

AFLORAMIENTO COSTERO PERUANO EN PRESENCIA DEL CICLÓN YAKU DURANTE MARZO DE 2023

Roger Manay¹, Ivonne Montes¹, Juan Sulca¹, Fiorela Castellón¹, Berlín Segura¹

¹ Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú

Palabras clave: Afloramiento costero, transporte y bombeo de Ekman, ciclón Yaku, El Niño costero, Sistema de Corrientes de Humboldt, acoplamiento océano-atmósfera

Citar como Manay, R., Montes, I., Sulca, J., Castellón, F., & Segura, B. (2023). Afloramiento costero peruano en presencia del ciclón Yaku durante marzo de 2023. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 08, págs. 12-15.

Resumen

Un sistema ciclónico, denominado Yaku, se configuró en medio de las condiciones anómalas de El Niño costero 2023 durante marzo, contribuyendo a un conjunto de cambios en el sistema acoplado océano-atmósfera frente a la costa peruana. Datos satelitales de temperatura superficial del mar (TSM), esfuerzo del viento y precipitación (PR) fueron analizados (anomalías) para marzo de 2023. Los resultados revelaron que además de las fuertes anomalías positivas para la TSM y PR, el afloramiento costero se vio fuertemente debilitado, especialmente entre las latitudes de los 3° S a los 12° S, del 7 al 13 de marzo, periodo en el que el ciclón Yaku estuvo más próximo a la costa peruana.

1. Introducción

El Niño, al desarrollarse en la región 1+2 del océano Pacífico tropical este, tiene un impacto directo en la costa norte peruana (Echevin et al., 2018) y provoca cambios en el acoplamiento océano-atmósfera en la región ecuatorial y en la región costera. Las alteraciones incluyen el incremento de la estratificación térmica, profundización de la termoclina, cambios en el afloramiento costero (Bograd et al., 2023) y aumento de precipitaciones pluviales en la zona continental (Takahashi y Martínez,

2017). Los mecanismos físicos necesarios para que se pueda producir este evento de tipo interanual, a escala global o local, incluyen alteraciones a escala intraestacional como la oscilación Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés) y la llegada de ondas de Kelvin cálidas o pulsos intermitentes de vientos del oeste, entre otros (Timmermann et al., 2018).

Durante marzo de 2023, mientras se registraba un aumento de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico (ENFEN, 2023) y una condición extraordinaria de la fase 8 de la MJO (categoría 3, <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>), se observó el desarrollo de un sistema ciclónico de características tropicales no organizadas, de baja presión atmosférica, con rotación horaria, denominado ciclón Yaku (SENAMHI, 2023a; 2023b). Este evento provocó fuertes precipitaciones en la costa y sierra norte-centro del Perú. Según Wheeler y Hendon (2004), la fase 8 de la MJO induce vientos anómalos del oeste en el océano Pacífico este en los niveles bajos, los cuales inducen circulaciones ciclónicas a través del proceso mecánico de cizalladura. Estos ciclones de bajo nivel no son extensos y profundos (altos) por la predominancia de las condiciones frías en el océano Pacífico este.

El desplazamiento del ciclón Yaku, junto con el efecto propio de El Niño costero en curso, habría generado impactos en los mecanismos físicos propios en el

subsistema océano-atmósfera del Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH), así como en los procesos asociados a la dinámica de Ekman, es decir, en el transporte y bombeo de Ekman, los cuales traen aguas frías y ricas en nutrientes a la superficie que promueven altas tasas de productividad biológica (Chereskin & Price, 2019). En tal sentido, esta investigación tiene como propósito describir los cambios en el afloramiento costero (transporte y bombeo de Ekman) durante el paso del ciclón Yaku frente a la costa de Perú en el contexto de El Niño costero en marzo de 2023, además de evidenciar cómo estos eventos disruptivos influyen en el estado promedio del subsistema océano-atmósfera.

