



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú - IGP

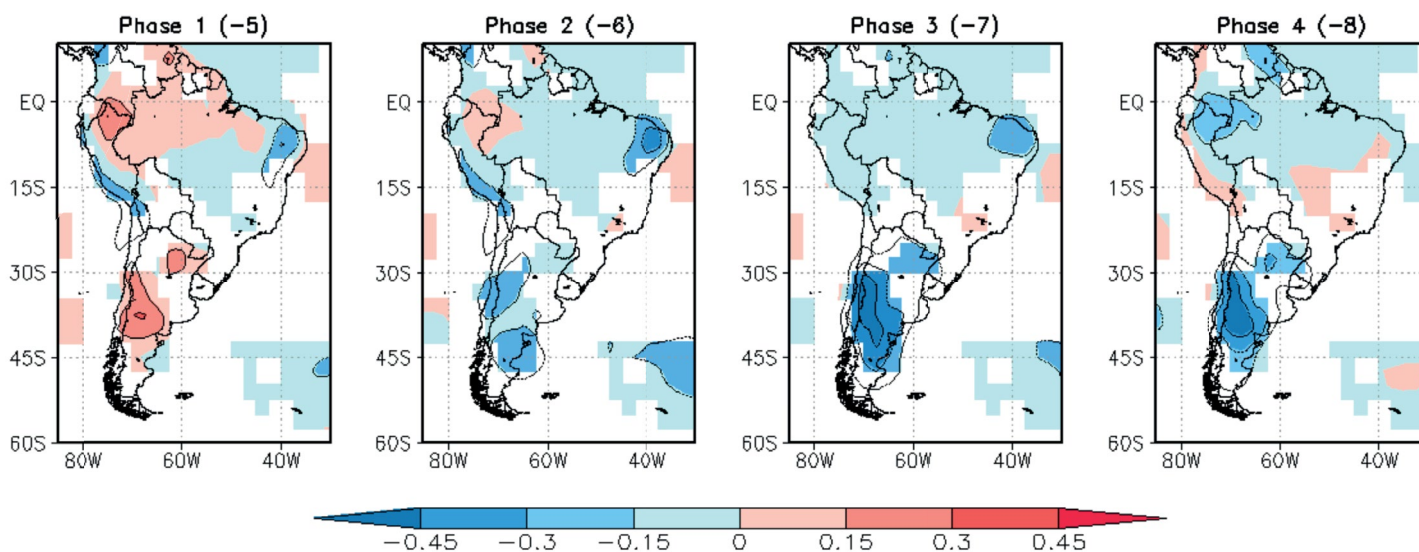


Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

## “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

### Variabilidad climática intraestacional: más allá de El Niño



Promedio de las anomalías de temperatura del aire en diciembre-febrero para las fases 1-4 de la MJO según el índice RMM.



Trabajando para  
todos los peruanos

Vol. 4 N° 8 Agosto 2017

# Artículo de Divulgación Científica

## Variabilidad climática intraestacional: más allá de El Niño

Salvo por el fenómeno de El Niño costero frente al Perú (ENFEN 2017), el año 2017 se caracterizó por anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM) en la región del Pacífico tropical de poca amplitud, ya sea positivas o negativas. Sin embargo, las abundantes lluvias observadas en diversos sectores de Sudamérica en lo que va del año y la influencia de los forzantes remotos sobre su ocurrencia, son una buena motivación para revalorizar las herramientas de monitoreo en múltiples escalas y en regiones más allá del Pacífico ecuatorial. En este artículo el foco será en la variabilidad intraestacional y su impacto en el clima regional durante este 2017.

