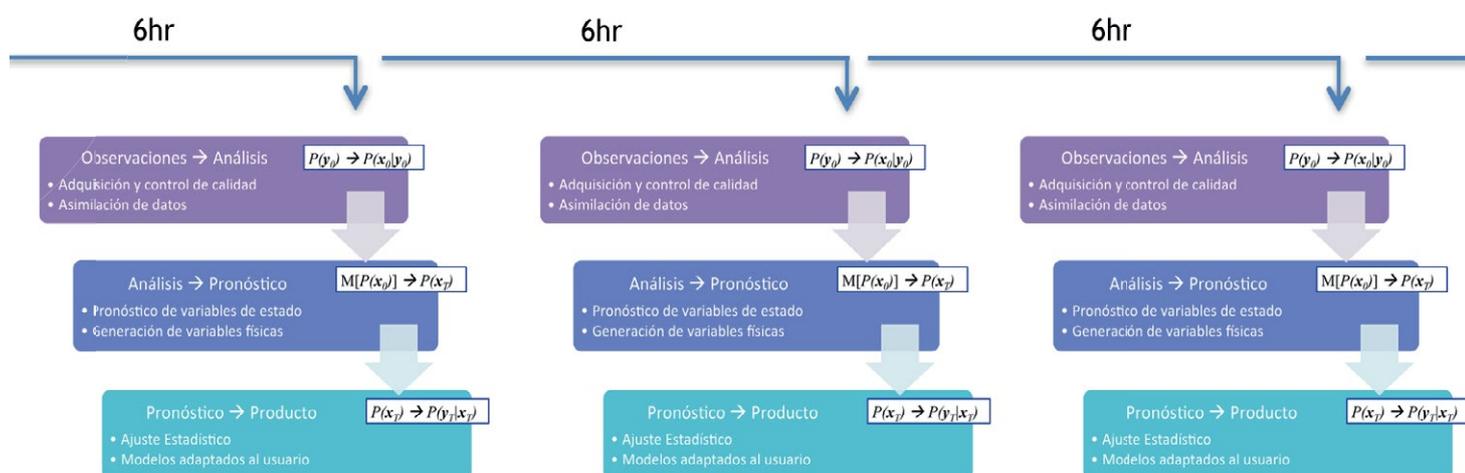


Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

Desarrollo y uso de sistemas numéricos de pronóstico estacional



Esquema del proceso de datos en un sistema de pronóstico estacional separado en tres etapas



Downscaling Estadístico para las Lluvias de verano del Perú: verano 2017

Juan Sulca y Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

Introducción

El patrón observado de las anomalías de lluvias del Perú durante el verano 2017, según los datos de SENAMHI (Figura 1a), se caracterizó por fuertes condiciones húmedas en la costa norte peruana. Tales condiciones húmedas trajeron impactos negativos en la infraestructura local, principalmente en la región Piura (ej. Martínez and Morón, 2017). La Figura 1 muestra que también los Andes orientales y el noroeste de la Amazonía peruana registraron mayores precipitaciones, mientras que lo opuesto prevaleció en los Andes orientales del sur y el Altiplano. Según estos datos las condiciones secas fueron más severas en la región de Madre de Dios y Ucayali. Climatológicamente, este verano 2017 se caracterizó por un evento de El Niño Costero moderado frente a la costa norte del Perú y condiciones neutrales, aunque ligeramente frías en el Pacífico central tras salir de condiciones La Niña en esta región (ENFEN, 2017). Ambas condiciones aparentemente influenciaron sobre las lluvias de este verano en el Perú.

La predicción estacional de la lluvia en el Perú se dificulta por la gran incertidumbre en los modelos de pronóstico asociada a sus errores sistemáticos (ej. Takahashi 2015), a su pobre resolución espacial y al corto registro observacional. Otra razón es que las lluvias de verano del Perú son influenciadas por diferentes procesos físicos de gran escala tales como El Niño-Oscilación Sur (ENOS), el cual afecta a la circulación atmosférica a través de sus efectos en los sistemas de convección en el Pacífico tropical como la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (SPCZ) y la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) (Sulca et al., 2017). Una forma de superar el problema de la baja resolución y los errores de simulación en nuestro territorio es a través de técnicas de “regionalización” o “downscaling” (en inglés).

