



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

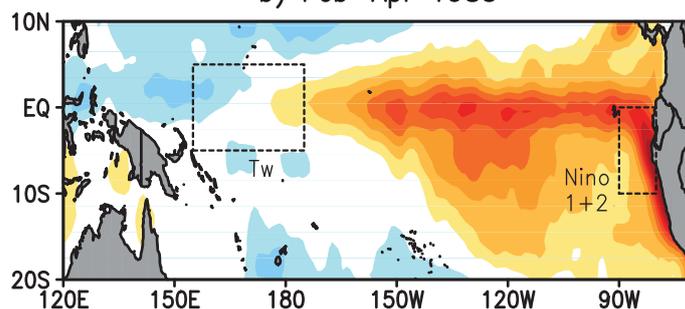
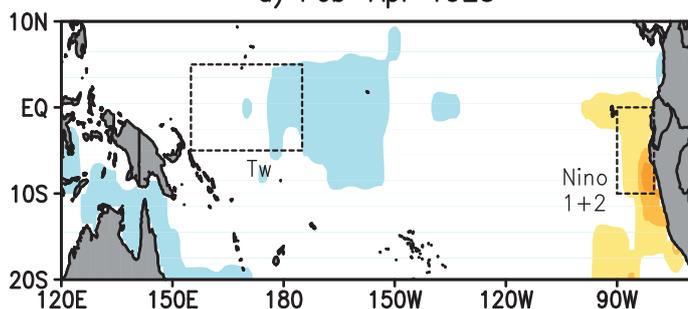
### Fenómeno El Niño

#### Costero

#### Global

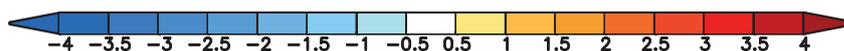
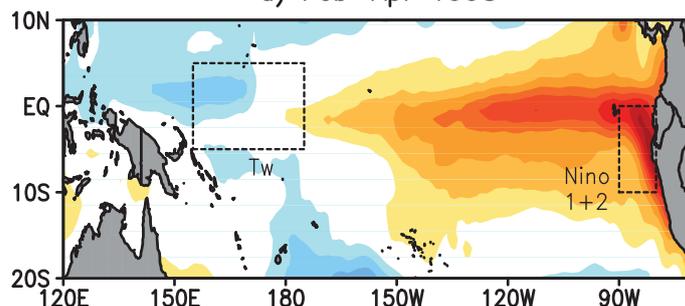
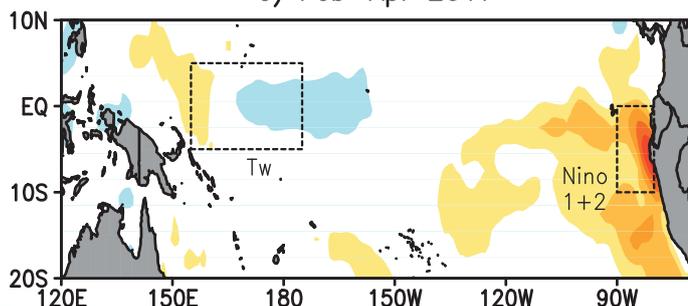
a) Feb–Apr 1925

b) Feb–Apr 1983



c) Feb–Apr 2017

d) Feb–Apr 1998



Anomalía de temperatura superficial del mar (°C)



Trabajando para todos los peruanos

Vol. 4 N° 4 Abril 2017

## Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”

“El Niño” es un concepto confuso y generalmente ambiguo, ya que se refiere a un fenómeno multi-dimensional que cada vez se presenta en distinta manera. Si bien lograr una definición objetiva que satisfaga a todos parece casi imposible, es importante aclarar en lo posible los términos que se vienen usando para evitar malas interpretaciones. Con ese objetivo, este artículo es una actualización del escrito hace unos años (Takahashi, 2014) considerando algunos avances recientes en el conocimiento científico. Las ideas presentadas no reflejan necesariamente la posición oficial de la Comisión ENFEN.

