

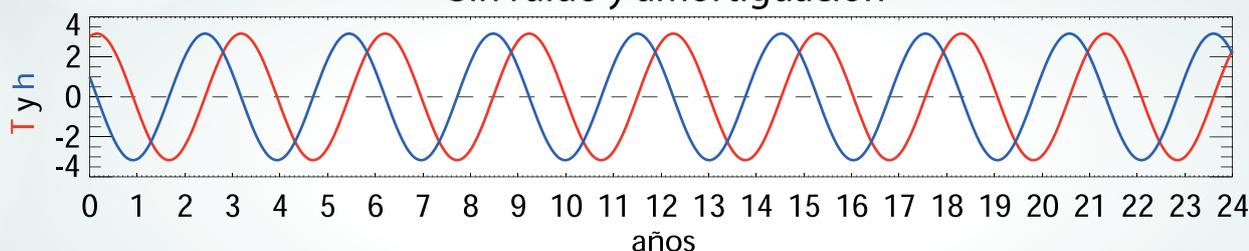
Programa Presupuestal por Resultados N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

# "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"

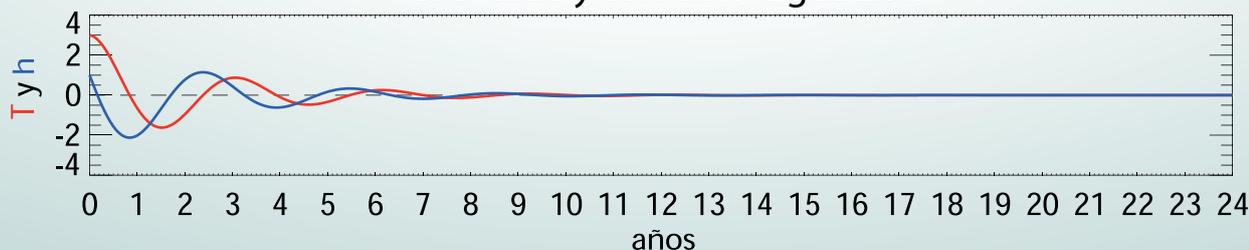
## Boletín Técnico

### Simulaciones con diferentes versiones del Modelo Oscilador Carga Descarga de ENOS

Sin ruido y amortiguación



Sin ruido y con amortiguación



Con ruido y amortiguación



— Temperatura superficial del mar  
— Contenido de calor oceánico ecuatorial

## Variabilidad decadal de la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales

Jorge Reupo<sup>1</sup> & Ken Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geofísico del Perú

### Introducción

Los modelos climáticos globales simulan el comportamiento de las condiciones físicas, biológicas y químicas futuras mediante métodos computacionales que permiten resolver aproximadamente las ecuaciones de las leyes y principios de la física que gobiernan los procesos en cada componente del sistema climático. Entonces, si se conociera el estado del sistema climático en un momento dado, se podrían utilizar estos modelos para predecir el comportamiento posterior. En el caso de El Niño y La Niña, estos modelos son nuestra principal herramienta para el pronóstico con más de tres meses de anticipación. Sin embargo, existen varios factores que afectan la calidad de estos pronósticos, por lo que la validación de los pronósticos retrospectivos de los modelos climáticos globales es fundamental para el uso y confiabilidad de los pronósticos futuros de una determinada región.

En un estudio previo (Reupo y Takahashi, 2014) se presentó la evaluación de modelos de las diversas instituciones que participan en el proyecto *National Multi-Model Ensemble* (NMME; Kirtman et al., 2013) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de Estados Unidos, el cual es un sistema de predicción estacional experimental compuesto actualmente por cuatro modelos de Estados Unidos (NOAA NCEP CFSv2, NOAA GFDL CMC2.1, NASA GEOS5 y NCAR CCSM 3.0) y dos modelos de Canadá (CMC1-CanCM3 y CMC2-CanCM4). En esta ocasión se presentará un análisis similar pero realizado separadamente para tres periodos (1982-1990, 1991-2000, y 2001-2010), lo cual permite apreciar que la bondad de los pronósticos no es constante en el tiempo, aparentemente debido a variaciones en el sistema climático mismo.

### Metodologías

Siguiendo a Reupo y Takahashi (2014), se analizan los datos del pronóstico retrospectivo de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de los modelos de NMME, dividiéndolos en tres periodos (1982-1990, 1991-2000, 2001-2010), para cada uno de los cuales se calculan las climatologías y anomalías de TSM para cada "lead" (meses de anticipación del pronóstico). El pronóstico de cada modelo está compuesto por un grupo, o "ensemble", de simulaciones individuales ("miembros") iniciadas en tiempos ligeramente distintos de un mes "miembro". En este análisis, nuevamente, se toma el promedio de los miembros de cada ensemble de cada modelo, el cual normalmente se considera como el mejor pronóstico. Finalmente, se calcula el coeficiente de correlación lineal entre los pronósticos y los datos de reanálisis de anomalía de TSM para la región Niño 1+2 (10°S-0, 80°W-90°W) y la región Niño 3.4 (5°S-5°N, 170°W-120°W) (ver mapa en la p. 3). Los valores de este coeficiente pueden encontrarse entre -1 y 1, donde los más cercanos a uno indican un mejor pronóstico. Los valores observados de TSM pertenecen al producto de OI SST v2 de NOAA.

