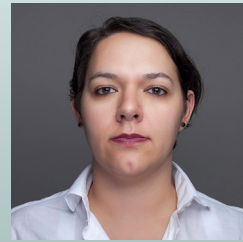


Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur

Las investigaciones sobre El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) realizadas hasta el final del siglo pasado se enfocaron en las anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Ecuatorial Oriental-Central (sobre todo en las regiones conocidas como Niño 3 y Niño 3.4). En la primera década del siglo actual, se iniciaron investigaciones que diferenciaban los fenómenos ENOS que ocurrían en el Pacífico Oriental de aquellos que ocurrían en el Pacífico Ecuatorial Central. Muchas de esas investigaciones notaron que esos diferentes tipos de ENOS pueden influenciar el clima del globo de maneras distintas.

Diferentes tipos de ENOS

En el inicio del siglo XXI varios estudios (Trenberth et al., 2002; Larkin y Harrison, 2005; Ashok et al., 2007; Yu y Kim, 2013; entre otros) analizaron la ocurrencia y los patrones de los diferentes tipos de eventos ENOS, clasificados según dónde en Pacífico Ecuatorial se presentaron las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM). De forma general, los estudios analizaron dos tipos de El Niño según si el calentamiento se da en el Pacífico Ecuatorial Oriental o el Central, aunque hay también los que estudiaron los diferentes tipos de La Niña (Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Rodrigues y McPhaden, 2014; Córdoba-Machado et al., 2015). Al analizar los patrones de EOF (Empirical Orthogonal Function) sobre el Pacífico Ecuatorial, Ashok et al. (2007) notaron que la primera EOF representaba el patrón clásico del fenómeno ENOS, con calentamiento principalmente en el Pacífico Ecuatorial Oriental, mientras que la segunda EOF mostraba un calentamiento en el Pacífico Ecuatorial Central y enfriamiento en el Oriental y Occidental. A este último patrón los autores dieron el nombre de El Niño Modoki y, basado en este, establecieron un índice que es utilizado para definir los años de El Niño Modoki. Este índice se calcula como la diferencia entre la ATSM en la región A (165°E-140°W, 10°S-10°N), y el promedio de las regiones B (110°W-70°W, 15°S-5°N) y C (125°E-145°E, 10°S-20°N) representadas en la Figura 1. Takahashi et al. (2011) propusieron que los dos primeros patrones de EOF calculados no describen diferentes fenómenos como propuesto por Ashok et al. (2007), pero sí una evolución no-lineal del fenómeno ENOS, y así definieron índices que aproximadamente coinciden con la ATSM en las regiones Niño 1+2 (Figura 1, 90°W-80°W, 0°-10°S) y Niño 4 (Figura 1, 160°E-150°W, 5°N-5°S) para definir los años en cada categoría.



Renata G. Tedeschi, Ph.D.
Climatóloga en el Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos / Instituto Nacional de Investigación Espacial (CPTEC / INPE) del Brasil

Investigadora y climatóloga del Grupo de Predicción Climática del CPTEC/INPE. Actualmente estudia la influencia de los diferentes tipos de eventos El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en el Atlántico tropical. Obtuvo su doctorado en meteorología en el INPE y realizó un postdoctorado en la Universidad de Exeter, Reino Unido. Sus publicaciones analizan la influencia de los diferentes tipos de eventos ENSO en las precipitaciones en Sudamérica usando datos observacionales y proyecciones climáticas de los modelos globales CMIP5.

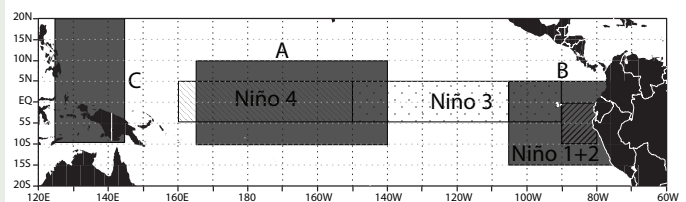


Figura 1: Regiones en el Pacífico ecuatorial utilizadas para definir diferentes tipos de ENOS, las áreas A, B y C están en gris y las áreas Niño definidas con diferentes patrones.

