

# Fundamentos de la Variabilidad Climática en el sur de Sudamérica

Carolina Vera

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA)/Universidad de Buenos Aires-CONICET

Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO/FCEyN/UBA

Centro Franco-Argentino de Estudios del Clima y sus Impactos (IFAECI) UBA-CONICET-CRNS-IRD

Unidad de Coordinación SISSA



C I M A

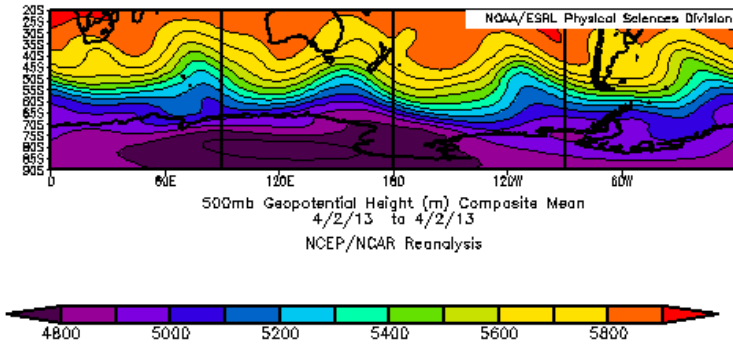


# Mecanismos físicos de la variabilidad climática en el sudeste de Sudamérica (SESA)

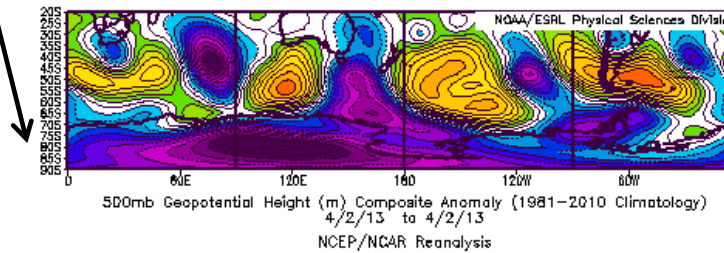
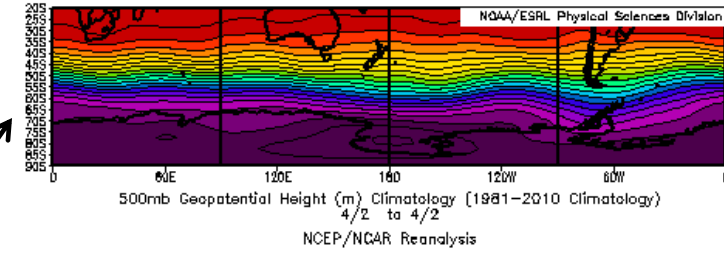
- Influencia de la Variabilidad Climática de Gran Escala (ENSO, SAM, MJO, IOD)
- Efecto Combinado del Monzón de Sudamérica y la Variabilidad de Gran Escala
- Foco en el sudeste de Sudamérica :
  - Variabilidad intraestacional (10-90 días) que influyen el clima en el término de semanas
  - Variabilidad interanual (estaciones) que influyen en el clima de una estación a la otra o más

# Conceptos meteorológicos básicos a tener en cuenta

# Características de las perturbaciones de gran escala en la atmósfera

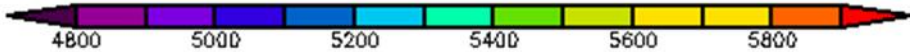
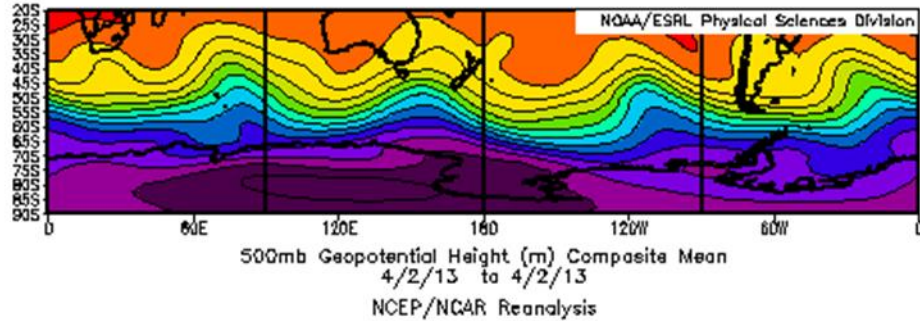


$$\phi(t) = \bar{\phi} + \phi'$$



- Oscilaciones cuasi-periódicas
- Aplicación de teoría de ondas
- Teoría de ondas de Rossby

# Ondas de Rossby de latitudes medias



**Polar Jet**

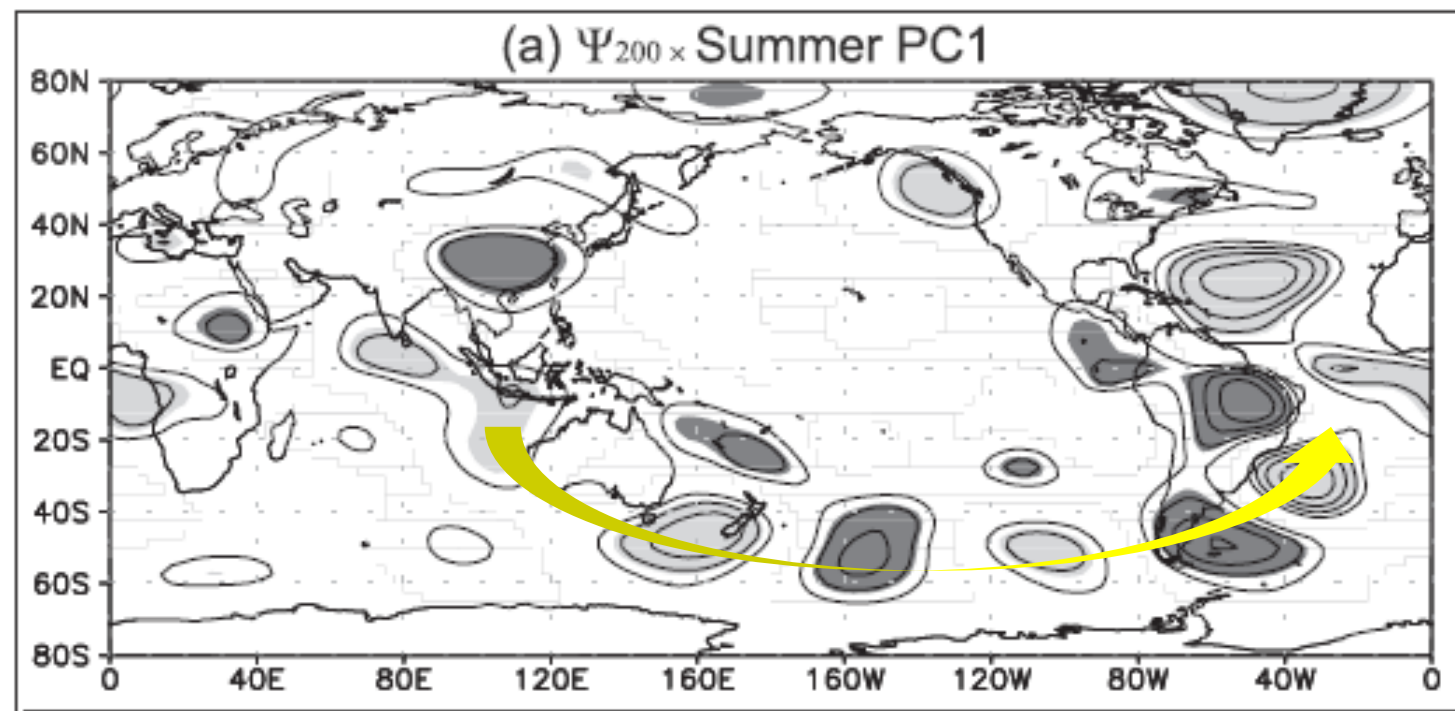
**Subtropical Jet**



- Surgen de la variabilidad del flujo de los oestes
- Son influenciadas por el clima tanto de las zonas polares y tropicales

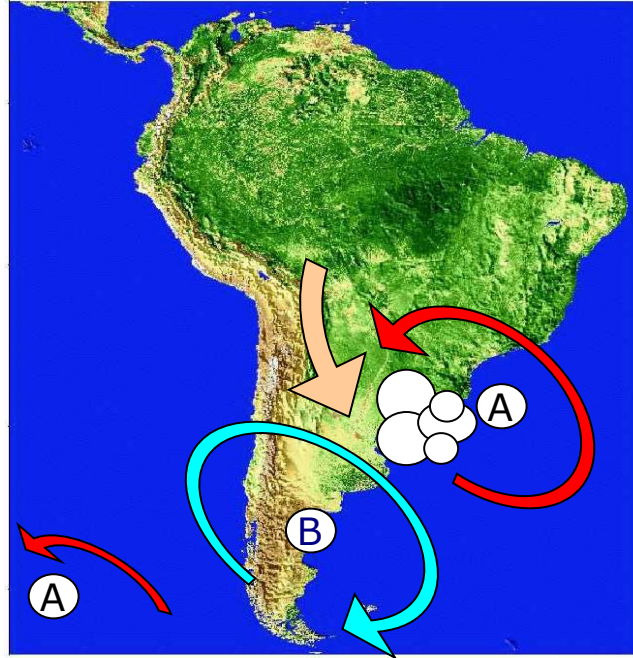
# Teleconexiones

- Describen relaciones entre las anomalías climáticas de regiones remotamente localizadas en el globo.
- Están caracterizadas por patrones de anomalía de circulación atmosférica (por ejemplo, de presión al nivel del mar o de altura geopotencial en diferentes niveles verticales)
- Se las explica como “Trenes de onda de Rossby” generados por “zonas fuentes” generalmente ubicadas en los trópicos



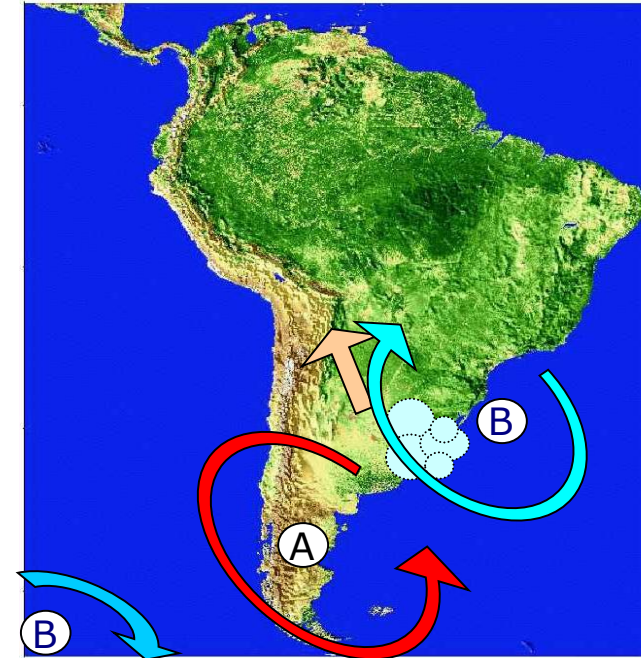
# Influencia de las anomalías de circulación en la lluvia y temperatura en SESA

## Anomalía negativa de presión o ciclónica en el sur o sudoeste de Sudamérica



- Promueve el transporte de humedad desde el norte, el ascenso y la lluvia
- Anomalías negativas de temperatura

