

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

MODELO ESTADÍSTICO PARA EL PRONÓSTICO DE ÍNDICES CLIMÁTICOS ASOCIADOS A LLUVIAS EN PERÚ

Aldo Moya Álvarez¹

RESUMEN

Se muestran dos modelos estadísticos de pronóstico, uno para el Índice Costero El Niño (ICEN) y el otro para el Índice Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), los que se enfocan para la temporada de lluvias en Perú, usando datos del período 1975-2016. Como resultado, se obtuvieron dos modelos con versiones a inicializar en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre. Los predictores más informativos para los primeros 2-3 meses de pronóstico fueron el comportamiento de los propios índices en meses anteriores, la profundidad de la isoterma de 20 °C y los vientos zonales en superficie.

Los índices climáticos juegan un papel más importante en plazos más largos. Para el ICEN, los vientos zonales resultaron más informativos en el Pacífico este; mientras que, para el ONI, los vientos zonales en el Pacífico oeste. Los coeficientes de correlación (R) de las ecuaciones de pronóstico resultaron más altos, y con valores bajos del error medio absoluto, para el ONI. Sin embargo, en la verificación realizada con el período independiente 2017-2018, el modelo del ICEN mostró mejor resultado. En general, en ambos casos los modelos describieron correctamente la tendencia observada de cada índice. Para ambos índices los modelos pronostican que durante gran parte del verano austral 2020-2021 se mantendrá un evento La Niña.

Palabras clave: *Modelo estadístico, regresión multivariada, El Niño, ONI, ICEN.*

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú

Citar como: Moya, A. (2020). Modelo estadístico para el pronóstico de índices climáticos asociados a lluvias en Perú. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N.º 07. pág. 14-20.*

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se han realizado numerosos estudios sobre la interacción océano-atmósfera en el océano Pacífico sur y su relación con las precipitaciones a lo largo de la costa occidental de Sudamérica. Una de las variables que forma parte de esta evaluación es la Temperatura Superficial del Mar (TSM), cuyas anomalías determinan el estado de El Niño–Oscilación del Sur (ENOS), ya sea en su fase positiva (El Niño) o negativa (La Niña) (Trenberth y Caron, 2000). El Niño, asociado a las anomalías positivas de la TSM ha sido bastante estudiado, aunque en la actualidad no existe total correspondencia con la idea inicial del fenómeno El Niño (Rasmusson y Carpenter, 1982; Trenberth y Stepaniak, 2001).

El Niño juega un papel importante en el comportamiento de los patrones de lluvias a nivel global (Rasmusson, 1985). Algunos investigadores (Ropelewski y Halpert, 1987; Aceituno, 1988; Rao y Hada, 1990; Grimm, 2003, 2004) también se han enfocado en documentar el impacto del ENOS sobre la precipitación mensual y estacional en Sudamérica (SA). En Perú se han desarrollado disímiles investigaciones relativas a El Niño y sus relaciones con la precipitación (Takahashi, 2004; Lagos et al., 2007 y Silva et al., 2008). Recientemente, Takahashi et al. (2011) publicó una reinterpretación de los eventos El Niño canónico y Modoki. Por ello, es necesario contar con un pronóstico de los eventos El Niño o La Niña, sobre todo para el período de lluvias en el Perú.

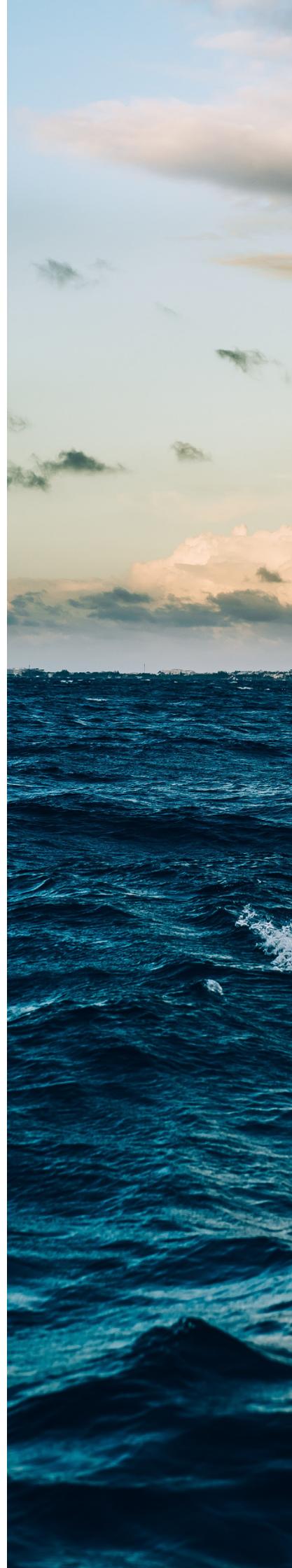
A nivel global, las predicciones de El Niño se enmarcan a partir del pronóstico del “Índice Niño Oceánico” (ONI, por sus siglas en inglés), que es el promedio móvil de tres meses de las anomalías de la TSM estimadas a partir del producto ERSST.v5 SST en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). Recientemente, con el propósito de contar con un índice más relevante para la costa peruana, se estableció el Índice Costero El Niño (ICEN), en el marco del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) (Takahashi et al., 2014), basado en la TSM de la región Niño 1+2 (0°-10°S, 90°-80°W).