### Historia de los conceptos

Primero, revisemos el origen del término. A finales del siglo XIX, el Boletín de la *Sociedad Geográfica de Lima* publicó un reporte de una fuerte contracorriente oceánica que en el año 1891 trajo aguas cálidas desde Ecuador hasta La Libertad y que probablemente fue la causante del excesivo calor y fuertes lluvias e inundaciones en la costa norte del Perú de ese año (Carranza, 1891). Poco después, se reconoció a esta como la “**corriente del Niño**”, llamada así por los marinos de Paita “*sin duda porque ella se hace más visible y palpable después de la Pascua de Navidad*” (Carrillo, 1892). Esto se volvió a presentar intensamente en el año 1925 y fue reportado en detalle por Murphy (1926), esta vez en inglés, denominando a la contracorriente simplemente como “**El Niño**”. Murphy observó ese año, no solo las altas temperaturas, lluvias e inundaciones, sino grandes trastornos en las poblaciones de peces y aves guaneras en la costa peruana.

Eventos con meses de duración, con presencia de aguas anormalmente cálidas y de lluvias intensas e inundaciones en la costa norte del Perú, típicamente también asociada a impactos en el ecosistema marino, ha llegado a ser conocido por los peruanos como el “**Fenómeno El Niño (FEN)**”.

Según Cushman (2004), el artículo de Murphy en *Geographical Review* fue el que dio a conocer a “El Niño” a nivel mundial. A raíz de esto, en 1929, el oceanógrafo alemán Berlage, quien habría conseguido copia de la cronología de las lluvias en Piura de Eguiguren (1894), reportó la correlación entre estas con las variaciones del llamado “índice de Oscilación Sur” (Walker, 1926). Este índice representa las variaciones de la presión atmosférica entre el Pacífico oriental y occidental y fue propuesto entre otros para el pronóstico del monzón de la India. Esta correlación indicaba que El Niño, la corriente oceánica cálida anormalmente fuerte, estaba conectado con una variación atmosférica de gran escala. Más adelante, Bjerknes (1969) explicó el mecanismo físico detrás de la interacción entre el océano y la atmósfera, estableciendo el concepto de “**El Niño-Oscilación Sur (ENOS)**” como un modo de variabilidad de gran escala, cuya fase cálida



**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 la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera del 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 atmósfera, identificar la variabilidad a escala decadal en el Pacífico sureste.

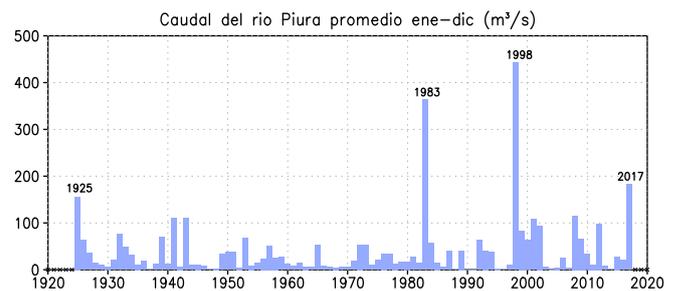


Figura 1: Caudal promedio anual (enero-diciembre) del río Piura en el Puente Sánchez Cerro. Los datos de 1925 fueron reconstruidos por Takahashi y Martínez (2016). Los datos de mayo-diciembre 2017 fueron completados con el promedio multianual.

puede ser llamada “**El Niño global**” dado que puede producir impactos remotos en todo el planeta pero cuyo calentamiento del mar no ocurre necesariamente en la costa de Perú sino en el Pacífico ecuatorial central. Como mostraron Deser y Wallace (1987), las variaciones asociadas a “El Niño”, medidas según la temperatura del mar en Puerto Chicama en La Libertad, y las del “índice de Oscilación Sur” tienen similitudes pero no son las mismas. Es decir, existen eventos “El Niño” que no coinciden con la fase correspondiente de la “Oscilación Sur” y viceversa.

### Eventos FEN muy fuertes

Hasta este punto debe haber quedado claro que tenemos que ser muy cuidadosos con la terminología. Según ENFEN (2012), “El Niño costero” implica que el mar está caliente frente a Perú independientemente de lo que ocurra con ENOS, pero tampoco considera si ocurren lluvias e inundaciones en la costa. Si tuviéramos que escoger uno de los conceptos anteriores por su relevancia en cuanto a lluvias e inundaciones, este tendría que ser el de FEN, independiente de si se relaciona con ENOS o no.

