

## AVANCE DE INVESTIGACIÓN

# VALIDACIÓN DEL CICLO ANUAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DE DOS REANALYSIS (GLORYS12V1 Y PSY4V3) FRENTE A LA COSTA PERUANA

**Fernando Campos <sup>1</sup> y Kobi Mosquera <sup>1</sup>**

## RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados de la validación del ciclo anual de la temperatura superficial del mar (TSM), frente a la costa de Perú y el extremo norte de Chile, simulado por dos modelos globales de alta resolución espacial, GLORYS12V1 y PSY4V3, distribuidos por CMEMS. La validación se realiza confrontando la información de los modelos con datos observados de la TSM del producto denominado MUR (Multi-scale Ultra-High Resolution). Los resultados demuestran que el modelo PSY4V3 es más preciso que GLORYS12V1, ya que este último muestra diferencias en la máxima amplitud del ciclo anual, así como una mayor diferencia cerca a la costa. Es muy probable que las actualizaciones en los esquemas de asimilación de datos, la mayor cantidad de información asimilada y los forzamientos de superficie hayan mejorado la simulación del ciclo anual de la TSM en el producto PSY4V3.

**Palabras clave:** *Temperatura superficial del mar, ciclo anual, modelos numéricos y reanalysis.*

## AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Citar como: Campos, F., Mosquera, K. (2020) *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 04. pág. 12 -16.*

## INTRODUCCIÓN

Se sabe que el Perú está expuesto a diversos fenómenos naturales cuyos impactos, frente a nuestra vulnerabilidad, pueden generar pérdidas humanas y económicas. Uno de estos, es el fenómeno El Niño, el cual está relacionado con el incremento de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región del Pacífico ecuatorial que, al desarrollarse en el verano austral y frente a la costa de América del Sur, tiene el potencial de provocar intensas lluvias en la costa norte y centro del Perú (Woodman & Takahashi, 2014).

Por este motivo, es importante contar con herramientas para el diagnóstico y predicción de las condiciones oceánicas en el mar peruano: una de ellas es el conocido *reanalysis* oceánico. Este último pretende reconstruir las condiciones oceánicas empleando las leyes físicas que gobiernan el movimiento de los fluidos en conjunto con observaciones precedentes. Asimismo, el éxito de esta herramienta dependerá de la cantidad de información observada que se use para corregir el resultado final.

Al haber poca información frente a la costa peruana que pueda ser utilizada por el *reanalysis*, se hace necesario que este tipo de herramienta numérica sea validada en sus diferentes variables. En esta línea, el presente trabajo tiene como objetivo validar dos *reanalysis* oceánicos distribuidos por el Servicio de Monitoreo del Medio Marino de Copernicus (CMEMS, por sus siglas en inglés; <http://marine.copernicus.eu>) y compararlos con observaciones no asimiladas en ambos modelos. Para esto, se evaluará el ciclo anual de la temperatura superficial del mar (TSM) analizando los cambios en amplitud y fase por medio de un ajuste armónico (Thomson, 2014). La validación se realiza con los productos de MUR (Multi-scale Ultra-High Resolution; Chin et al., 2017), cubriendo el período común de los dos *reanalysis* que va de enero 2016 a diciembre 2018.

La validación del ciclo anual en este trabajo se justifica, pues esta oscilación tiene un rol importante en la dinámica del fenómeno El Niño (Stein et al., 2011; Stuecker et al., 2013) y los modelos numéricos deben representarla con mayor certeza.

## SOBRE LOS REANALYSIS Y MUR

El CMEMS proporciona acceso libre a la información sobre el estado físico y biogeoquímico de los océanos a nivel global y regional, tanto en superficie como a diferentes profundidades. Las bases de datos proporcionadas por esta entidad provienen de diferentes observaciones *in situ* y remotas, así como de los resultados de modelos numéricos. Esta plataforma además cuenta con los resultados, a escala global, de dos modelos numéricos del océano con alta resolución espacial ( $1/12^\circ$ ) y temporal (diaria) que cubren toda la columna de agua. El primero, GLORYS12V1, se usa principalmente para estudios retrospectivos y cubre el intervalo de tiempo que va de diciembre de 1991 a diciembre de 2018. El segundo, PSY4V3, brinda información de las variables físicas del océano con 10 días de pronóstico (Gasparin et al., 2018). Respecto al segundo producto, este tiene diferentes aplicaciones como el manejo de recursos marinos, la seguridad marítima y el pronóstico de las condiciones oceánicas. Además, este producto ha mostrado su efectividad al reproducir procesos físicos en diferentes regiones oceánicas (Lellouche et al., 2013; Drillet et al., 2014; Estournel et al., 2016) y a diferentes escalas espaciales (regional y global, Gasparin et al., 2018).

