

Estimación de la distribución de la temperatura superficial del mar

Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

La temperatura de la superficie del mar (TSM) es una de las principales variables climáticas y es esencial para el pronóstico a escala interanual, ya que determina en gran parte el estado instantáneo de la atmósfera, por ejemplo modulando la probabilidad de lluvias intensas en la costa de Perú, pero también porque es resultado de la dinámica oceánica lenta que es la que permite las predicciones con meses de anticipación (la atmósfera por sí sola no tiene “memoria”). Por esto, el ENFEN utiliza la TSM como la variable básica para caracterizar El Niño y La Niña, particularmente mediante la definición del Índice Costero El Niño que mide la anomalía trimestral de la TSM en la región Niño 1+2 frente a la costa norte de Perú (ICEN; ENFEN 2012, Takahashi et al., 2014).

con el ciclo diurno (Minnett & Kaiser-Weiss, 2012). Por otro lado, las mediciones satelitales tienen una excelente cobertura espacial y temporal, pero tienen la limitación de que las estimaciones pueden ser fuertemente afectadas por las condiciones atmosféricas, particularmente la presencia de lluvia, nubes y vapor de agua. Además, sus registros se limitan a la década de los 80 en adelante y pueden existir discontinuidades cuando se reemplaza un satélite por otro.

En la práctica, para poder producir mapas completos y continuos en el tiempo de la TSM, se combina la información *in situ* y satelital mediante técnicas estadísticas o modelos numéricos que permiten completar los vacíos y corregir los posibles errores en las diferentes mediciones. Uno de los productos más utilizados es el Optimum Interpolation (OI) SST v.2 de NOAA/NCEP (Reynolds et al., 2002), que combina datos *in situ* con mediciones satelitales en el rango infrarrojo para producir mapas semanales en una grilla de $1^\circ \times 1^\circ$ que luego son promediados para generar mapas mensuales¹. En aquellas regiones donde los datos *in situ* son escasos y/o la nubosidad contamina las mediciones infrarrojas, como es común en el mar peruano, el resultado depende sustancialmente de los métodos de interpolación utilizados. Además, si no se identifica bien que existe contaminación por la nubosidad, puede resultar en

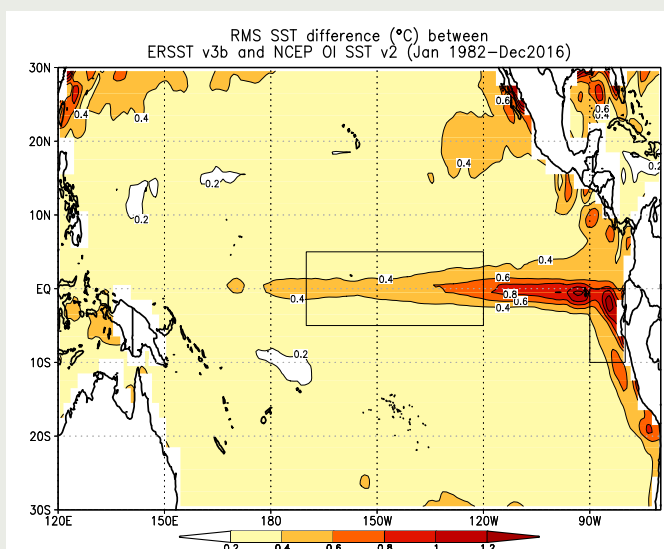


Figura 1. Diferencia cuadrática media en temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$) entre los productos mensuales NCEP OI SST v2 y ERSST v3b para el periodo 1982-2016. Las regiones Niño 3.4 (Pacífico central) y Niño 1+2 (Pacífico oriental) se indican con rectángulos.

En general, la TSM se puede medir de dos formas. La primera es la llamada *in situ*, es decir mediciones directas en el mismo sitio como las realizadas desde barcos o boyas, principalmente usando termómetros. La otra son las mediciones satelitales, que miden las radiaciones emitidas por la superficie del mar en los rangos infrarrojo y microondas. Las mediciones *in situ* tienen la ventaja de ser mediciones directas pero sufren de algunas limitaciones, como la poca cobertura espacial y temporal (son datos puntuales) y las diferencias en las técnicas de medición que requieren correcciones, además la definición de la TSM es ambigua en relación a la profundidad y varía

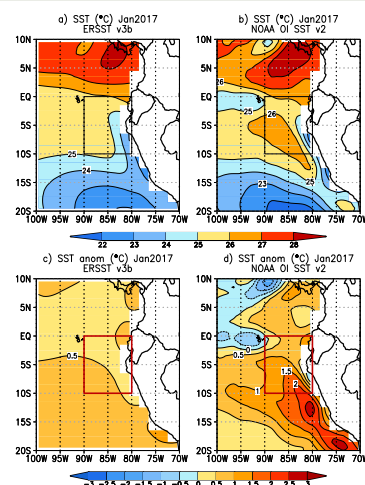


Figura 2. Temperatura superficial del mar a, b) absoluta y c, d) su anomalía para el mes de enero de 2017 según los productos a, c) ERSST v3b y b, d) NCEP OI SST v2. Las anomalías son relativas al periodo 1981-2010 usando el promedio de los datos ERSST v3b. La región Niño 1+2 se indica con rectángulos.

