

Artículo de Divulgación Científica

Física del Fenómeno El Niño “Costero”

En un artículo previo (Takahashi, 2017) se propuso definir como Fenómeno El Niño (FEN) a aquellos eventos climáticos que calientan nuestra costa y generan lluvias intensas. Asimismo, se propuso clasificar a los FEN en dos tipos: “global” (por ej. 1982-1983 y 1997-1998) y “costero” (por ej. 1925, 2017). El tipo global es relativamente bien conocido, ya que corresponde a la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur (ENOS), un fenómeno océano-atmósfera que tiene lugar en todo el Pacífico tropical, aunque existen mecanismos físicos que lo pueden hacer particularmente intensos en el Pacífico oriental (Takahashi y Dewitte, 2016; Takahashi et al., 2017). Sobre el tipo FEN costero hay pocos trabajos, pero se reconoce ahora que el viento del norte tiene un rol crucial para su desarrollo. Esto fue notado por Eguiguren (1894) y formulado más explícitamente por Schott (1931), según el cual durante el FEN:

“...el conjunto de fenómenos meteorológicos predisponen para un trastorno del monzón seco SE con sustitución de vientos N y NW, cargados de lluvias, en la costa del Ecuador y del norte del Perú. De la misma manera, es fácil que una cantidad mayor o menor de agua cálida y de poca salinidad venga desde 5° lat. N, y aún más al Norte, para ocupar lugares que normalmente corresponden a la corriente del Perú. En estos casos, los vientos del Norte llevan las aguas hacia el Sur...”



Ken Takahashi Guevara, Ph.D
Investigador científico del Instituto Geofísico del Perú

Ph.D. en Ciencias Atmosféricas de la University of Washington, Seattle, EE.UU. y físico de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Actualmente es investigador científico en el Instituto Geofísico del Perú y representa al IGP en el Comité Técnico del ENFEN. Recientemente su investigación está enfocada en entender las condiciones que favorecen la ocurrencia de eventos El Niño extremos, los procesos de interacción entre el océano y la atmósfera, identificar la variabilidad a escala decadal en el Pacífico sureste.

En este artículo se presentará una breve síntesis de los resultados más recientes que brindan nuevas luces sobre este tipo de fenómeno.

La Zona de Convergencia Intertropical

Una de las características más notables de la distribución de la precipitación en el Pacífico oriental es la existencia de la banda zonal (oeste-este) angosta (ancho de unos cientos de km) conocida como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en la cual convergen los vientos alisios del noreste y sudeste, siendo estos últimos los que casi permanentemente soplan a lo largo de nuestra costa. Esta banda además se encuentra normalmente