Según los impactos en la costa, principalmente por lluvias e inundaciones en la costa norte, los FEN más fuertes de los últimos cien años se presentaron en los años 1925, 1983, 1998, y el presente año 2017 (Woodman, 1985; Quinn et al., 1987; Takahashi, 2004; Douglas et al., 2009; Takahashi y Martínez, 2016). Esto se puede ilustrar con el promedio anual del caudal del río Piura, cuyos máximos valores en orden descendente se dieron en los años 1998, 1983, 2017 y 1925 (Fig. 1).

Los FEN muy fuertes de los años 1982-1983 y 1997-1998 correspondieron tanto a condiciones “El Niño costero” (ENFEN, 2012) como de “El Niño global”. Estos eventos fueron extraordinarios no solo por su intensidad sino por su patrón de calentamiento (Takahashi et al., 2011) y sus mecanismos físicos (Takahashi y Dewitte, 2016; Takahashi et al., 2017). El ENFEN ha denominado como “El Niño extraordinario” a estos dos eventos por su temperatura, pero para ser más explícitos en relación a sus impactos en cuanto a lluvias e inundaciones, en este artículo los llamaremos “FEN global”. Curiosamente, si bien el evento de 2015-2016 fue uno de los eventos “El Niño global” más intensos registrados, ya que no produjo intensas lluvias o inundaciones en la costa norte del Perú (L’Heureux et al., 2016), no calificaría como “FEN global”.

En cambio, en el 2017 hemos tenido un FEN muy fuerte, pero que no coincidió con “El Niño global”. Similar fue el caso del FEN de 1925 (Takahashi y Martínez, 2017), que más bien coincidió con “La Niña global” (la versión fría). El contraste de los patrones de calentamiento con los de los “FEN globales” es notable, ya que el calentamiento se dio solo frente a la costa de Sudamérica y no en el resto del Pacífico ecuatorial oriental o central (Fig. 2). El presente año, dado que la comunidad internacional no reconocía la presencia de El Niño (global), los medios de comunicación tomaron el término “El Niño costero” para referirse al FEN de 2017. Para ser coherentes con la definición del ENFEN y con lo mencionado arriba, lo correcto sería llamar a este tipo de evento como “FEN costero”, pero dado que el término “El Niño costero” ya se ha convertido en cultura popular, esta batalla probablemente está perdida, así que cuando no haya ambigüedad podríamos utilizar este último para referirnos al “FEN costero”.

## Predicción del FEN global y costero

ENOS es la principal fuente de predictibilidad climática a nivel global en escalas de tiempo interanual. La gran ventaja es que nos permite hacer pronósticos con varios meses de anticipación debido a que: 1) produce una señal dominante en varios lugares remotos del planeta (ej. Trenberth et al., 1998), incluyendo los Andes y Amazonía peruanos (ej. Lavado y Espinoza, 2014; Espinoza 2014; Silva 2014), 2) su dinámica es lenta, 3) se ha hecho muchísima investigación sobre esta, y 4) los modelos climáticos computacionales usados para su pronóstico han mejorado bastante. Su lentitud no se debe solo al tiempo que demoran las ondas Kelvin y Rossby ecuatoriales en cruzar el océano Pacífico (ej. Mosquera 2014) sino a la intensidad de los diferentes procesos que acoplan las

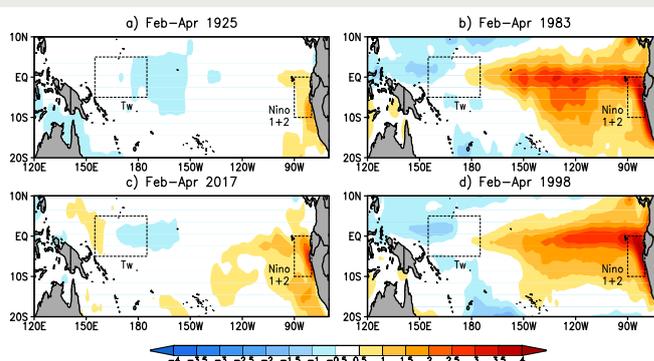


Figura 2. Anomalías de temperatura de la superficie del mar de febrero-abril (temporada de lluvia en la costa norte) durante los principales FEN de los últimos cien años: los eventos “El Niño costero” de a) 1925 y c) 2017, y los eventos “ENOS cálido” de b) 1983 y d) 1998.