¹<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html>

Estimación de la distribución de la temperatura superficial del mar

Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

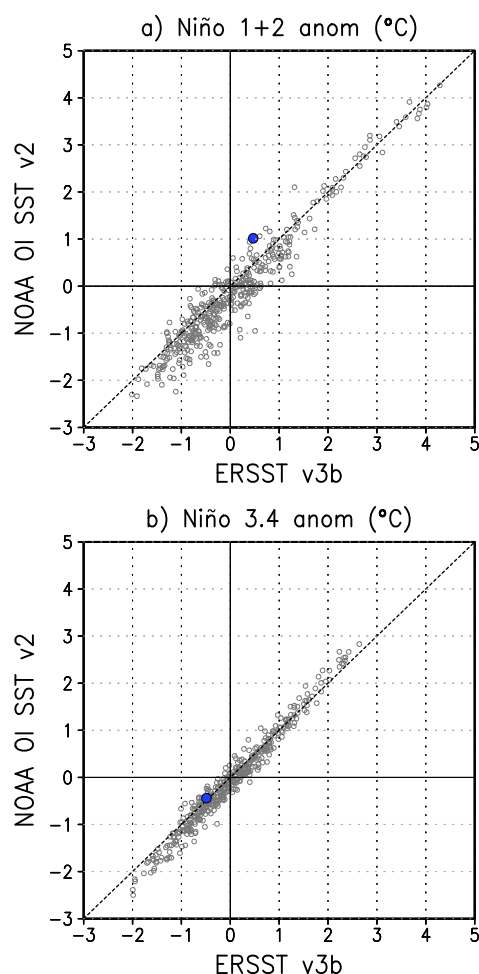


Figura 3. Diagramas de dispersión de la anomalía de la temperatura superficial del mar mensual entre enero de 1982 y enero de 2017 de los productos ERSST v3b y NCEP OI SST v2 en las regiones a) Niño 1+2 y b) Niño 3.4. Las anomalías son relativas al periodo 1981-2010 usando el promedio de los datos ERSST v3b. El valor de enero de 2017 se muestra en azul.

un sesgo frío (Reynolds et al., 2002). El problema de la nubosidad se reduce si se cuenta con mediciones satelitales en el rango de las microondas, ya que estas no son afectadas por las nubes, aunque sí por la lluvia y productos como OSTIA combinan todas las anteriores (Donlon et al., 2011), aunque las mediciones de microondas son menos frecuentes que las infrarrojas y tienen menor resolución espacial (no mide bien cerca de las costas).

Otros productos como el ERSST v3b (Smith et al., 2008), son utilizados por el ENFEN para el cálculo del ICEN (ENFEN 2012, Takahashi et al., 2014), se basan exclusivamente en datos *in situ* y métodos empíricos, lo cual tiene la ventaja de producir datos relativamente homogéneos en el tiempo y de largo plazo (desde el año 1854 para ERSST v3b) que es importante para estudios climáticos, pero que es

evidentemente más dependiente de la distribución de los datos *in situ*.

Operacionalmente, los datos *in situ* son transmitidos a través del Sistema de Telecomunicación Global (GTS en inglés) de la Organización Meteorológica Mundial (WMO 2015) y es a través de este canal que estos son incorporados a productos como NCEP OI SST v2 y ERSST v3b. Si bien hay datos que son transmitidos casi en tiempo real, como los datos de las boyas TAO/TRITON, en general existe un retraso entre el momento de las mediciones y su disponibilidad. Esto hace que productos diarios como OSTIA tenga menos datos *in situ* disponibles que un producto semanal como NCEP OI SST v2 y este, a su vez, menos productos mensuales como ERSST v3b. Pero aún así, en el caso de ERSST v3b, existe una versión preliminar que se produce al final de cada mes y una versión final producida un mes después, que incluyen más datos *in situ*.

Si nuestro sistema observacional *in situ* fuera adecuado, tanto en cobertura espacial de las mediciones como en la transmisión oportuna, esperaríamos ver poca diferencia entre los productos NCEP OI SST v2 y ERSST v3b. Sin embargo, en la Figura 1 vemos que, en el Pacífico tropical, la diferencia cuadrática media entre estos dos productos a escala mensual, la cual mide la magnitud típica en términos absolutos de esta diferencia, es máxima en las zonas de afloramiento costero y ecuatorial, excediendo 1°C frente a la costa norte del Perú y sur de Ecuador. Así, esta diferencia es el doble en la región Niño 1+2 (0.39°C) que en la región Niño 3.4 en el Pacífico central (0.21°C). Esto probablemente se debe tanto a la escasez de datos *in situ* y a la persistencia de nubes bajas, como a la fuerte variabilidad temporal en el régimen de afloramiento en el Pacífico asociado a las ondas Kelvin interestacionales y forzantes de vientos locales (Takahashi et al., 2014).

