

Balance de salinidad en la región Niño 1 y Niño 2

Víctor Rojas e Ivonne Montes
Instituto Geofísico del Perú

La salinidad es una de las propiedades físicas del océano que está referida a la cantidad total de material disuelto en gramos por kilogramos de agua de mar. Su importancia radica en que el contenido de sal modifica algunas propiedades del mar, como por ejemplo, la densidad, la compresibilidad, la temperatura de congelación y la conductividad (Stewart, 2009). Además, los cambios de estas propiedades influyen en la biodiversidad marina (Wang and Fiedler, 2006), el nivel del mar (Steele y Ermold, 2007) y la capacidad del océano para almacenar calor (IPCC, 2007).

A nivel global, la salinidad varía de un lugar a otro; por ejemplo las salinidades altas se localizan en las regiones subtropicales del océano donde la evaporación excede a la precipitación y, por otro lado, las salinidades bajas se localizan en las regiones tropicales y latitudes altas donde la precipitación excede a la evaporación (Yu, 2011), tal como se puede observar en la Figura 1. En gran medida, la distribución de salinidad horizontal del océano en la superficie refleja el intercambio de agua dulce debido al balance entre la precipitación y la evaporación. Sin embargo, la circulación oceánica, que favorece el transporte de propiedades de un lugar a otro, también afecta la distribución regional (IPCC, 2007), a lo cual se le suma los procesos verticales tipo mezcla ("entrainment" o arrastre entre capas interiores del océano) desarrollados en la capa más activa del océano, es decir la capa de mezcla (Curry et al., 2003; Ren y Riser, 2009). Por tanto, la salinidad obedece

a un balance complejo de procesos dinámicos y termodinámicos, los cuales se desarrollan en diferentes escalas espacio-temporales y que puede ser un importante indicador de cambios locales o remotos.

En la última década, la mayor atención ha sido dada al estudio de la salinidad del océano debido a que se han registrado cambios globales de esta variable en la superficie y que está relacionado a una fuerte intensificación del ciclo hidrológico global del agua, entre 1950 y 2000 (Durack et al., 2012). Esta relación permite que el cambio en la salinidad sea empleada como un indicador del calentamiento global, así como de la variabilidad climática (IPCC, 2007). Respecto a la región Niño 1 y Niño 2 (ver Figura 1), aunque se han hecho esfuerzos para tener una figura general (e.g., Yu, 2011), la escasa distribución espacio-temporal de datos no ha permitido tener evidencia clara respecto a los cambios de la salinidad y los procesos que modulan su variabilidad.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es identificar y entender los mecanismos que gobiernan la dinámica estacional de la salinidad en las regiones Niño 1 y Niño 2 bajo condiciones promedio y la influencia de la variabilidad interanual; esto se hace siguiendo la metodología de Yu (2011) y Ren y Riser (2009). Dicha metodología establece los principales términos responsables de los cambios temporales de la salinidad ($\frac{\partial S}{\partial t}$) que tienen lugar dentro de la

