

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

PRONÓSTICOS HISTÓRICOS DE LAS ONDAS ECUATORIALES OCEÁNICAS UTILIZANDO MODELOS CLIMÁTICOS CanCM3 Y CanCM4

Brayan Urbina¹ y Kobi Mosquera¹

RESUMEN

Tener una previsión de las condiciones oceánicas a través de las ondas ecuatoriales (Kelvin y Rossby) resulta ser un factor importante para el trabajo de monitoreo sistemático que realiza la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), ya que estas ondas pueden ser, en algunos casos, desencadenantes de episodios de El Niño o La Niña. Por ello, en este trabajo se realizan experimentos numéricos que permitan pronosticar, hasta con 12 meses de antelación, la dinámica de las ondas oceánicas largas en el Pacífico ecuatorial. Para esto se usan los campos de vientos superficiales, pronosticados entre 1980 y 2009, de dos versiones del modelo climático acoplado Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma). Esta información se usa como forzante del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM) para simular el nivel del mar. Los resultados indican que el MOMM reproduce con relativa precisión las condiciones oceánicas con algunos meses de anticipo. Asimismo, la variabilidad de las anomalías del nivel del mar se corresponde con eventos cálidos y fríos característicos de ENOS. Los resultados también arrojaron que existe una mejor predictibilidad para los meses desde septiembre hasta enero del siguiente año. Por último, se emplea un enfoque de conjunto multimodelo denominado EMN evidenciando una mejora en la habilidad del pronóstico.

Palabras clave: Modelos climáticos CanCM3 y CanCM4, EMN, anomalías del esfuerzo de vientos, anomalías del nivel del mar, ondas ecuatoriales y ENOS.

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como: Urbina, B., Mosquera, K. (2020). Pronósticos históricos de las ondas ecuatoriales oceánicas utilizando los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N.º 09. pág. 16-21.

INTRODUCCIÓN

Uno de los posibles factores que pueden desencadenar la ocurrencia de una de las fases de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es el debilitamiento de los vientos del este en el océano Pacífico que, a su vez, reduce la intensidad del afloramiento en nuestras costas y a lo largo del ecuador; provoca cambios en la termoclina en los niveles de presión superficial y en la temperatura del mar. Todo esto genera impactos en las comunidades costeras, los ecosistemas marinos y los activos industriales (Bertrand, 2020). El mecanismo principal sucede cuando al debilitarse los vientos se produce una onda de Kelvin oceánica, que está atrapada en la franja ecuatorial, la cual se propaga hacia la costa americana, alterando las variables oceánicas (Wyrki, 1975).

En tal sentido, anticipar la generación y el arribo de las ondas ecuatoriales responsables de la variabilidad en el nivel del mar es de suma importancia debido a que frecuentemente se asocian con los modos de variabilidad climática intraestacional o interanual de ENOS. Dado que las versiones del modelo acoplado Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma) utilizadas en la primera versión del sistema de pronóstico Canadian Seasonal to Interannual Prediction System (CanSIPsv1) modelan regímenes de ENOS más realistas que su versión anterior debido a la mejora en sus componentes oceánicos y atmosféricos en CanCM3 y CanCM4 (Merryfield, 2013). Esto nos permite aprovechar las salidas atmosféricas de los pronósticos climáticos globales como forzantes de un modelo de ondas oceánicas para describir la dinámica del Pacífico ecuatorial con algunos meses de antelación.

En consecuencia, el presente trabajo evalúa si estos modelos globales proporcionan una representación adecuada de la variabilidad interanual e interestacional necesaria para reproducir, con ello, la dinámica oceánica en la franja ecuatorial del Pacífico. Para ello los resultados se validan con información de altimetría satelital en el periodo 1993-2010. También se utiliza un enfoque multimodelo de dos miembros (CanCM3 y CanCM4), EMN con el propósito de mejorar la capacidad de pronóstico y el contenido de información del mismo dado que los sistemas de pronósticos conjuntos evidencian mayor habilidad que los de modelos individuales (Mitra, Iyengar & Durai, 2011).

