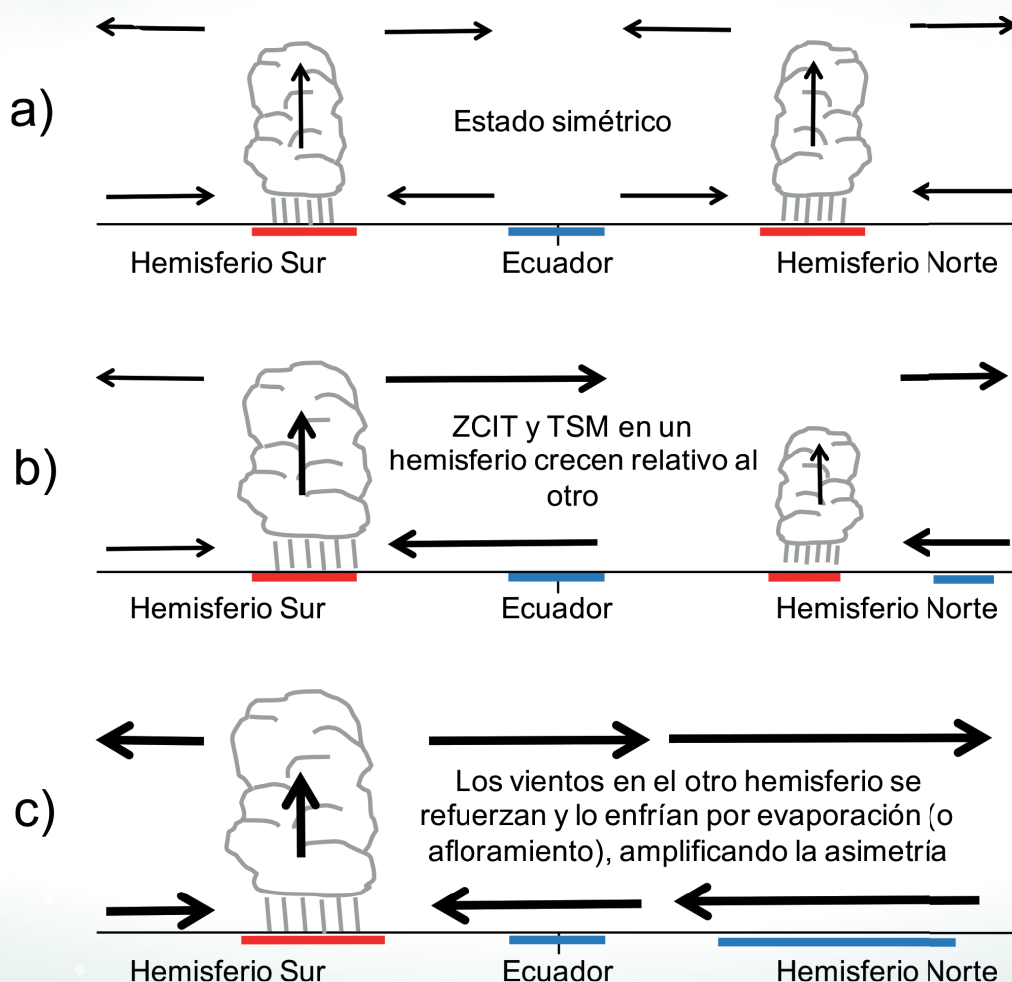


Programa Presupuestal por Resultados N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Producto: “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”

“Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Boletín Técnico

Física del Fenómeno El Niño “Costero”



Interacción océano-atmósfera y "El Niño costero"

Pronósticos probabilísticos de El Niño/La Niña para el verano con los modelos NMME

Ken Takahashi

Instituto Geofísico del Perú

En el año 2015, la Comisión ENFEN inició la emisión periódica de pronósticos probabilísticos de la presencia de El Niño o La Niña, con sus diferentes intensidades, para el periodo de verano (diciembre-marzo), que aproximadamente coincide con la temporada de lluvias. La verificación de dichos pronósticos utiliza una adaptación del criterio definido por el ENFEN (2012, 2015) que considera umbrales para el Índice Costero El Niño (ICEN) y el Índice Oceánico Niño (ONI) para el Pacífico oriental y central, respectivamente, que deben ser excedidos al menos por tres meses, en este caso entre diciembre y marzo. Como se mostró anteriormente (Takahashi, 2017), la verificación de pronósticos oficiales del ENFEN realizados para los veranos 2015-2016 y 2016-2017, los cuales se basan en una evaluación experta de la información disponible, indicó resultados comparables a los pronósticos directamente obtenidos de modelos numéricos internacionales, también considerados por el ENFEN. Sin embargo, la metodología para el cálculo de dichos pronósticos con los modelos es algo que recientemente se está implementando en el Instituto Geofísico del Perú- IGP y en este artículo se darán algunos detalles de cómo se realiza este cálculo.