Otra forma de definir los diferentes tipos de ENOS es a través de los índices ya conocidos como el Niño 3 (Figura 1, 150°W-90°W, 5°N-5°S), para los fenómenos que ocurren en el Pacífico Ecuatorial Oriental, y el Niño 4 para los fenómenos en el Pacífico Ecuatorial Central (ej. Kug et al., 2009).

Considerando las diversas formas de definir diferentes categorías de ENOS, los campos de la ATSM pueden ser representados por tres patrones:

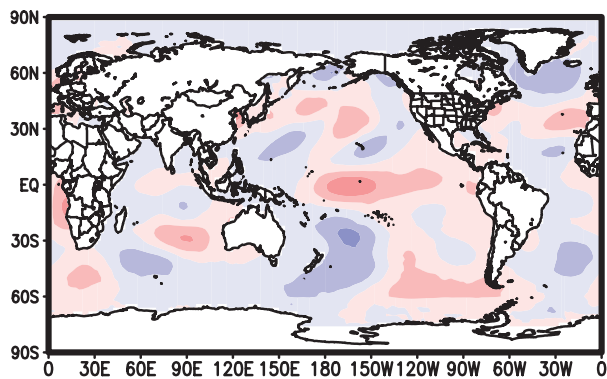
- 1) ENOS Central: las máximas ATSMs ocurren en el Pacífico Ecuatorial Central, como durante El Niño de 1994/1995 (Figura 2a).
- 2) ENOS Oriental: episodios con máximas ATSMs sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental, como durante El Niño de 1997/1998 (Figura 2b).
- 3) ENOS Mixtos: máximas ATSMs repartidas por todo el Pacífico ecuatorial, como ocurrió durante el último El Niño 2015/2016 (Figura 2c).

La Figura 2 muestra los patrones de El Niño, aunque las nomenclaturas también son válidas para La Niña. En algunos estudios, los autores decidieron colocar los años de ENOS Mixtos en la categoría en que tuvieran la ATSM más fuerte, por ejemplo, durante 2015/2016 las ATSMs fueron más fuertes en el Pacífico Ecuatorial Oriental, y así, fue colocado en la categoría ENOS Oriental.

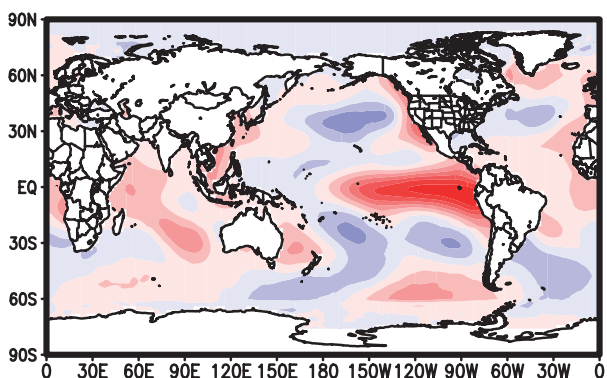
Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur

Renata T.

(a) DEF (1994/1995)



(b) DEF (1997/1998)



(c) DEF (2015/2016)

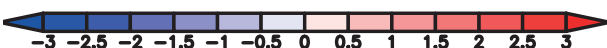
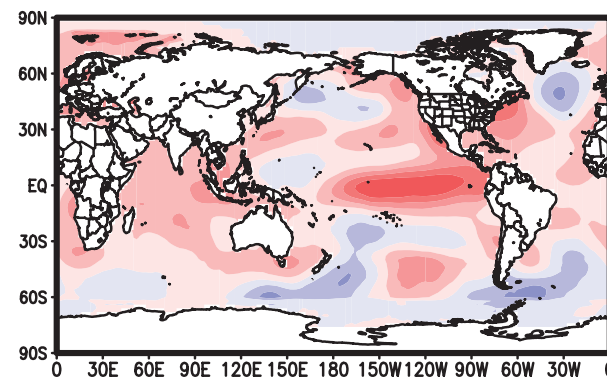


Figura 2: Anomalia de TSM en años representativos de los diferentes tipos de El Niño: a) ENOS Central, b) Oriental, y c) Mixto.

Independientemente de la metodología utilizada para definir los años de ENOS, las investigaciones muestran que las diversas categorías de ENOS causan diferentes influencias sobre la precipitación en diversas regiones del planeta (Larkin y Harrison, 2005; Ashok et al., 2007; Weng et al., 2009; entre otros). Además, El Niño en el Pacífico Ecuatorial Central se ha vuelto más frecuente

y más persistente en las últimas décadas (Ashok et al., 2007; Lee y McPhaden, 2010; Yu y Kim, 2013; entre otros).

