

## AVANCE DE INVESTIGACIÓN

# COMPARACIÓN EN EL DESEMPEÑO DE LOS PRONÓSTICOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA DE LA COMISIÓN ENFEN Y DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS NMME

**Jorge Reupo<sup>1</sup> y Ken Takahashi<sup>1</sup>**

## RESUMEN

El Perú es uno de los países más afectados durante los eventos El Niño y La Niña. Desde agosto del año 2015, la Comisión ENFEN elabora los pronósticos probabilísticos de las condiciones El Niño o La Niña para la estación de verano en las regiones denominadas Niño 1+2 y Niño 3.4. En este trabajo se evalúa el desempeño de estos pronósticos usando el Ranked Probability Score (RPS) que es una medida de la diferencia entre las distribuciones de probabilidad acumulativa del pronóstico y lo observado. El RPS es calculado para los pronósticos de siete veranos, desde 2015/16 al 2021/22, tanto aquellos realizados por la Comisión ENFEN como los derivados directamente de los modelos de North American Multimodel Ensemble. Asimismo, el RPS se aplica a los pronósticos basados en las probabilidades históricas de los veranos desde 1950/51 hasta 2014/15. Si bien la muestra de siete veranos es aún pequeña, se encuentra que los pronósticos de la Comisión ENFEN y de los NMME tuvieron un desempeño muy similar y mejor que el pronóstico "histórico", con una ligera ventaja aparente de los modelos NMME sobre ENFEN en la región Niño 1+2 y viceversa en Niño 3.4.

**Palabras clave:** pronóstico probabilístico, El Niño, La Niña, RPS, ENFEN, NMME

## AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como Reupo J., y Takahashi, K. (2022). Comparación en el desempeño de los pronósticos de El Niño y La Niña de la Comisión ENFEN y de los modelos climáticos NMME. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 9 n.º 09, págs. 12-17.

## ANTECEDENTES

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN) inició la evaluación de los pronósticos probabilísticos de las condiciones El Niño y La Niña para los meses de verano (diciembre-marzo) con condiciones iniciales empezando en el mes de agosto previo al verano (aunque algunos años se iniciaron antes) y actualizado, mensualmente, con la influencia de las condiciones observadas y los resultados de los pronósticos numéricos de agencias internacionales para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4. Estos pronósticos consisten en la probabilidad para ocho categorías en la región Niño 1+2 y ocho categorías para la región Niño 3.4.

Este trabajo tiene como objetivo estimar el desempeño (*skill*) de los pronósticos probabilísticos mediante la métrica de “Ranked Probability Score” o RPS (Tippet et al., 2017) para los meses de los veranos que se dieron en el periodo 2015/16-2021/22 realizados por la Comisión ENFEN, así como los pronósticos probabilísticos derivados de los modelos climáticos de North American Multimodel Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) y el pronóstico probabilístico que está basado en las probabilidades derivadas de las frecuencias de los eventos históricos observados en los veranos en el periodo 1950/51-2014/15.

## METODOLOGÍA

Los pronósticos probabilísticos del ENFEN se encuentran publicados en sus Comunicados Oficiales. En este trabajo se consideran solo los pronósticos con condición inicial entre agosto y diciembre. Para los modelos de NMME, primero, para cada modelo se consideraron los pronósticos para el verano de los diferentes miembros de su ensemble y se determinó la probabilidad correspondiente a las frecuencias de las categorías de El Niño y La Niña en las dos regiones, luego se promediaron las probabilidades correspondientes a todos los modelos, teniéndose así un pronóstico probabilístico multi-modelo. En el caso del pronóstico “histórico”, se consideraron los valores del ICEN y el ONI para determinar la categoría El Niño/La Niña correspondiente a los veranos en el periodo 1950/51-2014/15, luego se calculó la frecuencia de dichas categorías observadas para tal periodo, las cuales se normalizaron para generar las probabilidades históricas. Estas probabilidades se utilizarían como pronóstico probabilístico referencial, el cual sería invariable año a año e independientemente del mes de condición inicial.



