

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE LAS MASAS DE AGUA DEL MAR PERUANO

Ivonne Montes¹, Berlín Segura¹, Gerardo Rivera¹ y Kobi Mosquera¹

RESUMEN

El presente avance de investigación analiza la distribución de masas de agua durante enero-marzo de 2017 (moderado cálido), 2018 (frío débil), 2019 (cálido débil) y 2020 (neutro) frente a la costa norte del Perú. Para construir un diagrama T-S se utilizan los datos colectados por un flotador (3901231) del programa ARGO que fue lanzado en el año 2016 durante El Niño 2015-2016. Los resultados preliminares muestran una variabilidad en la presencia de las masas agua en la costa norte de Perú.

Palabras clave: *masas de agua, flotadores, diagramas T-S, diagrama σ - π*

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como Montes, I., Segura, B., Rivera, G. y Mosquera, K. (2022). Análisis de las masas de agua del mar peruano. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 9 n.º 07, págs. 14-18.

INTRODUCCIÓN

Una manera de entender la dinámica de la circulación en el océano ha sido mediante la identificación y el análisis de las masas de agua. Este análisis fue la principal herramienta para el descubrimiento y descripción de los aspectos centrales de la dinámica del océano en el periodo transcurrido entre la primera y segunda guerra mundial (Tomczack, 1999).

Las masas de agua se definen como cuerpos de agua que pueden ser identificados por ciertos valores de temperatura, salinidad y concentraciones de oxígeno, silicato, tritio, fluorcarbono u otros trazadores (Steward, 2003); que se desarrollan y decaen en escalas de tiempo asociadas con el clima (Tomczack, 1999), es decir, escalas temporales mayores a un mes.

Los oceanógrafos físicos tomaron prestado el concepto de masa de agua de la meteorología, que clasifica diferentes características de la atmósfera como «masas de aire» (Emery, 2003). En lo indicado por Tomczak (1999), «se define una masa de agua como un cuerpo de agua con una historia de formación común, que tiene su origen en una región particular del océano. Al igual que las masas de aire en la atmósfera, las masas de agua son entidades físicas con un volumen medible y, por lo tanto, ocupan un volumen finito en el océano. En su región de formación tienen ocupación exclusiva de una parte particular del océano; en otros lugares comparten el océano con otras masas de agua con las que se mezclan. El volumen total de una masa de agua viene dado por la suma de todos sus elementos independientemente de su ubicación».

Al ocupar regiones del océano, las masas de agua pueden ser transportadas o advectadas por los sistemas de corrientes regionales y formar sistemas frontales donde se encuentren; pudiendo los frentes entre masas de agua estar asociados con un aumento de la intensidad de la corriente y la turbulencia, y con un movimiento vertical significativo (Tomczak, 1999). Las masas de agua, al representar el estado termohalino del océano y la circulación oceánica, también permiten identificar los procesos dominantes que controlan el clima planetario y las características oceanográficas regionales más importantes al analizar su formación y transformación (Stanev et al., 2019). Cabe señalar también que las propiedades de las masas de agua pueden influenciar los patrones de biodiversidad y la biogeografía de la megafauna marina, especialmente de los ecosistemas de agua profunda —mayores a 200 m— (Puerta et al., 2020).

Si consideramos el rol del océano frente al cambio climático, se puede decir que el océano ha absorbido más del 90 % del exceso de calor producto por el calentamiento global del planeta y entre el 20 y 30 % del CO_2 antropogénico, lo que ha promovido cambios físicos y químicos en el océano (IPCC SROCC, 2019). Actualmente, las variaciones experimentadas incluyen los cambios en temperatura y salinidad de la parte superior del océano, pero también se muestran cambios en la distribución de masas de agua profundas (Silvy et al., 2020). Mientras que, en ciertas regiones, como

Foto: RIP bi3gl

el caso del Mar Negro, se registra la desaparición de masas de agua específicas como consecuencia del cambio climático (Stanev et al., 2019).