Luego de un final de 2016 con anomalías de TSM frías sobre el Pacífico tropical central, el comienzo del 2017 estuvo caracterizado en el Pacífico tropical por TSM intensamente cálidas en la región Niño 1+2 (90°-80°O, 10°S-0°) y algo más débiles en la región Niño 3 un poco más al oeste (150°-90°O, 5°S-5°N). Sin embargo, aunque estas temperaturas influenciaron notoriamente el clima en Perú y los alrededores, su impacto en las anomalías de precipitación de la región extratropical de Sudamérica fue menor. En su lugar, las teleconexiones en escalas intraestacionales fueron responsables de las olas de calor observadas en verano y de los eventos de precipitación intensos observados en el verano y otoño de este año en dicha región que dieron lugar a pérdidas económicas importantes en la Argentina y Brasil.

Durante los últimos años ha crecido el interés por proporcionar información climática de calidad con varias semanas de antelación. La capacidad de proporcionar este tipo de información se sustenta en el adecuado entendimiento, monitoreo y pronóstico de lo que se conoce como la variabilidad intraestacional, la que ocurre en una ventana entre 10 y 90 días. En particular, la influencia de la llamada Oscilación de Madden-Julian (MJO), el principal modo de variabilidad tropical en esta escala, en el clima global ha sido el objeto de numerosos estudios. La MJO es un fenómeno que se genera en las latitudes tropicales del Océano Índico y se desplaza hacia el este, generando cambios distintivos en la lluvia, nubosidad, viento y presión de la banda tropical, tardando entre 30 y 60 días en cumplir un ciclo.

Su descubrimiento data de comienzos de los años 70, llamadas inicialmente "oscilación de 40-50 días" (Madden and Julian 1971; Madden and Julian 1972), pero el estudio de su influencia en la variabilidad intraestacional en las variables más relevantes en todo el globo se desarrolló desde comienzos del 2000 (Donald 2006; Wheeler et al., 2009; Jones

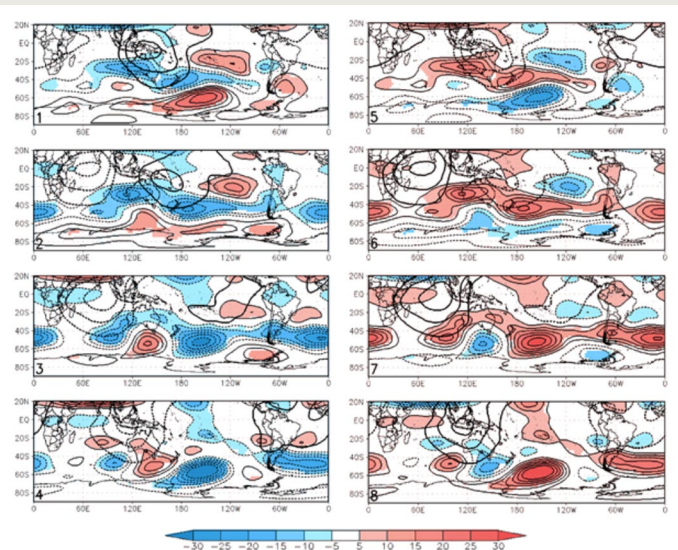


**Dra. Marisol Osman**  
Investigadora en CIMA/UBA - CONICET

*Investigadora postdoctoral en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET) y docente en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (EXACTAS-UBA). Realizó su tesis de doctorado en temas de predictibilidad y capacidad predictiva en escalas estacionales sobre Sudamérica.*

et al., 2011). En Sudamérica, se ha vinculado la actividad de la MJO a la precipitación de verano (e.g., Liebmann et al., 2004; Jones et al., 2004; De Souza and Ambrizzi 2006) y a la ocurrencia de eventos extremos húmedos y secos (e.g., Muza et al., 2009). Además, se encontró que la MJO puede modular la precipitación en la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ; e.g., Paegle et al., 2000; Carvalho et al., 2004). Recientemente, trabajos como el de Alvarez et al., (2016) que caracteriza la influencia detallada de la MJO en la lluvia y la temperatura de Sudamérica según la época del año han permitido el aprovechamiento de las herramientas de monitoreo operativo de la MJO para inferir cambios esperados en las distintas variables (ver por ejemplo <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/> o <http://climar.cima.fcen.uba.ar>).