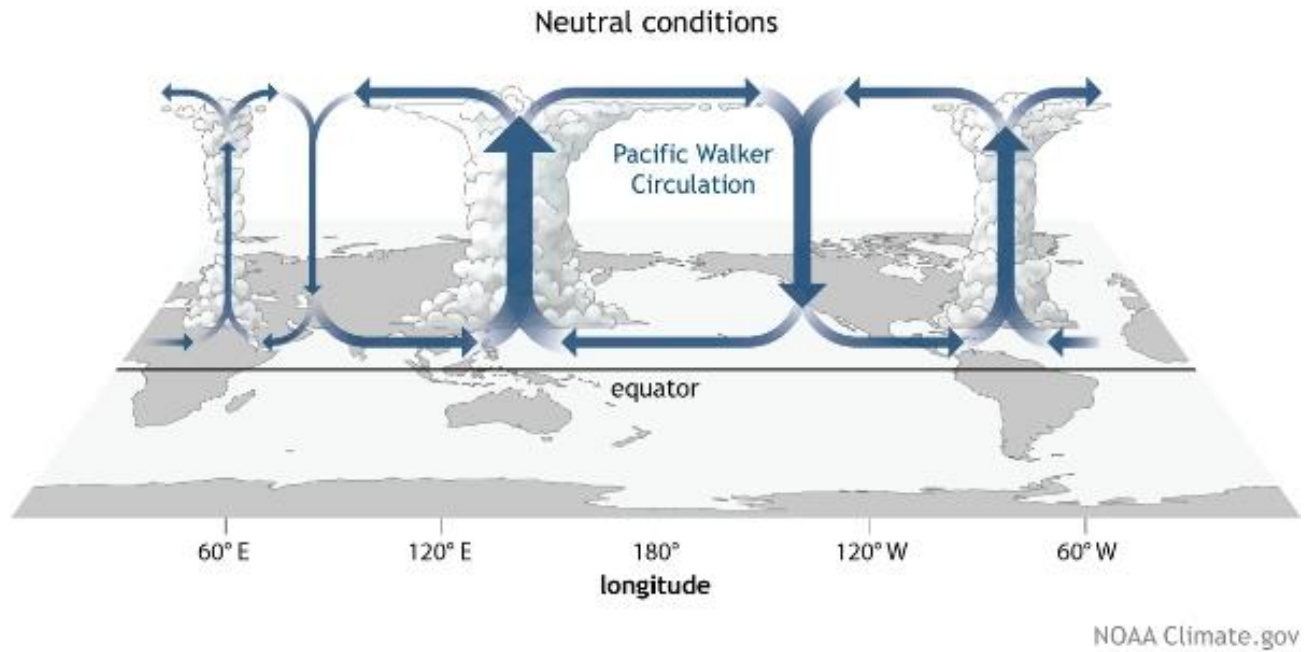
## Anomalía positiva de presión o anticiclónica en el sur o sudoeste de Sudamérica



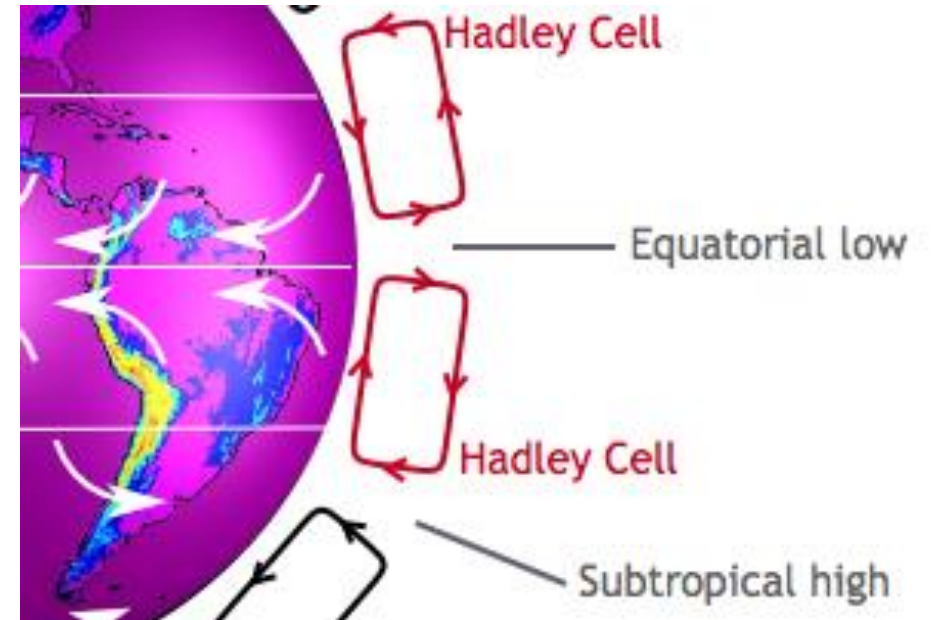
- Inhibe el transporte de humedad desde el norte, el ascenso y la lluvia
- Anomalías positivas de temperatura

Los mecanismos asociados con las anomalías de circulación pueden ocurrir en días, semanas y estaciones

# Celda de Walker



# Celda de Hadley

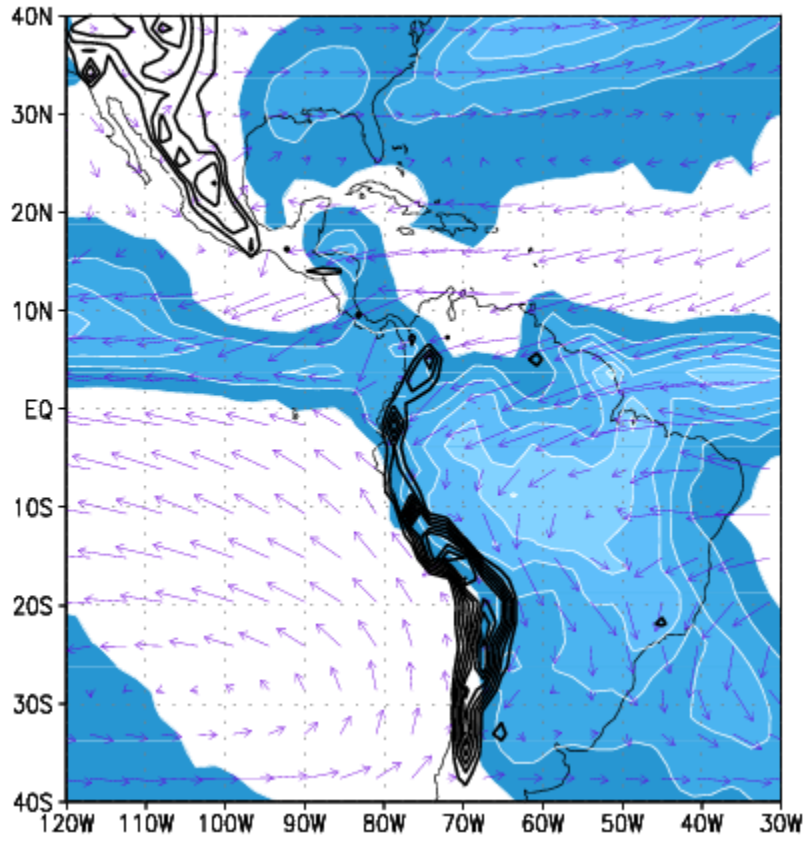




# Monzón de Sudamérica

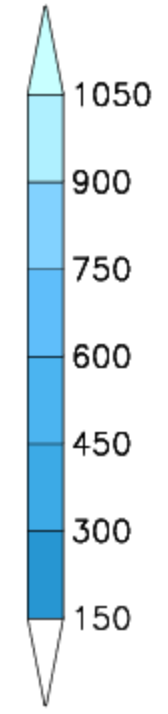
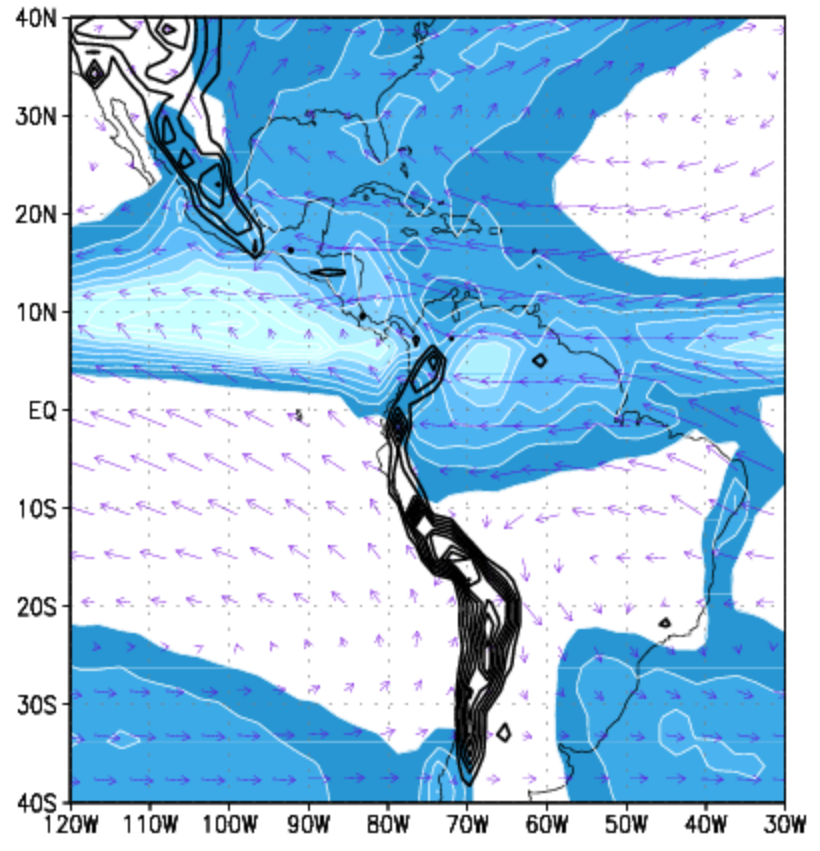
## Estación lluviosa