Influencia sobre América del Sur

Los episodios de la categoría ENOS Oriental fueron intensamente estudiados y el patrón de anomalía de precipitación asociado es ampliamente conocido como el aumento de precipitación sobre el sureste de América del Sur y disminución del norte y noreste de ese continente durante años El Niño, y patrones opuestos a estos durante años La Niña (Vera et al., 2006; Marengo et al., 2012; y artículos citados por ellos). Las demás regiones de América del Sur no muestran patrones recurrentes en diferentes estudios, por tanto no es posible decir cuál es la influencia de esos episodios sobre esas regiones.

Diversos estudios analizaron la influencia de diferentes tipos de ENOS sobre la precipitación de América del Sur (Li et al., 2011; Rodrigues et al., 2011; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Rodrigues y McPhaden, 2014; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016a, 2016b). La Figura 3 será usada para ilustrar las diferencias de la influencia de las diferentes categorías de ENOS sobre América del Sur.

El patrón clásico que ocurre durante El Niño Oriental, aumento de precipitación en el sureste y noroeste, y disminución en el norte y noreste de América del Sur se observan en la Figura 3 b y e. Además, se nota que durante episodios Mixtos (Figura 3 c, aquí se resalta que no hubo ningún año en esa categoría durante la estación Marzo-Abril-Mayo) la influencia sobre la precipitación es muy similar con aquella que ocurre durante El Niño Oriental, pero con una gran diferencia sobre Ecuador y el norte de Perú, donde en lugar del aumento de la precipitación observado durante El Niño Oriental se observa disminución en los episodios Mixtos, como ocurrió durante El Niño 2015/2016 (L'Heureux et al., 2016).

Analizando las diferencias entre episodios El Niño Oriental y Central se nota que sobre el sureste de América del Sur hay señales opuestas entre esas dos categorías, tanto durante el verano como el otoño (Larkin y Harrison, 2005; Weng et al., 2009; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Tedeschi y Collins, 2016 a, b), con aumento/disminución durante El Niño Oriental/Central sobre Ecuador, el norte de Perú y el suroeste de Colombia, durante el verano y el otoño (Li et al., 2011; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016 a, b). El noroeste de América del Sur también muestra oposición de señales durante la estación de otoño (MAM) (Li et al., 2011; Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013; Córdoba-Machado et al., 2015; Tedeschi y Collins, 2016 a, b).

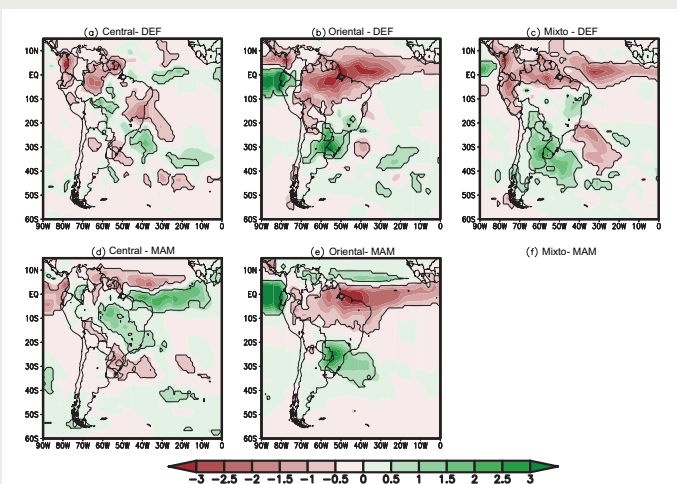


Figura 3: Anomalia de precipitación durante diferentes categorías de El Niño del a, d) Pacífico Ecuatorial Central, b, e) Pacífico Ecuatorial Oriental, y c, f) mixto durante las estaciones de a-c) diciembre-febrero y d-f) marzo-mayo. Las líneas negras representan las áreas con significancia mayor que 90%. Fuente: Tedeschi y Collins (2016b)