### Resultados

Los resultados se analizan como función del mes para el cual se hace el pronóstico y el número de meses de anticipación con que se hace (lead). En general la correlación disminuye cuanto mayor es el lead, y esta disminución es mayor en la región Niño1+2 para los tres periodos ya mencionados en comparación con los otros tres periodos para la región Niño 3.4. Dichas correlaciones se muestran en las Figuras 1 y 2, donde se presentan los valores para los modelos CFS2 y NASA, respectivamente.

En cuanto a la región Niño 1+2 en el Pacífico oriental, que es donde se calcula el Índice Costero El Niño (ICEN; ver Takahashi et al., 2014), los resultados indican:

- Periodo 1982-1990: Los cinco modelos presentan correlaciones altas, entre 0.7 y 0.9, para los meses entre diciembre y mayo, con tiempo de pronóstico de seis leads (meses); por otro lado, las correlaciones decaen más rápidamente para los meses entre junio y noviembre, manteniéndose altas solo hasta un lead de dos meses y con valores menores a 0.5 después del cuarto lead.
- Periodo 1991-2000: Los resultados son similares al periodo anterior. Todos los modelos, excepto el CFS, muestran correlaciones altas, entre 0.6 y 0.9, entre diciembre y mayo hasta el lead cinco (el modelo CFS solo lo muestra hasta el lead dos). Para los meses de junio y julio, las correlaciones son menores a 0.3 a partir del cuarto lead. Los modelos muestran un decaimiento entre los meses de julio y setiembre, particularmente en CMC1 y CFS2 después del lead seis, con valores menores a 0.2.
- Periodo 2001-2010: Los coeficientes de correlación son fuertemente menores respecto a los dos periodos anteriores. Incluso, para los pronósticos para febrero y marzo que se encontraban entre los meses con mejores predicciones en los periodos anteriores, se observan índices de correlación negativos desde los primeros leads, con valores entre -0.4 y -0.2. Correlaciones negativas implican que los pronósticos fueron en promedio lo opuesto de la realidad. También se observan valores negativos para los meses de abril a agosto para leads mayores que tres meses. Sin embargo, se mantienen los valores entre 0.5 y 0.8 para los leads entre uno y cinco meses para los pronósticos de los meses de setiembre a enero.

Para la región Niño 3.4, en el Pacífico central, también hay una reducción de las correlaciones en el último periodo, pero las diferencias son más sutiles. En el primer periodo se observan valores entre 0.5 y 0.9 en los cinco modelos hasta el lead tres, mostrando un decaimiento en los últimos leads entre junio y setiembre (los

# Variabilidad decadal de la bondad de los pronósticos con modelos climáticos globales

Reupo J. & Takahashi K.

valores menores de estos meses se observan en el modelo GFDL). En el segundo periodo se observan índices de correlación entre 0.6 y 1 para los cuatro primeros leads, sus valores descienden en los últimos *leads* de los meses entre junio y octubre. En el último periodo los índices de correlación disminuyen solo en los *leads* entre siete y nueve, comparándolos con los dos periodos anteriores con valores entre 0.3 y 0.1 en los meses de mayo a octubre.

## Discusión

En resumen, las correlaciones entre los pronósticos y lo observado son sustancialmente menores para el periodo 2001-2010 comparado con los dos anteriores (1982-1990 y 1991-2000), siendo la reducción más dramática para la región Niño 1+2, frente a Sudamérica. Incluso las correlaciones llegan a ser negativas en los meses de febrero y marzo, señalando una baja predictibilidad para el periodo de lluvias en la costa norte. La implicancia práctica de este resultado es que, si bien los modelos continúan siendo la principal herramienta de pronóstico con varios meses de anticipación, se debe ser muy cuidadoso con cómo se interpretan los resultados, teniendo en mente las posibles fuentes de error, monitoreando el desempeño de los pronósticos, y aplicando un firme conocimiento teórico de los procesos físicos que subyacen a estos pronósticos.