DJF



## Estación seca

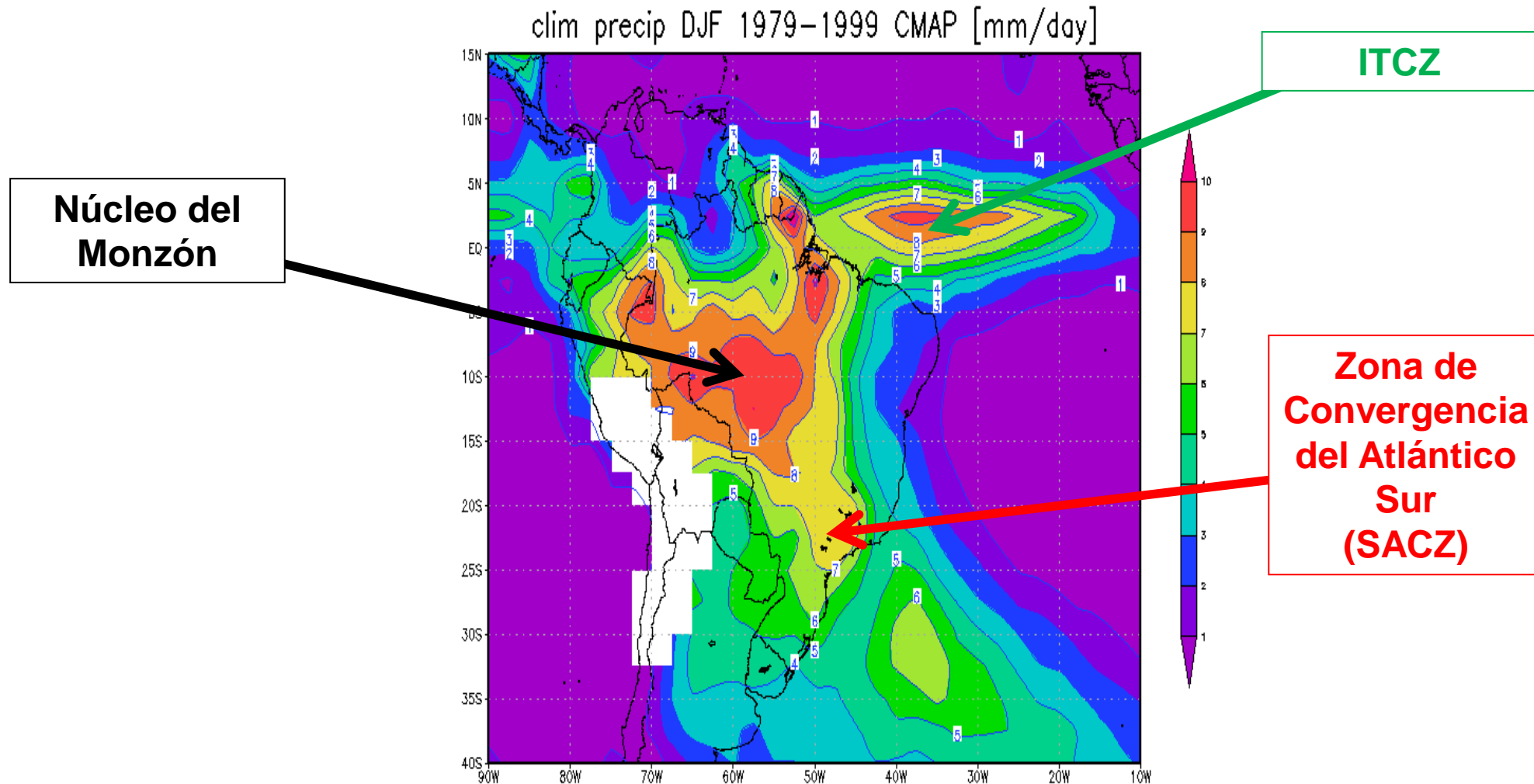
JJA



**Precipitación climatológica media estacional (sombreada) y flujos de humedad verticalmente integrados (flechas)**

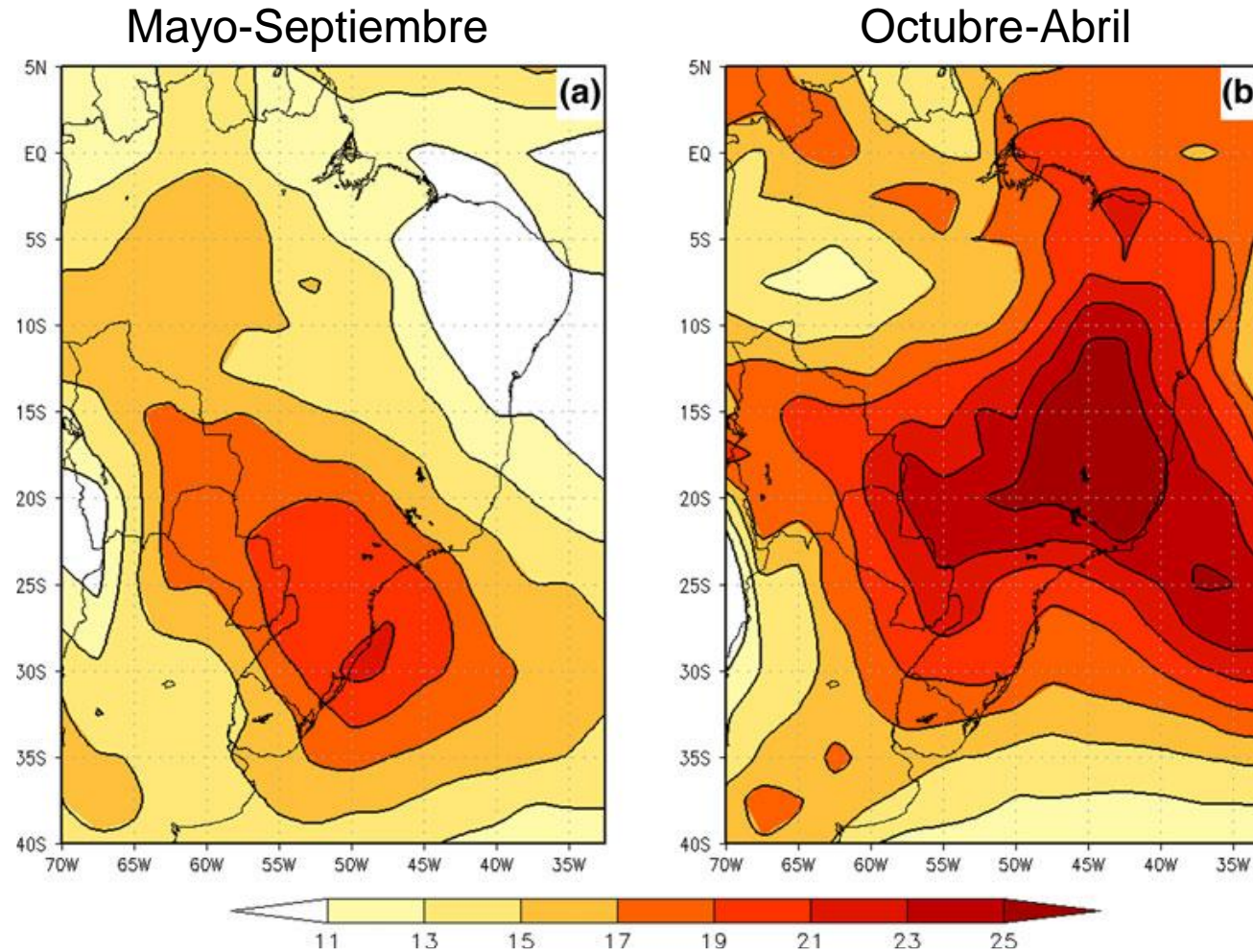
(Vera et al., 2006)

# Características de la lluvia media climatológica en DEF



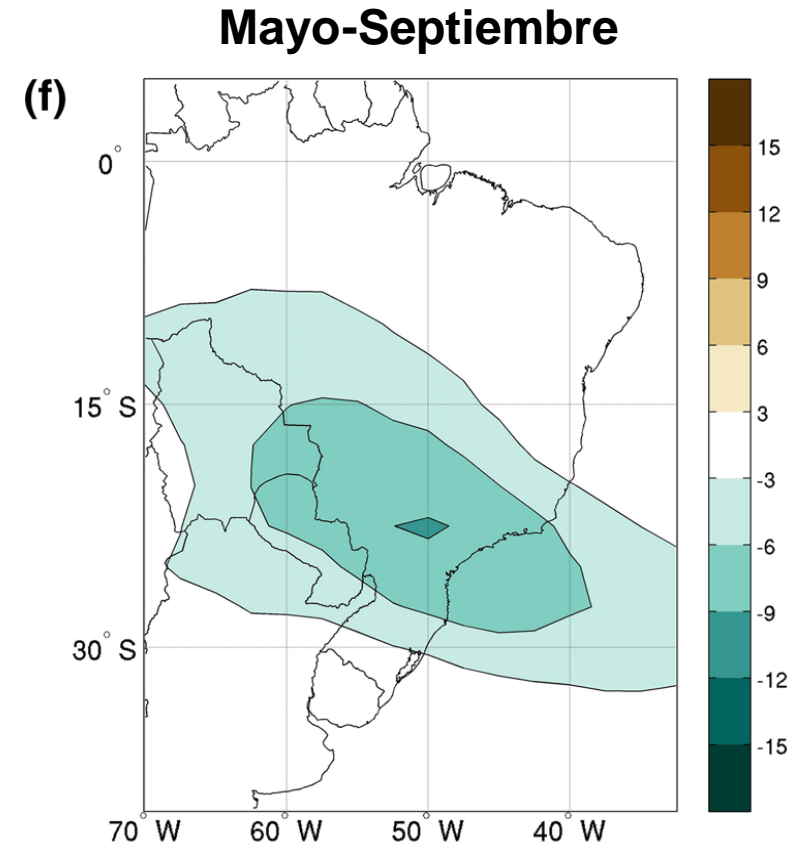
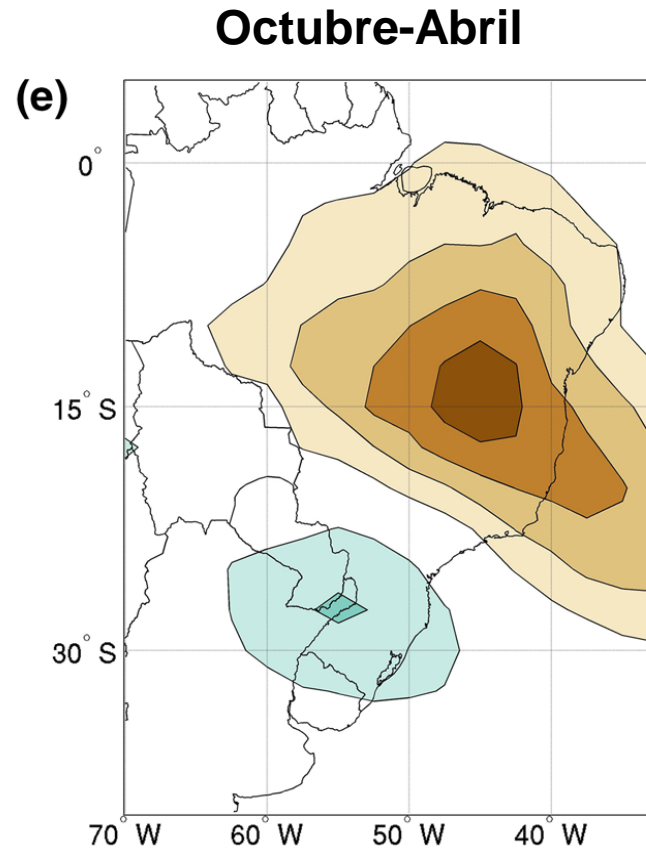
# Variabilidad Intraestacional

Magnitud de la Variabilidad intraestacional calculada como el desvío estándar de la OLR (proxy de la lluvia) filtrada 10-90 días