variaciones atmosféricas y oceánicas (Neelin et al., 1998). Sin embargo, la región clave en la que la temperatura superficial del mar (TSM) afecta al funcionamiento de ENOS es la llamada Niño 3.4. El calentamiento de la costa peruana no es parte esencial de la dinámica de ENOS, aunque sí puede afectarlo (Takahashi y Martínez 2016; Dewitte y Takahashi 2016), pero también se han logrado avances para su pronóstico en el contexto de ENOS. En particular, hemos propuesto que si en agosto los vientos alisios del este en el Pacífico ecuatorial central se debilitan por debajo de un valor crítico, hay alta probabilidad de que se presente “El Niño global” con un fuerte calentamiento en la costa (Takahashi y Dewitte, 2016; Fig. 3). El pronóstico para enero de 2016 usando este método (estrella en la Fig. 3) se cumplió, ya que se observó el calentamiento dentro del rango probable (líneas punteadas en la Fig. 3), pero este calentamiento costero no fue suficiente para producir las temidas lluvias intensas ya que el intenso calentamiento en el Pacífico central tuvo un efecto opuesto y dominante sobre las lluvias (L’Heureux et al., 2016; Takahashi y Martínez 2016). Más concretamente, el caudal del río Piura es estimado mejor usando como predictor la diferencia de TSM entre la región Niño 1+2 y la que llamamos Tw en el Pacífico central-occidental (Fig. 4c; Takahashi y Martínez 2016) que solo usando Niño 1+2 (Fig. 4a). Es decir, el río Piura no aumenta solo con el calentamiento de la costa sino también con el enfriamiento en el otro extremo del océano Pacífico y en el año 2016 más bien tuvimos un elevado calentamiento en Tw (Fig. 4b) que más bien resultó en un caudal reducido. Entonces, será necesario afinar mejor nuestros conocimientos para poder predecir en mayor detalle el patrón de calentamiento asociado al “FEN global”.

Muy diferente es el caso del “FEN costero”. El único estudio de su dinámica a la fecha se centra en el año 1925 (Takahashi y Martínez 2016), pero que tuvo muchas similitudes con el FEN del 2017. En ese estudio se identificó como principal mecanismo de crecimiento y mantenimiento del evento al debilitamiento de los vientos alisios del sur frente a la costa sudamericana en la región ecuatorial acoplado a un desarrollo intenso de la banda

lluviosa llamada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) al sur del ecuador. Esta banda normalmente se encuentra al norte del ecuador, pero entre febrero y abril se puede presentar también una banda secundaria débil frente a la costa norte de Perú (Huaman y Takahashi, 2016). La interacción entre el debilitamiento de los vientos alisios del sur, la intensificación de la ZCIT sur, y el calentamiento superficial frente a Perú se puede dar a través del mecanismo llamado “wind-evaporation-SST (WES) feedback” (Xie y Philander 1994). Los vientos del sur débiles (o incluso del norte en 1925) resultaron en la reducción del enfriamiento por evaporación y el calentamiento superficial por radiación solar, además de permitir el ingreso de aguas cálidas del norte, o sea la “corriente del Niño” (Takahashi y Martínez 2016). Por estar asociado a un calentamiento de una capa de agua de unos 30 m (muy diferente a los más de 100 m durante los “FEN globales”) y a la respuesta de la circulación atmósfera local, la dinámica es bastante más rápida que la de ENOS y el calentamiento puede ocurrir en escala de semanas. Sin embargo, es posible que existan factores que permitan hacer la predicción de este tipo de eventos con más tiempo de anticipación. Por ejemplo, Yang y Magnúsdóttir (2016) indican que las condiciones frías y secas en el Pacífico ecuatorial central y cálidas, junto con lluviosas en el occidental, son necesarias para una ZCIT sur intensa, consistente con lo hallado para el río Piura (Takahashi y Martínez 2016; Fig. 4b). Por lo tanto, si se tiene condiciones de “La Niña global” hacia finales de año, hay mayor probabilidad del “FEN costero” en el verano siguiente. Otras condiciones fueron responsables de que los años 1925 y 2017 fueran tan intensos aún deben ser (y están siendo) investigadas.