Usando el índice de Wheeler y Hendon (2004), el desplazamiento de la MJO hacia el este puede ser descrito considerando ocho fases (figura 1). Dicho



**Figura 1:** Promedio de anomalías de altura geopotencial de 250 hPa (sombreado y contornos) y de anomalías de potencial de velocidad del nivel sigma de 0.21 (contornos gruesos) para diciembre-febrero para cada una de las ocho fases de la MJO (indicadas en la esquina inferior izquierda de cada panel) definidas a partir del índice RMM. Sólo los valores estadísticamente al 95% están sombreados para las anomalías de altura geopotencial. Adaptada de Alvarez et al. (2016)

# Variabilidad climática intraestacional: más allá de El Niño

Osman M. y Alvarez M.



Dr. Mariano Alvarez  
Investigador en CIMA/UBA - CONICET

Investigador postdoctoral en el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET) y docente en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (EXACTAS-UBA). Realizó su tesis de doctorado en variabilidad intraestacional sobre Sudamérica.

índice refleja dos características: la posición en la que se encuentra la rama de ascenso anómalo de la MJO (núcleos de contornos gruesos punteados en la figura 1) y la intensidad de su actividad. La actividad de la MJO a su vez excita trenes de ondas que se propagan desde latitudes tropicales a regiones extratropicales y producen cambios en la circulación regional, por lo que en verano durante las fases 6, 7 y 8 de la MJO las anomalías de temperatura del aire semanal en promedio son positivas en el norte y sur de Sudamérica, siendo significativas en esta última región (figura 2), producto del establecimiento de una anomalía anticiclónica en la tropósfera alta que favorece la subsidencia y los días despejados (Alvarez et al., 2016; figura 1). Describir la influencia de la MJO en la temperatura ha permitido entender las causas de la extensa ola de calor acontecida entre el 10 de febrero y el 2 de marzo de este año sobre el sur de Sudamérica. Durante este evento, las anomalías de temperatura del aire superaron los 2°C y alcanzaron valores récord en varias estaciones de la región (ver figura 3a). Asimismo, la MJO en

ese período se mostró activa y con mucha amplitud en las fases 7, 8 y 1 (ver figura 3b). El análisis de los campos de temperatura durante esas fechas muestra que presentaron un comportamiento similar al mostrado por el trabajo de Alvarez et al. (2016) para dichas fases.

## Otros mecanismos y herramientas de monitoreo

Además de la MJO, la variabilidad intraestacional en Sudamérica puede estar asociada a otros fenómenos. Ya en los años 80 (Casarin and Kousky, 1986) y 90 (Nogues-Peagle y Mo 1997) propusieron al llamado "South America Seesaw" (SASS) como el patrón de variabilidad intraestacional más importante sobre Sudamérica. El SASS presenta dos centros de acción de signo opuesto: en la SACZ y en el sudeste de Sudamérica (SESA). Numerosos trabajos muestran que en ambas fases del SASS, la región con precipitación exacerbada es proclive a presentar eventos intensos de precipitación (e.g. Carvalho et al., 2004; Liebmann et al., 2004; Gonzalez et al., 2008). Además, durante los eventos con precipitación abundante sobre las SACZ, la subsidencia asociada en la región subtropical promueve un aumento en la frecuencia de olas de calor, muchas de ellas muy intensas (Cerne y Vera 2007). Este tipo de características demuestra que la variabilidad intraestacional está presente no sólo en la lluvia, sino también en la temperatura.

Todo el conocimiento generado para entender estos fenómenos no quedó sólo plasmado en la literatura. Recientemente se han hecho significativos avances en su utilización en tareas de monitoreo y pronóstico regional. Como ejemplo de este tipo de aplicaciones, Alvarez et al. (2014) desarrollaron un índice llamado SIS para monitorear la variabilidad intraestacional sobre SESA, hoy operativo en <http://climar.cima>.