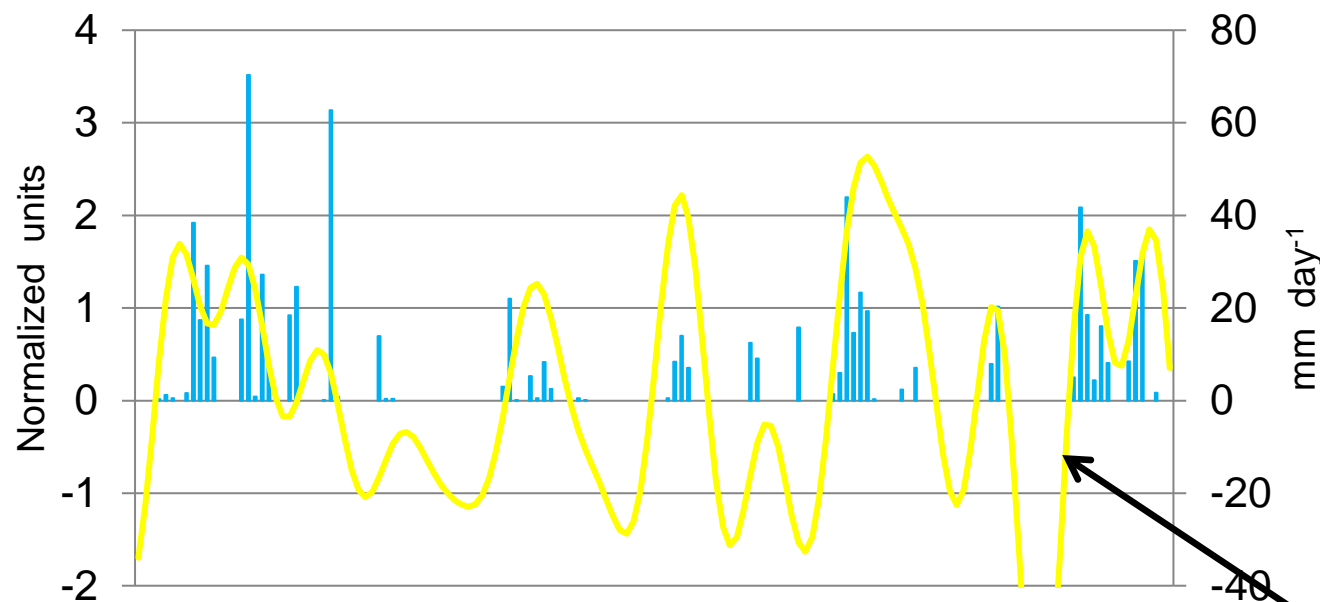


# Patrón Principal de Variabilidad Intraestacional: Patrón SIS

- El patrón SIS tiene una estructura espacial diferente dependiendo de la época del año
- Tiene actividad intraestacional tanto en períodos más largos (30-90 días) como más cortos (10-30 días)

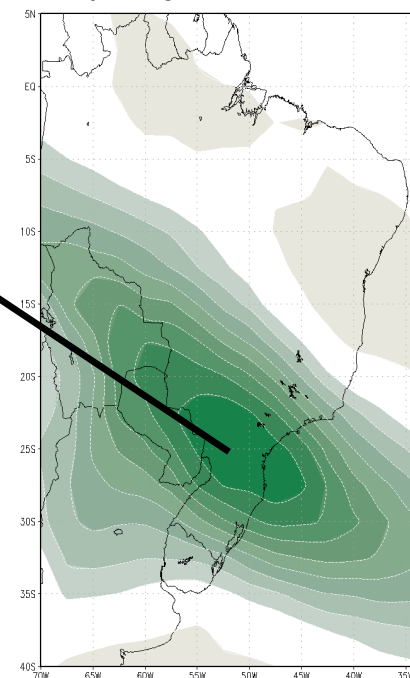


# El Patrón SIS modula la ocurrencia e intensidad de los eventos diarios de lluvia



Evolución de las precipitaciones diarias en SESA (barras azules) y del índice SIS (línea continua) durante la temporada fría de 1986

Patrón SIS de la época fría (Mayo-Septiembre)



# Anomalías de circulación asociadas con el patrón SIS

## Patrón SIS escalas largas (30-90 días)

## Patrón SIS escalas cortas (10-30 días)

**OLR**

**Circulación**

**OLR**

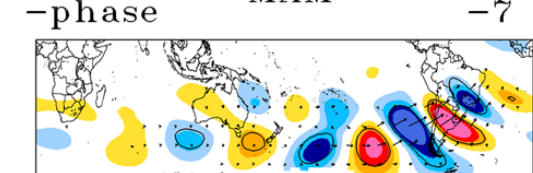
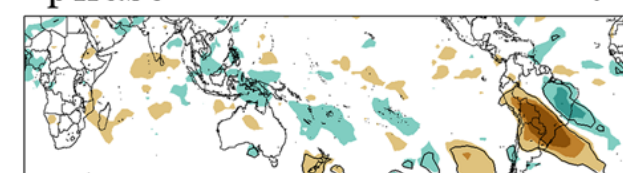
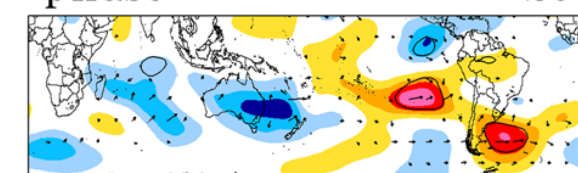
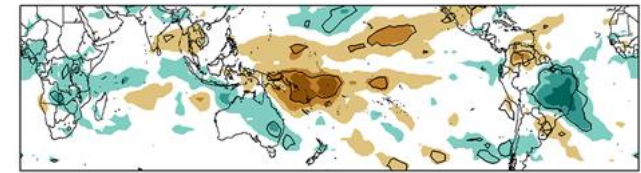
**Circulación**

-phase MA -20

-phase MA -20

-phase MAM -7

-phase MAM -7

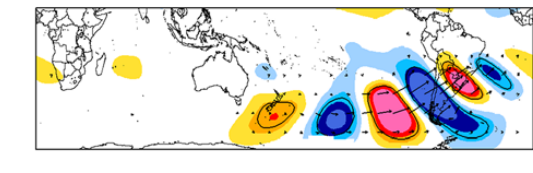
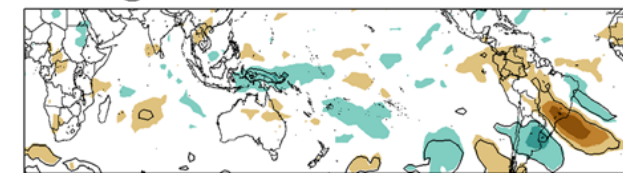
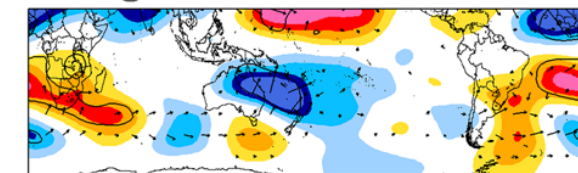
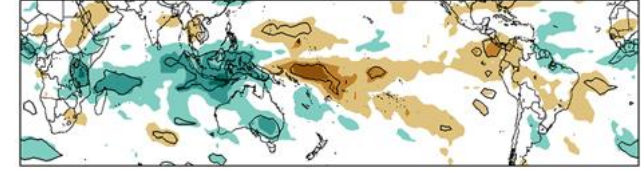


change -11

change -11

change -4

change -4

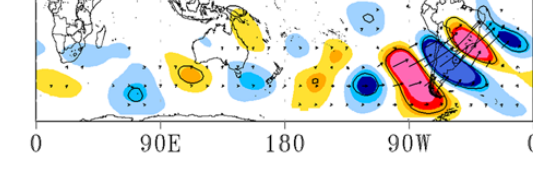
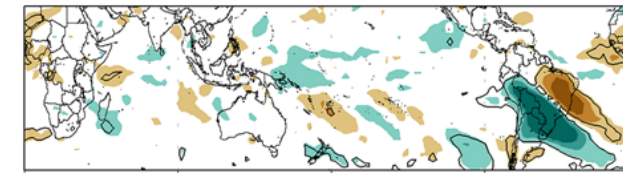
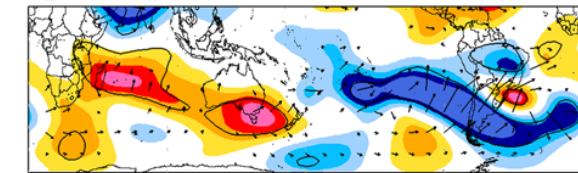
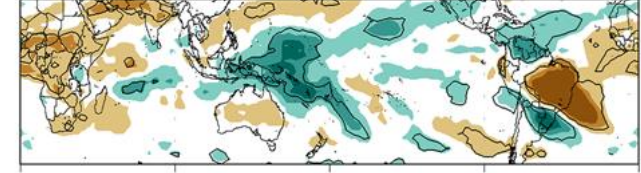


+phase 0

+phase 0

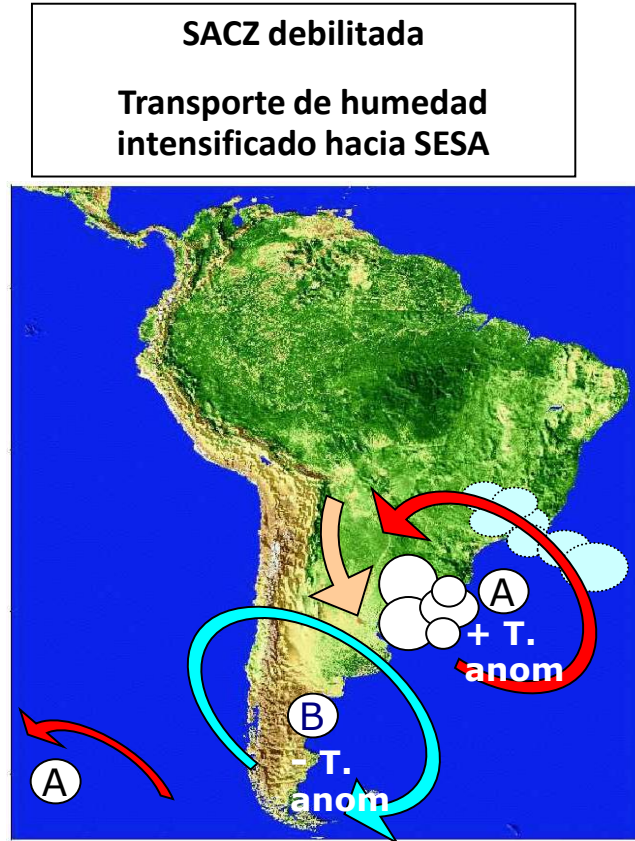
+phase 0

+phase 0



# Características del Patrón SIS del verano

**Fase  
positiva**

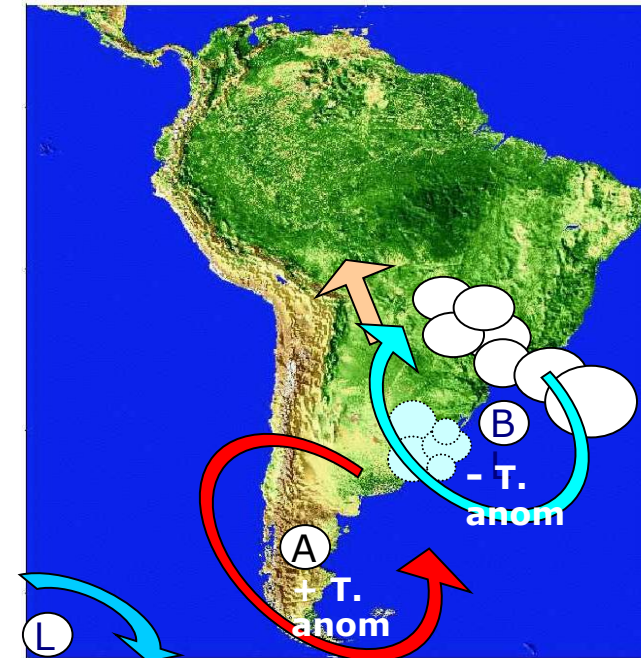


Mayor frecuencia de  
precipitaciones extremas diarias  
en SESA

(Liebmann, et al., 2004)

(Gonzalez, et al. 2008)