## Glosario

Como un aporte final, aquí se presenta una propuesta personal del glosario que se espera podrá ayudar a diferenciar mejor los conceptos y términos relacionados con El Niño.

1. “El Niño”: Evento climático de meses de duración, con altas temperaturas del mar en el Pacífico tropical central y/o oriental, dependiendo de quién lo defina.
2. “Corriente del Niño”: Contracorriente cálida estacional (verano) frente a la costa norte, que en ocasiones es más intensa.
3. “Fenómeno El Niño (FEN)”: Evento climático anómalo de meses de duración con altas temperaturas del mar y lluvias intensas en la costa norte del Perú. Este es el fenómeno original, descrito en el Perú a fines del siglo XIX.
4. “El Niño costero”: Evento climático anómalo con altas temperaturas del mar en la costa norte que puede coincidir con FEN y/o con El Niño global, pero no necesariamente. La definición operacional está en ENFEN (2012).
5. “El Niño en el Pacífico central”: Evento climático anómalo con altas temperaturas del mar en el Pacífico central que, en verano, puede producir sequías en los Andes como en el año 2010. La definición operacional está en ENFEN (2015).
6. “El Niño-Oscilación Sur (ENOS)”: Fenómeno climático océano-atmósfera a escala interanual en el Pacífico tropical y con efectos globales.
7. “El Niño global”: Fase ENOS cálida. Incluye a “El Niño en el Pacífico central”. Puede coincidir con FEN, pero no necesariamente.
8. “FEN costero”: FEN que no coincide con El Niño global por tener condiciones entre neutras y frías en el Pacífico central. Conocido informalmente también como “El Niño costero” (no confundir con el anterior). Los casos más notables fueron en 1925 y 2017.
9. “FEN global”: Conjunción de “El Niño global” y “FEN”. Los principales ejemplos son 1982-83 y 1997-98.

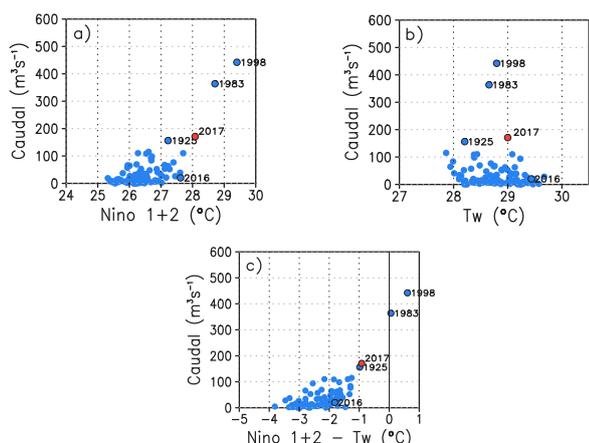


Figura 3. Caudal anual del río Piura vs la temperatura superficial del mar de febrero-marzo en a) la región Niño 1+2, b) la región Tw (155°W-180°, 5°S-5°N), y c) la diferencia entre estas regiones. La ubicación de las regiones se indica en la Fig. 2. (Adaptado de Takahashi y Martínez 2016, añadiendo los datos aproximados para el FEN 2017).

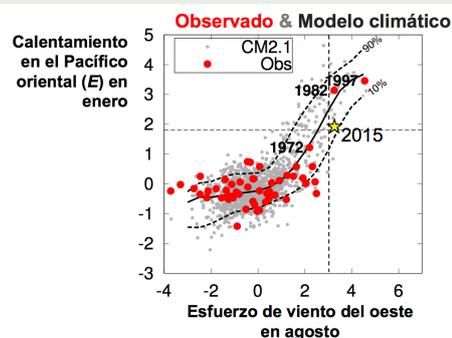


Figura 4. Índice E de calentamiento anómalo del Pacífico oriental en enero como función de la anomalía del esfuerzo zonal en el Pacífico central en el mes de agosto precedente (adaptado de Takahashi y Dewitte 2016). Los puntos grises son de una simulación larga con el modelo climático GFDL CM2.1 y las líneas punteadas indican los percentiles correspondientes de 10% y 90%. Los puntos rojos son datos observacionales (en algunos casos se indica el año correspondiente a agosto). El dato del evento El Niño 2015-16 fue añadido con una estrella y se puede considerar como validación independiente de este resultado.