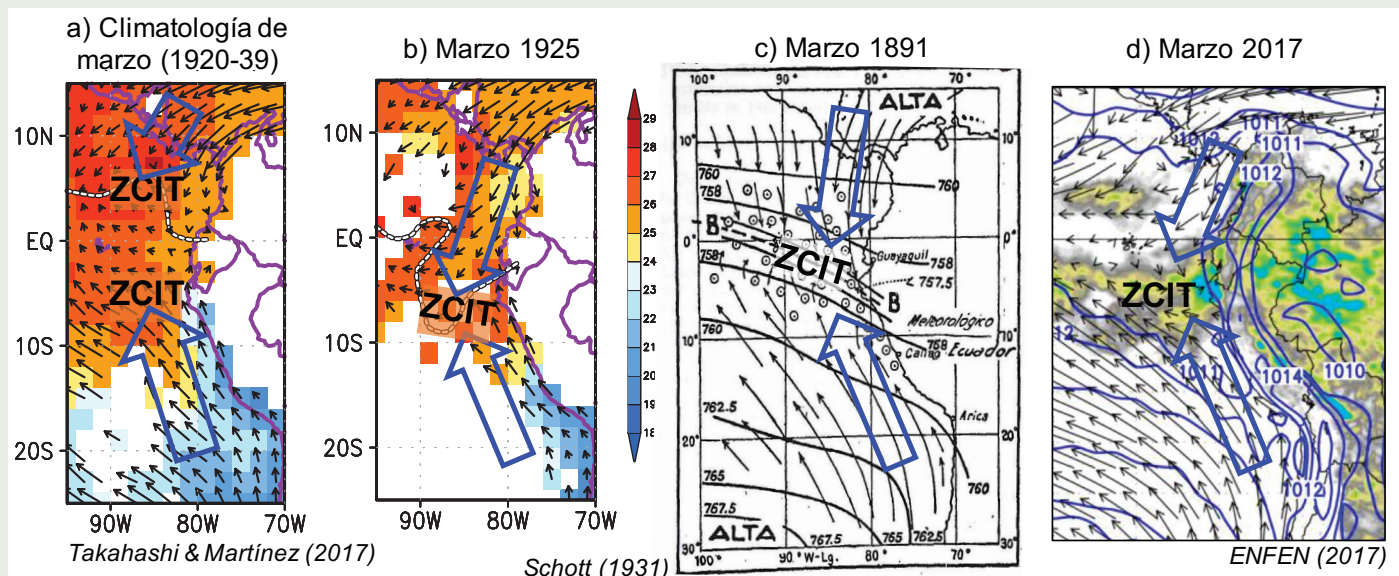


Figura 1. Vientos superficiales en marzo para condiciones a) climatológicas y los FEN costeros de los años b) 1925 (Takahashi & Martínez, 2017), c) 1891 (Schott, 1931), y d) 2017 (ENFEN, 2017). Se indica la posición aproximada de la ZCIT. Los colores representan la TSM (°C) en los paneles a) y b), y la precipitación en el panel d).

Física del Fenómeno El Niño "Costero"

Takahashi, K.

al norte de la línea ecuatorial, aproximadamente sobre las aguas más cálidas, lo cual se ha atribuido en parte a la ocurrencia del afloramiento costero frente a Perú que inhibe las lluvias (Philander et al., 1996; Woodman y Takahashi, 2014), así como a la presencia de los Andes, que fuerza el descenso de aire seco frente a Sudamérica que enfría el mar e inhibe también la lluvia (Takahashi y Battisti, 2006). Estacionalmente la ZCIT se desplaza al norte y al sur, siguiendo aproximadamente la ubicación de las aguas más cálidas que a su vez refleja las variaciones en la radiación solar. Sin embargo, aproximadamente entre febrero y abril, la temperatura superficial del mar (TSM) frente a Sudamérica alcanza un valor suficientemente alto para permitir la ocurrencia de lluvias fuertes y la formación de una segunda banda de lluvia de la ZCIT aproximadamente a la latitud de Piura, aunque débil y alejada de la costa, mientras otra similar también se observa al norte del ecuador a latitudes similares (Huaman y Takahashi, 2016; Figura 1a). La ubicación e intensidad de la(s) ZCIT están íntimamente relacionadas con la celda de circulación atmosférica de Hadley, que consiste en los vientos alisios hacia la región ecuatorial cerca de la superficie, el ascenso en la ZCIT, el flujo hacia los polos en niveles superiores, y el descenso del aire en la región subtropical (Figura 2). Durante los FEN costeros; como los de los años 1891, 1925 y 2017 (Figura 1b-d); la banda sur de la ZCIT es más intensa y se extiende hacia el continente, mientras que la banda norte puede desaparecer, y los alisios del noreste se fortalecen, a la vez que la TSM aumenta al sur del ecuador y puede ser mayor que al norte (Takahashi & Martinez, 2017; ENFEN, 2017).

La retroalimentación viento- evaporación-TSM

La teoría fundamental para entender la interacción océano-atmósfera que puede dar lugar a los eventos FEN costeros es la llamada retroalimentación viento-
evaporación-TSM (WES por sus siglas en inglés) propuesta por Xie & Philander (1990). Para esto, consideremos nuevamente la celda de Hadley, cuya rama de ascenso (la ZCIT) se esperaría alrededor de la línea ecuatorial donde la radiación es máxima en promedio. Sin embargo, aún si no tuviéramos el afloramiento costero peruano o los Andes, debido al proceso de afloramiento ecuatorial producido por los vientos del este, la TSM en la línea ecuatorial es mínima relativa a las latitudes cercanas, lo cual impide que la ZCIT se forme sobre esta. La excepción es durante eventos FEN globales extremos como los de 1982-1983 y 1997-1998, en los que la TSM en la línea ecuatorial es suficientemente alta para mantener a la lluvia ahí (Takahashi & Dewitte, 2016). El mecanismo WES es de retroalimentación positiva, es decir que si partiéramos de una situación idealizada simétrica con respecto al ecuador; con una banda ZCIT de igual intensidad sobre las mismas TSMs, y ningún factor que rompa la simetría (afloramiento costero, Andes, etc.; Figura 3a); y si por alguna razón en uno de los hemisferios, digamos que en el sur (pero el norte también serviría), la ZCIT se intensificará o la TSM aumentará ligeramente, entonces esto último generaría una intensificación de la celda de Hadley y los vientos alisios provenientes del hemisferio norte (Figura 3b), donde estos vientos producirían un aumento de la evaporación y, como consecuencia,