SACZ intensificada  
Transporte de humedad  
debilitado hacia SESA



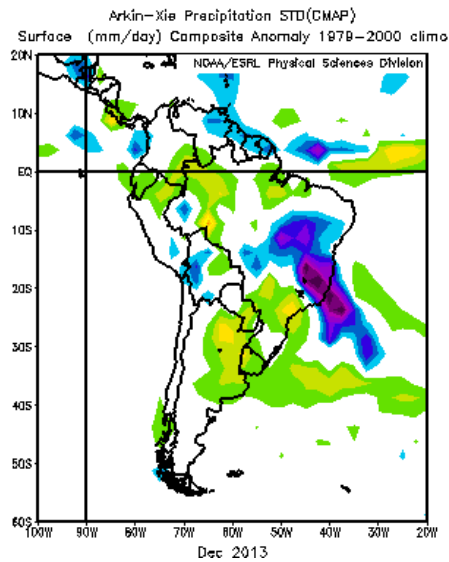
**Fase  
Negativa**

Mayor frecuencia de olas de calor  
y fenómenos extremos de  
temperatura diaria en SESA

(Cerne and Vera, 2011)

# Diciembre de 2013: Extremos en América del Sur

## Anomalías de lluvia

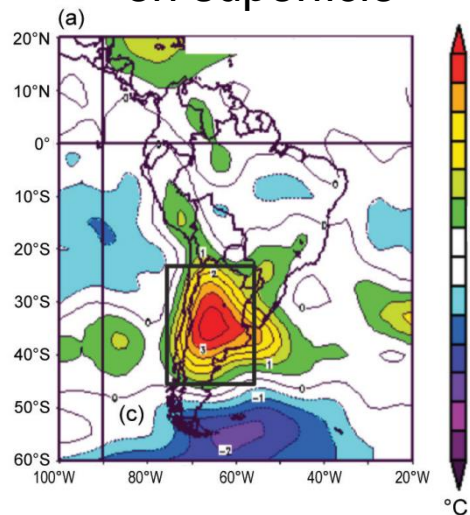


## Precipitaciones extremas e inundaciones en el Sudeste de Brasil

- Más de 15 días de lluvias extremas
- Emergencia en muchos estados, impactos socioeconómicos graves y grandes



## Anomalías de temperatura en superficie



## Ola de calor extrema en Argentina

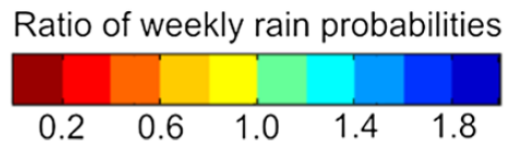
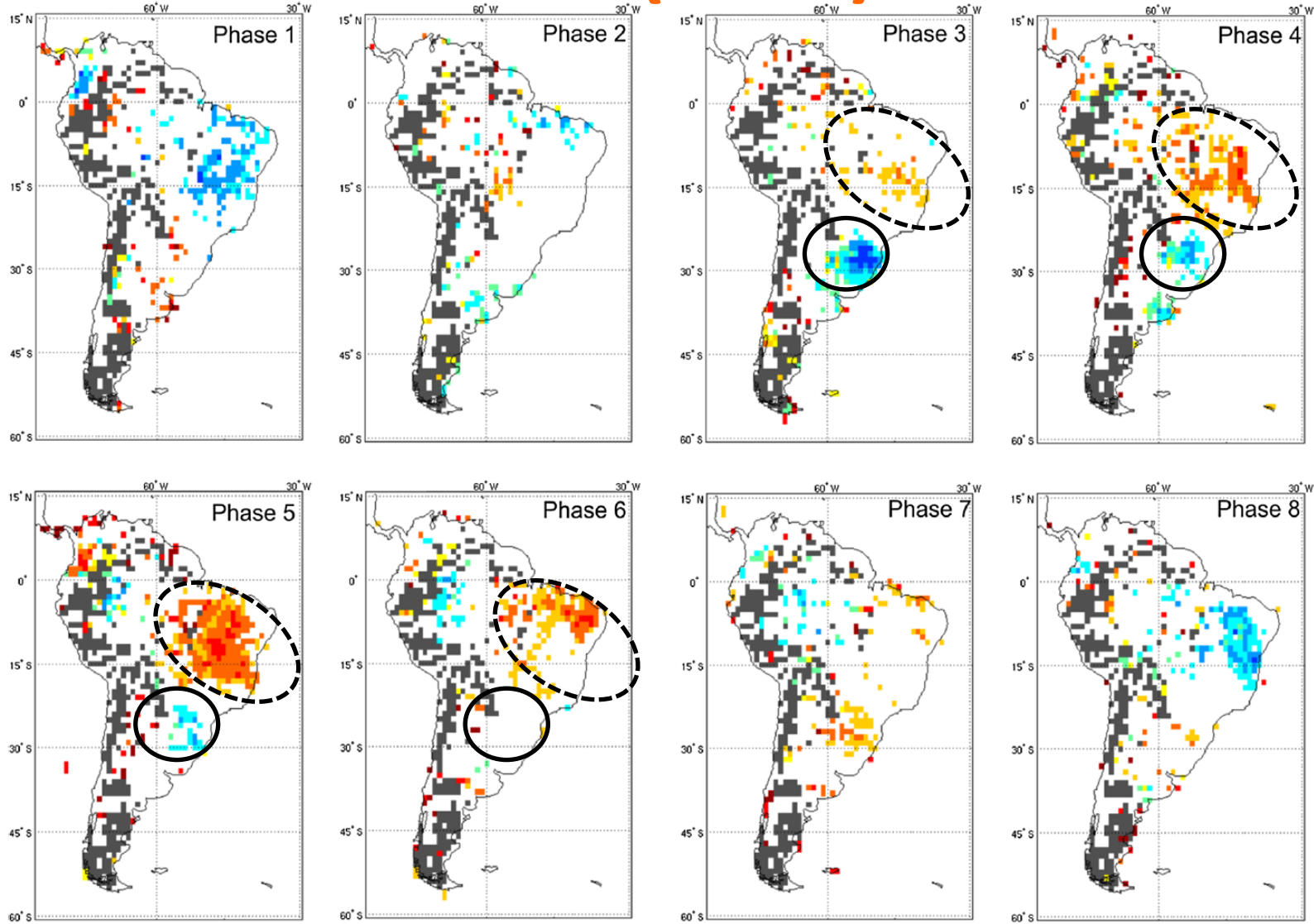
- Más de 15 días con temperaturas extremas
- Colapso en la provision de energía eléctrica



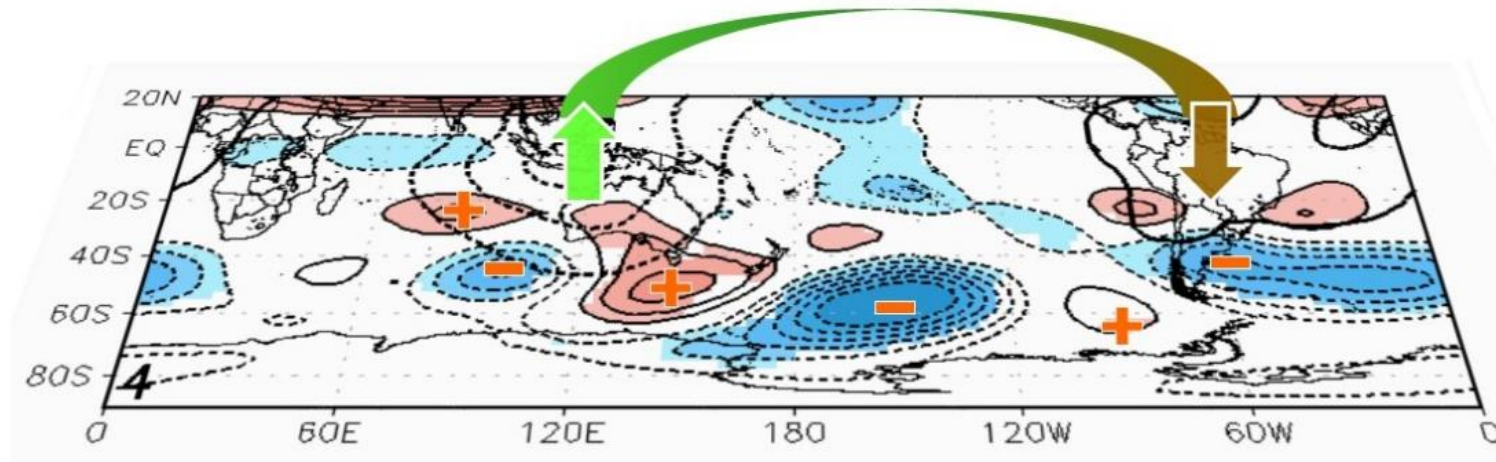


# Oscilación de Madden Julian (MJO)

- La MJO es el patrón global principal de variabilidad intraestacional (30-90 días)
- La MJO se monitorea y pronostica en los centros mundiales del clima
- Se asocia con una zona de ascenso/luvia anómala y otra de descenso/lluvia anómala hacia el este que se propagan a lo largo del ecuador
- Su actividad se describe en 8 fases



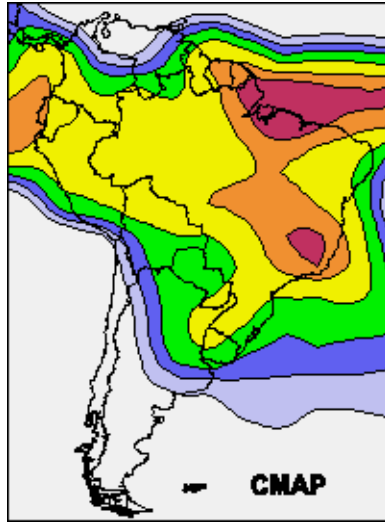
# Mecanismos de influencia de la MJO sobre el clima de Sudamérica



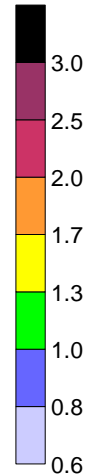
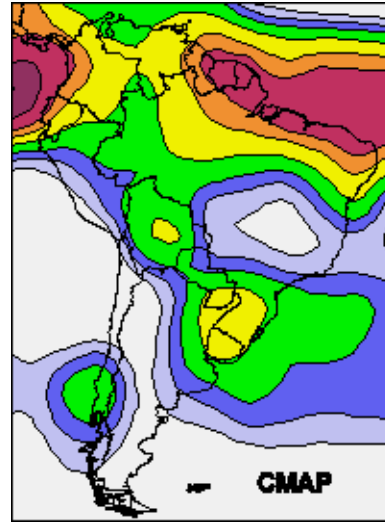
La MJO influye a través de cambios en la celda de Walker y a través de teleconexiones (trenes de onda de Rossby)