El “Ranked Probability Score” es análogo al “Brier Score” (Wilk 2006), pero se aplica a múltiples categorías, que serían los ocho posibles magnitudes de El Niño y La Niña para la región Niño 1+2 (costera) / Niño 3.4 (central): La Niña fuerte, moderada y débil, neutral, El Niño débil, moderado, fuerte y extraordinario/muy fuerte, (ENFEN, 2012 y 2015). En la estimación del RPS calculamos las probabilidades acumulativas pronosticadas (p) y observadas (o) desde la menor magnitud (La Niña Fuerte) a la mayor (El Niño Extraordinario/muy fuerte).

Se calculan las diferencias entre los pares correspondientes a las probabilidades acumulativas relacionadas a cada categoría del pronóstico y el dato observado, ya sea ICEN u ONI, se elevan al cuadrado y luego se suman. Al igual que con el índice de Brier, cero es el resultado perfecto. Takahashi (2017) realizó un trabajo similar donde solo se consideró los eventos de los veranos 2015/16 y 2016/17. En este estudio se consideran los pronósticos para siete veranos (2015/16-2021/22), lo cual permite una mayor confiabilidad en los resultados desde la perspectiva estadística, similar al estudio realizado por la NOAA sobre cuatro años (L’Heureux et al., 2018), aunque sigue siendo una muestra pequeña.

Una consideración particular para evaluar los pronósticos de verano de los modelos de NMME es que, en general, con los modelos inicializados en agosto se puede obtener los pronósticos del ICEN y ONI (que se basan en una media móvil de tres meses) solo hasta el febrero siguiente, por lo que para el verano solo se considera desde diciembre a febrero. Similarmente, para los pronósticos inicializados en diciembre no se cuenta la información suficiente para el cálculo del ICEN y ONI de diciembre, por lo que para el verano solo se considera de enero a marzo.

En cuanto a los pronósticos probabilísticos del ENFEN, no se cuenta con los meses de octubre de 2016 y agosto de 2018, debido a que las reuniones de la comisión ENFEN se realizaron en la primera semana de los meses mencionados, no contando con la información actualizada de los pronósticos de NMME que son considerados por ENFEN como base de sus estimaciones. Es por esto que lo normal es que el ENFEN publique su evaluación los días 9 de cada mes.

Tabla 1. Pronósticos probabilísticos del ENFEN, NMME e “histórico” (basado en probabilidades observadas de 1950/51-2014/15) y el observado para el verano 2015/16, realizados en setiembre de 2015 para la región Niño 1+2. En paréntesis se muestran las probabilidades históricas para la región Niño 3.4.

Resultados o categoría	ENFEN	NMME	Histórico (Niño 3.4 entre paréntesis)	Observado
Fría Fuerte	0 %	0 %	1.54 % (3.08 %)	0 %
Fría Moderada	0 %	0 %	3.08 % (9.23 %)	0 %
Fría Débil	0 %	0 %	4.61 % (16.92 %)	0 %
Neutra	5 %	0 %	84.61 % (46.15 %)	0 %
Cálida Débil	10 %	10 %	3.08 % (12.31 %)	0 %
Cálida Moderada	30 %	43 %	0 % (6.15 %)	100 %
Cálida Fuerte	35 %	47 %	1.54 % (6.15 %)	0 %
Cálida Extraordinaria/ Muy Fuerte	20 %	0	1.54 % (0 %)	0 %

## RESULTADOS

El RPS de los pronósticos probabilísticos del ENFEN, NMME y el histórico para la región Niño 1+2 (Figura 1) indica que para los tres eventos El Niño (2015/16, 2016/2017, 2018/19), en promedio, NMME tuvo un mejor desempeño (RPS menor) con respecto al ENFEN y el histórico. En el caso de los dos eventos La Niña, el ENFEN tuvo el RPS menor para 2017/18 y NMME para 2021/22. En cuanto a los dos años neutros (2019/20, 2020/21), el RPS menor lo tuvo el pronóstico probabilístico histórico.

En la región Niño 3.4 (Figura 2), se presentaron dos eventos El Niño: en el primer evento (verano 2015/16), NMME tuvo el RPS menor con respecto al ENFEN y el histórico, en el segundo evento (2018/19), el ENFEN tuvo el RPS menor con respecto a NMME y el histórico. En lo relacionado a los tres eventos La Niña (2017/18, 2020/21, 2021/22), el RPS de ENFEN fue menor con respecto a NMME y el histórico. Finalmente, los dos veranos con condiciones normales (2016/17, 2019/20), en promedio se puede decir que el ENFEN y NMME tienen RPS cercanos a cero, siendo el ENFEN menor.