Si bien en general no es posible saber solo mirando estos dos productos cuál está más cerca de la realidad, ya que los datos satelitales también tienen errores y el ENFEN contrasta estos con otra información, como mediciones de cruceros o estaciones costeras, así como la coherencia de las variaciones de la TSM con otros factores como la presencia de ondas Kelvin o los cambios en los vientos. Un ejemplo reciente es el rápido calentamiento en el Pacífico oriental en enero del 2017 que dio inicio a El Niño costero en curso (ENFEN, 2017), que según los datos de ERSST v3b estuvo asociado a una anomalía mensual de +0.47°C, pero que según OI SST v2 más bien fue de +1.02°C (Figura 2c,d). Por otro lado, los valores de diciembre de 2016 fueron de +0.62°C y +0.32°C,

respectivamente. Claramente, la disminución de diciembre a enero y el bajo valor de enero indicados por ERSST es inconsistente con las otras observaciones analizadas por el ENFEN, por lo que en esta ocasión el dato de OI SST es considerado más realista. Por ejemplo, la subestimación por parte de ERSST no le permite identificar la presencia de aguas con TSM mayor que 26°C (Figura 2a,b) que es relevante para la formación de la segunda banda de la Zona de Convergencia Intertropical. Un resultado práctico de esta situación es que el ICEN estaría subestimado tanto en enero como probablemente febrero de 2017. Ahora bien, esta discrepancia entre los dos productos es consistente con la diferencia cuadrática media histórica y se pueden encontrar casos donde más bien ERSST produjo anomalías de +1°C mientras que OI SST fue prácticamente 0°C (Figura 3a). En el caso del Pacífico central, las dispersión entre los productos es generalmente pequeña (Figura 3b).

Si bien es posible desarrollar productos más confiables, como podría ser un producto mensual que incluya también mediciones de microondas, en general la limitación histórica que tenemos en el Pacífico Sudoriental no es la falta de mediciones, sino que estas no son compartidas oportunamente e incorporadas en la preparación de los productos internacionales utilizados en el Perú. Esta no es tanto un problema técnico sino de decisión política y cooperación entre las instituciones relevantes en los países de la región y, como se discute en el reporte reciente del proyecto “Tropical Pacific Observing System 2020” (TPOS 2020) ya se están logrando algunos avances a través de mecanismos ya existentes (ver sección 7.7.2 en Cravatte et al., 2016), pero mientras los datos no fluyan sin trabas, no contaremos con un sistema observacional óptimo y seguiremos con miopía, incluso en variables críticas como la TSM.

Referencias

Donlon, C. J., M. Martin, J. D., Stark, J., Roberts-Jones, E., Fiedler and W. Wimmer, 2011: *The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice analysis (OSTIA). Remote Sensing of the Environment*. doi: 10.1016/j.rse.2010.10.017 2011.

ENFEN, 2012: *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica ENFEN*.

ENFEN, 2017: *Comunicado Oficial ENFEN N°03-2017*.

Minnett, P. and Kaiser-Weiss, A., 2012: *Near-surface oceanic temperature gradients. GHRSSST Discussion document*, <https://www.ghrsst.org/wp-content/uploads/2016/10/SSTDefinitionsDiscussion.pdf>

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang, 2002: *An improved in situ and satellite SST analysis for climate*. *J. Climate*, 15, 1609-1625.

Smith, T.M., R.W. Reynolds, T.C. Peterson, and J. Lawrimore, 2008: *Improvements NOAA's Historical Merged Land-Ocean Temp Analysis (1880–2006)*. *Journal of Climate*, 21, 2283–2296.

Takahashi, K., Reupo, J., K. Mosquera, 2014: *El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización*, *Bol. El Niño* 1 (2), 8-9.

Takahashi, K., Martínez, R., Montecinos, A., Dewitte, B., Gutiérrez, D., Rodríguez-Rubio, E., 2014: *White Paper #8a Regional applications of observations in the eastern Pacific: Western South America, Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Workshop (TPOS 2020), La Jolla, United States, 27-30 January 2014, GCOS report 184, vol. 2, 171-205*.

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, and Contributing Authors, 2016: *First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp*, <http://tpos2020.org/first-report/>

WMO 2015: *Manual on the Global Telecommunication System. Annex III to the WMO Technical Regulations, 2015 edition, WMO-N°386*.