DATOS Y EL MODELO MULTIMODAL

En este trabajo se utilizan los pronósticos de esfuerzos de vientos superficiales, los cuales comprenden 12 meses desde el inicio de cada mes en todo el periodo de las predicciones históricas (1980-2009) y con 10 tipos diferentes de inicialización o miembros para cada uno de los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4 (Merryfield, 2013) con una resolución temporal diaria y una resolución espacial de 1° por 1° . El periodo climatológico que se utiliza comprende 30 años (1980-2009).

Estos datos de esfuerzos de vientos se utilizan como forzantes de un Modelo Multimodal (Urbina & Mosquera, 2020) que se basa en la descomposición baroclínica de un océano estratificado y cuyos resultados reproducen con cierto detalle la dinámica del Pacífico Ecuatorial. Asimismo, se extrajo la información de datos de altimetría proporcionados por CMEMS (AVISO, 2016) utilizando una climatología que comprende los años desde 1993 hasta 2009.

METODOLOGÍA

Cada uno de los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4 proporcionan datos de esfuerzo de vientos que se clasifican en 10 miembros con diferentes condiciones iniciales para cada uno, siendo en total 20. Cada miembro se agrupa en 12 lead times, donde cada lead time se denomina con un número fraccional que caracteriza al mes de pronóstico, desde el inicio de cada mes (por ejemplo, un lead time 2.5 indica el pronóstico utilizando las condiciones iniciales de hace dos meses). Así, en total, tenemos 240 campos de esfuerzos de vientos superficiales pronosticados de cuyos valores se obtienen las anomalías utilizando un periodo referencial de 30 años.

Considerando, en conjunto, que cada modelo CanCM3 y CanCM4 aporta muchas simulaciones (miembros), lo cual es un método común para predicciones del clima, se usan aquí todos ellos, dado que con esto se puede tener un mejor pronóstico (Donat, 2010). Aunque el rendimiento del conjunto multimodelo depende de la forma en que este se construye (Weigel, 2007), en este estudio se aborda una combinación de media simple del conjunto de modelos, el que se conoce como simple ensemble mean (EMN); es decir, se da igual peso a cada miembro de los modelos y, de esta manera, se ignora la incertidumbre que conlleva cada modelo.

Debido a que las anomalías del campo de vientos determinan la intensidad y la temporalidad de eventos de El Niño (Penland & Sardeshmukh, 1995), estos se utilizan como forzantes en un modelo lineal de ondas ecuatoriales multimodal con un esquema de parametrización específico bajo la condición de un océano estratificado (Urbina & Mosquera, 2020). De esta forma se realizan 240 simulaciones de las cuales se obtienen las anomalías de nivel del mar (ANM), que finalmente son promediados para obtener 12 lead times para cada modelo.

Con el propósito de conocer la efectividad de los pronósticos, en esta ocasión los resultados se comparan con las anomalías del producto de altimetría de CMEMS y; mediante métodos estadísticos como la correlación de Pearson, que nos permite medir el potencial predictivo básico y la diferencia del error cuadrático medio (RMSD); cuantificamos la distancia entre el valor predictivo y el observado.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