2. Metodología

Los datos utilizados en la presente investigación provienen de las observaciones satelitales diarias para temperatura superficial del mar (TSM), extraída de Aqua-MODIS de 9 km de resolución espacial

(Xiong & Barnes, 2006); precipitación (PR), extraída de GPM (Global Precipitation Mission) con resolución de 10 km, y esfuerzo de viento extraído de ASCAT con resolución de 25 km (Bentamy et al., 2021). Con este último se calculó el transporte y bombeo de Ekman siguiendo la metodología de Manay et al. (2021).

Una vez obtenidos los datos, se calcularon las anomalías de la TSM, la PR y el esfuerzo del viento mediante la diferencia entre el valor absoluto diario menos el valor climatológico mensual correspondiente. Estas anomalías fueron promediadas del 7 al 13 de marzo de 2023 (Figura 1) para observar las condiciones del acoplamiento océano-atmósfera durante el desarrollo del ciclón Yaku próximo a la costa norte-centro de Perú. Además, para observar el estado del afloramiento costero (transporte más bombeo integrado), se utilizaron valores absolutos (valores positivos, movimientos verticales ascendentes-afloramiento, valores negativos, condiciones opuestas-hundimiento).

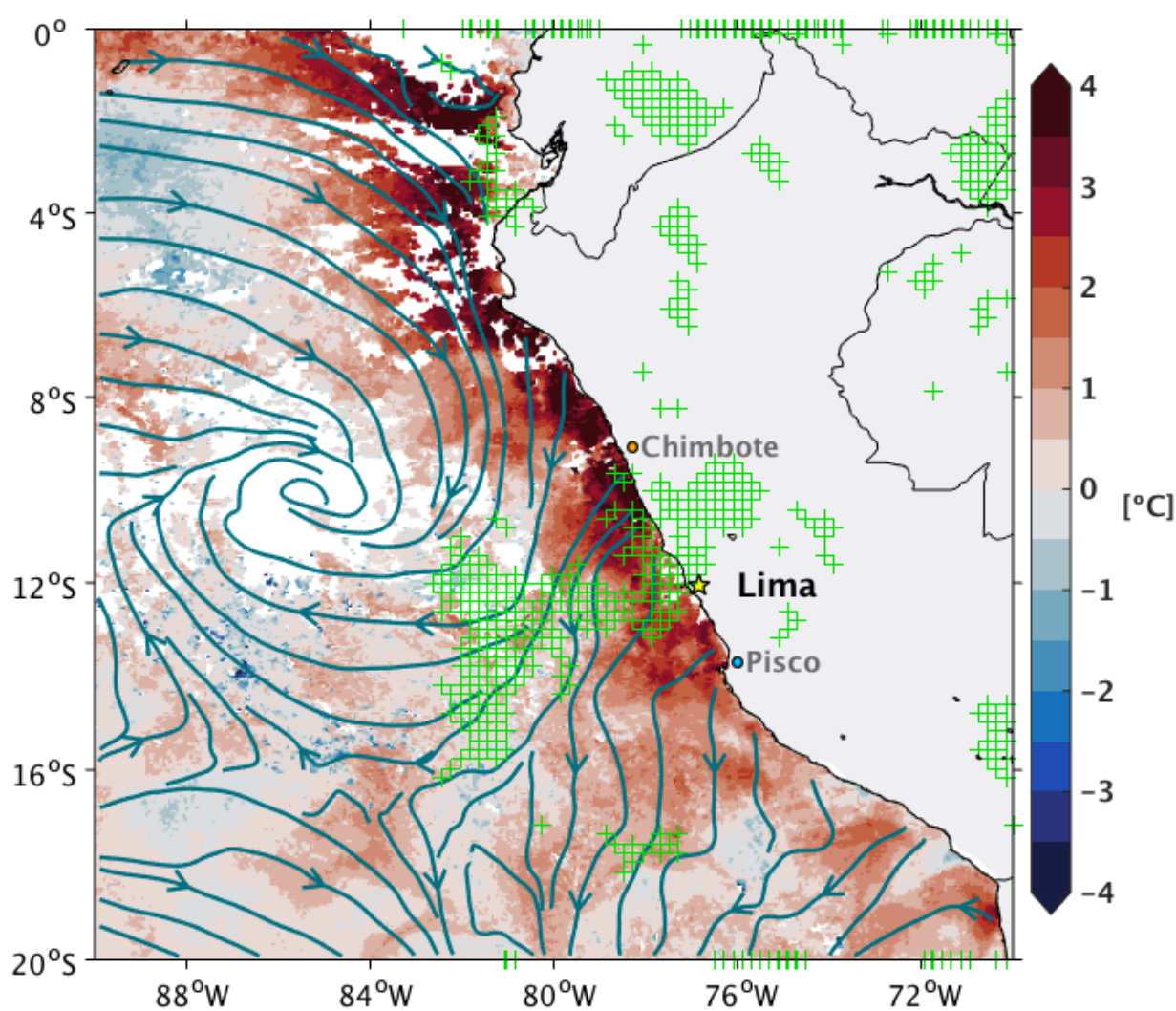


Figura 1. Anomalías de la TSM (matices de colores azul-disminución y rojo-incremento), la PR (parches verdes representa anomalías positivas mayores a 25 mm.día⁻¹, umbral seleccionado para claramente visualizar las precipitaciones extremas) y el esfuerzo de viento (líneas verde oscuro denotando el ciclón Yaku) entre los días 7 al 13 de marzo de 2023. Las regiones blancas en el océano representan valores faltantes (NaN) de TSM debido a la alta nubosidad.