MUR, por su parte, es una base de datos de la TSM que tiene una alta resolución espacial, la cual se ha generado por la combinación de datos satelitales a diferentes escalas espaciales, mediciones *in situ* de la temperatura y valores de la TSM derivados de la concentración de hielo marino en altas latitudes. Luego, la reconstrucción de las características de la TSM a múltiples escalas espaciales se logra empleando una interpolación objetiva basada en la descomposición de *wavelets*, siendo el producto final una base de datos diaria con un día de retraso, que captura estructuras pequeñas y de gran escala de la TSM (ver más detalle en Chin et al., 2017).

## METODOLOGÍA

Según la metodología empleada en Wyrski (1965), la evolución temporal de la TSM, para cualquier punto, puede ser expresada mediante un análisis armónico de la siguiente forma:

$$TSM(t) = TSM_{\text{mean}} + \sum_i A_i \cos(tW_i + D_i) + e(t)$$

Donde el término de la izquierda representa el valor observado de la TSM para un tiempo  $t$ ; el primer término de la derecha indica el valor medio de la TSM; el segundo término representa las componentes periódicas, tales como el ciclo anual y semianual entre otros, donde  $A_i$  y  $W_i$  y  $D_i$  representan la amplitud, la frecuencia y la fase de la  $i$ -ésima componente, respectivamente; y el tercer término,  $e(t)$ , indica todo aquello que no puede ser representado por variaciones periódicas. El análisis de este trabajo se concentra en el término que representa las componentes periódicas, específicamente con respecto al ciclo anual de la TSM.

## RESULTADOS PRELIMINARES

En las tres bases de datos, la amplitud del ciclo anual (Figura 1a-c) se caracteriza principalmente por tres regiones: 1) una región con valores menores a 2°C, localizada en la franja ecuatorial hasta Tumbes; 2) una franja costera con valores menores a 3°C, que se inicia en 5°S y se extiende hacia el sur; y 3) una zona con valores mayores a 3°C que se localiza más allá de la franja costera, la cual es más extensa hacia el oeste en el norte que en el sur.