En tal sentido, esta investigación busca ampliar el conocimiento sobre las masas de agua y su variabilidad en el Sistema de Corrientes de Humboldt. Para esto, se usan los datos provenientes de los flotadores del Programa Argo. Este último es un programa internacional que provee información de temperatura (T), salinidad (S) y variables biogeoquímicas sobre los 2000 metros de la columna de agua mediante la colecta con instrumentos oceanográficos autónomos denominados flotadores-perfiladores Argo (Wong et al., 2019). Este programa se suma al esfuerzo de observación del océano en tiempo real, proporcionando libre acceso a los datos (por ejemplo, <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard?Status=Active>).

METODOLOGÍA

Históricamente la identificación de masas de agua ha sido mediante el análisis de los denominados diagramas T-S (p. ej., Mamayev, 1975; Figura 1b), que se construye a partir de los datos de temperatura y salinidad del mar colectados en un mismo punto a diferentes profundidades (Schneider et al., 2004), es decir en estaciones oceanográficas. Por lo que, el presente avance de investigación hará uso de los datos de uno de los flotadores ARGO (3901231), el cual fue lanzado en el año 2016 durante el evento El Niño 2015/2016 (Pizarro et al., 2016). Este flotador, durante su tiempo de funcionamiento, se localizó frente a la costa norte y sur de Perú y Ecuador, respectivamente (Figura 1a). La distribución de masas de agua se realizó durante los siguientes periodos: cálido moderado (enero-marzo 2017), frío débil (enero-marzo 2018), cálido débil (enero-marzo 2019) y neutro (enero-marzo 2020), según el Índice Costero El Niño (ICEN, Takahashi et al., 2014).

RESULTADOS PRELIMINARES Y PERSPECTIVAS

El análisis preliminar del diagrama T-S muestra que durante los periodos cálidos (moderado 2017 y débil 2019) sólo 4 masas de agua estuvieron presentes en la columna de agua: Agua Ecuatorial Superficial (ESW por sus siglas en inglés), Agua Ecuatorial Subsuperficial (ESSW por sus siglas en inglés), Agua Intermedia Antártica (AAIW por sus siglas en inglés) y Agua Profunda del Pacífico (PDW por sus siglas en inglés). Mientras que durante el periodo frío débil 2018 y neutro 2020 se le sumó la presencia de Agua Tropical Superficial (TSW por sus siglas en inglés).

Si bien esta metodología permite identificar las masas de agua, los límites de las masas de agua y sus centros no son fácilmente detectables, especialmente por sobre los 500 m de profundidad donde las curvas exhiben alta mezcla vertical. Por lo que, en lo que sigue de esta investigación, se utilizará la metodología propuesta por Gao et al. (2020) que relaciona la densidad potencial (σ ; sigma) y el spiciness (π ; pi) mediante el diagrama sigma-pi (también conocido como σ - π , Figura 2) para afinar la clasificación de masas de agua en el océano Pacífico este. Asimismo, se analizarán los procesos físicos que pueden haber provocado la variabilidad de las masas de agua.

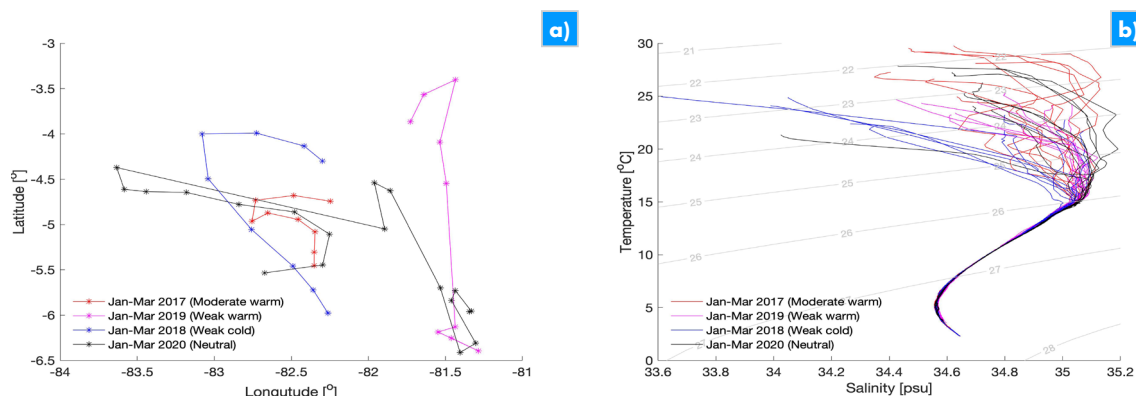


Figura 1. a) Diagrama "spaguetti" mostrando la trayectoria del flotador durante enero-marzo 2017 (moderado cálido), 2018 (frío débil), 2019 (cálido débil) y 2020 (neutro). b) Salinidad graficada en función de la temperatura en un diagrama T-S durante los cuatro periodos identificados.