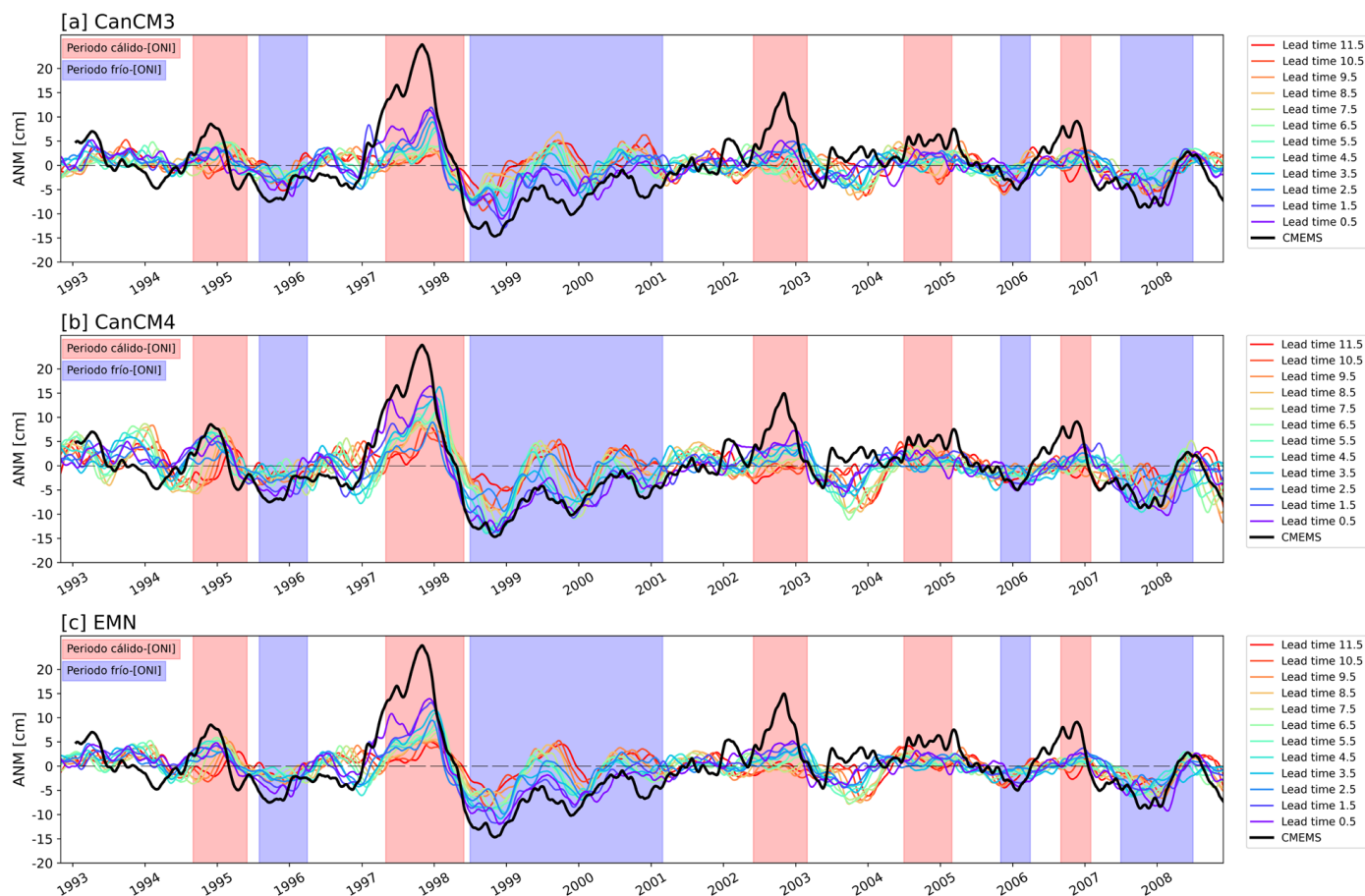


Figura 1. Series de tiempo de ANM del producto CMEMS (negro) y de los pronósticos o lead times (colores) obtenidos desde a) CanCM3, b) CanCM4 y c) EMN a través del periodo de estudio. Las temporadas cálidas de ONI se muestran en los rectángulos en color rojo, mientras que temporadas frías en color azul.

La figura 1 muestra series de tiempo de las ANM promediadas en la franja ecuatorial del Pacífico desde la línea internacional de cambio de fecha hasta la proximidad de la costa Sudamericana. La ilustración compara las predicciones de ANM, empleando CanCM3 y CanCM4, con las observaciones de anomalías de CMEMS, directamente. Como la longitud del pronóstico de los modelos llega hasta los 12 meses, se comparan las proyecciones de hasta 12 lead times con la serie observada. Así tenemos que las predicciones hasta el lead time 6.5 coinciden visualmente en dirección con las anomalías observadas sobre todo en periodos donde el índice ONI indica periodos cálidos o fríos, esta correspondencia se debilita con lead times superiores. En general, se aprecia que CanCM4 permite amplitudes de ANM cercanos a lo observado, mientras que CanCM3 ofrece una adecuada direccionalidad, pero menor amplitud en sus resultados. EMN evidencia una mejora en cuanto a la direccionalidad de la serie de tiempo estimada hasta lead times superiores, aunque todavía mantiene una menor amplitud promedio como CanCM3. Asimismo, los modelos parecen no acertar en periodos neutros de ONI, como se observa a finales de 2003 e inicios de 2004 los modelos proyectan anomalías negativas mientras que lo observado evidencia lo opuesto.

