



**SISSA**

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE  
SEQUÍAS PARA EL SUR DE SUDAMÉRICA



# Indicadores de las sequías agrícolas repentinas y su aplicación al estudio del ciclo de vida de estos fenómenos

Miguel A. Lovino – [mlovino@unl.edu.ar](mailto:mlovino@unl.edu.ar)

M. Josefina Pierrestegui

Omar V. Müller

Gabriela V. Müller

*CONICET - Universidad Nacional del Litoral (ARG)*

E. Hugo Berbery

*University of Maryland*



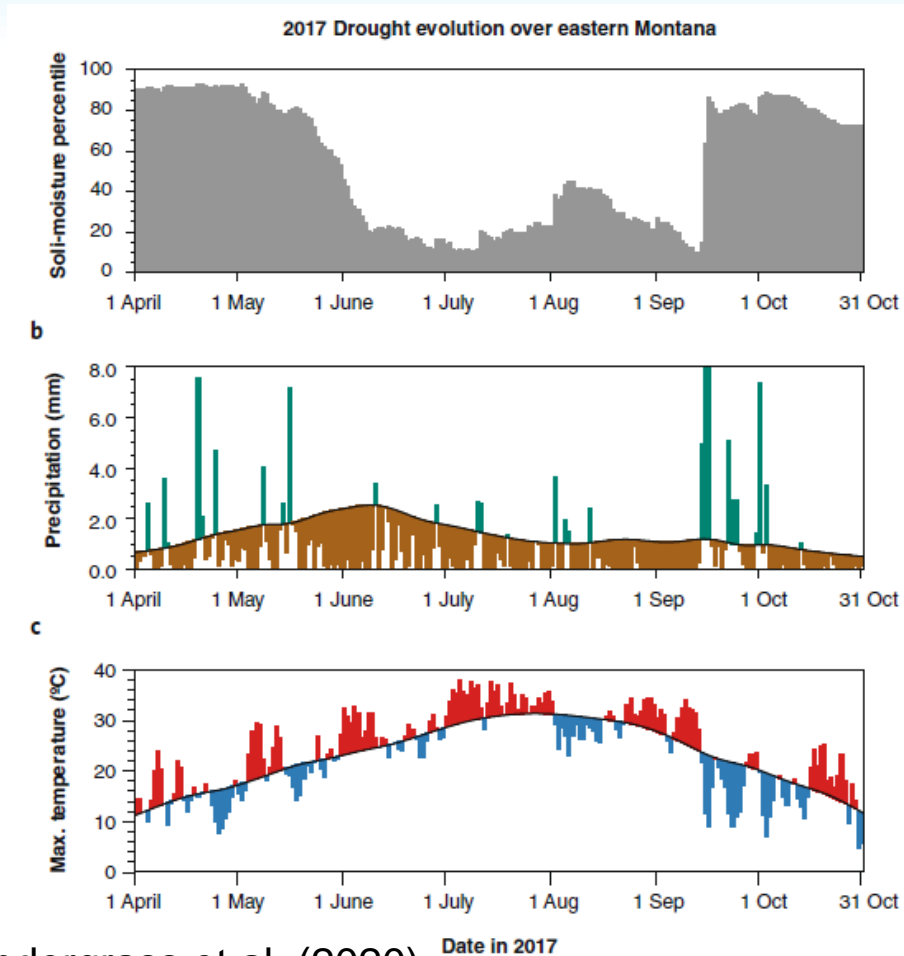
CENTRO DE ESTUDIOS DE  
VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO



## Definiciones

**Sequía repentina:** rápida intensificación en el secado del suelo durante un período corto (pocas semanas)

**Sequías agrícolas repentinas:** involucra un déficit de humedad del suelo y no se satisfacen las necesidades de agua de las plantas, especialmente durante el período crítico de crecimiento de los cultivos

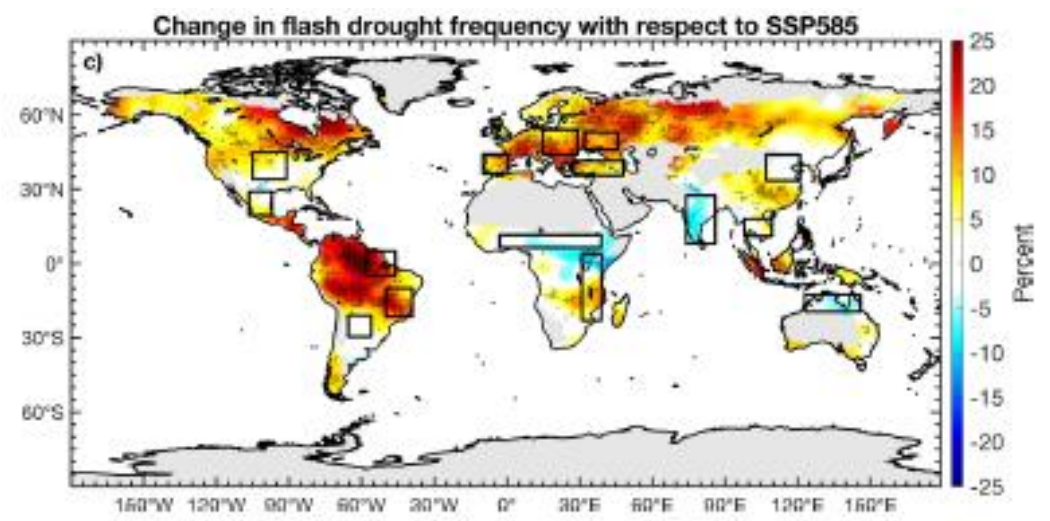
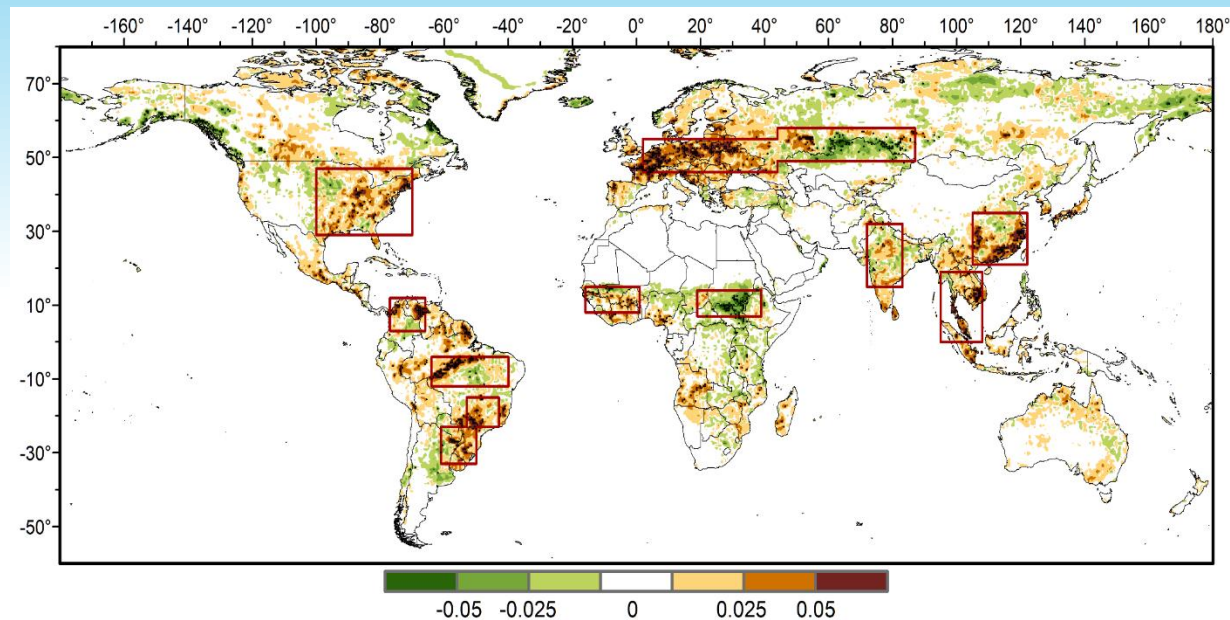


Maíz en condiciones de sequía (<https://www.infocampo.com.ar>)  
Ola de calor en Argentina (Santa Fe) (15 Ene 2022)

# Contexto

**Sequías repentinas más comunes que sequías de lento desarrollo desde la década de 1950**

**Frecuencia e intensidad de sequías repentinas aumentarán en todo el mundo durante el siglo XXI, especialmente en regiones agrícolas en escenarios de alto calentamiento global**