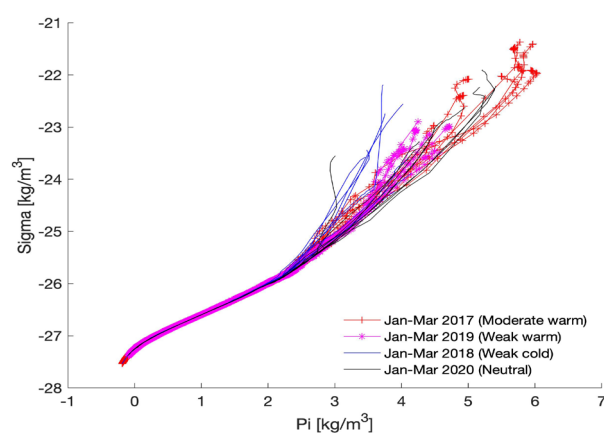


Figura 1. Curvas σ - π para todos los datos colectados durante enero-marzo 2017 (moderado cálido), 2018 (frío débil), 2019 (cálido débil) y 2020 (neutro).

REFERENCIAS

Emery, W.J. (2019). Water Types and Water Masses en J. Kirk Cochran, Henry Bokuniewicz y Patricia Yager (Eds.), *Encyclopedia of Ocean Sciences* (pp. 169-179).

Gao, Y., Huang, R. X., Zhu, J., Huang, Y., y Hu, J. (2020). Using the sigma- π diagram to analyze water masses in the northern South China Sea in spring. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(7), e2019JC015676. <https://doi.org/10.1029/2019JC015676>

IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte,

V., P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)). In Press.

Mamayev, O.I. (1975). Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Waters. Elsevier Oceanogr. Ser.

Pizarro, L., Ferrer, C. y Piotrowicz, S. (2016). Despliegue de boyas ARGO para el estudio y monitoreo del fenómeno El Niño. *Boletín Trimestral Oceanográfico*, 2(1), 23-24. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3044>

Puerta, P., Johnson, C., Carreiro-Silva, M., Henry, L-A., Kenchington, E., Morato, T., Kazanidis, G., Rueda, J. L., Urrea, J., Ross, S., Wei, C-L., González-Irusta, J. M., Arnaud-Haond, S. y Orejas, C. (2020). Influence of Water Masses on the Biodiversity and Biogeography of Deep-Sea Benthic Ecosystems in the North Atlantic. *Front. Mar. Sci.* <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00239>

Schneider W., Fuenzalida, R. y Garcés J. (2004). Capítulo 10 Corrientes marinas y masas de agua. *En Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/06.pdf>

Sily, Y., Guilyardi, E. Sallée, JB. y Durack P. (2020). Human-induced changes to the global ocean water masses and their time of emergence. *Nat. Clim. Chang.*, 10, 1030–1036. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0878-x>

Stanev, E.V., Peneva, E., y Chtirkova, B. (2019). Climate change and regional ocean water mass disappearance: Case of the Black Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(7), 4803–4819. <https://doi.org/10.1029/2019JC015076>

Stewart, R.H. (2008). Introduction to physical oceanography. <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/160216>

Takahashi, K., Mosquera, K. y Reupo, J. (2014). El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización, *Boletín Técnico «Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño»*, Instituto Geofísico del Perú, 1(2), 8-9.

Tomczak M. (1999). Some historical, theoretical and applied aspects of quantitative water mass analysis. *Journal of Marine Research*, 57(2), 275–303. <https://doi.org/10.1357/002224099321618227>

Wong, A.P., Wijffels, S.E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D., ... y Park, H. (2020). Argo Data 1999-2019: Two Million Temperature-Salinity Profiles and Subsurface Velocity Observations From a Global Array of Profiling Floats. *Front. Mar. Sci.* 7:700. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00700>