El que el pronóstico se formule en término de probabilidades es un reflejo de la incertidumbre asociada a un sistema complejo que es imperfectamente entendido y observado. Específicamente, en el caso de los pronósticos de El Niño/La Niña, se pueden identificar los siguientes tipos de fuentes de incertidumbre: la imperfecta caracterización mediante observaciones del estado actual del sistema climático a partir del cual se hacen las proyecciones futuras del estado y el crecimiento rápido de los errores debido a la

naturaleza caótica del sistema, la incertidumbre estructural asociada a los errores en los modelos climáticos usados para realizar las proyecciones, y las limitaciones en nuestro conocimiento experto y sesgos psicológicos al momento de evaluar la información de los modelos (Takahashi, 2015b).

Cuando trabajamos con modelos numéricos, la incertidumbre asociada con los errores en la condición inicial, en principio, se pueden estimar mediante el uso de “ensembles”. Es decir, se realizan múltiples simulaciones con un mismo modelo pero con condiciones iniciales ligeramente diferentes. La divergencia de dichas simulaciones entonces nos podría dar un estimado de esta incertidumbre. Por otro lado, si utilizamos un “ensemble” o conjunto de modelos, el grado en que las simulaciones de los diferentes modelos divergen nos puede dar una idea de la incertidumbre estructural ya que se espera que los errores de los modelos sean independientes, de manera que en promedio se cancelen entre sí.

Sin embargo, en lo anterior existen dos supuestos fuertes y no necesariamente correctos. El primero es que los “ensembles” de los modelos individuales tienden a presentar poca divergencia y subestima la incertidumbre, resultando en pronósticos excesivamente confiados, parcialmente debido a que el número de miembros de los “ensembles” es típicamente pequeño (Larson y Kirtman, 2015). El segundo es que los errores de los modelos no son necesariamente independientes. Sabemos los errores en el clima promedio simulado en el Pacífico tropical son similares entre modelos y son particularmente pronunciados en el Pacífico oriental (Takahashi, 2015a). Esto implica que los errores en los

Anomalías de TSM (°C) en marzo: Pronósticos NMME vs observaciones

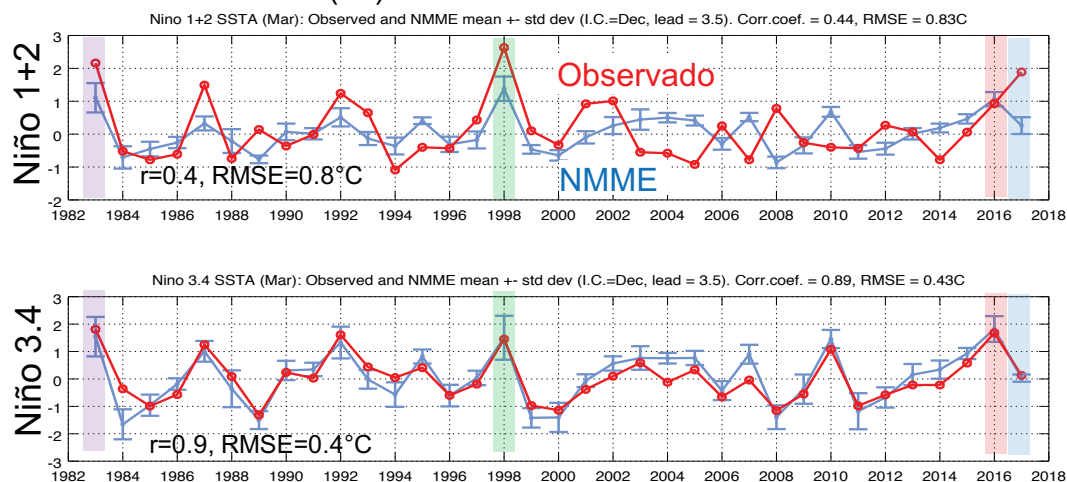


Figura 1: Anomalías de temperatura superficial del mar de marzo para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 en observaciones (rojo) y pronosticada por el promedio de los modelos NMME inicializados en diciembre (azul). Las barras de error indican la desviación estándar entre los promedios de cada modelo.

Pronósticos probabilísticos de El Niño/La Niña para el verano con los modelos NMME

Ken Takahashi
Instituto Geofísico del Perú

pronósticos también podrían ser similares y, como se describe abajo, es lo que se ha encontrado en un análisis preliminar de los modelos del North American Multi Model Ensemble (NMME; Kirtman et al, 2014).

Los pronósticos de temperatura superficial del mar de siete modelos NMME para el periodo entre 1981 y 2017 se obtuvieron de la base de datos correspondiente (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.Models/.NMME>). Se calculó la climatología por separado para cada modelo, para cada uno de los doce meses en el año de condición inicial y para cada "lead" (tiempo de pronóstico en meses), lo cual permite calcular anomalías a las cuales se les ha removido el error sistemático asociado a la "deriva" (drift) que lleva a cada modelo hacia su estado climatológico propio. Se calculó el promedio de los primeros diez miembros del "ensemble" de cada modelo para tener un igual número por modelo, produciendo pronósticos promedio de anomalías por cada modelo que luego se compararon con los datos observados para calcular el error de pronóstico.