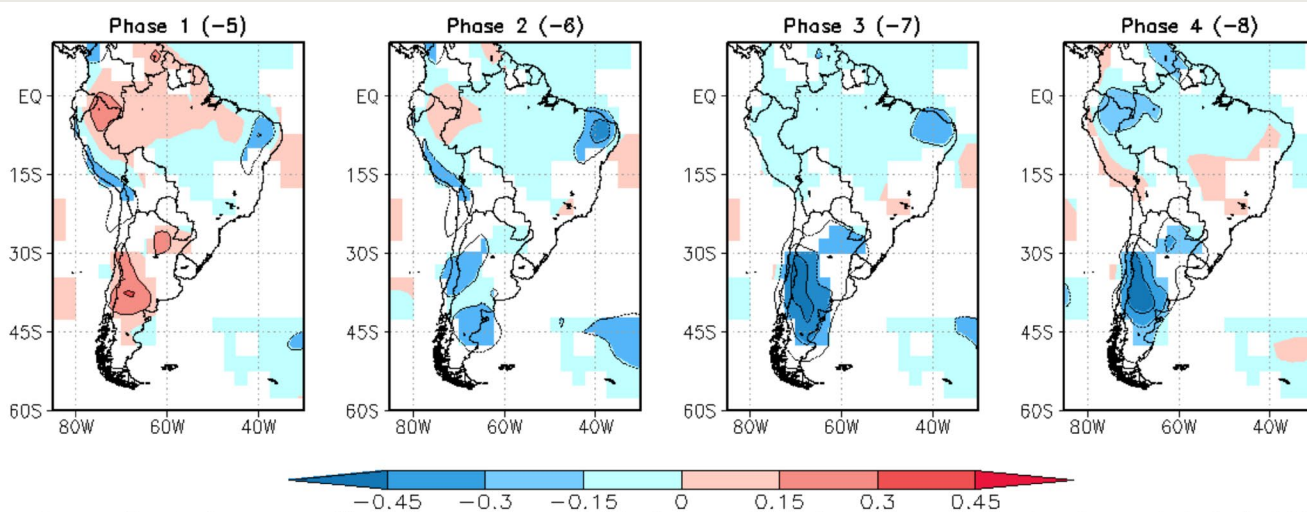


Figura 2: Promedio de las anomalías de temperatura del aire en diciembre-febrero para las fases 1-4 de la MJO según el índice RMM. Los promedios para las fases 5-8 son idénticas pero del signo opuesto (indicadas entre paréntesis). Figura adaptada de Alvarez et al. (2016). Sólo se muestran los valores significativos al 95% de confianza.

fcen.uba.ar/Msis.php. Este índice refleja los cambios en las condiciones de temperatura y lluvia mencionados en el párrafo anterior. Las investigaciones realizadas muestran que la actividad de la fase positiva del SIS promueve rachas de días consecutivos con lluvias en SESA que pueden llegar a ser abundantes y en algunos casos extremas. Esta influencia es más fuerte en el noreste de Argentina, este de Paraguay y sur de Brasil, aunque puede extenderse durante los días anteriores y posteriores a la fase positiva del índice. El seguimiento de este índice y el entendimiento de las anomalías climáticas asociadas es otro ejemplo de cómo, de manera análoga a fenómenos

climáticos más conocidos como El Niño o la MJO pueden desarrollarse productos con enfoque regional que permitan apuntalar las tareas de seguimiento que realizan los servicios meteorológicos y climáticos. Para mencionar un ejemplo de su aplicación durante este año, la figura 4 muestra la región de acción del patrón SIS durante el otoño y la evolución temporal de dicho patrón durante los meses de abril y mayo de este año. Se distinguen con colores las fases SIS persistentemente intensas, según su signo y duración. En la figura 4 se muestra además la lluvia diaria en la estación Paso de los Libres, ubicada en la zona de influencia de este patrón. Puede verse como los eventos SIS extremos estuvieron asociados a lluvia intensa durante esos días en esa estación. De manera análoga, los eventos negativos del patrón SIS se asocian comúnmente a olas de calor sobre la región y episodios de varios días sin lluvia.