# Variabilidad interanual de la precipitación

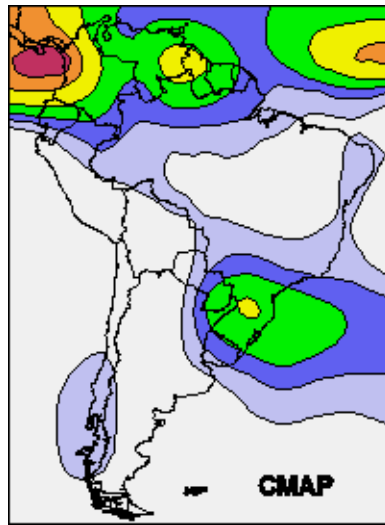
EFM



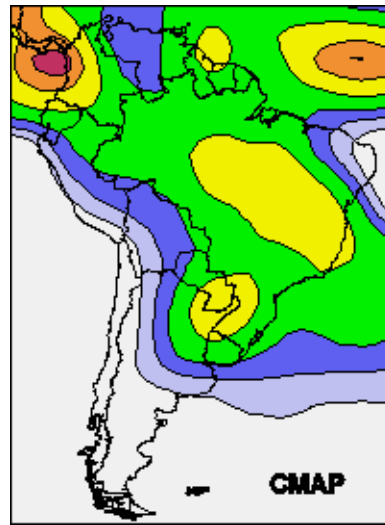
AMJ



JAS



OND



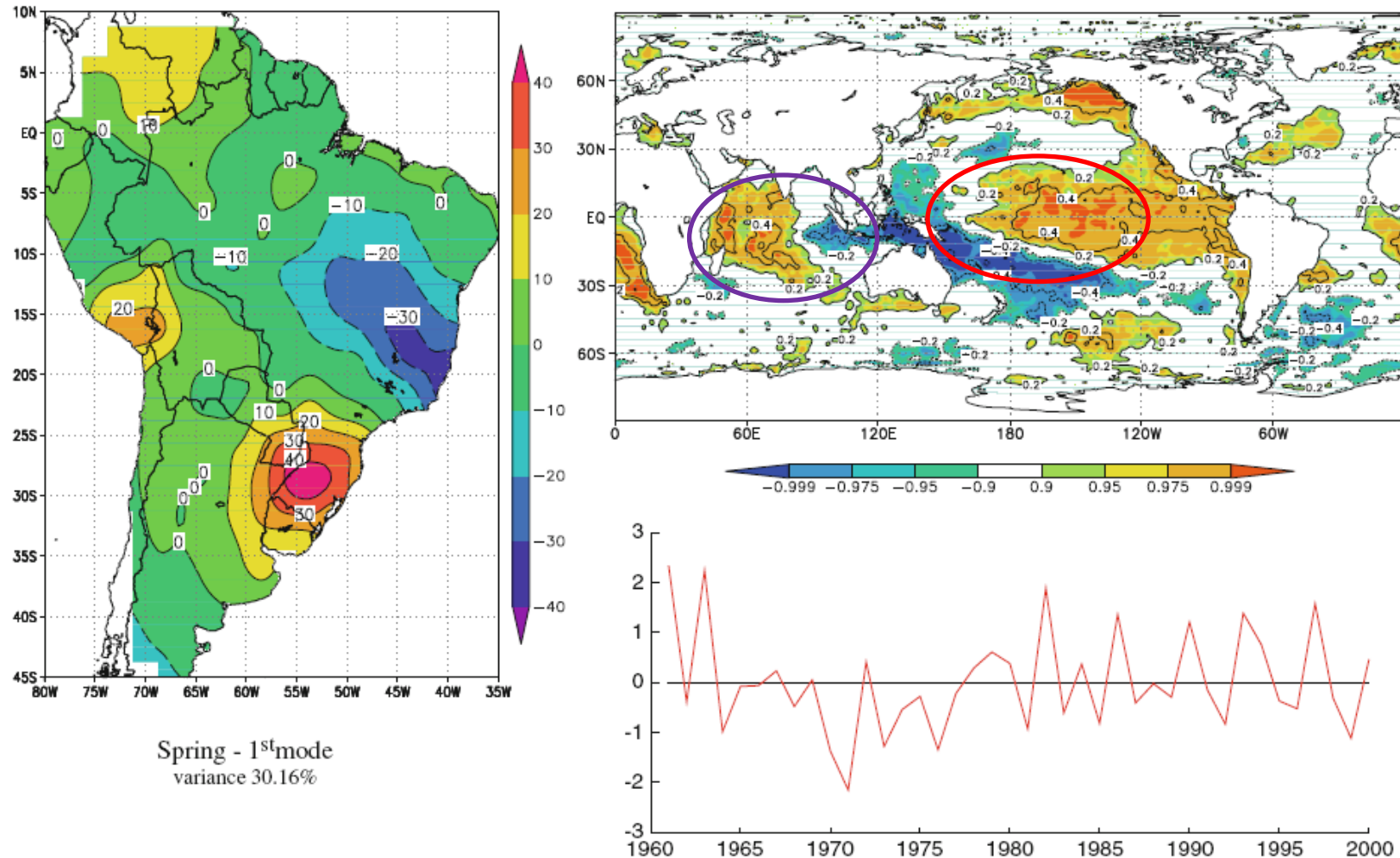
Magnitud de la variabilidad interanual de la lluvia calculada por estación del año

## Fuentes de variabilidad interanual en Sudamérica

- Anomalías de la temperatura de la superficie del mar (TSM, SST)
- Condiciones de la superficie terrestre,
- Posición e intensidad de las zonas de convergencia tropical,
- Circulación de gran escala.

(Vera and Silvestri, 2009)

## SON Primavera

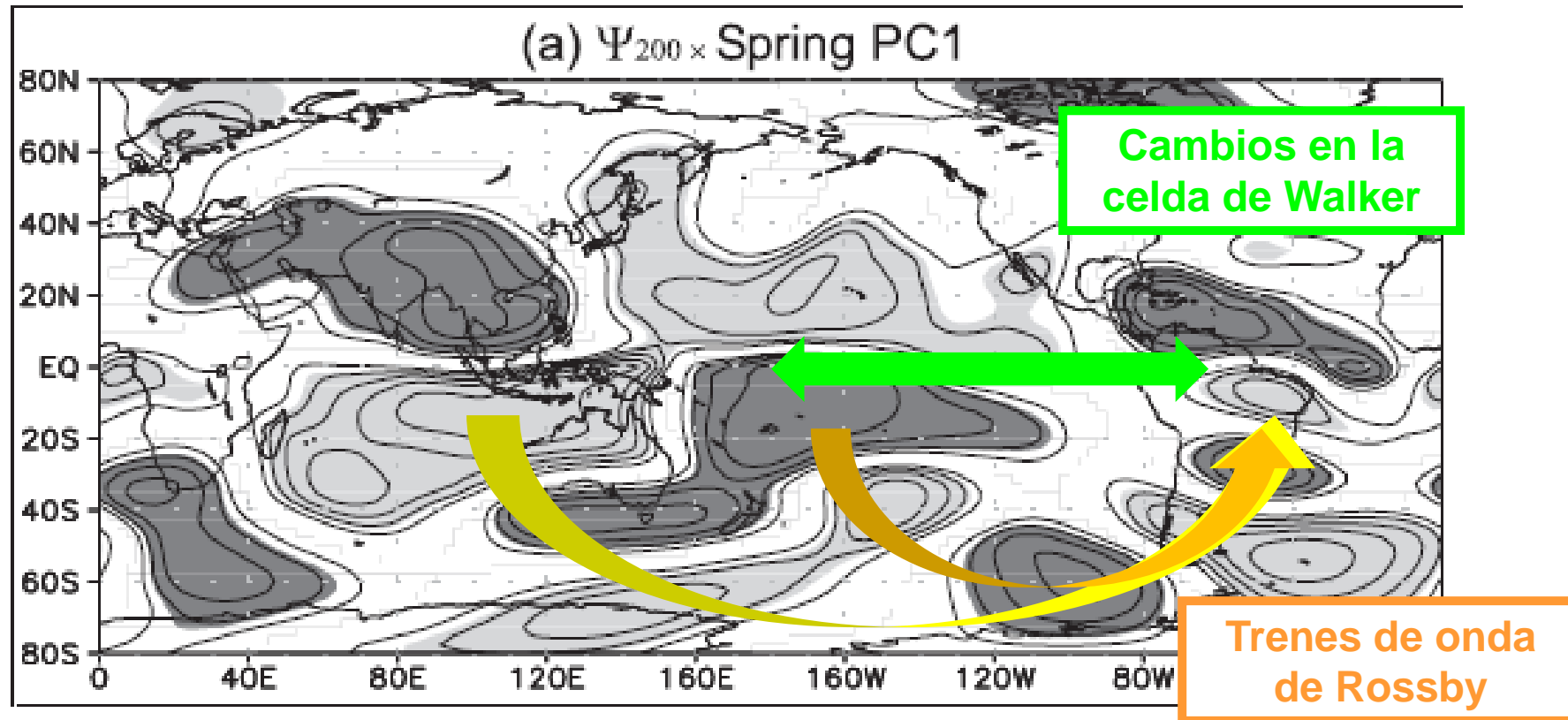


Distribución espacial (panel izquierdo) y evolución temporal (panel inferior) del primer modo de variabilidad de la anomalía de precipitación, y el mapa de coeficientes de correlación con la TSM (panel derecho).

(Grimm and Zili 2009)

