernst, Rogert Sorí y Milica Stojanovic

Email: j.ernst@uvigo.es