## Diferentes indicadores

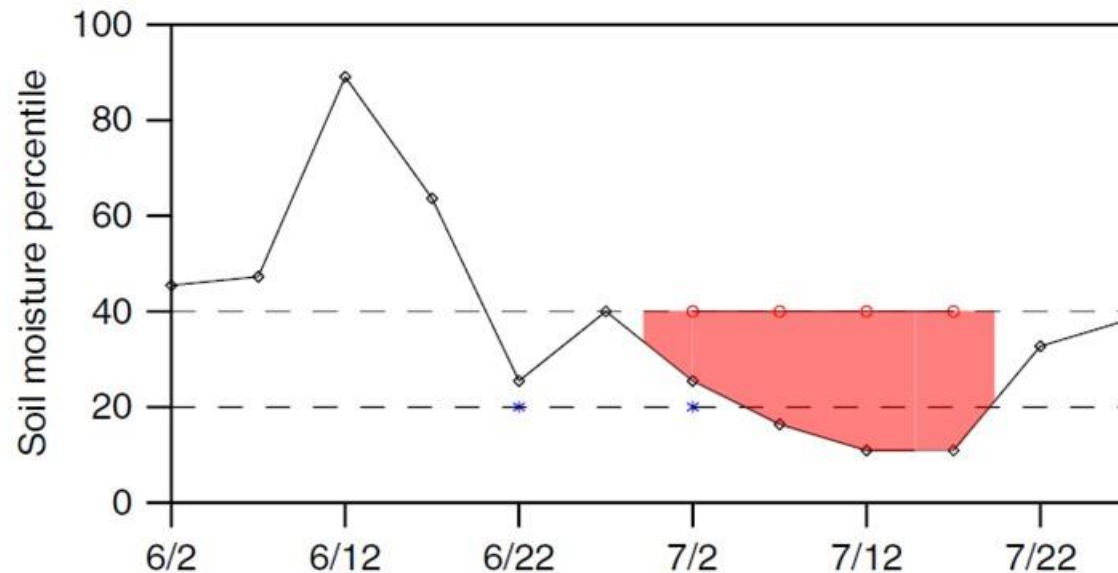
humedad del suelo

evapotranspiración

multivariados

Diferentes **indicadores** y/o diferentes **datos de entrada** pueden generar **diferencias en las características y factores impulsores** de estos eventos

### Enfoque 1: Tasa de cambio en la humedad del suelo



Percentiles de humedad del suelo deben pasar de 40% a 20% en 4 pentadas (o 20 días) (Ford y Laboisier, 2017)

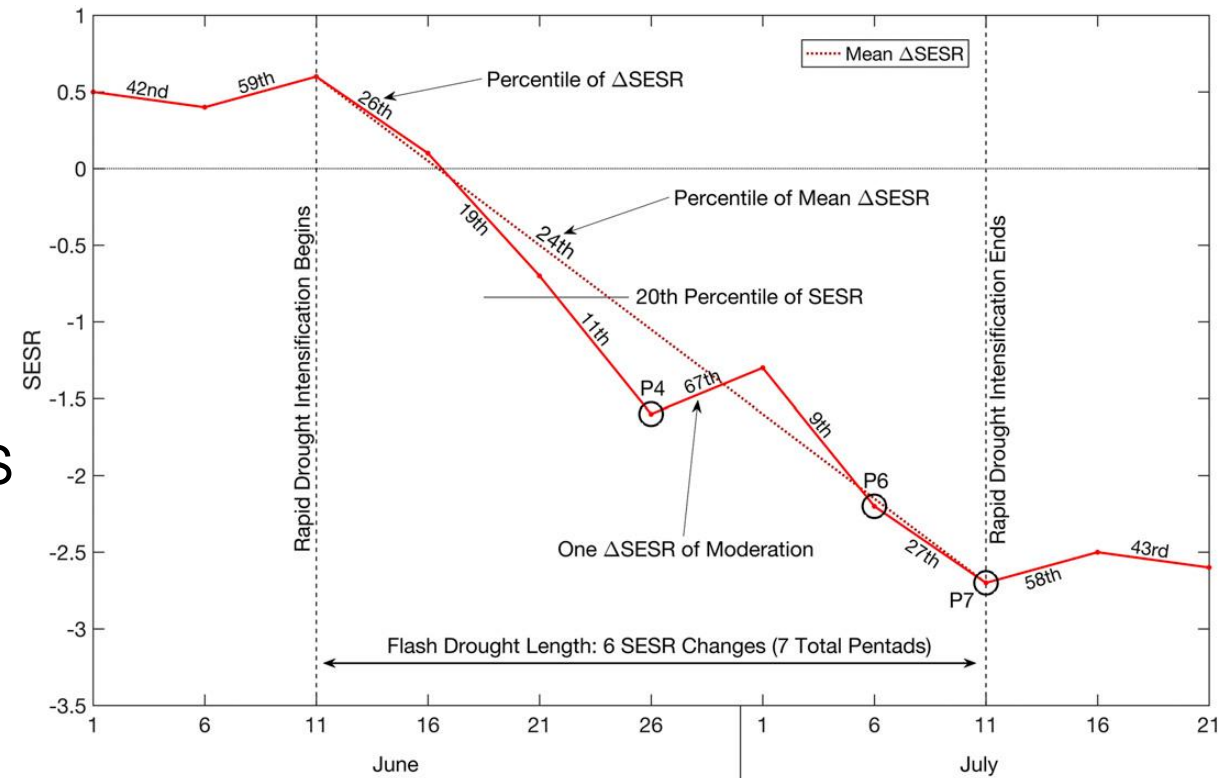
## Enfoque 2: Relación de estrés evaporativo

**Evaporative Stress Ratio (ESR):** el cociente entre la evapotranspiración (ET) y la evapotranspiración potencial PET (Christian et al., 2021)

$$ESR = \frac{ET}{PET}$$

$$SESR_{ijp} = \frac{ESR_{ijp} - \overline{ESR_{ijp}}}{\sigma_{ESR_{ijp}}} \quad \text{Estandarizado}$$

Evalúa cambios en SESR en 5 pentadas hasta llegar a un valor menor al percentil 20th de SERS



# Objetivos

Proponer un indicador de sequía agrícola repentina que se base en la **disponibilidad de agua del suelo** y pueda **integrar los procesos físicos dominantes con los impactos en la salud de la vegetación**

## Enfoque para identificar sequías agrícolas repentinas (SAR)

Humedad del suelo en zona de raíces (1 m)

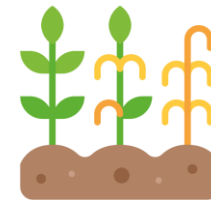


Déficit de humedad del suelo



Propiedades hidráulicas del suelo  
(Capacidad de campo y punto de marchitez)

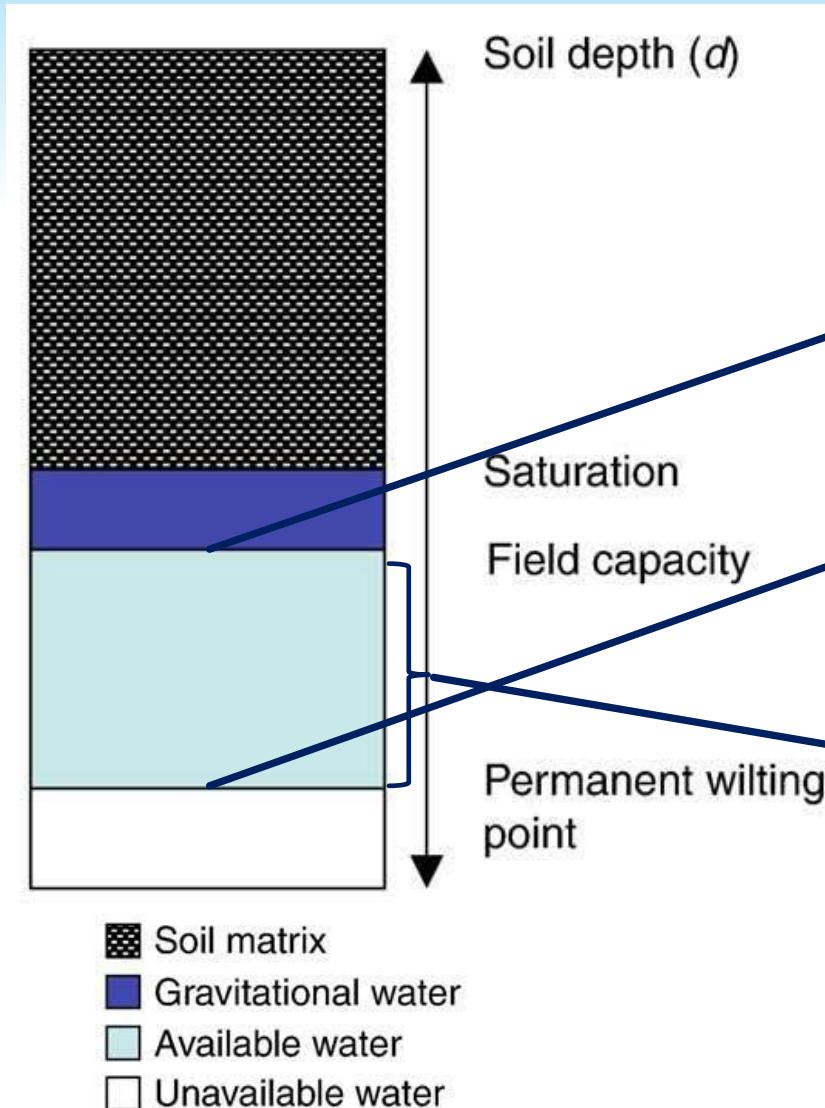
estrés hídrico de las plantas



- ✓ a) identificar las **regiones del mundo propensas a SAR**, su frecuencia anual y estacional.
- ✓ b) analizar el ciclo de vida de la SAR y discutir sus principales impactos en la agricultura

## Identificación de SAR: Contexto

Fuente: Seneviratne et al. (2010)



### Propiedades del suelo

El suelo no puede retener agua por encima de la **capacidad de campo**

Las plantas no pueden utilizar el agua del suelo por debajo del **punto de marchitez**

**Agua disponible:** La cantidad máxima de agua que el suelo puede almacenar y proporcionar para el crecimiento y la transpiración de las plantas.