# Teleconexiones asociadas al 1er patrón líder de variabilidad interanual de precipitación en América del Sur

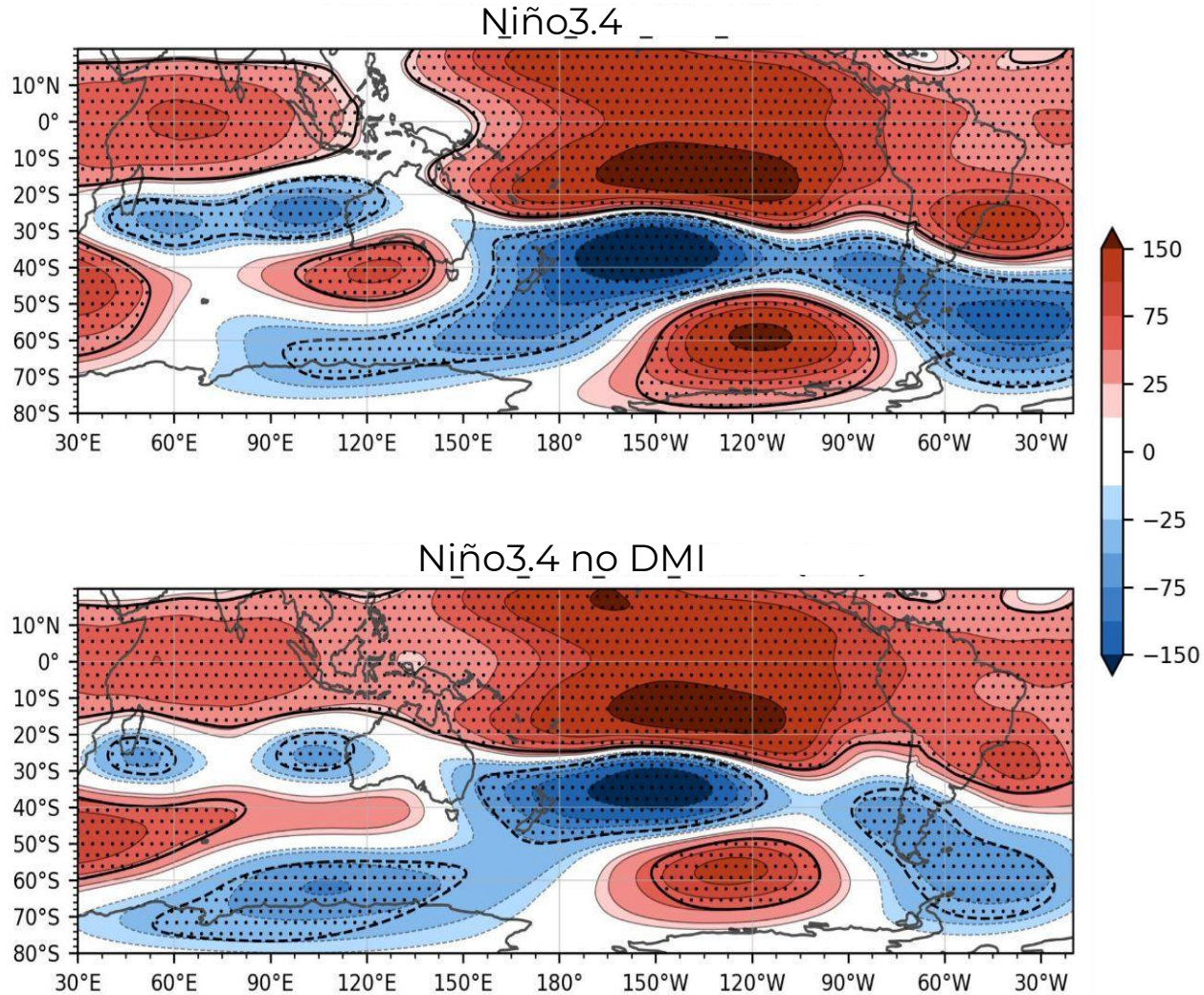
## SON Primavera



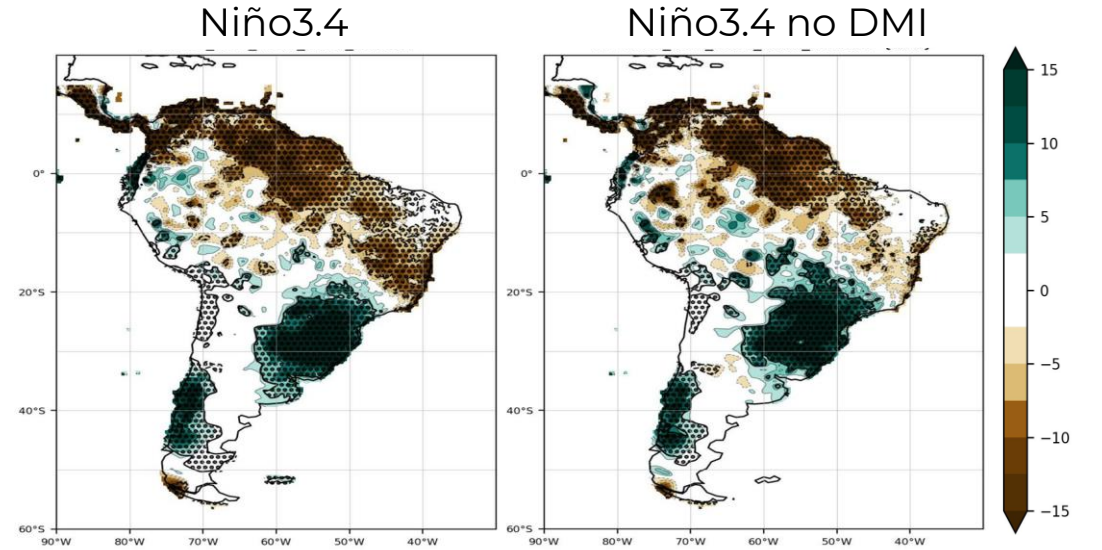
Correlation coefficients between the spring PC1 of precipitation and the 200-hPa streamfunctions

# Influencia combinada del ENSO y el Dipolo del Indico en SESA

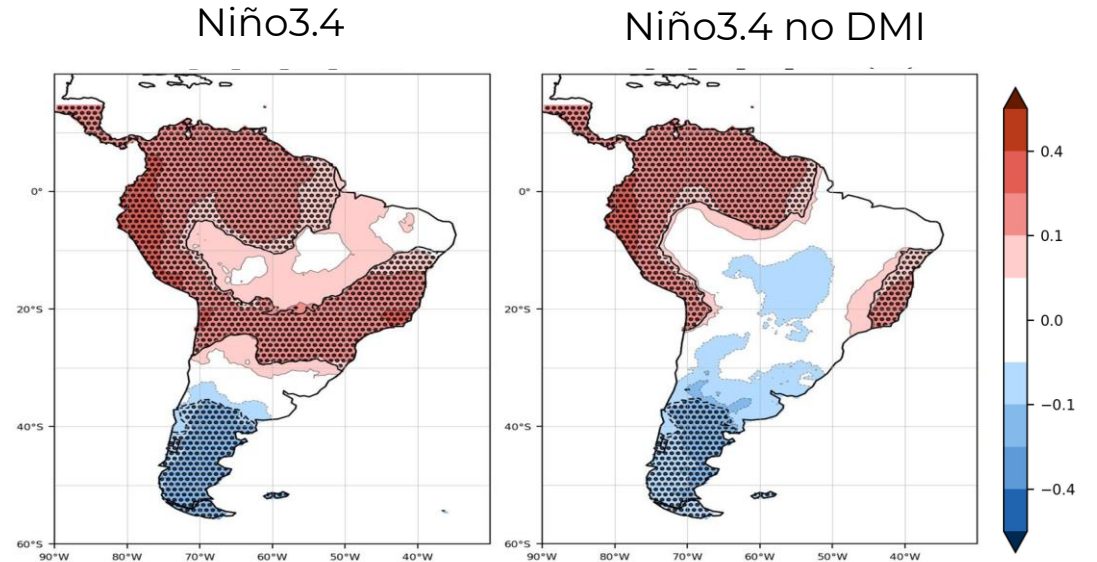
## Anomalías de geopotencial-200hPa



## Anomalías de precipitación

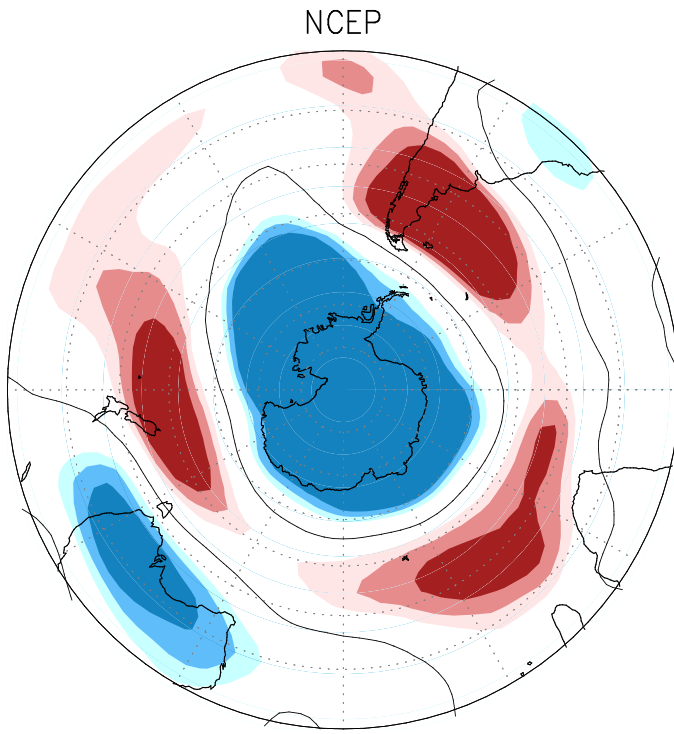


## Anomalías de temperatura

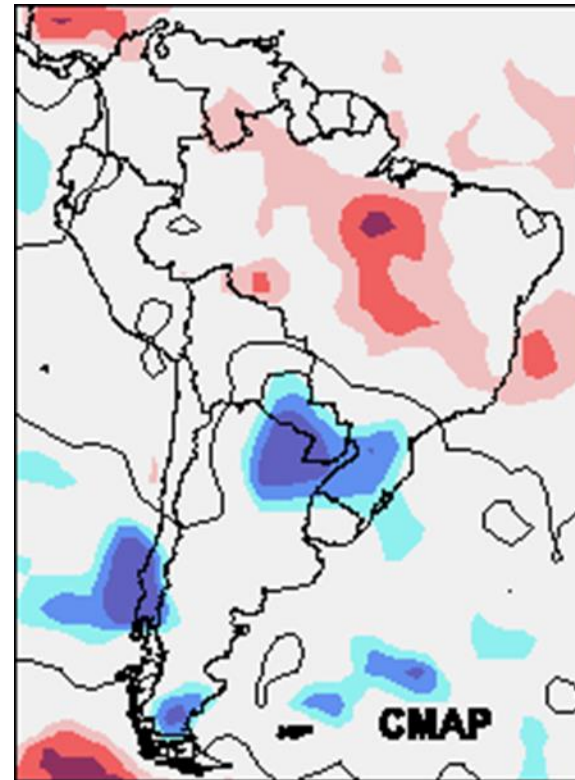


# Southern Annular Mode (SAM) :

## Características principales



Patrón de anomalías de circulación del HS asociadas con el SAM



Correlación entre anomalías de lluvia en OND y el índice del SAM

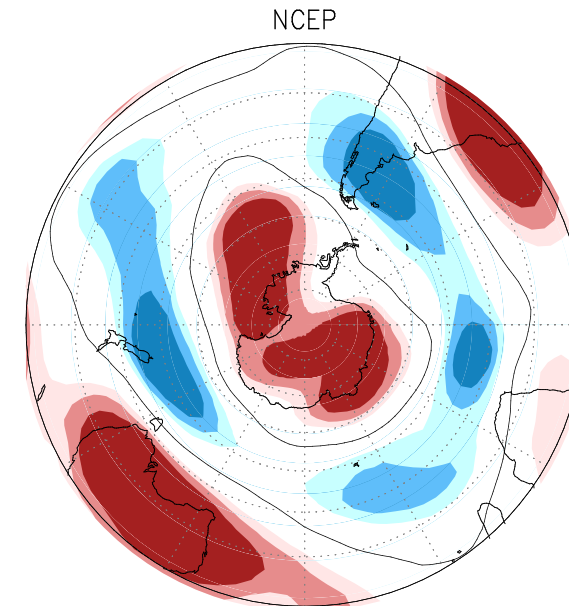
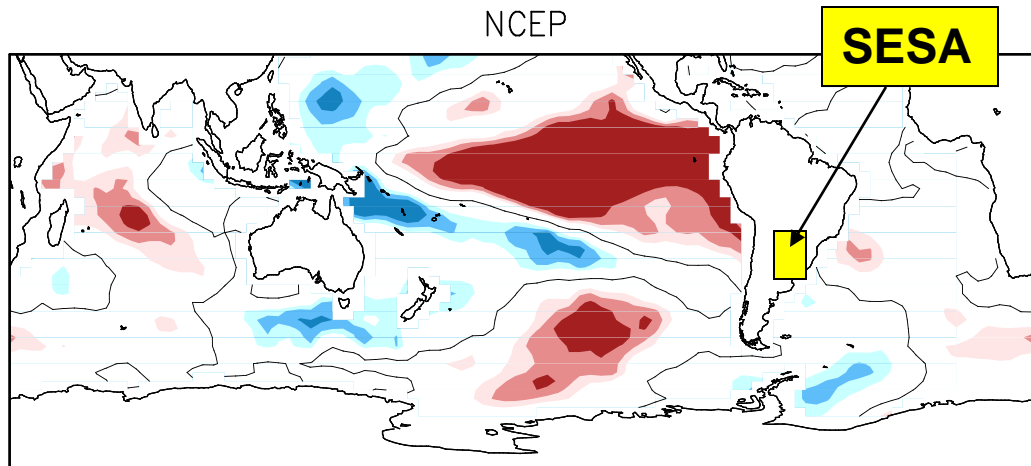
- Patrón dominante de la variabilidad climática de la circulación del Hemisferio Sur
- Exhibe variabilidad en escalas temporales de semanas, a meses y años
- Su existencia puede explicarse a través de las vacilaciones internas de los vientos del oeste
- Sus variaciones pueden ser influenciadas por la dinámica de la atmósfera estratosférica (ozono) y por los océanos tropicales
- El SAM tiene una gran influencia sobre el clima de las regiones continentales y oceánicas del Hemisferio Sur