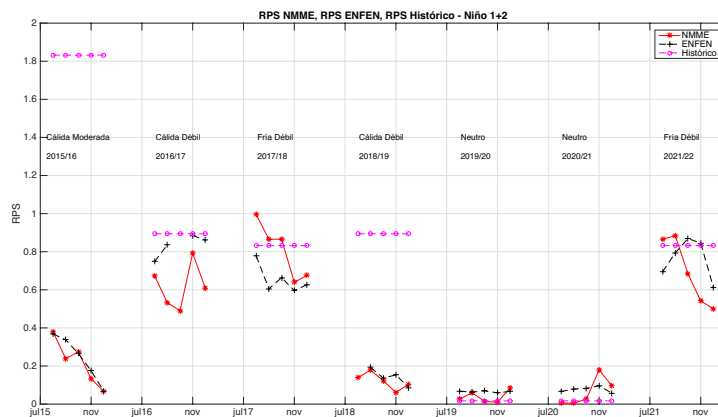


Figura 1. RPS NMME, RPS ENFEN, RPS histórico, en la región Niño 1+2 para el periodo de veranos 2015/16-2021/22.

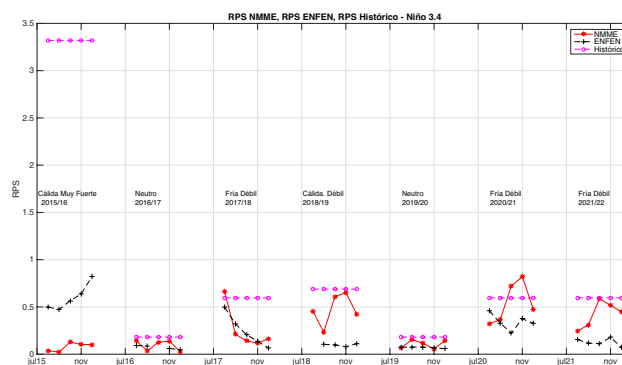


Figura 2. RRPS NMME, RPS ENFEN, RPS histórico, en la región Niño 1+2 para el periodo de veranos 2015/16-2021/22.

Se esperaba que el RPS del ENFEN y NMME disminuya al acercarse las condiciones iniciales al verano. Excepciones notables a este patrón se dieron para Niño 1+2 en el verano 2016/17, correspondiente a El Niño costero 2017, en el que NMME presentó primero una reducción y luego un aumento en RPS mientras que para el ENFEN el RPS, más bien, tuvo una tendencia de aumento (Figura 1). Para el verano 2021/22, el RPS del ENFEN también presentó una tendencia de aumento, contraria a la del NMME.

Tras promediar sobre los siete años para cada mes de inicio de los pronósticos, los valores del RPS muestran que tanto el ENFEN como los modelos de NMME tienen mejor desempeño, es decir, menor RPS que el pronóstico probabilístico histórico tanto para la región Niño 1+2 (Figura 3) como Niño 3.4 (Figura 4). Por otro lado, considerando que las barras de error en ambas figuras se traslapan, no es posible asegurar que el ENFEN o NMME, en general, hayan proporcionado un mejor pronóstico. Tampoco se aprecia una clara tendencia a la mejora en la exactitud de los pronósticos al haberse realizado cada vez más cerca al verano. Curiosamente, NMME presentó mayor error en los pronósticos de octubre y noviembre para Niño 3.4, lo cual refleja, comparado con el ENFEN, una mayor volatilidad del RPS de estos modelos al pasar los meses.

Comparando los pronósticos para ambas regiones (Figuras 3 y 4), es evidente que el ENFEN y NMME en promedio han presentado un mejor desempeño (menor RPS) para la región Niño 3.4 que para Niño 1+2, lo cual es consistente con la mayor complejidad de los procesos físicos y mayores sesgos de los modelos en el Pacífico oriental.