3. Resultados preliminares

En la semana del 7 al 13 de marzo se registraron fuertes condiciones anómalas tanto del océano como de la atmósfera. Anomalías positivas superiores a 4 °C se registraron especialmente en la costa norte-centro del Perú (desde los 3° S hasta aproximadamente los 10° S). Tales anomalías estuvieron muy replegadas a la costa, donde abarcaron zonalmente los primeros 150-200 km costa afuera (Figura 1). A mayores latitudes también se presentaron anomalías positivas, aunque con menor intensidad y de forma dispersa (a partir de los 15° S, con anomalías positivas cerca de los 16.5° S y 18° S).

Durante este periodo, la circulación atmosférica mostró una intensificación de los vientos provenientes del oeste y los vientos del norte de Ecuador, lo cual promovió la formación del sistema ciclónico Yaku (Figura 1). La formación y desarrollo de este sistema ciclónico de características tropicales fue retroalimentado positivamente por las condiciones cálidas del océano frente a Perú, lo que habría traído más humedad hacia la costa peruana (SENAMHI, 2023b). Esto ocasionó mayor convectividad, superponiendo la señal de El Niño costero en desarrollo, lo que se tradujo en mayores precipitaciones pluviales en la costa y sierra norte-centro. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) las precipitaciones ocurridas en la quincena de marzo lograron superar récords

históricos (SENAMHI, 2023a) que causaron la activación de quebradas e inundaciones producto de las intensas lluvias. La Figura 1 muestra las anomalías positivas superiores a 25 mm.día⁻¹ frente a la costa de Lima (zona centro del Perú), producto del ingreso de humedad advectada por el ciclón Yaku.