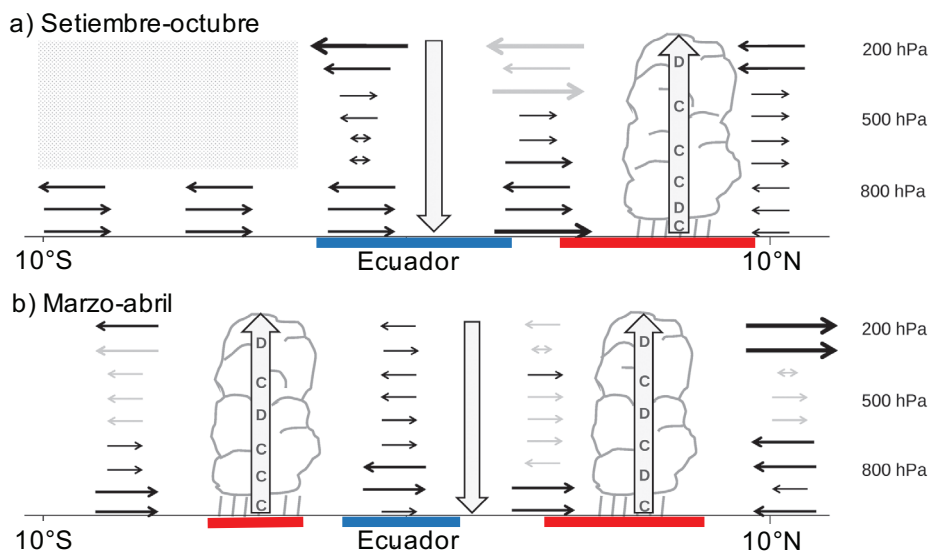


Figura 2: Esquema de la circulación atmosférica climatológica observada en el plano latitud-altura a lo largo de 95°W para a) setiembre-octubre y b) marzo-abril (adaptado de Huaman y Takahashi, 2016). Los colores rojo y azul indican TSM cálida y fría, respectivamente.

la reducción en la TSM en el hemisferio norte, en forma equivalente a cuando soplamos sobre una taza de café para enfriarlo. Por lo tanto, la ZCIT en el hemisferio norte se debilitaría, lo cual reforzaría la intensificación de los vientos alisios hacia el hemisferio sur, amplificando la ZCIT en este (Figura 3c).

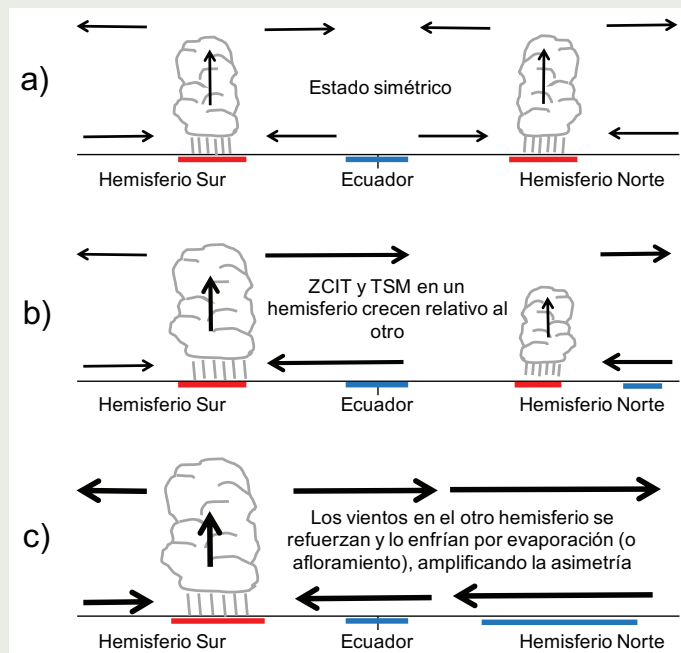


Figura 3: Esquema del mecanismo de retroalimentación WES que lleva de (a) una situación ideal simétrica, pasando por una situación inicial de asimetría (b), hasta (c) una situación asimétrica máxima en el plano latitud-altitud en el Pacífico oriental.