### Conclusiones

Los meses transcurridos de este 2017 han servido de ejemplo para destacar y reforzar la importancia del entendimiento y el monitoreo de otros fenómenos más allá de El Niño. Si bien no hay dudas de la relevancia que tiene este fenómeno sobre el clima regional, es cierto también que en años donde no se manifiesta, otros fenómenos igual de relevantes para nuestro clima pueden tomar protagonismo. Entenderlos es el primer paso para luego poder monitorearlos y anticipar los impactos que tienen en las anomalías regionales. Finalmente, con el avance de las herramientas de pronóstico es deseable poder anticipar su ocurrencia con varias semanas de antelación para que los sectores socio-productivos expuestos a ellos puedan contar con información útil y de calidad a la hora de tomar decisiones. Este texto mostró algunos ejemplos de cómo años de estudio y esfuerzo de la comunidad científica se traducen en un mejor entendimiento de lo acontecido durante este año.

El avance en el desarrollo de herramientas de monitoreo como las indicadas arriba y del desarrollo de mejores modelos de pronóstico climático abre el paso a nuevas investigaciones acerca de la posibilidad de pronosticar el clima en estas escalas con semanas de antelación. Este desafío es encarado por la comunidad internacional a través de múltiples iniciativas, como el proyecto del *World Climate Research Programme* y el *World Weather Research Programme* conocido como *Subseasonal to Seasonal Prediction* o el *North American Multi-Model Ensemble* conducido por el *Climate Prediction Center*, pero también por varios grupos de investigación regionales, por ejemplo el proyecto CLIMAX entre el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (Argentina) y el CPTEC (Brasil). Si bien este desafío es ambicioso, la comunidad cuenta con recursos y conocimientos suficientes para llevarlo adelante con éxito.