El *Downscaling* es un método que deriva local y regional información de los modelos de gran escala (Benestad et al., 2008). Este método se divide en dos grandes grupos: *Downscaling* Dinámico y *Downscaling* Estadístico. Los modelos de *Downscaling* Dinámico (DD) obtienen información climática local de los modelos climáticos regionales (RCMs, siglas en inglés) (en el orden de decenas de kilómetros) sobre áreas limitadas o modelos climáticos globales con resolución variables. Los modelos de *Downscaling* Estadístico (SD) usan relaciones empíricas entre variables de gran escala (predictores) y las variables locales en la superficie (predictandos), las cuales han sido derivados usando registros de datos observados de condiciones pasadas. La gran ventaja de los modelos SD sobre los modelos DD es su eficiencia computacional ya que requieren poco costo, pero requieren registros

suficientemente largos (varias décadas) y se debe tener un entendimiento de los mecanismos físicos para una correcta selección de los predictores. Tener buenos modelos de *Downscaling* es importante para aportar información confiable que sirva de base para la toma de decisiones a nivel local y regional.

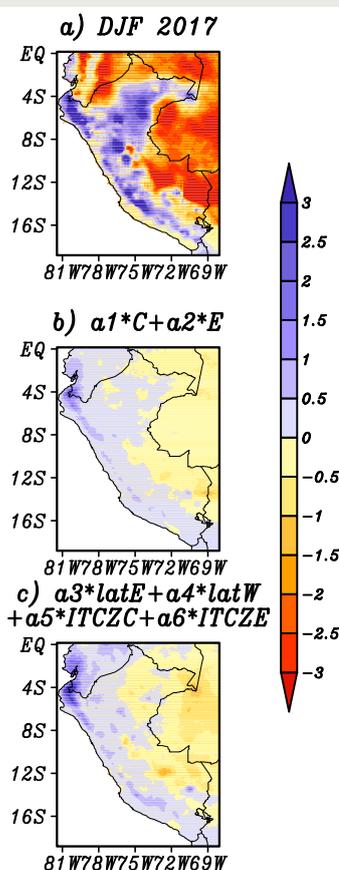


Figura 1. a) Patrón de anomalías observadas de precipitación en diciembre 2016-febrero 2017 (datos: PISCO) y los estimados mediante modelos de regresión múltiple usando b) los índices ENOS (E y C) y c) los índices convectivos (latE, latW, ITCZC y ITCZE) según Sulca et al. (2017).

Datos y Metodología

El presente estudio evalúa el modelo simple de DS de Sulca et al. (2017) para estimar el patrón espacial de las lluvias de verano del Perú del 2017 mediante dos modelos de regresión lineal múltiple: uno usando los índices de temperatura superficial del mar E y C (Takahashi et al., 2011; <http://www.met.igp.gob.pe/datos/EC.txt>) como predictores, los cuales permiten caracterizar diferentes tipos de eventos El Niño/La Niña, y otro modelo usando cuatro índices correspondientes a los sistemas convectivos SPCZ (índices latW y latE) y ITCZ (índices ITCZC y ITCZE) en el Pacífico tropical.

Para caracterizar el patrón espacial de las lluvias del Perú, usamos datos grillados de precipitación mensual del producto PISCO (Lavado-Casimiro et al., 2016) generados

Downscaling Estadístico para las Lluvias de verano del Perú: verano 2017

Juan Sulca y Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

por SENAMHI. Asimismo, PISCO tiene una resolución horizontal de $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ y su periodo va de 1982 al presente (ftp://ftp.senamhi.gob.pe/PISCO_PREC).

Nosotros usamos los índices ENOS y regiones convectivas del Pacífico (SPCZ e ITCZ); los cuales fueron documentados en Takahashi et al. (2011) y Sulca et al. (2017), respectivamente. Usamos datos mensuales grillados de precipitación de CMAP (Xie and Arkin, 1997) para estimar los índices convectivos (latW, latE, ITCZC e ITCZE). El CMAP tiene una resolución horizontal de $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ y su registro va desde 1979 al presente. La estimación de los índices convectivos se da a través de anomalías calculadas con respecto al periodo base 1982-2011. Los valores de todos los índices para el verano 2017 son mostrados en la Tabla 1.

DEF	E	C	latE	latW	ITCZC	ITCZE
2017	0.52	-0.54	-0.03	-0.50	1.29	1.14

Tabla 1. Valores de los índices ENOS (E y C) y regiones convectivas (SPCZ y ITCZ) para el verano 2017

Resultados preliminares

Los patrones estimados de lluvias de verano 2017 a través de la combinación lineal de los índices ENSO (Fig. 1b) y los índices convectivos (Fig. 1c) reproducen adecuadamente el patrón espacial observado (Fig. 1a), pero ambos modelos subestimaron la intensidad observada, tanto de las condiciones húmedas a lo largo de la costa norte peruana, los Andes peruanos y la Amazonía peruana, como de las condiciones secas sobre Ucayali y Madre de Dios.