## Identificación de SAR: SWDI

**Índice de déficit de agua del suelo (SWDI, Martínez-Fernandez et al., 2015)**



**Evaluar conjuntamente el déficit de humedad del suelo y el estrés hídrico de las plantas.**

$$SWDI = \left( \frac{\theta - \theta_{FC}}{\theta_{FC} - \theta_{WP}} \right) \times 10$$

$$\theta_{AWC} = \theta_{FC} - \theta_{WP}$$

$\theta_{AWC}$  = available water content

$\theta_{FC}$  = Field capacity

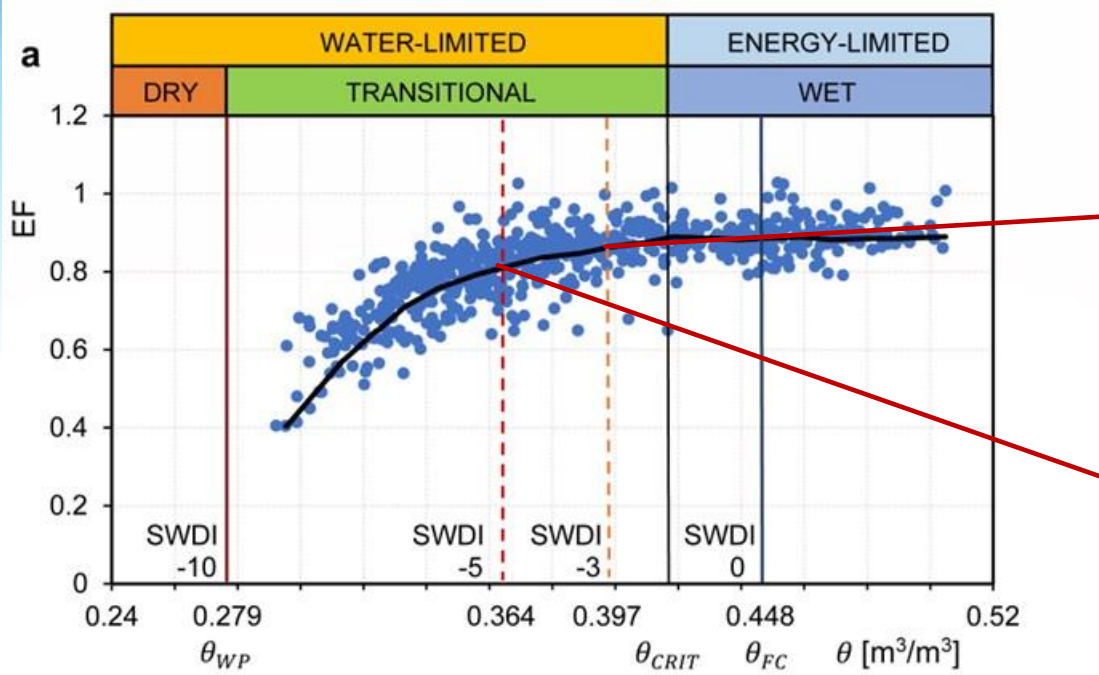
$\theta_{WP}$  = Permanent wilting point

$\theta = \theta_{FC} \Rightarrow SWDI = 0$   no hay déficit de humedad del suelo

$\theta < \theta_{FC} \Rightarrow SWDI < 0$   Déficit de humedad del suelo

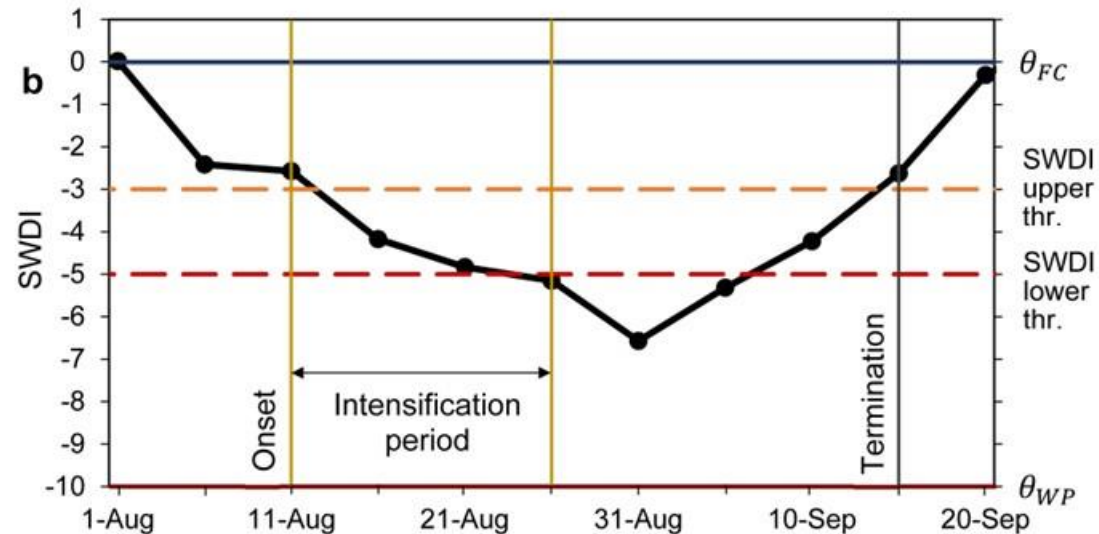
$\theta \leq \theta_{WP} \Rightarrow SWDI \leq -10$   déficit absoluto de humedad del suelo

### Definición de SAR



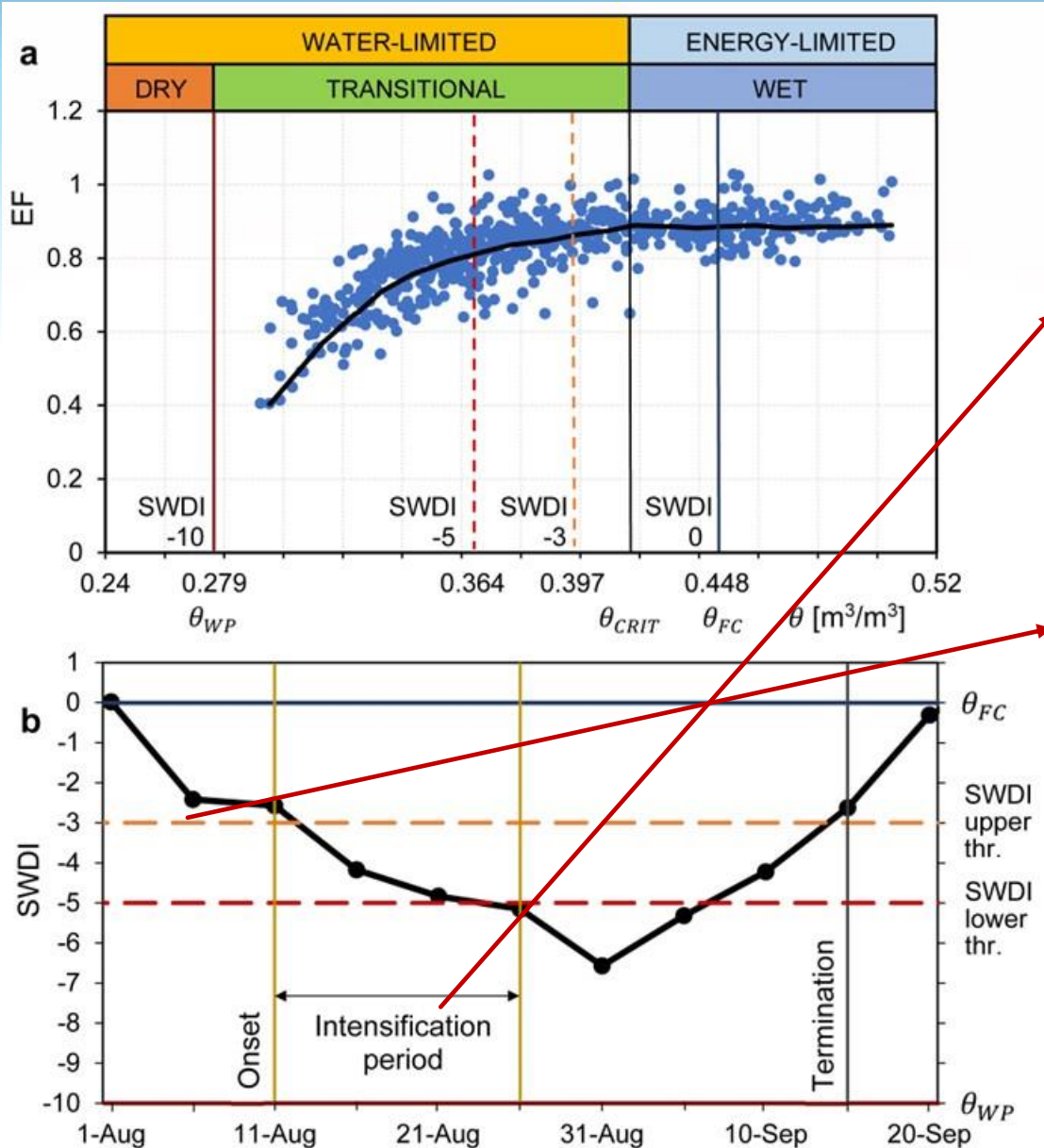
SWDI = -3: asegura una disminución de la evapotranspiración, **capturando así un nivel de déficit de humedad.**

SWDI = -5: el límite de agua del suelo fácilmente disponible para varios cultivos. Por debajo de este punto, **los cultivos comienzan a experimentar estrés hídrico.**