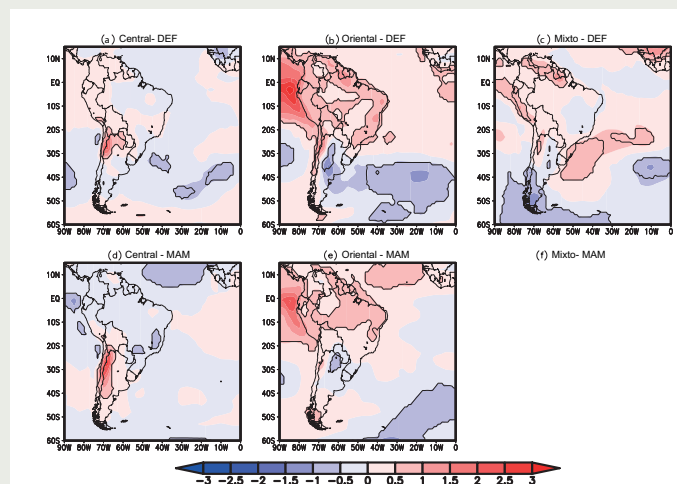


Figura 4: Similar a la Figura 3 para la anomalia de temperatura del aire.

Analizando los patrones para La Niña, se nota que son similares entre las tres categorías (Tedeschi y Collins, 2016b), y por ese motivo los patrones no son mostrados aquí. La principal diferencia ocurre sobre Ecuador y el norte de Perú, que debido a la cercanía con la región Niño 1+2 es altamente afectado por las ATSMs que ocurren en esa región, en ese caso los patrones son opuestos durante episodios Oriental y Central durante el otoño. Rodrigues y McPhaden (2014) mencionan una posición de señal en el Noreste de Brasil en las diferentes categorías de La Niña durante el otoño, sin embargo ese patrón no fue verificado por Tedeschi y Collins (2016b). Lo que sí se puede ver es un aumento de precipitación durante los eventos La Niña que ocurrieron en el Pacífico Ecuatorial Oriental y anomalías próximas a cero durante los episodios La Niña Central. Es importante resaltar que ningún episodio de La Niña Oriental fue identificado por Tedeschi y Collins (2016b), durante el verano (DEF).

La Figura 4 muestra la influencia de las diferentes categorías de El Niño sobre la temperatura del aire sobre América del Sur. En ese caso los años fueron categorizados usando el Índice Modoki (ENOS Central) y el Índice Niño 3 (ENOS Oriental), tal como en Tedeschi y Collins (2016b). Los resultados muestran que los episodios El Niño Oriental afectan consistentemente la temperatura sobre gran parte de la región tropical de América del Sur causando aumento de temperatura (Li et al., 2011), mientras que los episodios Central causan un aumento de temperatura apenas en una región que engloba partes de Chile y Argentina, siendo esa región más limitada durante el verano que durante el otoño.

Así como en los patrones de precipitación, los patrones de temperatura no muestran grandes diferencias entre las diferentes categorías de La Niña (no mostrado).

Varios estudios muestran que los episodios de ENOS influyen la precipitación de América del Sur de diferentes maneras. La región tropical de ese continente es afectada por las modificaciones en la circulación de Walker (Rodrigues et al., 2011; Hill et al., 2011; Rodrigues y McPhaden, 214; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Tedeschi y Collins, 2016 a, b). Mientras que la región extratropical es afectada por cambios en los trenes de ondas provenientes del Pacífico Ecuatorial y por las variaciones en la intensidad del flujo de humedad sobre el continente (Hill et al., 2011; Tedeschi et al., 2013, 2015, 2016; Tedeschi y Collins, 2016 a, b).

Conclusiones

Los eventos ENOS pueden ocurrir en diferentes regiones del Pacífico Ecuatorial. Estos eventos pueden ser clasificados como ENOS Central cuando las máximas ATSMs ocurren en la región central del Pacífico Ecuatorial, o como ENOS Oriental cuando las máximas ATSMs ocurren en la parte este de la cuenca en cuestión. Algunos autores sugieren una tercera categoría conocida como ENOS Mixto, cuando tanto el Pacífico Ecuatorial Oriental como el Pacífico Ecuatorial Central poseen anomalías elevadas de TSM.

Esos diferentes tipos de episodios ENOS causan diferentes efectos sobre la precipitación de América del Sur, teniendo en algunos casos influencias opuestas según dónde se maximicen las ATSMs. Ese es el caso, durante episodios El Niño, de las

regiones sureste de América del Sur, y de una región entre Colombia, Ecuador y Perú durante el verano y el otoño, además del noreste del continente durante el otoño.