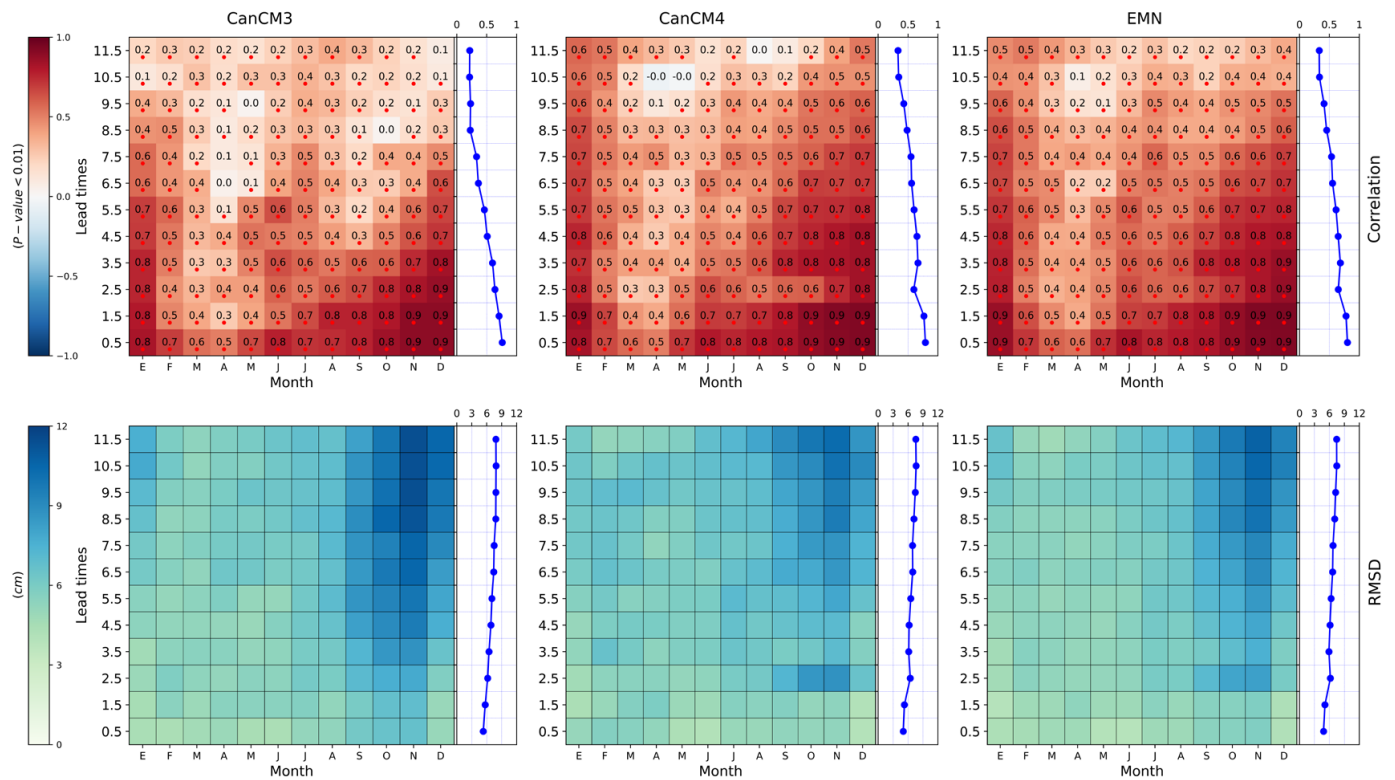


Figura 2. Correlación (arriba) y RMSD (abajo) entre las ANM del producto de altimetría CMEMS y la ANM de los modelos climáticos CanCM3, CanCM4 y del multimodelo EMN como una función de los meses y los lead times. Los puntos rojos indican valores de correlación que son estadísticamente significantes con un nivel de significancia del 1%, usando un t test.