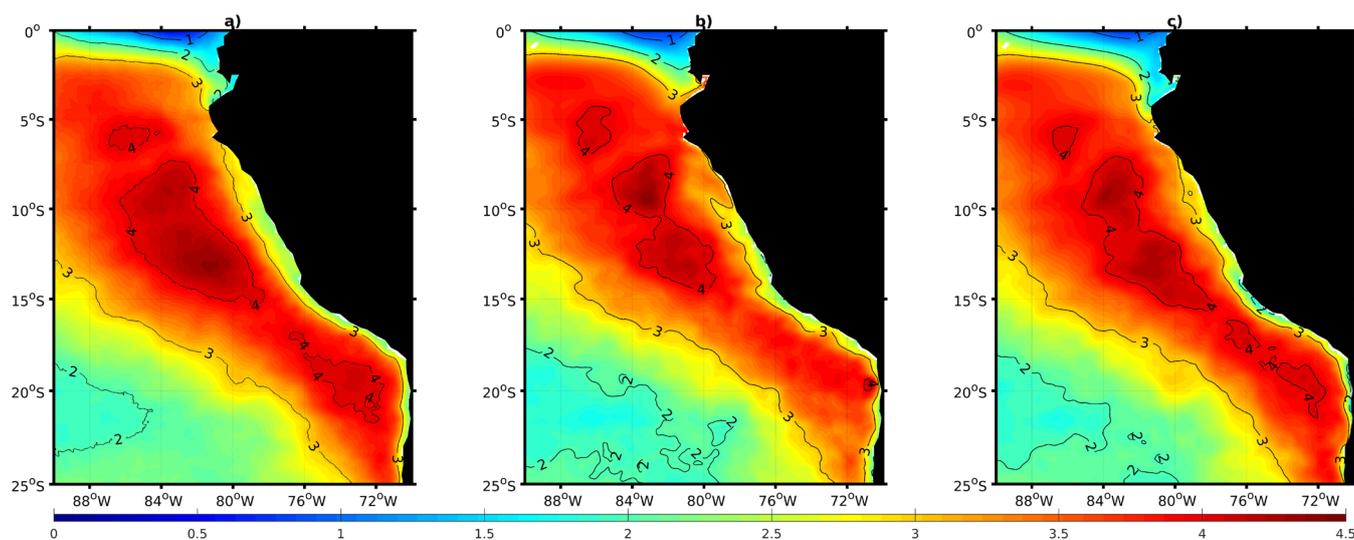


Figura 1. Amplitud del ciclo anual (en °C) de la TSM cubriendo el período 2016-2018 en tres diferentes bases de datos: a) MUR, b) GLORYS12V1 y c) PSY4V3

Por otro lado, las diferencias más notorias se mostraron al interior de la región cálida (zona 3), donde se observan dos núcleos con valores mayores a  $4^{\circ}\text{C}$ , según los datos de satélite (Figura 1a). Aunque PSY4V3 presentó estos núcleos, su distribución espacial fue menor que en las observaciones, principalmente, en el núcleo central y sur. GLORYS12V1, por su parte, no desarrolló los núcleos cálidos al sur, mientras que el núcleo central mostró una distribución espacial menor a los demás. Otra clara diferencia fue observada en la franja costera fría, donde se desarrolla el afloramiento costero, la cual se mostró menos extendida al norte en GLORYS12V1.

La fase del ciclo anual (Figura 2) mostró mayor similitud en sus resultados, con diferencias principalmente en una franja cercana a la costa, extendida desde el dominio sur y los  $14^{\circ}\text{S}$  donde la fase fue superior a  $-1$  rad. En esta región, los datos de GLORYS12V1 se dividieron en dos subregiones una centrada a  $\sim 12^{\circ}\text{S}$  y la otra extendida desde los  $14^{\circ}\text{S}$  hasta la parte sur del dominio.

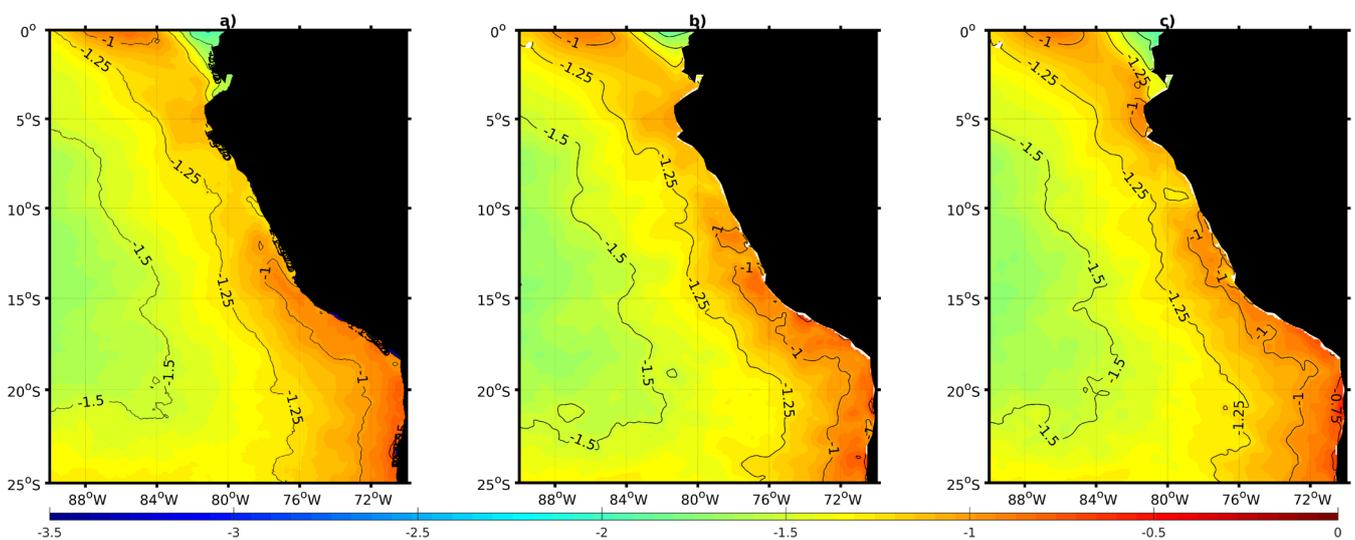


Figura 2. Fase del ciclo anual (en radianes) de la TSM cubriendo el período 2016-2018 en tres diferentes bases de datos: a) MUR, b) GLORYS12V1 y c) PSY4V3.