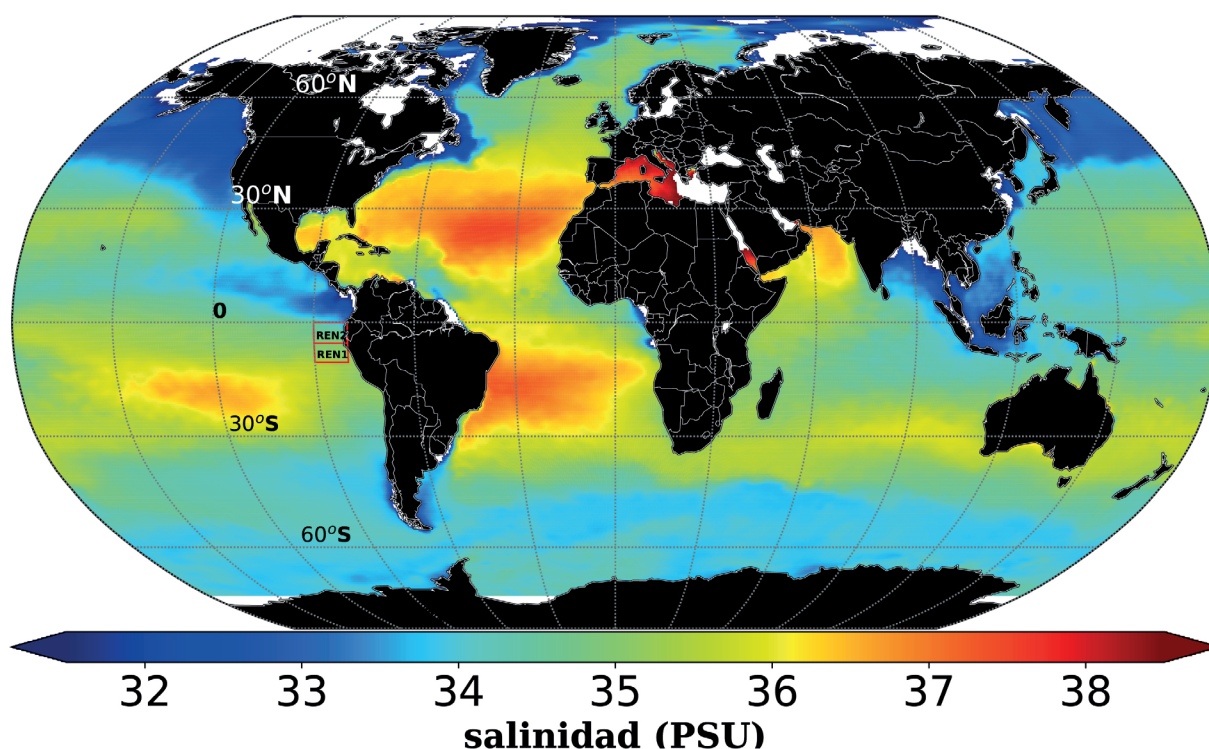


Figura 1. Promedio anual de la distribución horizontal de la salinidad superficial del mar extraído de la base de datos CARS 2009. Los cuadros de color rojo en la costa oriental de América del Sur indican la región Niño 1 (REN1) y Niño 2 (REN2).

capa de mezcla (h_m); los cuales están asociados a los flujos superficiales de agua fresca ($\frac{(E-P) \cdot S}{h_m}$) debido a la precipitación (P) y evaporación (E), la advección de salinidad debido al transporte horizontal de Ekman y geostrofia ($U \cdot \nabla S$) y la advección vertical de salinidad ($\frac{w_e \cdot \Delta S}{h_m}$) a causa del arrastre (w_e) sobre la base de la capa de mezcla. Para ello, se calcula cada término de la ecuación 1 utilizando los datos climatológicos provenientes de fuentes internacionales (temperatura y salinidad de CSIRO Atlas Of Regional Seas (CARS, 2009); evaporación y precipitación del International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set ICOADS (Smith, 1968) y la velocidad geostrofica de GEKCO (Sudre et al., 2013)).

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{(E-P) \cdot S}{h_m} - U \cdot \nabla S - \frac{w_e \cdot \Delta S}{h_m} \quad (1)$$

Los resultados preliminares de la aplicación de la metodología propuesta por Yu (2011) y Ren y Riser (2009) muestran que, bajo las condiciones promedio, si bien ambas zonas tropicales (Niño 1 y Niño 2) se encuentran influenciadas por un fuerte gradiente horizontal de salinidad, por anomalías de temperatura superficial del mar y por un complejo sistemas de corrientes oceánicas, los procesos que determinan

la variabilidad de la salinidad son muy diferentes. En términos del balance de salinidad, en promedio, ambas regiones presentan un balance negativo; sin embargo, exhiben órdenes de magnitudes diferentes, tal como se observa en la Figura 2. La advección es el proceso dominante para la remoción de sal en ambas regiones mientras que, el término de evaporación-precipitación favorece al almacenamiento de sal.

REFERENCIAS

CARS (cars2009a v1.1, 12 July 2009). www.marine.csiro.au/atlas. Csiro atlas of regional seas

Curry, R., Dickson, B., and Yashayaev, I. (2003). A change in the freshwater balance of the atlantic ocean over the past four decades. *Nature*, 426(6968), 826.

Durack, P. J., Wijffels, S. E., and Matear, R. J. (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *science*, 336(6080):455–458.

Foltz, G. R., Grodsky, S. A., Carton, J. A., and McPhaden, M. J. (2004). Seasonal salt budget of the northwestern tropical atlantic ocean along 38°W. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C3).

