

Patrones espaciales de sequía en la Amazonía asociados a eventos recientes El Niño y calentamiento del Atlántico Tropical



**Juan Carlos Jiménez,
Ph.D.**

UNIVERSIDAD DE VALENCIA,
ESPAÑA

Ph.D. en Física por la Universidad de Valencia, España. Actualmente es profesor titular en el departamento de Física de la Tierra y Termodinámica en la Facultad de Física de la Universidad de Valencia y realiza su investigación en la Unidad de Cambio Global del Laboratorio de Procesado de Imágenes de esta universidad. Su investigación se centra en el campo de la Teledetección Térmica utilizando sensores de Observación de la Tierra a bordo de satélites. Recientemente su investigación está enfocada en el análisis de tendencias de anomalías de temperatura y patrones de sequía en bosques tropicales (especialmente en la Amazonía) en relación a distintos factores climáticos como ENOS o anomalías de temperatura del mar en otras regiones oceánicas.



**José Antonio
Marengo, Ph.D.**

DIRECTOR CIENTÍFICO EN
CEMADEN, SAO PAULO,
BRASIL

Ph.D. en Meteorología de la Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU., es ingeniero Meteorólogo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Perú. Actualmente es Investigador titular en el Centro Nacional y Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) y profesor de la Escuela de posgrado del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) y de la Universidad Estatal de Sao Paulo (UNESP). Es autor de numerosos artículos publicados en revistas internacionales y recientemente su investigación está enfocada en cambio climático, extremos climáticos y reducción de riesgo de desastres naturales.

INTRODUCCIÓN

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es la principal causa de la variabilidad interanual del clima tropical con impactos a nivel global, y su fase cálida (El Niño, EN) está relacionada con algunos eventos de sequía extrema en algunas regiones de la Amazonía. Por otra parte, algunos de estos eventos de sequía también están relacionados con anomalías cálidas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región del Atlántico

Norte Tropical (ANT). Los impactos regionales durante los periodos de sequía son distintos dependiendo si las anomalías cálidas de la TSM se producen en la región del Pacífico Tropical (evento EN) o en la región del ANT, o bien cuando se produce una combinación de ambas. Incluso en el caso de un fenómeno EN, los impactos pueden ser distintos dependiendo de si la anomalía de la TSM se concentra en la región del Pacífico Este (PE) o en el Pacífico Central (PC), relacionadas con las regiones EN3 y EN4, respectivamente (Sulca et al., 2017).

Las sequías producidas durante los eventos EN se asocian a un debilitamiento de la circulación de Walker, con un aumento de la convección y precipitación en el Pacífico Este y una subsidencia compensatoria al otro lado de los Andes. Esta subsidencia inhibe la formación de lluvia en la Amazonía. En el caso de sequías asociadas a un calentamiento anómalo del ANT el proceso tiene rasgos similares. La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplaza hacia el norte respecto de su posición media, localizándose sobre la región de aguas más calientes en el ANT. Como resultado se produce un debilitamiento de la circulación de Hadley, dando lugar a una reducción del transporte de humedad desde el Atlántico hasta la región amazónica. Este proceso es más intenso durante el verano y otoño austral (Marengo et al., 2018; Marengo y Espinoza, 2016).

La Amazonía ha sufrido una serie de sequías extremas en intervalos temporales excepcionalmente cortos, aumentando la preocupación entre la comunidad científica acerca de la resistencia de los bosques tropicales amazónicos a episodios de sequía continuados. Algunos de los mayores eventos de sequía extrema en el último siglo se han producido en 2005, 2010 y 2016, dando lugar a una frecuencia excepcionalmente alta de un fenómeno extremo cada 5 años. El último episodio de

sequía en 2015-16 está relacionado con un evento EN extremo, similar en magnitud a los episodios de 1982-83 y 1997-98. Sin embargo, EN 2015-16 viene caracterizado por una fuerte componente en la anomalía del PC, en contraposición a los eventos 1982-83 y 1997-98, los cuales están caracterizados por una mayor contribución del PE. Por otra parte, las sequías de 2005 y 2010 se atribuyen a anomalías cálidas en la región de ANT. Además, la sequía de 2010 vino acompañada de un evento EN 2009-10, que se caracterizó por una fuerte contribución del PC (Jiménez-Muñoz et al., 2016; Jimenez et al., 2018).