Los procesos acoplados del océano-atmósfera que controlan el afloramiento costero, es decir, el transporte y bombeo de Ekman, mostraron cambios muy importantes durante el desarrollo y paso del ciclón Yaku. En la Figura 2 se muestra un cambio en el desplazamiento vertical muy significativo del 5 al 17 de marzo de 2023. Durante todo el paso del ciclón, conforme se iba acercando a la costa, las masas de agua pasaron de una divergencia (afloramiento) a una convergencia (hundimiento), entre los 3° S (Tumbes) y los 12° S (Lima). Especialmente, del 9 al 11 de marzo, cuando el ciclón se encontraba más cercano a la costa, la intensidad del hundimiento alcanzó valores de, aproximadamente, -1 m².s⁻¹. Una vez el ciclón se fue alejando de la costa y debilitándose, el proceso de convergencia permaneció hasta alrededor del 17 de marzo, donde se vio la recuperación del proceso de afloramiento. Por tanto, el paso del ciclón Yaku habría contribuido a la estratificación térmica (hundimiento de la termoclina), por lo que habría que analizar el impacto que tuvo en mantener la condición cálida del océano producto de El Niño costero 2023 y la retroalimentación con la MJO.

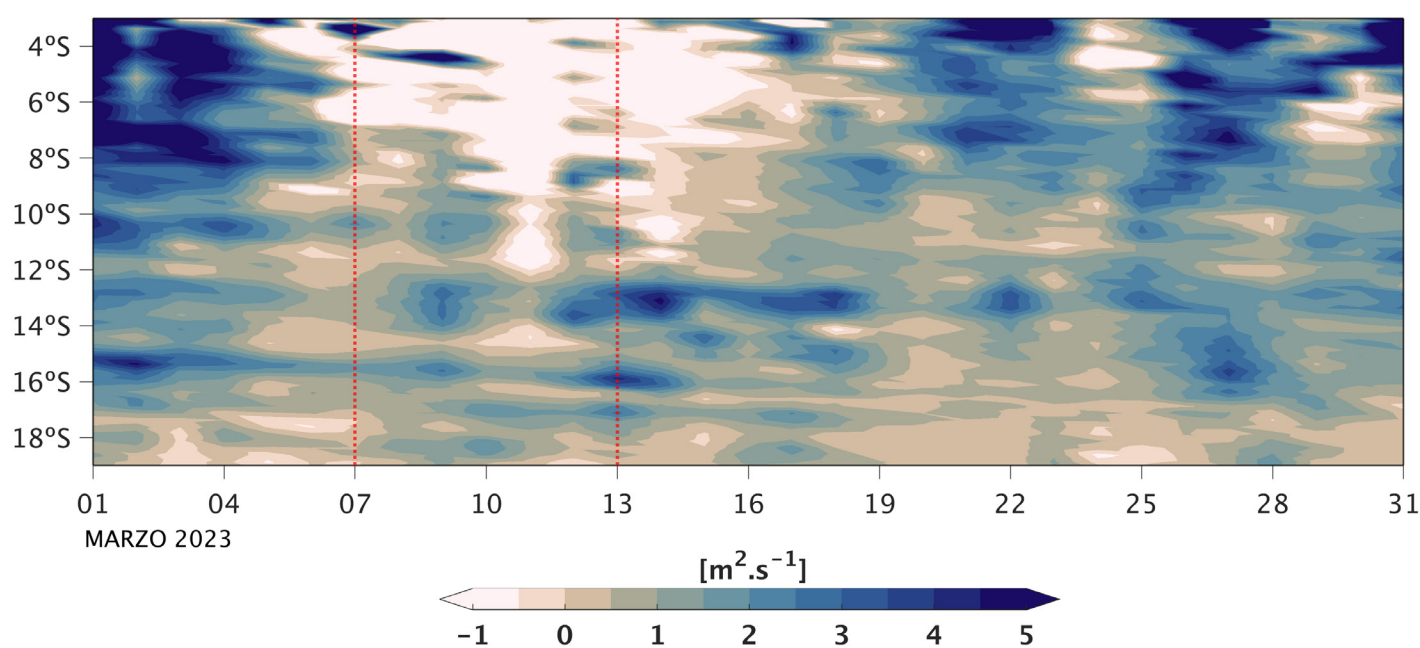


Figura 2. Afloramiento costero (dentro de los primeros 150 km) a lo largo de la costa de Perú durante el mes de marzo de 2023. La escala de colores va de valores negativos (hundimiento) hacia valores positivos (afloramiento costero). Las líneas discontinuas rojas indican la fecha en la que el sistema ciclónico Yaku tuvo mayor proximidad e implicancias para las condiciones climáticas en Perú.