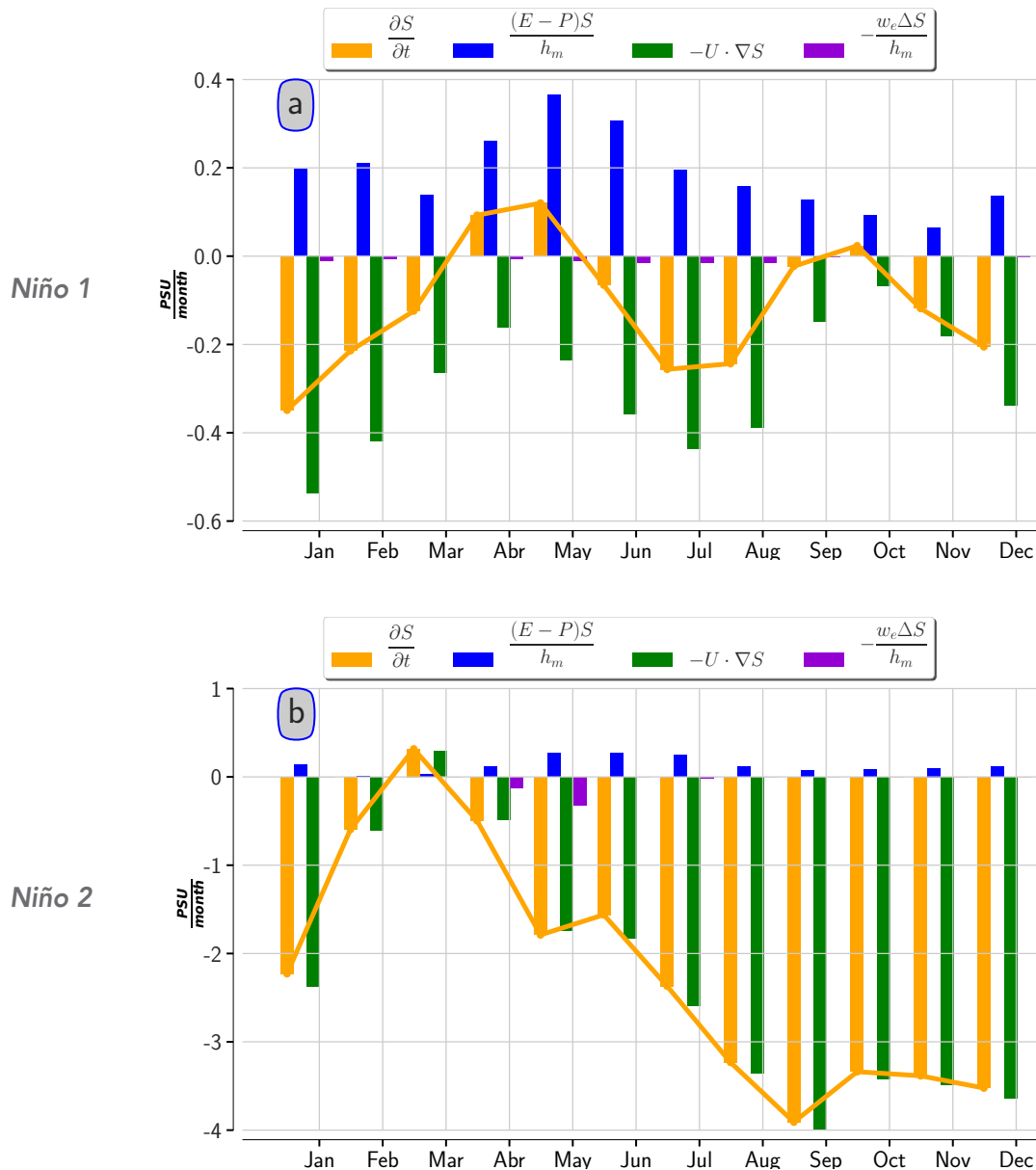


Figura 2. Balance de salinidad mensual promedio para la región Niño 1 (a, REN1) y Niño 2 (b, REN2).

N. L. Bindoff et al., in Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007), pp. 385–432.

Ren, L. and Riser, S. C. (2009). Seasonal salt budget in the northeast Pacific ocean. *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 114(C12).

Stewart, R. (2009). *Introduction to physical oceanography*. University Press of Florida, 9781616100452.

Steele, M. and Ermold, W. (2007). Steric sea level change in the northern seas. *Journal of Climate*, 20(3):403–417.

Sudre, J., Maes, C., and Garçon, V. (2013). On the global estimates of geostrophic and Ekman surface currents. *Limnology and Oceanography: Fluids and Environments*, 3(1), 1–20.

Wang, C. and Fiedler, P. C. (2006). ENSO variability and the Eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2-4), 239–266.

Yu, L. (2011). A global relationship between the ocean water cycle and near-surface salinity. *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 116(C10).