En este artículo divulgativo se analizan brevemente los patrones espaciales de las sequías más severas ocurridas en las últimas décadas sobre la Amazonía, las cuales son asociadas tanto a eventos EN como a un calentamiento anómalo del ANT. En particular, se considera como referencia los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016.

MÉTODOS

Como indicador de sequía hemos utilizado el índice scPDSI (self-calibrated Palmer Drought Severity Index) elaborado por la unidad CRU (Climate Research Centre)

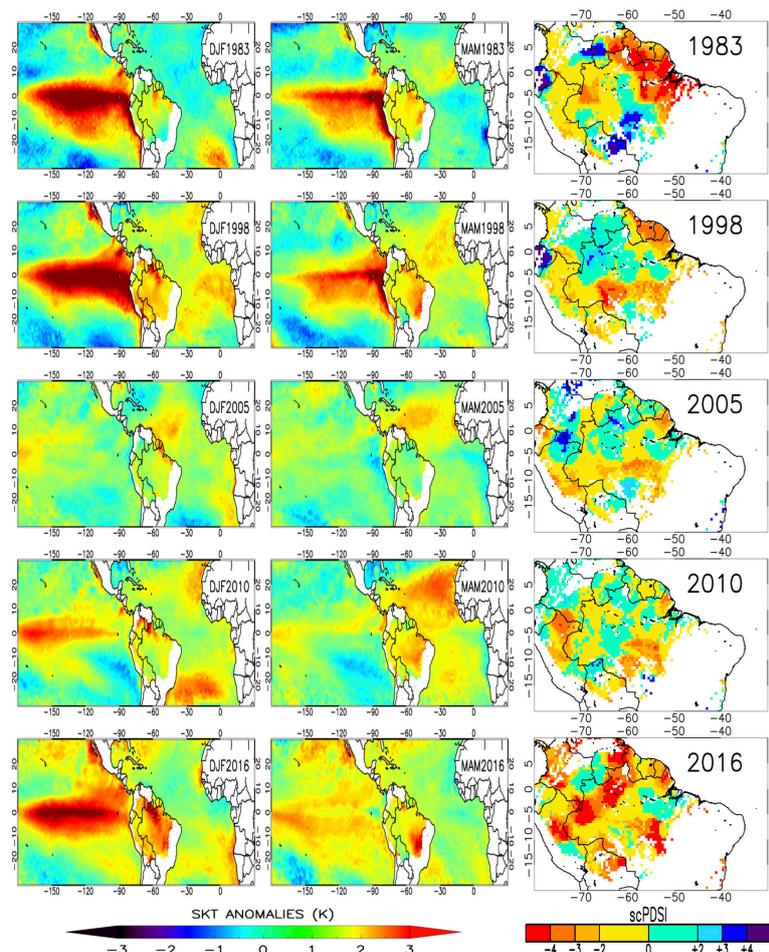


Figura 1. Índice anual de sequía scPDSI (self-calibrated Palmer Drought Severity Index) para distintos eventos El-Niño extremos (1983, 1998, 2016) y eventos de calentamiento anómalo del Atlántico Tropical Norte (2005, 2010). Se incluye también anomalías de temperatura superficial (tanto para mar como bosques amazónicos) para las estaciones DJF y MAM.

a partir de la última versión de datos de precipitación y temperatura (van der Schrier et al., 2013; Barichivich et al., 2018). En trabajos anteriores se ha utilizado también este índice empleando otras bases de datos de precipitación y evapotranspiración (Jiménez-Muñoz et al., 2016; Jiménez-Muñoz et al., 2018).

Para el cálculo de anomalías de TSM se ha utilizado el reciente producto de reanálisis ERA5 (Albergel et al., 2018). Para las series temporales de precipitación se ha utilizado la base de datos históricas CRU versión 4.03 (Harris et al., 2014), comparándose también con los datos de precipitación CHIRPS (versión 2.0) disponibles desde el año 1981 (Funk et al., 2014). Los datos de precipitación y sequía se han complementado con datos de nivel de agua del Río Negro medidos en la zona de Manaus en Brasil. Para mostrar los resultados sobre la Amazonía se ha seleccionado únicamente aquellas áreas correspondientes a bosques tropicales según la clasificación "Evergreen Broadleaf Forest".