4. Comentarios

Durante el paso del ciclón Yaku en marzo de 2023 se presentaron cambios en la dinámica del afloramiento costero, es decir, en el transporte y el bombeo de Ekman, lo que generó un hundimiento de las masas de agua que se prolongó aún durante su fase de disipación. Esto supone, además, que también hubo cambios en la biogeoquímica de las masas de agua y el funcionamiento y dinámica del SCH.

En tal sentido, esta investigación continuará con la evaluación de la dinámica del Yaku y sus impactos en diferentes variables oceánicas y meteorológicas a través de datos observacionales y el modelo numérico acoplado que viene desarrollando el Instituto Geofísico del Perú (IGP) (Segura et al., 2021; Castellón et al., 2023).

Referencias

- Bentamy, A., Grodsky, S. A., Cambon, G., Tandeo, P., Capet, X., Roy, C., Herbert, S., & Grouazel, A. (2021). Twenty-seven years of scatterometer surface wind analysis over eastern boundary upwelling systems. *Remote Sensing*, 13(5), 1–28. <https://doi.org/10.3390/rs13050940>
- Bograd, S. J., Jacox, M. G., Hazen, E. L., Lovecchio, E., Montes, I., Pozo Buil, M., Shannon, L. J., Sydeman, W. J., & Rykaczewski, R. R. (2023). Climate Change Impacts on Eastern Boundary Upwelling Systems. *Annual Review of Marine Science*, 15, 303–328. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-032122-021945>
- Castellón, F., Berlin, S., y Montes, I. (2023). Validación de la componente atmosférica del sistema acoplado regional océano-atmósfera del Pacífico sudeste. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 10(1), 9-12.
- Chereskin, T. K., & Price, J. F. (2019). Upper ocean structure: Ekman transport and pumping. In *Encyclopedia of Ocean Sciences* (Issue April). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11161-3>
- Echevin, V., Colas, F., Espinoza-Morriberon, D., Vasquez, L., Anculle, T., & Gutierrez, D. (2018). Forcings and evolution of the 2017 Coastal El Niño Off Northern Peru and Ecuador. *Frontiers in Marine Science*, 5(OCT). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00367>
- ENFEN 2023 <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5367>
- Manay, R., Mosquera, K., Montes, I. (2021). El ciclo estacional de la dinámica de Ekman a lo largo de la costa peruana. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 8 N° 01. pág. 15-19.
- Segura, B. y Montes, I. (2021). Análisis de sensibilidad del sistema acoplado regional COW para el Pacífico sudeste. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 8(2), 12-17.
- SENAMHI, M. del A. (2023a). *Análisis del periodo de lluvias a nivel nacional 2022 - 2023*.
- SENAMHI, M. del A. (2023b). *Boletín climático nacional - Marzo 2023*.
- Takahashi, K., & Martínez, A. G. (2017). The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>
- Timmermann, A., An, S.-I., Kug, J.-S., Jin, F.-F., Cai, W., Capotondi, A., Cobb, K. M., Lengaigne, M., McPhaden, M. J., Stuecker, M. F., Stein, K., Wittenberg, A. T., Yun, K.-S., Bayr, T., Chen, H.-C., Chikamoto, Y., Dewitte, B., Dommenges, D., Grothe, P., ... Zhang, X. (2018). El Niño–Southern Oscillation complexity. *Nature*, 559(7715), 535–545. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0252-6>
- Wheeler, MC, Hendon, HH (2004). An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review*, 132, 1917–1932. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2004\)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2)
- Xiong, X., & Barnes, W. (2006). An overview of MODIS radiometric calibration and characterization. *Advances in Atmospheric Sciences*, 23(1), 69–79. <https://doi.org/10.1007/s00376-006-0008-3>