Identificar esos diferentes patrones de precipitación contribuye en la mejoría de las previsiones climáticas realizadas en diversos centros meteorológicos, como es el caso del CPTEC/INPE en Brasil, pues los estudios citados muestran las influencias de diferentes tipos de ENOS sobre América del Sur.

Referencias

- Ashok, K. et al. (2007). *El Niño Modoki and its possible teleconnection*. *J. Geophys. Res.* 112: C11007. DOI: 10.1029/2006JC003798
- Córdoba-Machado, S. et al. (2015). *Assessing the impact of El Niño Modoki on seasonal precipitation in Colombia*. *Global and Planetary Change* 124: 41-61, doi: 10.1016/j.gloplacha.2014.11.003
- Hill, K.J. et al. (2011). *Sensitivity of South American summer rainfall to tropical Pacific Ocean SST anomalies*. *Geophys. Res. Lett.* 38: L01701. DOI: 10.1029/2010GL045571
- Kug JS, Jin FF, An SI. (2009). *Two types of El Niño events: cold tongue El Niño and warm pool El Niño*. *J. Climate*, DOI: 10.1175/2008JCLI2624.1
- Larkin, N.K., Harrison, D.E. (2005). *Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter*. *Geophys. Res. Lett.* 32: L16705. DOI: 10.1029/2005GL022860.
- Lee, T., McPhaden, M.J. (2010). *Increasing intensity of El Niño in the central-equatorial Pacific*. *Geophys. Res. Lett.* 37: L14603. DOI: 10.1029/2010GL044007
- L'Heureux, M., Takahashi, K., Watkins, A.B., Barnston, A., Becker, E.J., Di Liberto, T.E., Gamble, F., Gottschalck, J., Halpert, M.S., Huang, B., Mosquera-Vásquez, K., Wittenberg, A. (2016): *Observing and predicting the 2015-16 El Niño*. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, DOI: 10.1175/BAMS-D-16-0009.1
- Li W, et al. (2011). *Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity*. *J. Plant Ecol.* 4: 91-99, doi: 10.1093/jpe/rtq039
- Rodrigues, R.R., et al. (2011). *The impacts of Inter-El Niño variability on the tropical Atlantic and northeast Brazil climate*. *J. Clim.* 24: 3401-3422, doi: 10.1175/2011JCLI3983.1
- Rodrigues, R.R., McPhaden, M.J. (2014). *Why did the 2011-2012 La Niña cause a severe drought in the Brazilian Northeast?* *Geophys. Res. Lett.* 41: 1012-1018, doi: 10.1002/2013GL058703
- Tedeschi, R.G., et al. (2013). *Influences of two types of ENSO on South American precipitation*. *Int. J. Climatol.* 33: 1382-1400. DOI: 10.1002/joc.3519
- Tedeschi, R.G., et al. (2015). *Influence of Central and East ENSO on Extreme Events of Precipitation in South America during austral spring and summer*. *Int. J. Climatol.* 35: 2045-2064. DOI: 10.1002/joc.4106
- Tedeschi, R.G., et al. (2016). *Influence of Central and East ENSO on precipitation and its extreme events in South America during austral autumn and winter*. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4670
- Tedeschi, R.G., Collins, M. (2016a). *The influence of ENSO on South American precipitation during austral summer and autumn in observations and models*. *Int. J. Climatol.* 36: 618-635, DOI: 10.1002/joc.4371
- Tedeschi, R.G., Collins, M. (2016b). *The influence of ENSO on South American precipitation: simulation and projection in CMIP5 models*. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.4919
- Trenberth, K.E., et al. (2002). *Evolution of El Niño-Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures*. *J. Geophys. Res.* 107 (D8): 4065. DOI: 10.1029/2000JD000298.
- Weng, H., et al. (2009). *Anomalous winter climate conditions in Pacific rim during recent El Niño Modoki and El Niño events*. *Clim. Dyn.* 32: 663-674. DOI: 10.1007/s00382-008-0394-6
- Yu, J.Y., Kim, S.T. (2013). *Identifying the types of major El Niño since 1870*. *Int. J. Climatol.* 33: 2105-2112. DOI: 10.1002/joc.3575