Mecanismos oceánicos

Si bien aún no se sabe con exactitud cuál es el mecanismo oceánico responsable del calentamiento, el análisis de los eventos FEN costeros de 1925 (Takahashi y Martínez, 2017) y 2017 (ENFEN, 2017) indica que el calentamiento ocurrió en una capa superficial somera, con profundidades del orden de solo 20-40 m, mucho menor que durante los eventos FEN globales y que este calentamiento no estuvo asociado a la profundización de la termoclina. Esto último, así como otros datos complementarios, nos dicen que en ninguno de estos eventos se observó un rol importante de ondas Kelvin ecuatoriales cálidas. Por otro lado, la poca profundidad de la capa en cuestión nos dice que si el calentamiento fuera local como consecuencia de los flujos de energía a través de la interfaz océano-atmósfera, entonces podría ocurrir en forma relativamente rápida. Esto es consistente con lo abrupto del aumento de la TSM, que en la costa de La Libertad ascendió de 17°C a 27°C en solo dos semanas a partir de mediados de enero (Figura 4; ENFEN, 2017).

En la costa norte, hay evidencia de la Corriente del Niño en 1891, 1925 y 2017. En 1891, Carranza (1891) reportó restos de cocodrilos de Tumbes en La Libertad, mientras que en 1925 además se contó con mediciones de corrientes del norte (Murphy 1926; Zorell, 1929), aunque Takahashi y Martínez (2017) también proponen que el calentamiento abrupto pudiera deberse al colapso del frente de afloramiento hacia la costa, es decir que las aguas frías de afloramiento sean reemplazadas por aguas cálidas del oeste. En el 2017 se notó la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales frente a Paita, lo cual es también una indicación de la Corriente del Niño (ENFEN, 2017).

¿Predictores?

En enero de 2017, el debilitamiento de los vientos alisios del SE pudo haber sido el gatillo que inició el evento FEN (ENFEN, 2017). Sin embargo, este tipo de eventos meteorológicos no son inusuales, pero habían pasado 92 años desde el FEN de 1925 sin que se repita algo similar. Esto sugiere que la ocurrencia de estos FEN costeros se deben a la conjunción de más de varios factores. En particular, es posible que el mecanismo WES haya sido más inestable en 2017 que en otros años y el evento meteorológico que debilitó los alisios del SE ocurrió en el momento justo para gatillarlos. Si bien esos eventos meteorológicos no son predecibles con meses de anticipación, es posible que las condiciones que hicieran al sistema océano-atmósfera más susceptible sí lo sean. Takahashi y Martínez (2017) proponen que las condiciones de La Niña en el Pacífico central son favorables para el FEN costero ya que desestabilizan la atmósfera al enfriar la tropósfera tropical (Jauregui y Takahashi, 2017), así como las anomalías de viento del oeste en niveles altos que traen humedad al Pacífico oriental. Por otro lado, resultados preliminares indican que la presencia de anomalías oceánicas cálidas frente a la costa norte de Chile y sur de Perú es un predictor útil del FEN costero, sin embargo, el mecanismo físico exacto que los conecta no es totalmente claro. Se advierte que no es que esta anomalía cálida se desplace desde el sur a la costa norte, sino que más bien la conexión podría ser atmosférica. Si bien estos resultados ya nos dan algunos elementos que se pueden usar para la predicción del próximo FEN costero, aún es necesario realizar investigación científica más profunda que permita entender mejor los mecanismos físicos y tener una mayor confianza en que los pronósticos cuentan con una base sólida, de tal manera que no tendremos otras sorpresas negativas en el futuro.

Física del Fenómeno El Niño “Costero”

Takahashi, K.