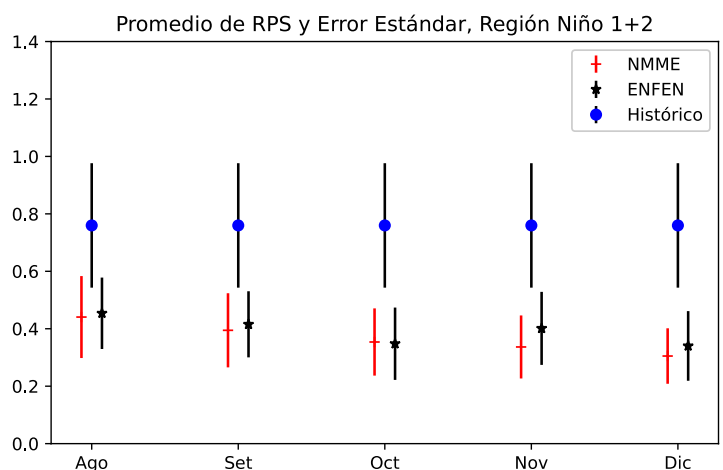


Figura 3. Promedio de RPS y error estándar de los pronósticos de NMME, ENFEN e histórico (agosto-diciembre), región Niño 1+2.

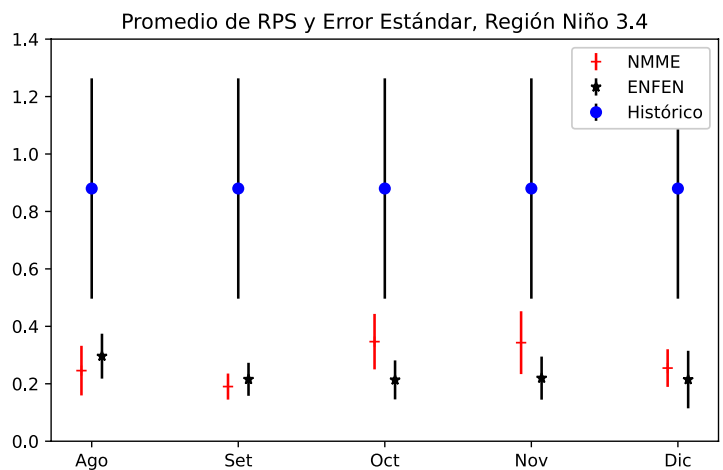


Figura 4. Promedio de RPS y error estándar de los pronósticos de NMME, ENFEN e histórico (agosto-diciembre), región Niño 3.4.

## CONCLUSIONES

Usando el RPS como medida para la verificación de los pronósticos probabilísticos realizados para siete veranos, se encontró que el ENFEN y los modelos NMME generan información de valor que puede ser aprovechada para la toma de decisiones frente a condiciones futuras. También se verificó que el desempeño de ambos es mejor para la región Niño 3.4 que para Niño 1+2. Sin embargo, los siete años de pronóstico no son suficientes para establecer si el ENFEN es mejor o no que el NMME. Sin embargo, dado que la Comisión ENFEN utiliza los resultados de los modelos de NMME para realizar sus pronósticos probabilísticos, esto sugiere que aún se puede mejorar la forma en que el ENFEN aprovecha la información de NMME y su conocimiento experto, de manera que los pronósticos del ENFEN presenten una clara mejoría relativa a NMME.

## REFERENCIAS

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

ENFEN, 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016, Nota Técnica ENFEN N°02-2015, 7 pp.

ENFEN, 2017: El Niño Costero 2017. Informe técnico extraordinario ENFEN 001-2017, 31 pp.

L'Heureux, M.L., Tippett, M.K., Takahashi, Ken, Barnston, A.G., Becker, E.J., Bell, G.D., Di Liberto, T.E., Gottschalck, J., Halpert, Michael S., Hu, Zeng-Zhen, Johnson, Nathaniel C., Xue, Yan, Wang, Wanqiu 2019: Strength outlooks for the El Niño-Southern Oscillation Weather Forecast., 34(2019), pp. 165-175, 10.1175/WAF-D-18-0126.1

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., Tippett, 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., Merryfield, W. J., Denis, B., Wood, E. F., 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-seasonalto-interannual prediction; Phase-2 toward developing intraseasonal prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1.

Takahashi, K., 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. *Bol. Técnico El Niño IGP*, 4(8), 8-9.

Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., 2012: Performance of recent multimodel ENSO forecasts. *J. Appl. Met. Clim.*, doi:10.1175/JAMC-D-11-093.1.

Wilks, D. S., 2006: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, 2nd Edition, Academic Press, 627 pp.