## Referencias

Bjerknes, J. (1969): Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, 97 (3), 163-172.

Carranza, L.( 1891): Contra-corriente marítima, observada en Paita y Pacasmayo. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 1 (9), 344-345.

Carrillo, CN.( 1892): Hidrografía oceánica. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 2, 72-110.

Cushman, GT. ( 2004): Enclave Vision: Foreign networks in Peru and the internationalization of El Niño research during the 1920s. *History of Meteorology*, 1 (1), 65-74.

Deser, C., Wallace, JM. (1987): El Niño events and their relation to the Southern Oscillation, *Journal of Geophysical Research*, 92 (C13), 14189-14196.

Dewitte, B. y Takahashi, K.( 2016): Diversity of moderate El Niño events evolution: role of air-sea interactions in the eastern tropical Pacific. *Climate Dynamics*, en revisión.

Douglas, M., Mejia, J., Ordinola, N., Boustead, J. (2009): Synoptic variability of rainfall and cloudiness along the coasts of northern Peru and Ecuador during the 1997-8 El Niño event, *Monthly Weather Review*, 137, 116-136, doi: 10.1175/2008MWR2191.1.

Eguiguren, V.( 1894): Las Lluvias en Piura. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 4, 241-258

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN*, 3 pp.

ENFEN, 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015*, 7 pp.

Espinoza, J. C.( 2014): Influencia de la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 1 (9), 4-8.

Huaman, L., Takahashi, K. (2016): The vertical structure of the eastern Pacific ITCZs and associated circulation using the TRMM Precipitation Radar and in situ data. *Geophysical Research Letters*, 43, doi:10.1002/2016GL068835.

Lavado, W. S., Espinoza, J. C.( 2014): Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 1 (3), 4-7.

L'Heureux ,M., Takahashi ,K., Watkins ,AB., Barnston, A., Becker ,EJ., Di Liberto TE., Gamble, F., Gottschalck ,J., Halpert, MS., Huang, B., Mosquera-Vásquez ,K., Wittenberg ,A. ( 2016): Observing and predicting the 2015-16 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, doi:10.1175/BAMS-D-16-0009.1.

Mosquera, K. (2014): Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico. . *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 1 (1), 4-7.

Murphy, (1926): Oceanic and climatic phenomena along the west coast of South America during 1925. *Geographical Review*, 16 (1), 26-54.

Neelin, J., Battisti, DS., Hirst ,AC., Jin ,FF., Wakata, Y., Yamagata, T., Zebiak, S. (1998): ENSO theory. *Journal of Geophysical Research*, 103 (C7), 14261-14290.

Quinn, WH., Neal, VT., Antunez de Mayolo, SE.( 1987): El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research*, 92 (C13), 14449-14461.

Silva, Y.(2014): La estacionalidad del impacto de El Niño en las lluvias en el Perú. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 1 (11), 4-7.

Takahashi, K. (2004): The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae*, 22, 3917-3926.

Takahashi, K. (2014): Variedades de El Niño. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 1 (2), 4-7.

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, en prensa.

Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., Dewitte, B. (2011): ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38, L10707, doi:10.1029/2011GL047364.

Trenberth, K., Branstator, G., Karoly, DJ., Kumar, A., Lau, NC., Ropelewski, CF. (1998): Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. *Journal of Geophysical Research* 103 (C7), 14291-14324.

Walker ,GT. (1926): Correlation in seasonal variations of weather, IX. A further study of world weather. *Memoirs of the India Meteorological Department*, 24, 275-332

Woodman, RF.( 1985): Recurrencia del fenómeno del Niño con intensidad comparable a la del Niño 1982-1983. *Ciencia, Tecnología y agresión ambiental: El Fenómeno El Niño*, CONCYTEC, 301-332.

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

Yang ,W., Magnusdottir ,G.( 2016): Interannual signature in daily ITCZ states in the east Pacific in boreal spring. *Journal of Climate*, 29 (22), 8013-8025, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0395.1.