### Características Fundamentales de SAR

**(1) Rápido decaimiento de HS:** el SWDI desciende de más de -3 a menos de -5 en 20 días (o 4 pentadas)



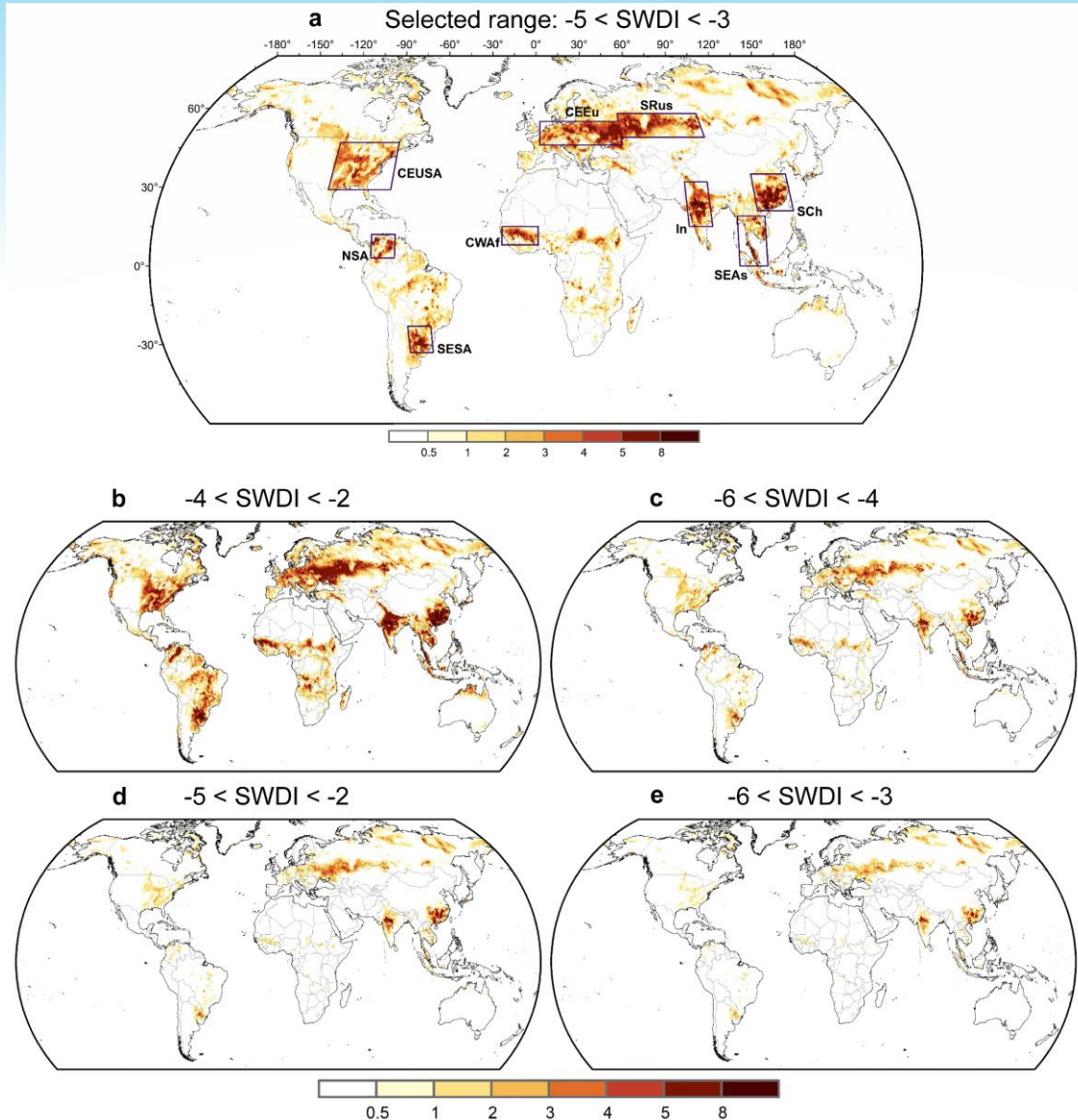
## Características Fundamentales de SAR

**(2) período de intensificación suficientemente largo** para evitar eventos de escala sinóptica corta que agotan rápidamente la humedad del suelo pero se recuperan repentinamente (**+ 15 días**)

**(3) condiciones de no-sequía antes del inicio:** las tres pentadas que preceden a un evento con SWDI > -4. También evita que las sequías repentinas se superpongan en el tiempo.

**(4) Estrés hídrico de las plantas:** se cumple en umbral inferior de SWDI

# Sensibilidad



**Sensibilidad del rango de umbral:** modificando los valores de umbral y examinando su influencia en los resultados de frecuencia de SAR.

Los patrones de ocurrencia de SAR **no se ven afectados por los diversos rangos de umbrales**, aunque la frecuencia de los eventos fluctúa.



**Método Robusto**

# Representación de sequías repentinas históricas conocidas

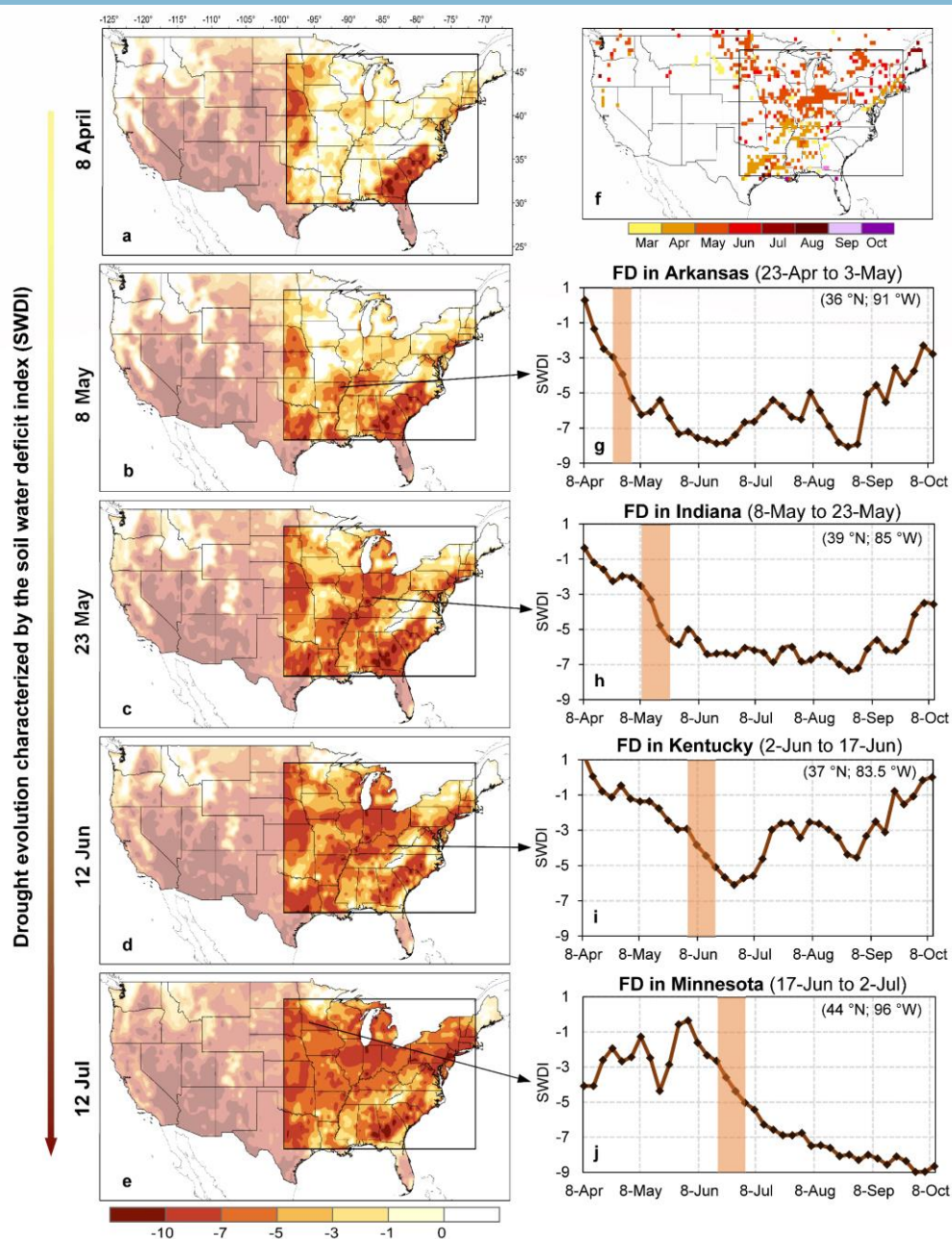
Los umbrales seleccionados permiten

**reconocimiento adecuado de la evolución espacio-temporal**

de eventos estudiados utilizando **diversas definiciones** en diferentes regiones del mundo.