Esta baja correlación podría estar asociada a la predominancia de los eventos "El Niño Modoki" (Ashok et al., 2007; ver Takahashi, 2014), una de cuyas características incluye anomalías de temperatura superficial principalmente en el Pacífico central y una débil señal frente a Sudamérica. El cambio en las características de El Niño y su predictibilidad podría estar asociado a cambios decadales en el clima del Pacífico, que podrían ser tanto naturales como producidos por el hombre. Barnston y Tippett (2013), quienes encontraron resultados similares para el modelo CFS2 y su versión anterior, atribuyen los cambios en predictibilidad a las variaciones decadales en los errores promedio del modelo. Los efectos de la variabilidad decadal y el cambio climático sobre El Niño y su predictibilidad es un tema de estudio actual.

## Referencias

Ashok, K., S.K. Behera, S.A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007: *El Niño Modoki and its possible teleconnections*, *Journal of Geophysical Research*, 112.

Barnston, A. G., M. K. Tippett, 2013: *Predictions of Niño3.4 SST in CFSv1 and CFSv2: a diagnostic comparison*, *Climate Dynamics*, 41, 1615–1633, doi:10.1007/s00382-013-1845-2.

Kirtman, B. P. y coautores, 2013: *The North American Multi-Model Ensemble (NMME): Phase-1 Seasonal to interannual prediction, Phase-2 Toward developing intra-seasonal prediction*, *Bulletin of the American Meteorological Society*, doi:10.1175/BAMS-D-12-00050.1.

Reupo, J. y K. Takahashi, 2014: *Validación de pronósticos con modelos globales: Correlaciones de TSM (1982-2010)*, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, N°1, Enero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., 2014: *Variaciones de El Niño*, *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Vol. 1, No.2, Febrero, Instituto Geofísico del Perú.

Takahashi, K., K. Mosquera, J. Reupo, 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"*, Vol. 1, No.2, Febrero, Instituto Geofísico del Perú.

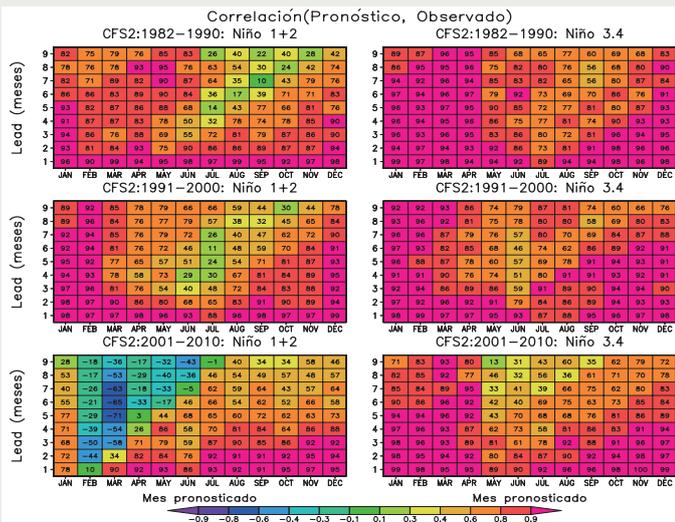


Figura 1. Coeficientes de correlación lineal entre el pronóstico mensual de anomalía de TSM del modelo NOAA NCEP CFS v2 y observaciones (OI SST v2 de NOAA) en las regiones Niño 1+2 (izquierda) y 3.4 (derecha) para los periodos 1982-1990 (arriba), 1991-2000 (medio) y 2001-2010 (abajo); los valores indicados en texto fueron multiplicados por el factor 100.

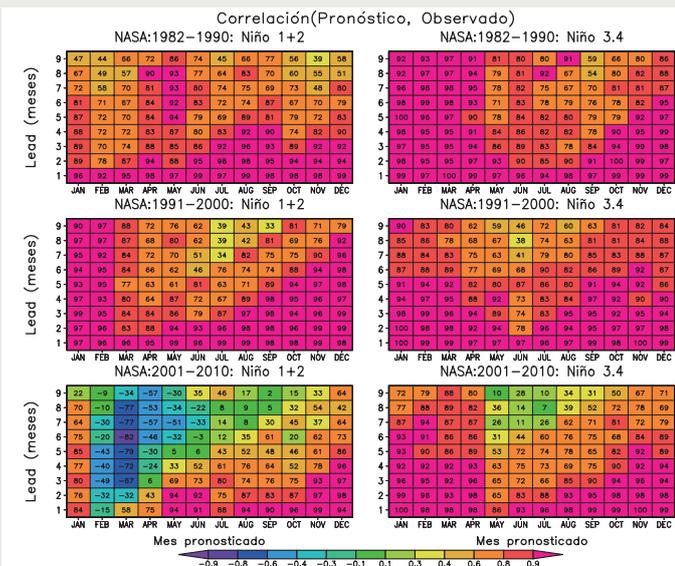


Figura 2. Similar a la Figura 1, pero para el modelo NASA GEOS5.