RESULTADOS

Patrones espaciales de sequía

La Figura 1 muestra la distribución espacial del índice de sequía scPDSI anual para los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016, incluyendo también el estado de las anomalías de la TSM (y de la temperatura superficial del bosque amazónico) para las estaciones DEF y MAM de esos mismos años. Durante el evento de

1983 la sequía fue más severa en la Amazonía central y del este. Se observa también una zona de sequía en Perú, especialmente en la zona sur. En general se observa un patrón espacial parecido durante el año 1998, aunque el grado de severidad parece en general menos intenso que en 1983. En 1998 la sequía afectó prácticamente a toda la región este de la Amazonía de Brasil, mientras que en 1983 la zona de sequía se centró más en la parte norte de la región. En 2005 la sequía afectó especialmente el suroeste de la Amazonía, y vino asociada a un calentamiento anómalo del ANT, con anomalías de alrededor de 1°C (Marengo et al., 2018). En 2010 la sequía fue intensa en Perú y casi toda la Amazonía central y sur. En este año El Niño fue en general menos intenso que en 1983 o 1998, aunque la contribución del PC fue mayor. Por otra parte, durante el periodo MAM se observa un fuerte calentamiento del ATN. Durante el reciente EN de 2016 la sequía afectó de forma severa y extensa prácticamente a toda la Amazonía. La Figura 1 muestra por tanto que cada sequía tiene una distribución espacial diferente, ya sean asociadas a un fenómeno EN o al calentamiento de ATN, o a una combinación de ambos (como el caso de 2010).

Series temporales de lluvia

El análisis de la variación temporal a largo término de la precipitación (Figura 2) muestra una gran variabilidad interanual, aunque no se observa en principio una tendencia clara. La cantidad de precipitación es más elevada en la parte norte de la Amazonía que en la

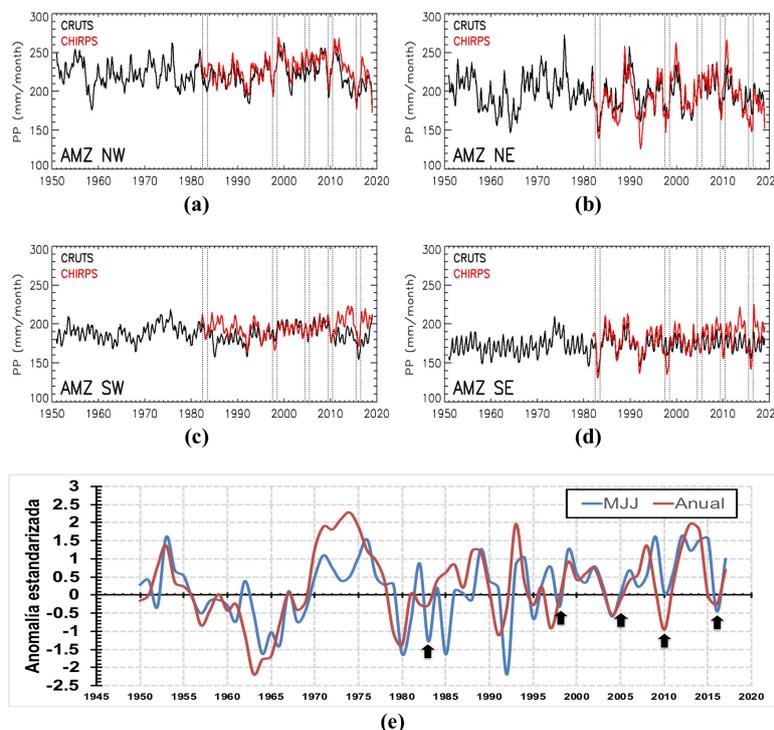


Figura 2. Series temporales de precipitación para distintas regiones de la Amazonía: (a) noroeste, (b) noreste, (c) suroeste y (d) sureste. Los valores se han representado como media móvil con un periodo de 12 meses. Se han utilizado datos CRU desde 1950 y datos CHIRPS desde 1981. (e) Anomalia estandarizada para el nivel de agua de Río Negro en Manaus (Brasil). La anomalia se ha calculado en base a un periodo de referencia 1903-2017. Las líneas verticales en las figuras (a), (b), (c) y (d), y las flechas en la figura (e) indican los años 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016.

parte sur, así como lo son sus variaciones. Los picos de precipitación mínima se corresponden bien con los fenómenos indicados anteriormente de EN o calentamiento en el ATN. Se observa también que las dos fuentes de datos de precipitación son consistentes en promedio sobre las distintas regiones, si bien los datos CHIRPS proporcionan valores mayores de precipitación en las zonas sur de la Amazonía. Los resultados anteriores se complementan con las anomalías del nivel de agua del Río Negro en Manaus (Figura 2e), donde se observan también algunos picos mínimos en coincidencia con eventos EN y/o calentamiento ANT, que corresponden a años con anomalías negativas de la lluvia en la región norte y central de la Amazonía (regiones NW y NE en las Figuras 2a y 2b). Hay que tener en cuenta que debido a la ubicación de la cuenca del Río Negro (en la Amazonía norte y central), los niveles de agua no se corresponden con todos los eventos de sequía (Marengo et al., 2008).