En la figura 2, las gráficas superiores muestran el valor de correlación entre las anomalías de pronóstico y las observadas en función del mes y el lead time correspondiente, además adjuntas a la derecha de cada cuadro se aprecia la correlación total entre el lead time indicado y los datos observados para todo el periodo 1993-2009. Se aprecia que los patrones de correlación son particularmente altos entre septiembre y enero del siguiente año hasta el lead time 5.5 en promedio para el modelo CanCM3 y hasta el lead time 6.5 para CanCM4. Los puntos en rojo indican que la correlación es significativa (1 %, usando un test). De forma genérica los valores son siempre positivos y estadísticamente significativos incluso en valores de lead time superiores con correlación baja, esto implicaría que los modelos permiten discernir si su predicción es útil para la variabilidad de la ANM. Sin embargo, desde marzo hasta julio los niveles de pronósticos parecen disminuir posiblemente a consecuencia de que los modelos tienen dificultades para realizar proyecciones en este periodo debido a la barrera de primavera, ya que se trata de una temporada donde generalmente ENSO se encuentra en transición (Duan & Wei, 2013). Las gráficas inferiores visualizan el cálculo de la RMSD, estas demuestran que para los primeros lead times los errores son pequeños. Una particularidad sucede con el modelo CanCM3 que tiene valores de RMSD particularmente altos desde septiembre hasta enero del año próximo y que podría explicarse al hecho que es la temporada donde los ciclos ENOS alcanza el punto máximo y dado que CanCM3 tiende a subestimar los valores se esperan RMSD altos. Por último, EMN evidencia una mejora notable para todos los cuadros de correlación y RMSD incluso en los meses de poca predictibilidad en ambos modelos. En resumen podemos concluir que podemos hacer un pronóstico histórico de las ondas ecuatoriales utilizando los primeros lead times con una adecuada precisión.

REFERENCIAS

AVISO (2016). SSALTO/DUACS user handbook: MSLA and (M)ADT near-real-time and delayed time products. CLS-DOS-NT-06-034. SALPMU-P-EA-21065- CLS. 5 rev 0.

Bertrand, A., Lengaigne, M., Takahashi K., Avadi, A., Poulain, F. & Harrod, C. 2020. El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 660. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8348cn>

Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research*, 100(C12), 25041.

Donat, M.G., Leckebusch, G., Wild, S., & Ulbrich, U. (2010). Benefits and limitations of regional multi-model ensembles for storm loss estimations. *Climate Research*, 44, 211-225

Duan, W. and Wei, C. (2013), The ‘spring predictability barrier’ for ENSO predictions and its possible mechanism: results from a fully coupled model. *International Journal of Climatology*, 33: 1280–1292. doi: 10.1002/joc.3513

Merryfield, W. J., and Coauthors, 2013: The Canadian Seasonal to Interannual Prediction System. Part I: Models and Initialization. *Monthly Weather Reviews*, 141, 2910–2945,

Mitra, A.K., Iyengar, G.R., Durai, V.R. et al. Experimental real-time multi-model ensemble (MME) prediction of rainfall during monsoon 2008: Large-scale medium-range aspects. *Journal of Earth System Sciences* 120, 27–52 (2011). <https://doi.org/10.1007/s12040-011-0013-5>

Penland, C., and P. D. Sardeshmukh, 1995: The Optimal Growth of Tropical Sea Surface Temperature Anomalies. *Journal of Climate*, 8, 1999–2024.

Urbina, B. y Mosquera, K., (2020). Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, Vol. 7 No 01, pag. 13-19.

Weigel, A. P., M. A. Liniger, and C. Appenzeller, 2008: Can multi-model combination really enhance the prediction skill of probabilistic ensemble forecasts?. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 134, 241–260.

Wyrtki, K., 1975: El Niño—The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. *Journal of Physical Oceanography*, 5, 572–584.