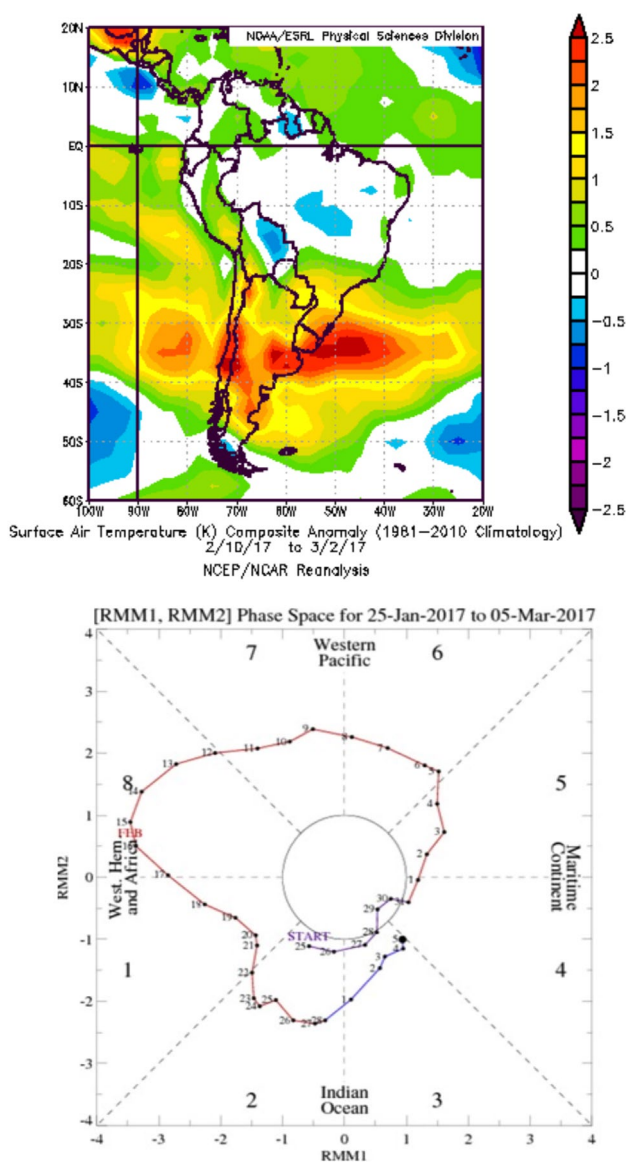


Figura 3: a) Anomalías de temperatura de superficie durante los días 10/02/2017 al 2/03/2017. (Fuente: ESRL a partir de NCEP/NCAR Reanalysis). b) Evolución del índice RMM1 y RMM2 durante los días 25/01/2017 al 05/03/2017. Cada punto en el diagrama indica el valor del índice MJO para cada uno de los días, unidos por una línea. Esto permite identificar rápidamente la fase en la que se encuentra. Las fases son distinguibles por las líneas punteadas. Cada color representa meses diferentes. Cuanto más lejos esté la línea del centro del diagrama, más intensa es la actividad de la MJO. Si el índice se encuentra dentro del círculo central del diagrama entonces la MJO no se encuentra activa esos días. (Fuente: NOAA Climate Prediction Center)

# Variabilidad climática intraestacional: más allá de El Niño

Osman M. y Alvarez M.

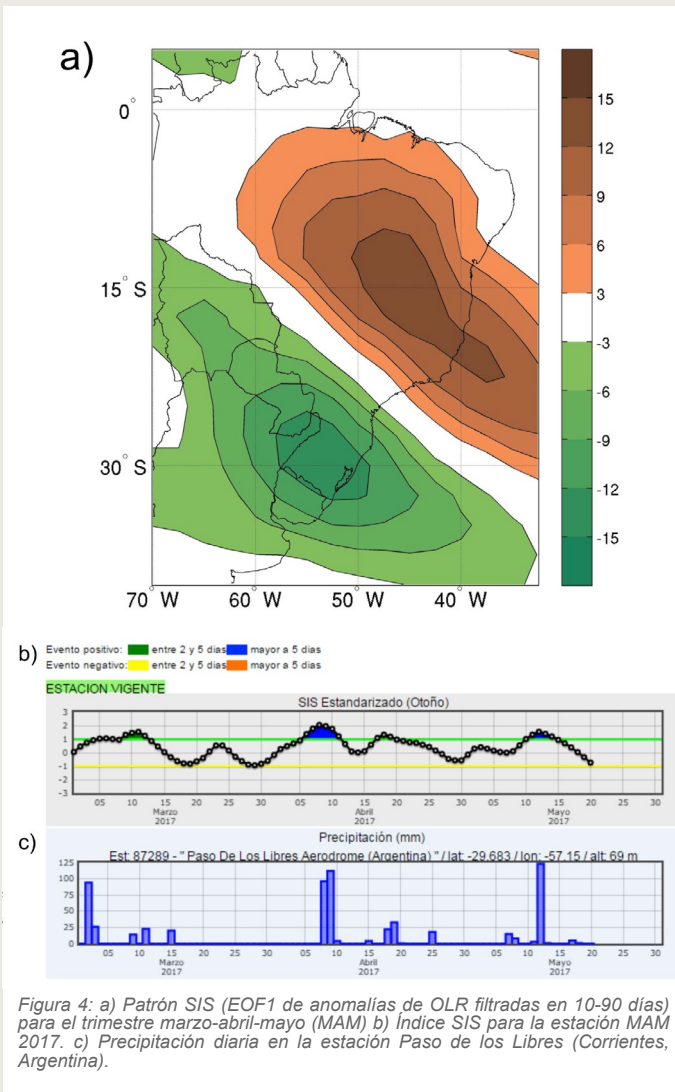


Figura 4: a) Patrón SIS (EOF1 de anomalías de OLR filtradas en 10-90 días) para el trimestre marzo-abril-mayo (MAM) b) Índice SIS para la estación MAM 2017. c) Precipitación diaria en la estación Paso de los Libres (Corrientes, Argentina).