CONCLUSIONES

Las sequías en la Amazonía causan grandes daños ambientales y a la población, favoreciendo además que los incendios forestales sean más intensos y cubran áreas mayores en la región, contribuyendo por tanto a una mayor emisión de carbono (Aragao et al., 2018). Los incendios liberan también gran cantidad de humo que afecta a la salud de la población y a las actividades comerciales. Durante las sequías extremas se producen niveles extremadamente bajos de los ríos Amazónicos, aunque estas variaciones dependen en gran medida de la ubicación de la cuenca del río. La disminución de lluvia en la región ha sido relacionada a eventos EN y/o a un calentamiento anómalo del ANT, como en 1983, 1998, 2005, 2010 y 2016, tal y como se muestra en este trabajo. En el caso de 1983 y 1998, se trata de fenómenos El Niño muy fuertes, con una mayor contribución del Pacífico Este, mientras que el 2016 viene caracterizado también por un evento El Niño muy fuerte pero con mayor contribución del Pacífico Central. En el caso de 2005 y 2010, nos encontramos ante un fenómeno de calentamiento anómalo del ANT, si bien en el caso de 2010 hay que añadir también un evento El Niño de fuerte contribución en el Pacífico Central. Existen también otros episodios de sequía severa no considerados en este trabajo, como en 1925-26 y 1986-87. En resumen, no todas las sequías en la Amazonía ocurren en relación a un evento El Niño, y aquellas relacionadas con un evento El Niño dan lugar a distintas distribuciones geográficas de áreas afectadas por sequía debido a la diversidad de cada El Niño.

REFERENCIAS

Albergel, C, Dutra, E, Munier, S, Calvet, J-C, Munoz-Sabater, J, de Rosnay, P, and Balsamo, G. 2018. ERA-5 and ERA-Interim driven ISBA land surface model simulations: which one performs better? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 3515-3532.

Aragao, LEOC, Anderson, LO, Fonseca, MG, Rosan, TM, Vedovato, LB, Wagner, FH, et al. (2018). 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 9, 536.

Barichivich, J, Osborn, TJ, Harris, I, van der Schrier G., and Jones, PD. (2018). Drought [in "State of the Climate in 2018"]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, under review.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Rowland, J., Romero, B., Husak, G., Michaelsen, J., and Verdin, A. 2014. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring. *US Geological Survey Data Series 832*. <http://dx.doi.org/10.3133/ds832>.

Harris, I, Jones, PD, Osborn, TJ, and Lister, DH (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34(3), 623-642.

Jiménez-Muñoz, JC., et al. (2016) .Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. *Sci. Rep.* 6, 33130. (doi:10.1038/srep33130)

Jimenez-Muñoz, JC., et al. (2018) .Spatio-temporal patterns of thermal anomalies and drought over tropical forests driven by recent extreme climatic anomalies. *Phil. Trans. R. Soc. B*. DOI:10.1098/rstb.2017-0300.

Marengo, JA., Nobre, CA., Tomasella, J., Oyama, MD., de Olivera, GS., de Oliveira, R., Camargo, H., Alves, LM., and Foster Brown, I. (2008) .The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21(3), 495-516. Doi: 10.1175/2007JCLI1600.1

Marengo, J. A., and Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *Int. J. Climatol.* 36, 1033-1050. doi:10.1002/joc.4420

Marengo, JA., Jr, Souza, C., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, RA., Alves, LM., and Soares, WR (2018). Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228

Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J-C., Vuille, M., and Lavado-Casimiro, W. (2017). Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *International Journal of Climatology*, 38(1), 420-435. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>

Van der Schrier, G., Barichivich, J., Briffa, KR, and Jones PD. (2013). A scPDSI-based global data set of dry and wet spells for 1901-2009. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118, 4025-4048.