**Mayor similitud con indicadores de HS**

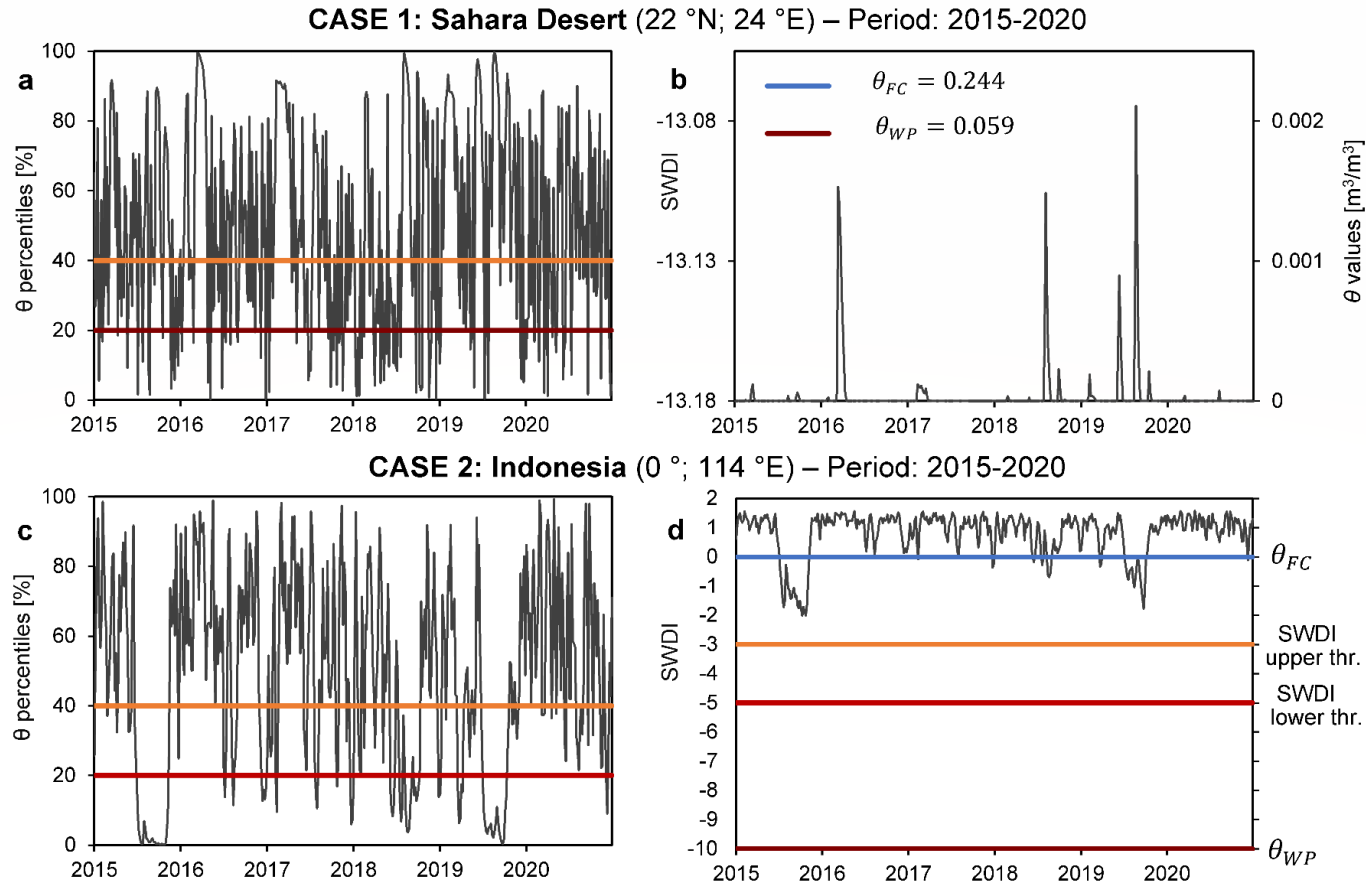
Mayor sensibilidad para identificar SAR



Evolución de la SAR en EEUU durante 2012

## Comparación con método de percentiles de HS

Extreme climates



La identificación de sequías repentinas basadas en indicadores de humedad del suelo en función de umbrales físicos **ayuda a evitar incorrectas interpretaciones en climas extremos.**

Reanálisis ERA5

## Datos diarios

Grilla de 0.5 lat-lon

Período de estudio: 1960-2020

Humedad del suelo en zona de raíces  
(metro superior del suelo)

Precipitación

Temperatura

Evapotranspiración

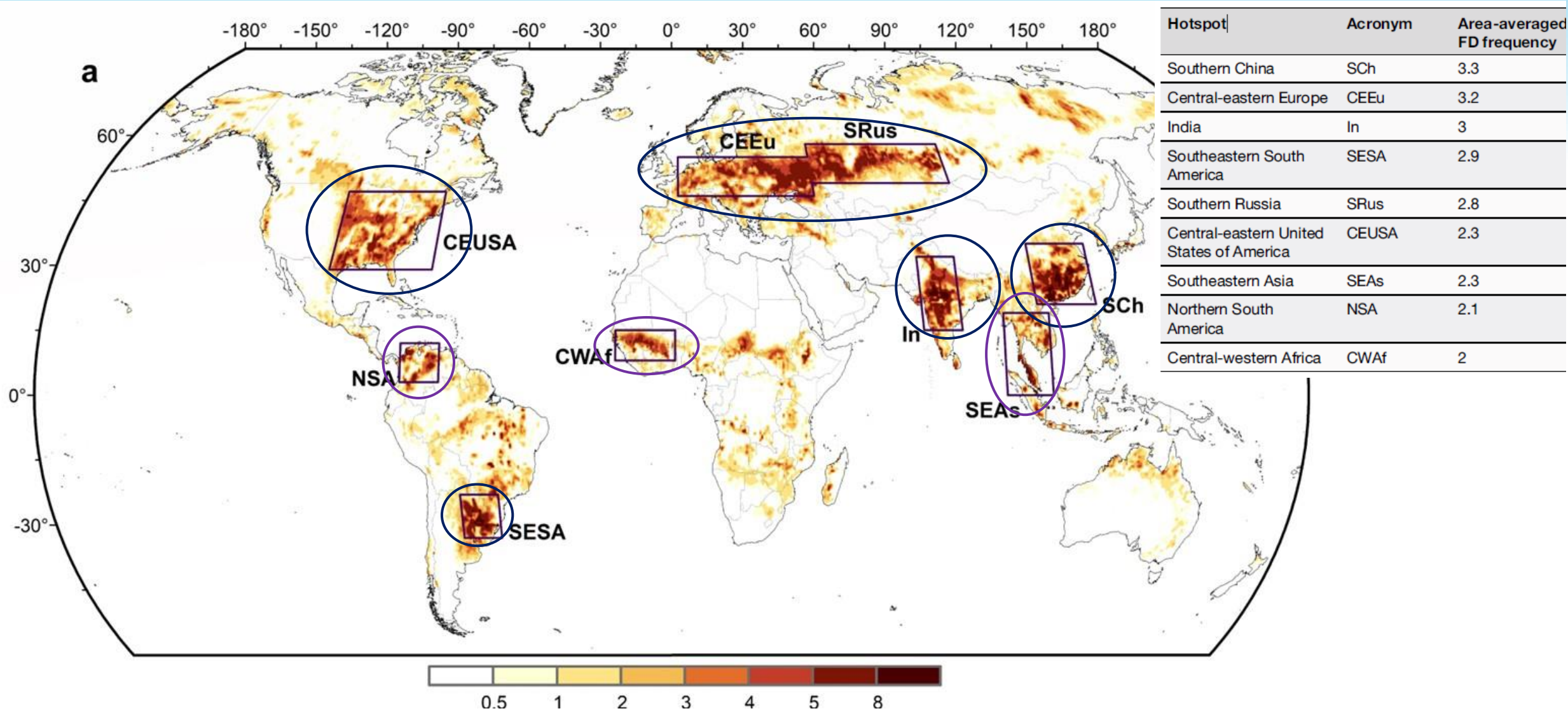
Propiedades  
del suelo

- Pentadas no superpuestas (medias de 5 días)  
para cada variable.

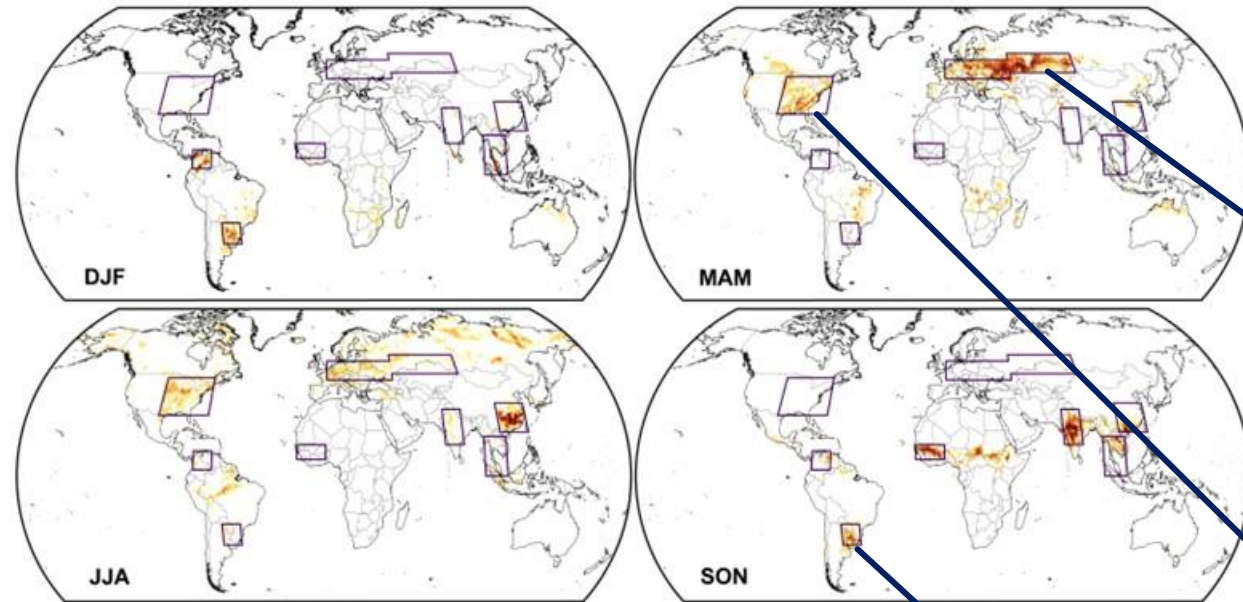
- Las anomalías estandarizadas se definen como  
desviaciones de las medias climatológicas de 1960-2020 y  
se normalizan con sus correspondientes desviaciones  
estándar.