## Referencias:

Alvarez, M.S., Vera, C.S., Kiladis, G.N. and B Liebmann. Intra-seasonal variability in South America during the cold season. *Clim Dyn* (2014) 42: 3253. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1872-z>

Alvarez, M.S.; Vera, C.S.; Kiladis, G.N.; Liebmann, B. Influence of the Madden Julian Oscillation on precipitation and surface air temperature in South America. *Climate Dynamics* 2016, 46, 245–262.

Carvalho LMV, Jones C, Liebmann B (2004) The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *J Clim* 17:88–108.

Casarin DP, Kousky VE (1986) Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variacão na circulação atmosférica. *Rev Bras Meteorol* 1:83–90

Cerne, B., Vera, C. (2011) Influence of the intraseasonal variability on heat waves in subtropical South America. *Clim Dyn* 36:2265–2277.

De Souza EB, Ambrizzi, T. (2006) Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden-Julian oscillation. *Int J Clim* 26(13):1759–1776.

Donald, A., Meinke, H., Power, B., deMaia AHN, Wheeler MC, White N, Stone RC, Ribbe J (2006) Near-global impact of the Madden-Julian oscillation on rainfall. *Geophys Res Lett* 33:L09704. [Doi:10.1029/2005GL025155](https://doi.org/10.1029/2005GL025155).

ENFEN, 2017: *El Niño Costero 2017. Informe técnico extraordinario ENFEN 001-2017*, 31 pp.

Gonzalez, PLM., Vera, CS., Liebmann, B., Kiladis, G. (2008) Intra-seasonal variability in subtropical South America as depicted by precipitation data. *Clim Dyn* 30:727–744.

Jones, C., Waliser, DE., Lau, KM., Stern, W. (2004) Global occurrences of extreme precipitation events and the Madden-Julian oscillation: observations and predictability. *J Clim* 17:4575–4589.

Jones, C., Gottschalck, J., Carvalho, LMV., Higgins, WR. (2011) Influence of the Madden-Julian oscillation on forecasts of extreme precipitation in the contiguous United States. *Mon Weather Rev* 139:332–350.

Liebmann, B., Kiladis, GN., Vera, CS., Saulo, AC., Carvalho, LMV. (2004) Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the low-level jet east of the Andes and comparison to those in the South Atlantic convergence zone. *J Clim* 17(19):3829–3842.

Liebmann, B., Vera, CS., Carvalho, LMV., Camilloni, IA., Hoerling, M., Allured, D., Barros, VR., Baez, J., Bidegain, M. 2004. An observed trend in central South American precipitation. *J. Clim.* 17: 4357–4367, [doi:10.1175/3205.1](https://doi.org/10.1175/3205.1).

Madden, R.A. and P.R. Julian, 1971: Detection of a 40–50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702–708, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1971\)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1971)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2)

Madden, R.A. and P.R. Julian, 1972: Description of Global-Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40–50 Day Period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109–1123, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1972\)029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1972)029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2)

Muza, MN., Carvalho, LMV., Jones, C., Liebmann, B. (2009) Intra-seasonal and interannual variability of extreme dry and wet events over southeastern South America and the subtropical Atlantic during austral summer. *J Clim* 22(7):1682–1699.

Nogues-Paegle J, Mo KC (1997) Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Mon Weather Rev* 125(2):279–291

Paegle, JN., Byerle, LA., Mo KC (2000) Intra-seasonal modulation of South American summer precipitation. *Mon Weather Rev* 128:837–850.

Wheeler, MC., Hendon, HH. (2004) An all-season real-time multivariate MJO index: development of an index for monitoring and prediction. *Mon Weather Rev* 132:1917–1932.

Wheeler, MC., Hendon, HH., Cleland, S., Meinke, H., Donald, A. (2009) Impacts of the Madden-Julian oscillation on Australian rainfall and circulation. *J Clim* 22:1482–1498.