# Variabilidad Interanual de Precipitación OND en el Sudeste de Sudamérica (SESA)

**Eventos el Niño  
+  
Eventos negativos del SAM**



**En promedio producen  
anomalías positivas de  
lluvia en SESA**



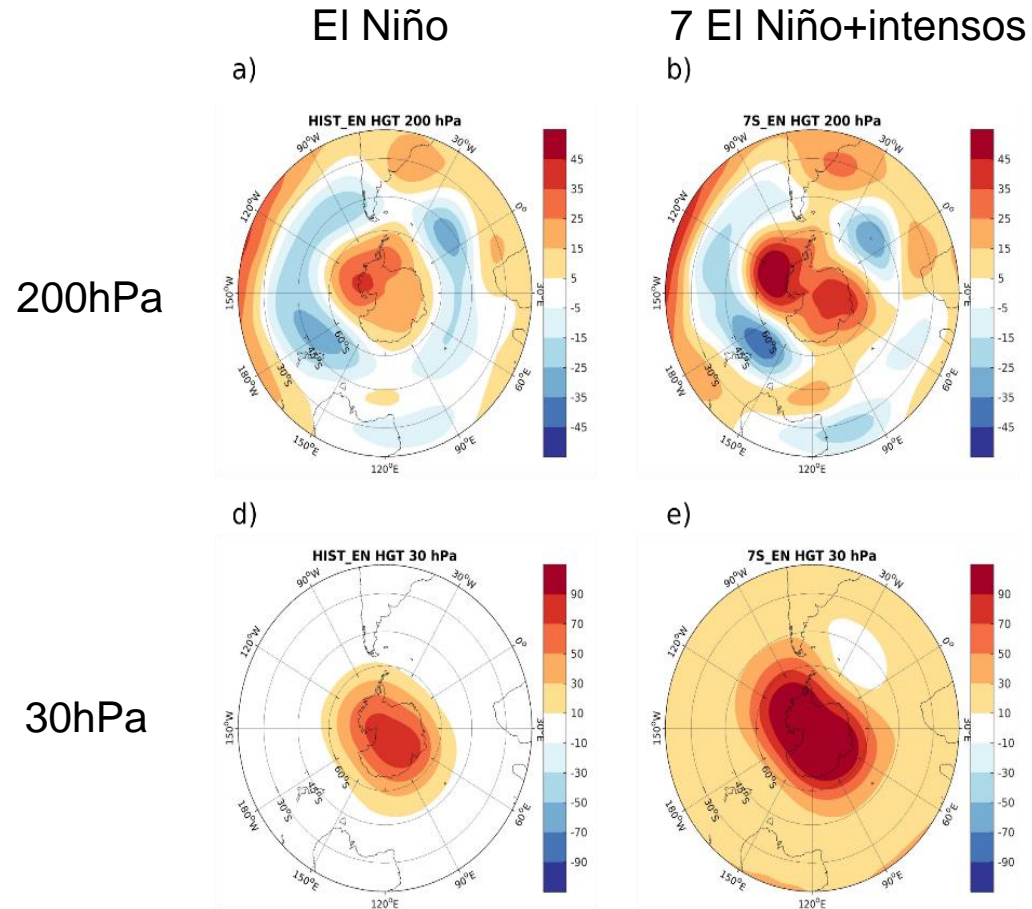
Correlaciones entre anomalías de precipitación en SESA y (izquierda) anomalías de SST y (derecha) anomalías de altura geopotencial de 500 hPa.

(Vera and Silvestri 2009)

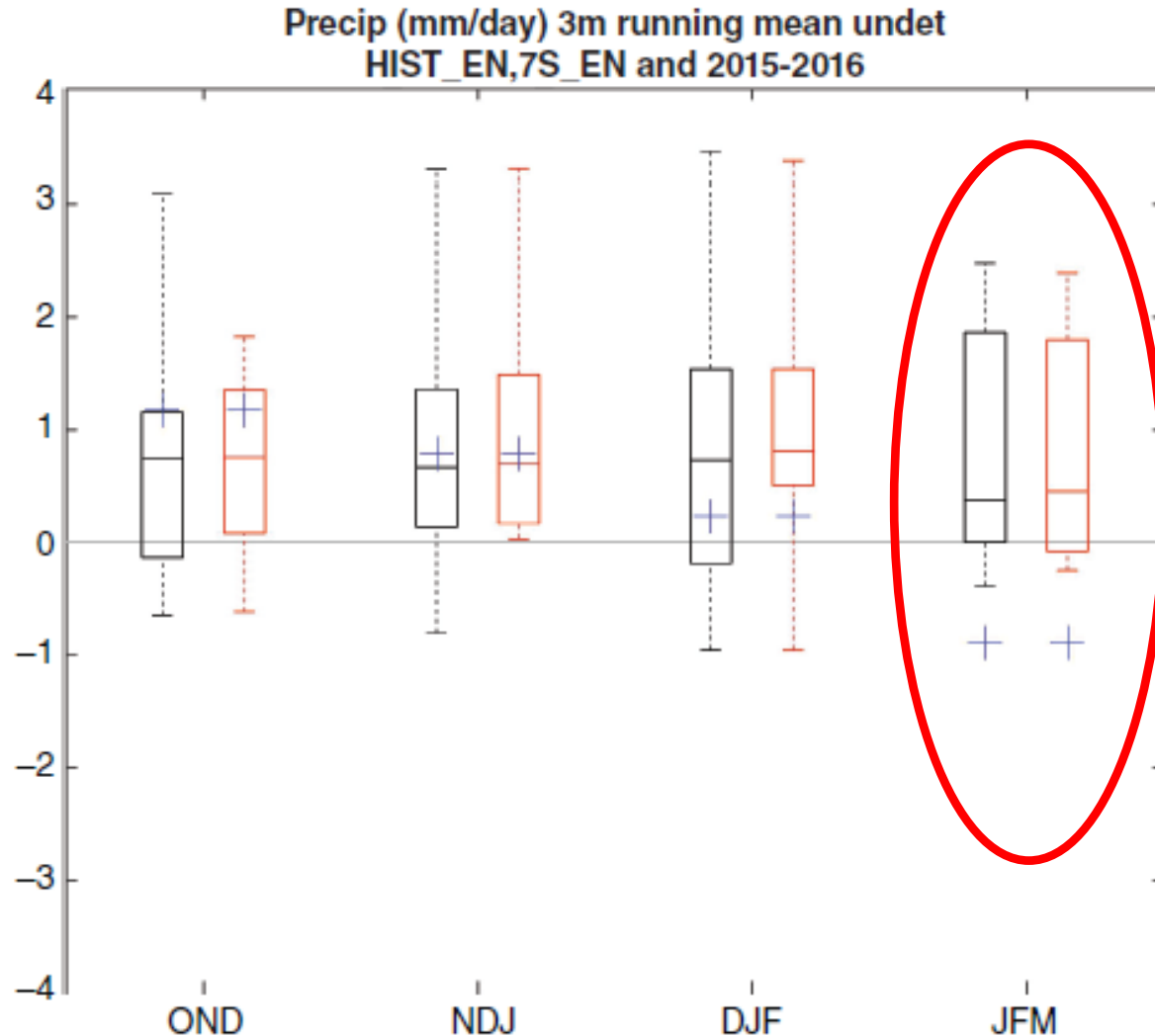


# Circulación Hemisférica asociada a ENSO y SAM

Composiciones de anomalías de circulación (altura geopotencial) de NDE



# Impactos en la lluvia del sudeste de Sudamérica

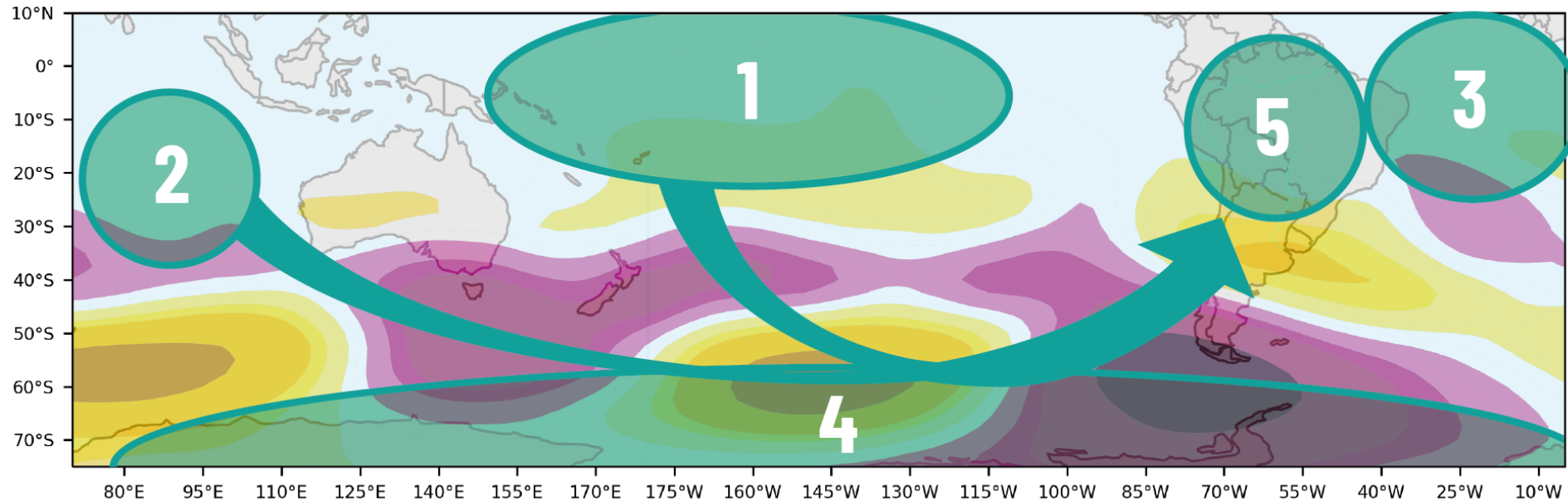


Boxplots azul: anomalías de lluvia en años el Niño

Boxplots rojos: anomalías de lluvia en los 7 eventos del Niño más intensos

Cruces: anomalías de lluvia en el evento el Niño 2015-2016 (asociado a un evento SAM positivo)

# Principales fuentes de variabilidad climática de gran escala que influyen en el sudeste de Sudamérica



- (1) El Pacífico ecuatorial (asociado principalmente con el ENSO)
- (2) el Índico tropical (asociado con el IOD)
- (3) (En menor medida) el Atlántico Tropical
- (4) Las regiones polares (a través del SAM)
- (5) El Monzón de Sudamérica (durante el verano)

En sombreados rojizos y azulados se visualizan las regiones con presiones por encima y por debajo de lo normal respectivamente durante marzo de 2023.

# Nueva Publicación del SISSA



## CARACTERÍSTICAS DE LAS SEQUÍAS EN EL SUR DE SUDAMÉRICA

*Pasado, presente y futuro de una problemática cada vez más frecuente en Sudamérica. ¿Por qué se producen? ¿Tienen alguna periodicidad? ¿Con qué herramientas contamos para preverlas y mitigar sus efectos?*

---

### CAROLINA VERA

Universidad de Buenos Aires (UBA)-CONICET, Argentina.  
Unidad de Coordinación SISSA.

### MARÍA SKANSI

Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Argentina.  
Unidad de Coordinación SISSA.

### MARCELA GONZÁLEZ

Universidad de Buenos Aires (UBA)-CONICET, Argentina.  
Unidad de Coordinación SISSA.

SISSA-ART-001-2023  
JUNIO 2023



SISSA-CRC-SAS-ORG



# **SISSA**

[www.sissa.crc-sas.org](http://www.sissa.crc-sas.org)