La subestimación en la costa norte podría deberse a la relación no-lineal entre las precipitaciones en esta región y las temperaturas del mar en la costa de Perú, donde las lluvias intensas ocurren cuando se supera el umbral 26°C en la temperatura absoluta (Woodman y Takahashi, 2014; Ramos 2015). Más aún, la influencia del Pacífico central es importante ya que el caudal del río Piura, por ejemplo, presenta una relación aproximadamente exponencial con la diferencia entre las temperaturas de la región Niño 1+2 y en el Pacífico central-occidental (Takahashi y Martínez 2017), la cual se verificó en el 2017 (Fig. 2). Por otro lado, si bien el índice E representa el calentamiento en el Pacífico oriental, el patrón asociado tiene mayor extensión hacia el oeste que el observado en el 2017, por lo que este índice ha subestimado el calentamiento relevante para las lluvias. En cuanto a la región andina y amazónica, los errores se deben en parte a que ambos modelos no consideran la influencia del océano Atlántico, el cual también es importante para ambas regiones (Espinoza 2014).

Estos resultados son una evaluación objetiva independiente de la metodología de Sulca et al. (2017), ya que dicho estudio fue concluido antes de que se observen las condiciones del presente año y, por lo tanto, estas no fueron incorporadas al estudio.

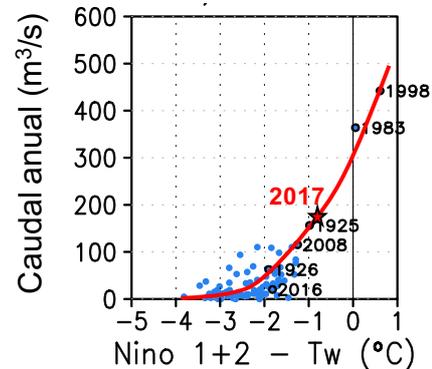


Figura 2. Caudal anual del río Piura como función de la diferencia de temperatura superficial del mar de febrero-marzo entre la región Niño 1+2 en el Pacífico oriental ($90^\circ\text{--}80^\circ\text{W}$, $10^\circ\text{S--}0^\circ$) y la región Tw en el Pacífico central-occidental ($155^\circ\text{E--}175^\circ\text{W}$, $5^\circ\text{S--}5^\circ\text{N}$). La curva roja es referencial. Adaptado de Takahashi y Martínez (2017).

Esta evaluación con datos nuevos es importante puesto que nos permite identificar limitaciones que podrían haber sido ignoradas durante la investigación. De esta manera ayudará a mejorar estos modelos empíricos, que se espera serán más confiables en el futuro.

Referencias

- Benestad, R.E., Hanssen-Bauer, I., Chen, D. (2008) *Empirical-Statistical Downscaling*. World Scientific, 215 pp.
- ENFEN (2017) *El Niño costero 2017. Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN*
- Lavado-Casimiro, W., Fernandez, C., Vega, F., Caycho, T., Endara, S., Huerta, A., Obando, OF. 2016. *PISCO: Peruvian interpolated data of the SENAMHI's climatological and hydrological observations. Precipitación v1.0. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*, pp. 1–4.
- Espinoza, J. C. (2014) *Influencia de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana. Boletín Técnico del Niño – IGP*, 1(9): 4-8.
- Martínez, A and Morón, K. (2017) *Comparación entre los impactos de los eventos de El Niño costero 1925 y 2017. Boletín Técnico del Niño – IGP*, 4(4): 8-9.
- Ramos, Y. (2015) *El cambio climático y la lluvia en la costa norte. Boletín Técnico del Niño – IGP*, 2(8): 4-8.
- Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C., Vuille, M., 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. Int. J. Climatol.* doi:10.1002/joc.5185
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., Dewitte, B. 2011. *ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. Geophys. Res. Lett.* 38: L10704. doi: 10.1029/2011GL047364
- Takahashi, K., Martínez, A. (2017) *The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics.* doi:10.1007/s00382-017-3702-1
- Takahashi, K. (2015) *Modelos climáticos y sus errores promedio en el Pacífico. Boletín Técnico del Niño – IGP*, 2(6): 4-8
- Woodman, R. y Takahashi, K. (2014) *¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? Boletín Técnico del Niño – IGP*, 1(6): 4-7.
- Xie, P., Arkin, P.A. 1997. *Global precipitation: a 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. Bull. Am. Meteorol. Soc.* 78: 2539–2558. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<2539:GPAYMA.2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<2539:GPAYMA.2.0.CO;2).