Capacidad de campo y punto de marchitez asociados con cada  
clase de suelo de ERA5 en cada punto de la cuadrícula

# Zonas propensas a sequías agrícolas repentinas



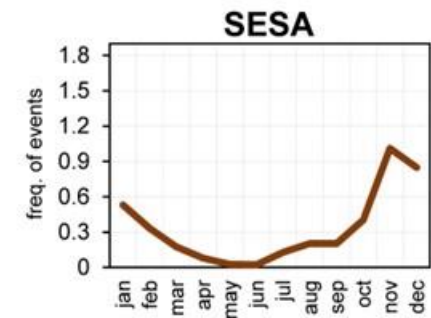
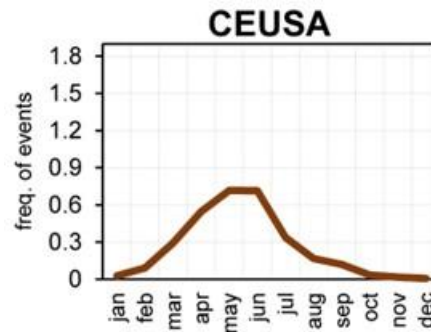
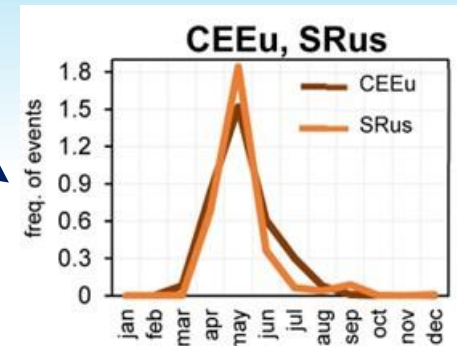
Frecuencia de eventos de SAR (número de eventos por década) de 1960 a 2020



**Regiones extratropicales**  
 Mayor frecuencia en primavera-verano

Número de eventos de SAR por década para cada estación en el período 1960-2020

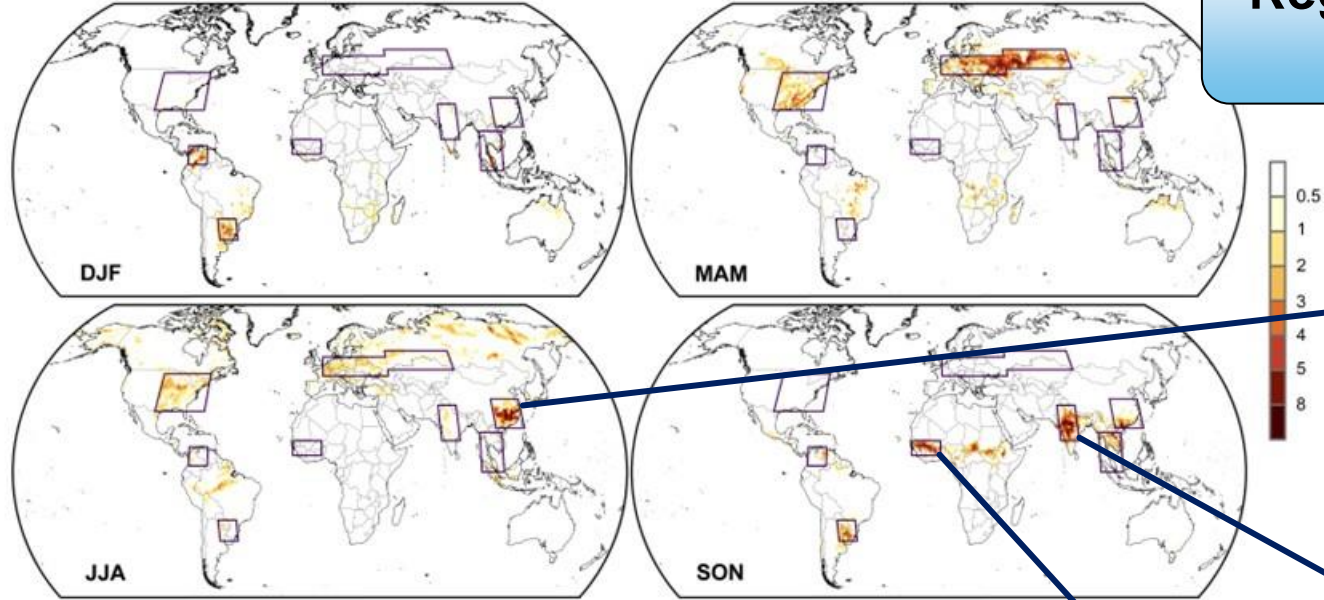
SAR son mas frecuentes durante los períodos críticos de los cultivos en diferentes regiones del mundo



Impacto en los períodos de floración, fijación y llenado de los cultivos de secano

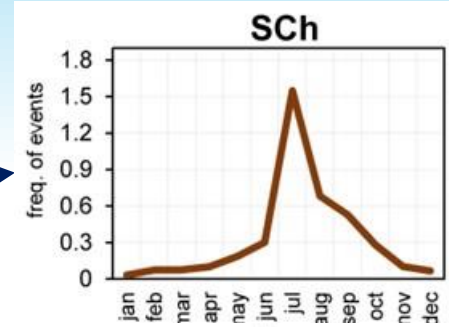


**Regiones subtropicales y tropicales**  
Diferentes momentos del año

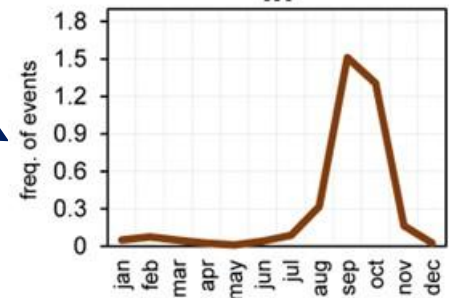


Número de eventos de SAR por década para cada estación en el período 1960-2020

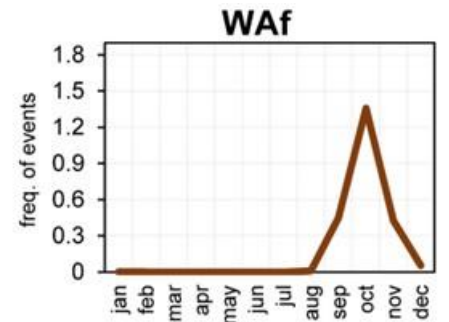
SAR son mas frecuentes durante los períodos críticos de los cultivos en diferentes regiones del mundo

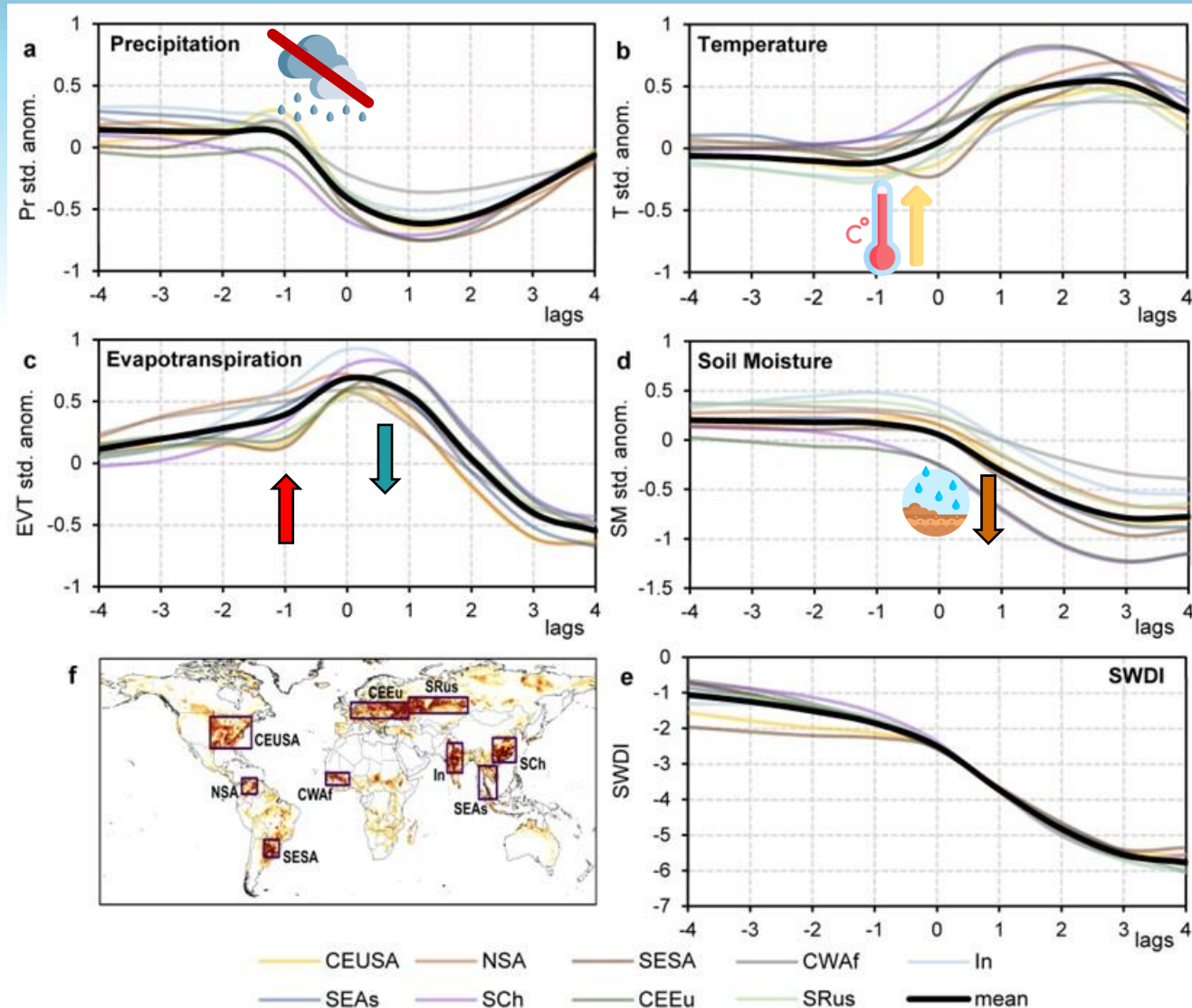


Reduce la disponibilidad de agua para el cultivo de arroz.