Si nos fijamos en los pronósticos inicializados en diciembre para marzo (mes clave para las lluvias en la costa norte), vemos que para la región Niño 1+2 en el Pacífico oriental los errores relativos a las observaciones son grandes y, en general, mayores que la dispersión entre los modelos (Figura 1). Consistente con esto, la correlación entre los errores de los diferentes modelos es bastante alta en la región Niño 1+2 en el Pacífico oriental (Figura 2). Es decir que los modelos fallan de la misma manera y se gana poco comparándolos entre sí para estimar la incertidumbre estructural. Para la región Niño 3.4 en el Pacífico central este problema no es tan grande pero también existe. Este resultado sugiere que podría ser conveniente combinar los "ensembles" de 10 miembros de cada modelo en un "super ensemble" de 70 miembros, lo cual nos permitiría al menos tener una mejor idea de la incertidumbre en la condición inicial.

Con este "super ensemble", podemos realizar un cálculo de probabilidades simplemente contando el número de miembros que pronostican cada condición. Primero se

determina para cada uno de los 70 miembros cuál es el pronóstico para el verano usando el criterio del ENFEN. Para esto se toma la media móvil trimestral de los pronósticos mensuales de las anomalías de TSM para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 como estimaciones del ICEN y ONI, respectivamente, y se determina si corresponde a neutro o a alguna magnitud de El Niño o La Niña. Teniendo los 70 pronósticos determinísticos, se contabiliza cuántos miembros corresponden a cada categoría y el porcentaje del total nos da la probabilidad estimada. Si bien Tippet et al. (2017) incluyen una corrección a este cálculo para evitar probabilidades indeseables de 0%, debido a que tanto el tamaño del "super ensemble" y el número de categorías son grandes y a que el ENFEN no considera decimales en los porcentajes, en la práctica esto no hace diferencia.

Este cálculo se puede realizar fácilmente en forma automatizada y proporciona una referencia que la Comisión ENFEN puede usar como punto de partida cuantitativo para la preparación de los pronósticos oficiales. Esto puede ser potencialmente más útil que sencillamente considerar la distribución climatológica o el pronóstico del mes anterior, además que al actualizarse mensualmente permite caracterizar los cambios en los pronósticos de los modelos. Por ejemplo, los pronósticos para el Pacífico central inicializados en setiembre de 2017 indicaban probabilidades de 58% para condiciones neutras y 42% para La Niña, mientras que el inicializado en octubre invirtió esto a 36% neutral y 64% La Niña. Por otro lado, si bien hasta el momento el desempeño de estos pronósticos y los pronósticos oficiales del ENFEN han sido similares, se debe mantener un nivel de escepticismo, particularmente en lo que refiere al Pacífico oriental donde los modelos pueden ser erróneamente confiados.

Referencias

- ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN, 3 pp.
- ENFEN, 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016, Nota Técnica ENFEN N°02-2015, 7 pp.
- Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Van Den Dool, H., Saha, S., Peña Mendez, M., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., Dewitt, D. G., Tippet, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., Rienecker, M., Suarez, M., Li, Z. E., Marshak, J., Lim, Y. K., Tribbia, J., Pegion, K., Merry eld, W. J., Denis, B., Wood, E. F., 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-1 seasonal-to-interannual prediction; Phase-2 toward developing intraseasonal prediction. Bull. Amer. Meteor. Soc., doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1.
- Larson, S. M., Kirtman, B. P., 2015: An alternate approach to ensemble ENSO forecast spread: Application to the 2014 forecast. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1002/2015GL066173
- Takahashi, 2015a: Modelos climáticos y sus errores promedio en el Pacífico. Bol. Tec. El Niño IGP, 2 (6), 4-8.
- Takahashi, 2015b: La ciencia de la predicción. Bol. Tec. El Niño IGP, 2 (10), 4-8.
- Takahashi, 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. Bol. Tec. El Niño IGP, 4 (8), 8-9.

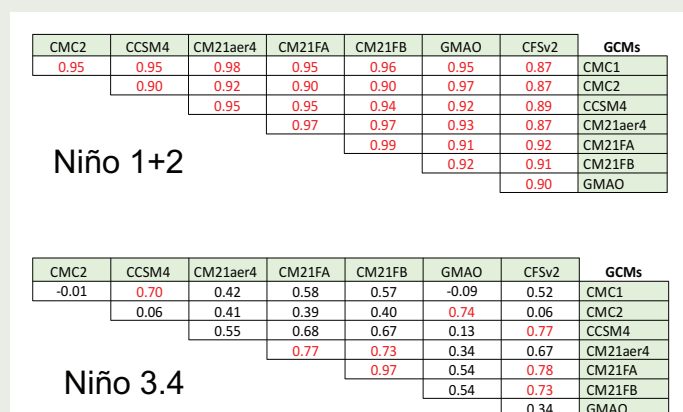


Figura 2: Correlación lineal entre los errores en los pronósticos promedios de cada modelo de NMME (con el sesgo medio removido) para marzo con condición inicial de diciembre entre 1981 y 2016 para las regiones Niño 1+2 (Pacífico oriental) y Niño 3.4 (Pacífico central). Los valores altos indican que los modelos no aportan información independiente.