## CONCLUSIONES

Estos resultados indican que la principal diferencia en el ciclo anual entre los dos productos globales distribuidos por CMEMS y la información observada se desarrolla en la amplitud de la señal, encontrándose que fue más realista en el caso de PSY4V3. Si bien varios factores pueden ser los responsables de estas diferencias; como son las condiciones iniciales, forzantes atmosféricas, datos asimilados, así como esquemas de asimilación (Fernandez et al., 2018; Lellouche et al., 2015); es necesario discernir cuál de ellos es de mayor importancia. Como se menciona en Lellouche et al. (2018), las actualizaciones realizadas en los esquemas de asimilación de datos en el sistema PSY4V3, además de las correcciones de los campos atmosféricos y la entrada de agua dulce, producen mejoras al reproducir los diferentes procesos tanto superficiales como subsuperficiales, lo cual se ve reflejado en este trabajo. Más adelante, para completar la validación de este producto, se analizará la variación semianual, intraestacional e interanual.

## REFERENCIAS

- Chin, T. M., Vazquez-Cuervo, J., & Armstrong, E. M. (2017). A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature. *Remote sensing of environment*, 200, 154-169.
- Drillet, Y., Lellouche, J. M., Levier, B., Drevillon, M., Le Galloudec, O., Reffray, G., ... & Clavier, M. (2014). Forecasting the mixed-layer depth in the Northeast Atlantic: an ensemble approach, with uncertainties based on data from operational ocean forecasting systems. *Ocean Science*, 10(6), 1013.
- Estournel, C., Testor, P., Taupier-Letage, I., Bouin, M. N., Coppola, L., Durand, P., ... & Belamari, S. (2016). HyMeX-SOP2: The field campaign dedicated to dense water formation in the northwestern Mediterranean. *Oceanography*, 29(4), 196-206.
- Fernandez, E., & Lellouche, J. M. (2018). PRODUCT USER MANUAL For the Global Ocean Physical Reanalysis product GLOBAL\_REANALYSIS\_PHY\_001\_030. Report CMEMS-GLO-PUM, (001-030), 15.
- Gasparin, F., Greiner, E., Lellouche, J. M., Legalloudec, O., Garric, G., Drillet, Y., ... & Drévillon, M. (2018). A large-scale view of oceanic variability from 2007 to 2015 in the global high resolution monitoring and forecasting system at Mercator Océan. *Journal of Marine Systems*, 187, 260-276.
- Lellouche, J. M., Le Galloudec, O., Drévillon, M., Régnier, C., Greiner, E., Garric, G., ... & Bourdallé-Badie, R. (2013). Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan. *Ocean Science*, 9(1), 57.
- Lellouche, J. M., & Regnier, C. (2015). For the GLOBAL Ocean Sea Physical Analysis and Forecasting Products GLOBAL\_ANALYSIS\_FORECAST\_PHYS\_001\_002. Product User Manual.
- Lellouche, J. M., Greiner, E., Le Galloudec, O., Garric, G., Regnier, C., Drevillon, M., ... & Hernandez, O. (2018). Recent updates to the Copernicus Marine Service global ocean monitoring and forecasting real-time 1/12° high-resolution system. *Ocean Science*, 14(5), 1093-1126.
- Stein, K., Timmermann, A., & Schneider, N. (2011). Phase synchronization of the El Niño-Southern oscillation with the annual cycle. *Physical review letters*, 107(12), 128501.
- Stuecker, M. F., Timmermann, A., Jin, F. F., McGregor, S., & Ren, H. L. (2013). A combination mode of the annual cycle and the El Niño/Southern Oscillation. *Nature Geoscience*, 6(7), 540-544.
- Thomson, R. E., & Emery, W. J. (2014). *Data analysis methods in physical oceanography*. Newnes.
- Woodman, R., & Takahashi, K. (2014). ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño). *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, 1(6), 4-7.
- Wyrtki, K. (1965). The annual and semiannual variation of sea surface temperature in the North Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography*, 10(3), 307-313.