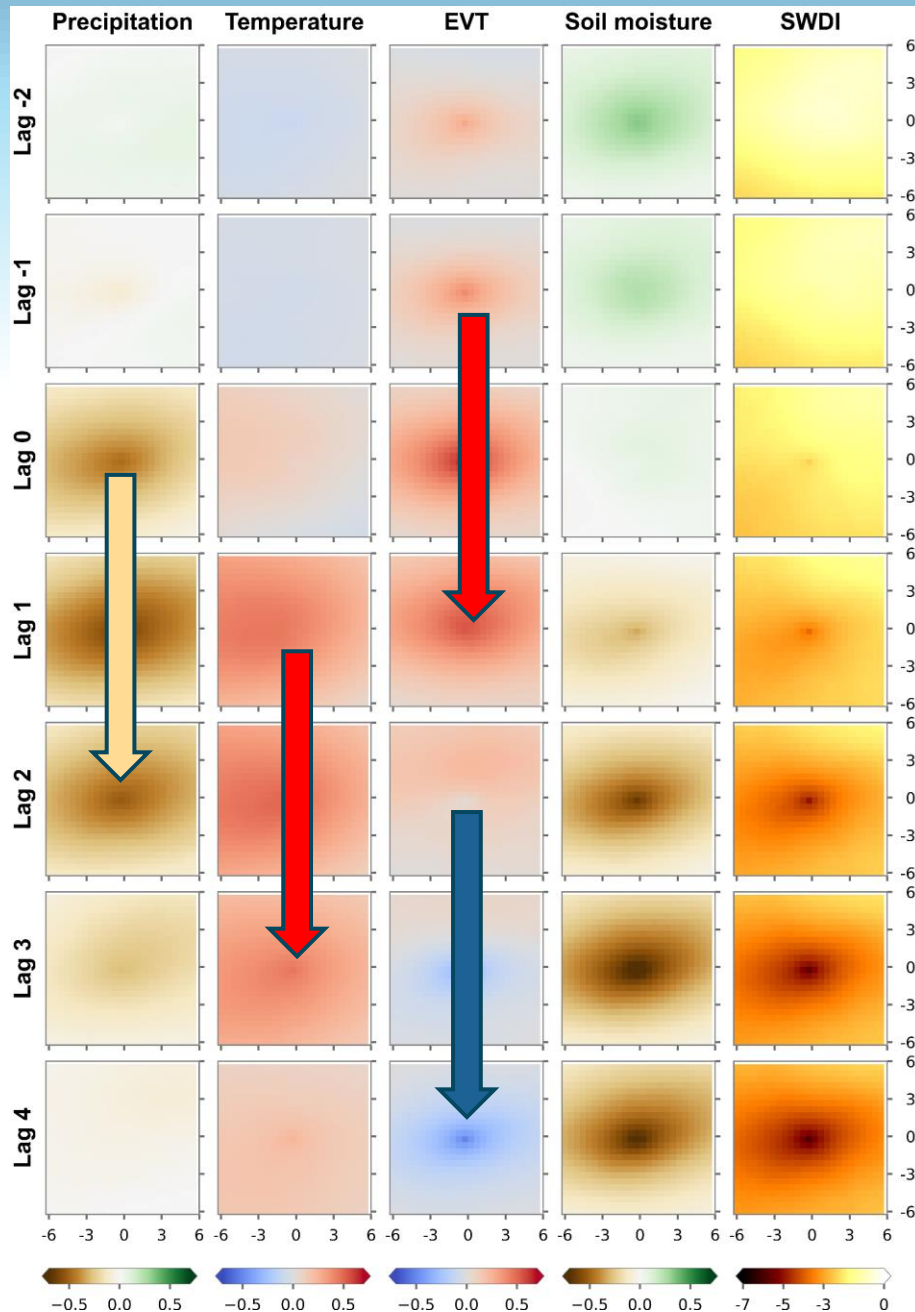
Afecta los rendimientos de los principales cultivos





Todas las regiones propensas a SARs exhiben una **evolución similar de las principales variables atmosféricas y de superficie**

Evolución temporal de anomalías estandarizadas promedio areal durante eventos de SAR para el período de nueve pentadas centrado en el inicio de la SAR (lag = 0): (a) precipitación (Pr), (b) temperatura (T), (c) evapotranspiración (EVT), y (d) humedad del suelo (SM), (e) SWDI.



**Rol preponderante del déficit de Pr**  
en el rápido decaimiento de las HS

**La evapotranspiración también tiene un rol fundamental.**  
EVT aumenta rápidamente antes del inicio y disminuye rápidamente durante el período de intensificación (sistema limitado en agua).

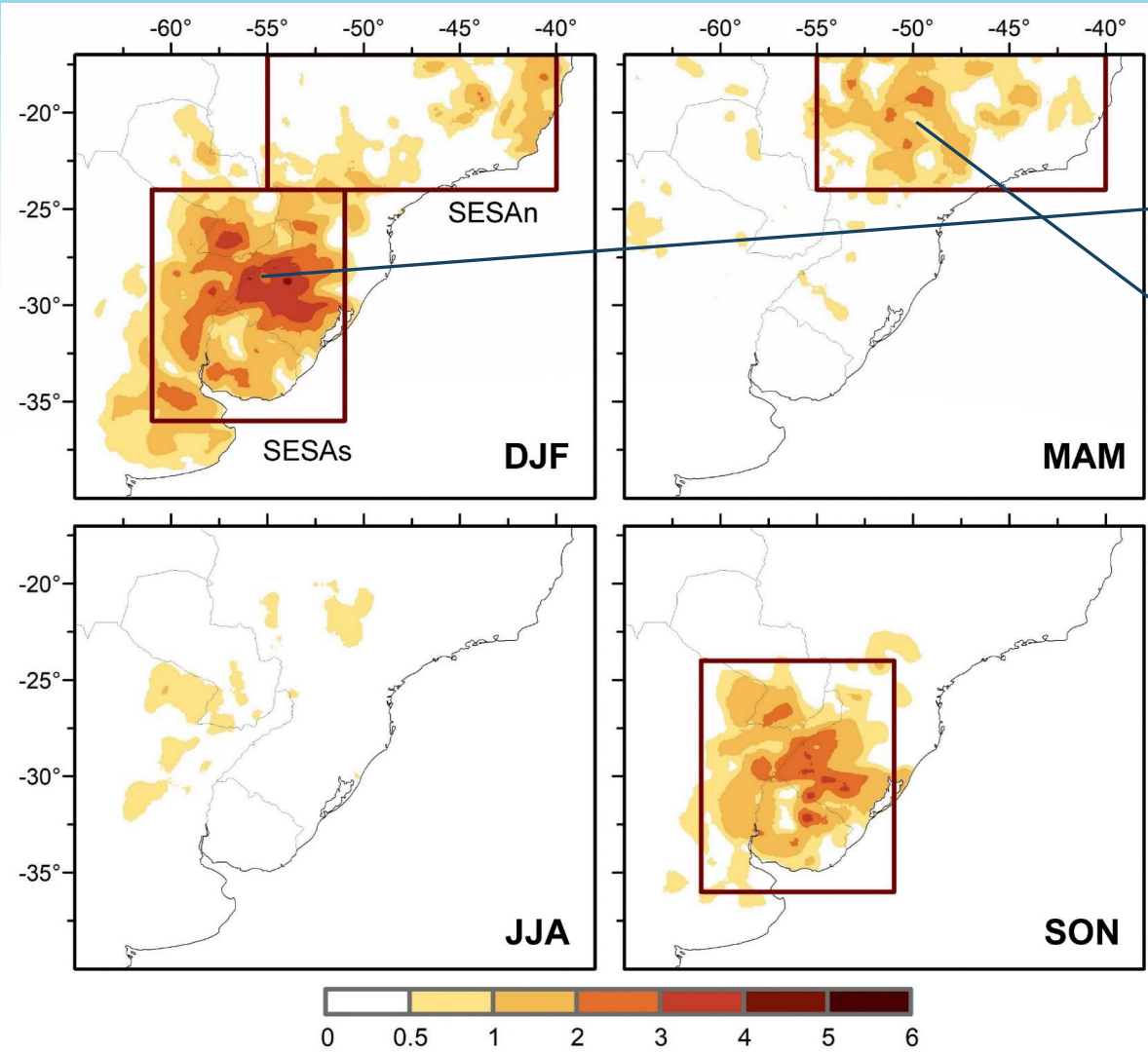
**Aumento T: crucial en la persistencia de SARs** y puede conducir a olas de calor posteriores.