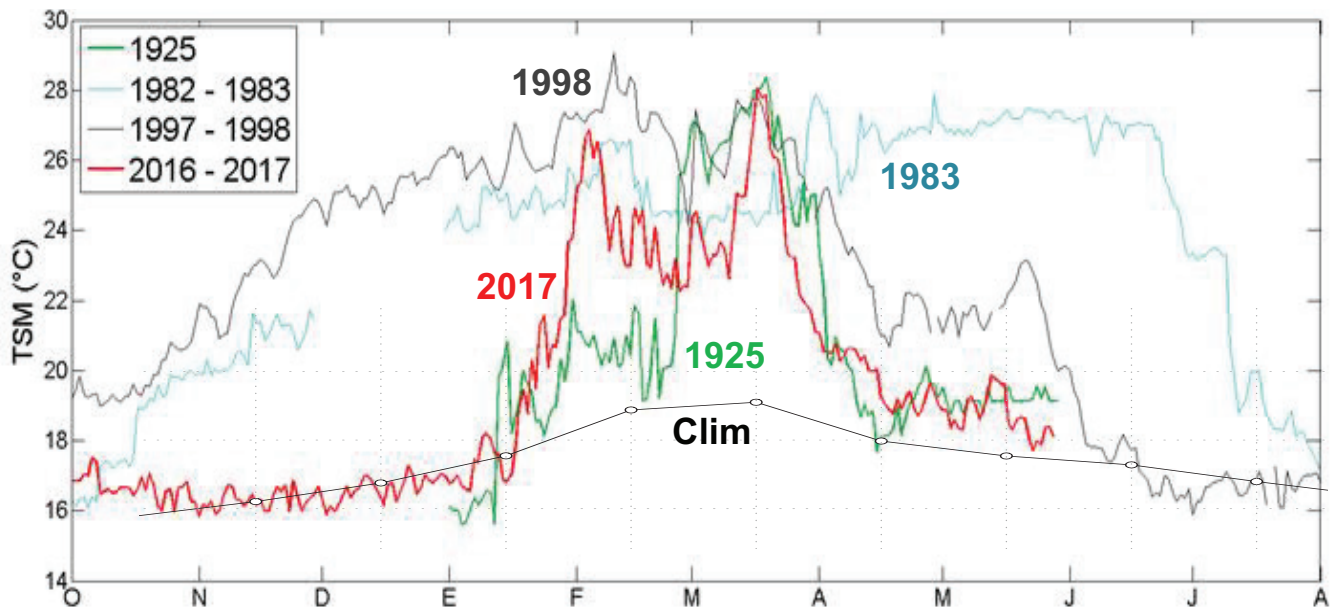


Figura 4: Temperatura superficial del mar diaria en Puerto Chicama (7°S) durante los eventos FEN de mayor impacto en el último siglo y su climatología mensual. Adaptado de ENFEN (2017).

Referencias

Eguiguren V., 1894: Las lluvias en Piura. Bol Soc Geogr Lima 4:241–258

ENFEN, 2017: El Niño Costero 2017. Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN, 31 pp.

Jauregui, Y. R., Takahashi, K., 2017: Simple physical-empirical model of the precipitation distribution based on a tropical sea surface temperature threshold and the effects of climate change. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-017-3745-3

Philander, S. G. H., Gu, D., Lambert, G., Li, T., Halpern, D., Lau, N. C., Pacanowski, R. C., 1996: Why the ITCZ is mostly north of the equator. *Journal of Climate*, 9(12), 2958-2972.

Schott, G., 1931: Der Peru-Strom und seine nördlichen Nachbargebiete in normaler und anormaler Ausbildung. *Ann Hydrogr Mar Meteor* 59, 161–169, 200–213, 240–257. Traducido al español en *Bol. Cia. Admin. Guano* (1933), IX, 3–4, 65–110.

Takahashi, K. 2017: Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 4 (4), 4-7.

Takahashi, K., Battisti, D. S., 2007: Processes controlling the mean tropical Pacific precipitation pattern. Part I: The Andes and the eastern Pacific ITCZ. *Journal of Climate*, 20(14), 3434-3451.

Takahashi, K., Dewitte, B. 2016: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. *Climate Dynamics*, 46, 1627-1645, doi:10.1007/s00382-015-2665-3.

Takahashi, K., Karamperidou, C., Dewitte, B. 2017: A theoretical model of strong and moderate El Niño regimes, *Climate Dynamics*, en revisión.

Takahashi, K., Martínez, AG. 2016: The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1

Xie, S.-P., Philander, S. G. H., 1994: A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific. *Tellus*, 46A, 340-350