**Estructura espacial genérica de las SARs:** para cada variable y cada lag, cada cuadro representa la combinación de todos los eventos de SAR para una ventana de  $12^\circ \times 12^\circ$  con el evento que ocurre en el centro.

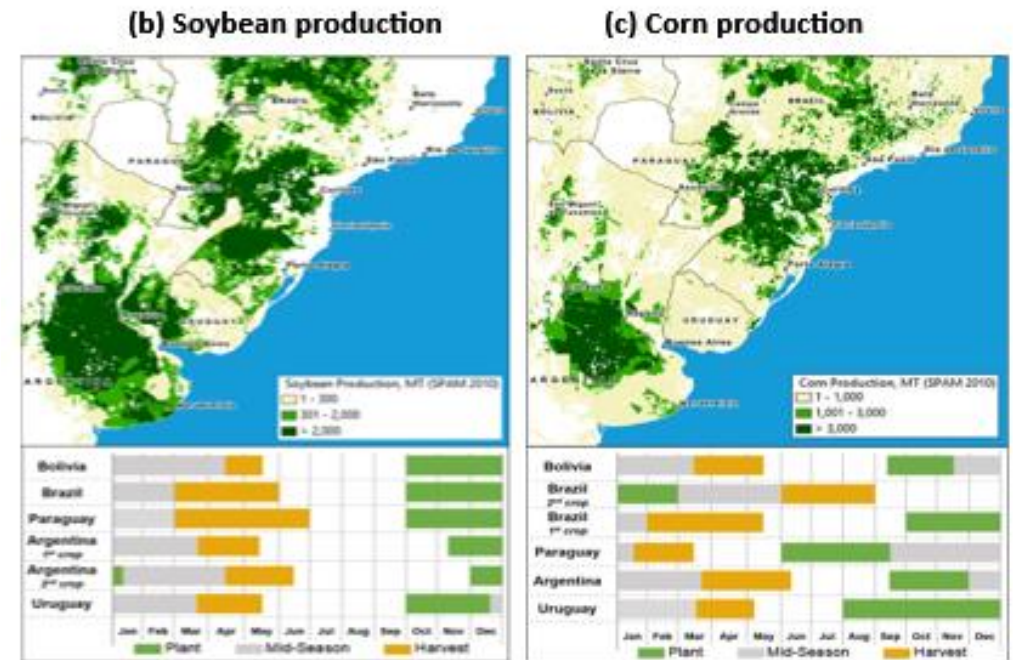
## Frecuencia estacional – Impactos en SESA

En SESAs la mayor frecuencia se da en DJF

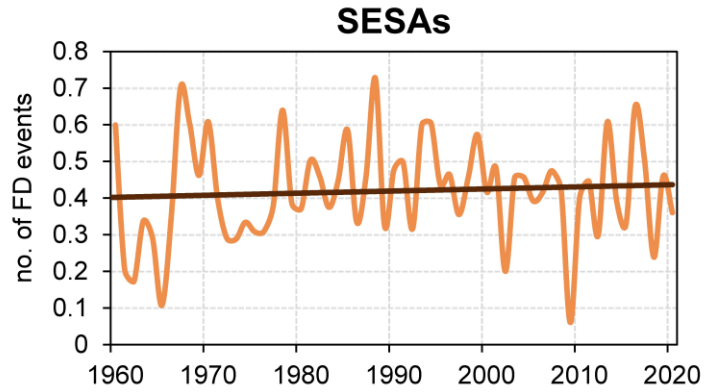
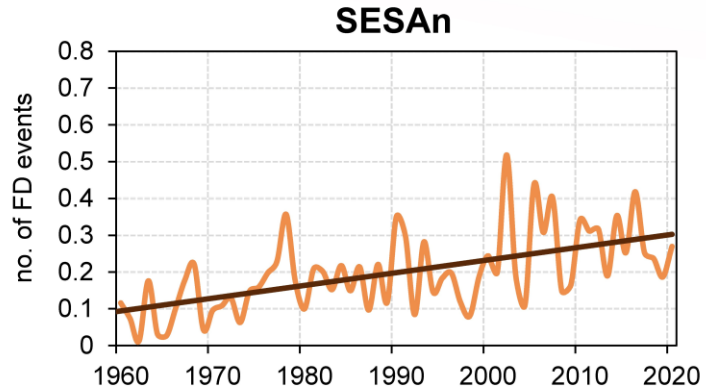
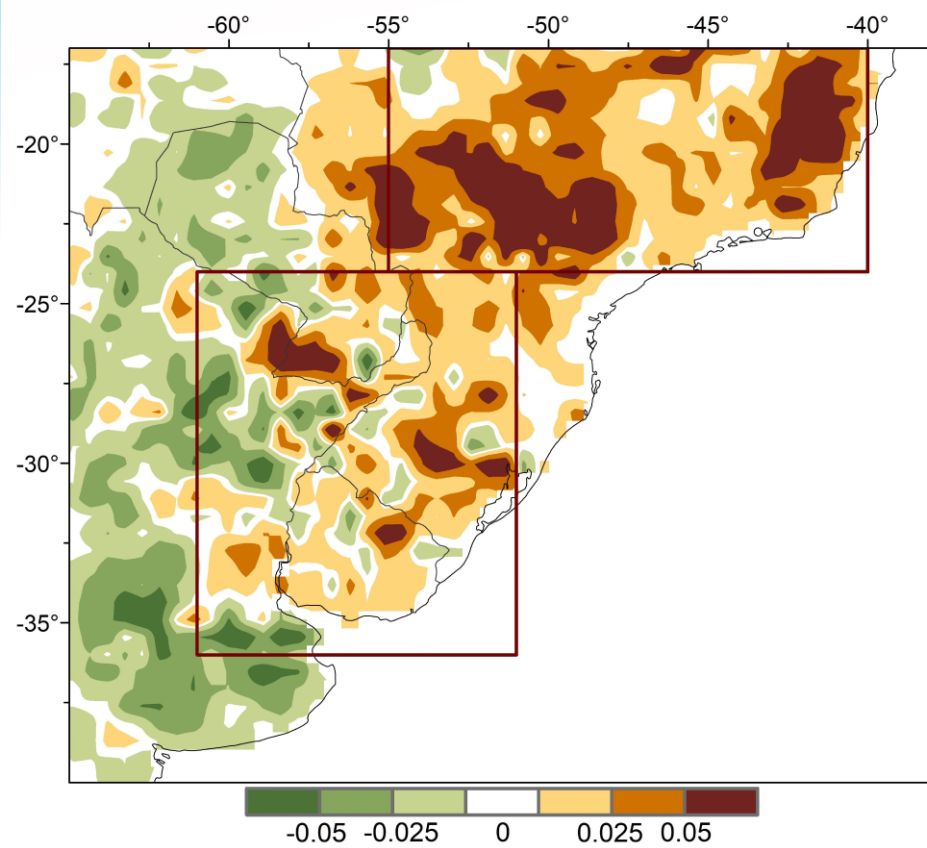
En SESAn la mayor frecuencia se da en MAM



Número de eventos de SAR por década para cada estación en el período 1960-2020



# Tendencias



Incremento significativo en SESAn

Patrón de cambios no homogéneo en SESAs  
**Dominan cambios +**

Patrón espacial de cambios en la ocurrencia de SAR estimado a partir de las tendencias lineales anuales de ocurrencia de SAR.

### Observaciones finales

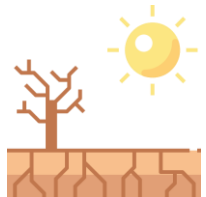


✓ Propusimos un método de identificación de sequías repentinas que puede **integrar el rápido agotamiento de la humedad del suelo y sus impactos en la salud de la vegetación.**

- **Ventaja: Identifica con robustez** las SAR basado en la disponibilidad de agua de cada suelo
- **Desventaja: Incertidumbre** y dificultad de estimación/modelado de las **propiedades del suelo**
- **Oportunidad:** Grandes esfuerzos para **mejorar perfiles y propiedades del suelo en Modelos de Superficie**



✓ Todas las **zonas propensas a SAR exhiben un ciclo de vida similar**, independientemente de la ubicación o el régimen climático.



✓ Los eventos de **SAR son más frecuentes durante los períodos críticos de crecimiento de los cultivos.** En SESA, afectan cultivos de primavera-verano, principalmente maíz y soja.

# Muchas gracias

## Referencias

Christian, J. I. et al. Global distribution, trends, and drivers of flash drought occurrence. *Nat. Commun.* 12, 6330 (2021).

Christian, J. I. et al. Global projections of flash drought show increased risk in a warming climate. *Commun. Earth. Environ.* 4, 165 (2023).

Ford, T. W. & Labosier, C. F. Meteorological conditions associated with the onset of flash drought in the eastern United States. *Agric. Meteor.* 247, 414–423 (2017).

Martínez-Fernández, J., González-Zamora, A., Sánchez, N. & Gumuzzio, A. A soil water-based index as a suitable agricultural drought indicator. *J. Hydrol.* 522, 265–273 (2015).

Pendergrass, A. G. et al. Flash droughts present a new challenge for subseasonal-to-seasonal prediction. *Nat. Clim. Chang.* 10, 191–199 (2020).

Seneviratne, S. I., Corti, E. L., Davin, M., Hirschi, E. B., Jaeger, I., Lehner, B., Orlowsky, and A. J. Teuling, 2010: Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A Review. *Earth. Sci. Rev.*, **99**, 125–161.