DATOS Y METODOLOGÍA

El modelo estadístico se desarrolló usando una regresión lineal multivariada mediante la técnica de Perfect – Prog (pronóstico perfecto) en la que los predictores son solamente datos observados.

VARIABLES A PRONOSTICAR (PREDICTANDOS)

Los predictandos para este trabajo son el ICEN y ONI. Se tomaron datos del ONI (1975-2018) del Centro de Predicción Climática (CPC, por sus siglas en inglés), perteneciente a la Agencia Nacional Atmosférica y Oceánica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) basados en ERSSTv5. Los datos del ICEN fueron calculados a partir de



las anomalías mensuales de la TSM en la zona Niño 1+2 obtenidos del CPC. El modelo se construyó con la serie de datos 1975-2016, mientras que los años 2017-2018 se usaron para la verificación como muestra independiente. Las variables independientes o predictores se muestran en la Tabla 1. En la columna "Predictando" se indican los modelos (ONI/ICEN) para los que los predictores resultaron informativos.

Tabla 1. Predictores utilizados para el desarrollo de los modelos.

Predictor	Abreviatura	Predictando
Valores del ICEN de períodos previos	ICEN	ICEN
Valores del ONI de períodos previos	ONI	ONI
Profundidad de la isoterma de 20 °C en la latitud 140 °W	P-20g	<u>ONI / ICEN</u>
Componente zonal del viento en el Pacífico ecuatorial oeste	U-WP	ONI
Componente zonal del viento en el Pacífico ecuatorial este	U-EP	ICEN
Componente meridional del viento ecuatorial cercano a la costa de SA	V-CP	---
Índice Pacífico Este/Oscilación del Pacífico Norte	EP/NP	
Índice del Pacífico Oeste	WP	<u>ONI / ICEN</u>
Índice de Oscilación del Sur	SOI	ONI
Oscilación del Atlántico Norte	NAO	ICEN
Oscilación del Atlántico	AO	---
Índice Tropical del Atlántico Sur	TSA	<u>ONI / ICEN</u>
Índice Tropical del Atlántico Norte	TNA	ONI
Oscilación multidecadal del Atlántico	AMO	---

RESULTADOS

Se obtuvieron ecuaciones de pronóstico para cada índice, partiendo desde el trimestre mayo-junio-julio (el modelo se inicializa en julio) del año en que se elabora el pronóstico hasta el trimestre marzo-abril-mayo del año siguiente. Se desarrollaron versiones a inicializar en julio, agosto, septiembre y octubre.

En este artículo se muestran los resultados de la inicialización del mes de octubre, cuyo pronóstico comienza en el trimestre agosto-septiembre-octubre.

En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de correlación (R) y el error medio absoluto (MAE) de las ecuaciones de pronóstico para el ICEN, correspondiente a cada trimestre. Como se puede apreciar, hasta el mes de diciembre el "R" se mantuvo por encima de 0.9; mientras que en enero y febrero se lograron valores de "R" de 0.891 y 0.805 respectivamente. El valor del MAE se fue incrementando desde 0.09 para el mes de septiembre hasta 0.38 para febrero.

Tabla 2. Valores de R y MAE (°C) obtenidos para la versión del modelo ICEN a inicializar en octubre.

Indicador	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
R	0.995	0.983	0.964	0.942	0.891	0.805
MAE	0.09	0.15	0.22	0.28	0.34	0.38

En la Figura 1 se muestra la verificación realizada para el ICEN con el período 2017-2018 y el pronóstico para el período 2020-2021. Como se puede observar, para el período 2017-2018 el modelo reflejó correctamente un enfriamiento muy similar a los datos observados con un evento La Niña Costera, y el máximo valor negativo en diciembre. El pronóstico para el período 2020-2021 muestra que el evento La Niña Costera se mantendrá hasta diciembre, con un máximo negativo en octubre.

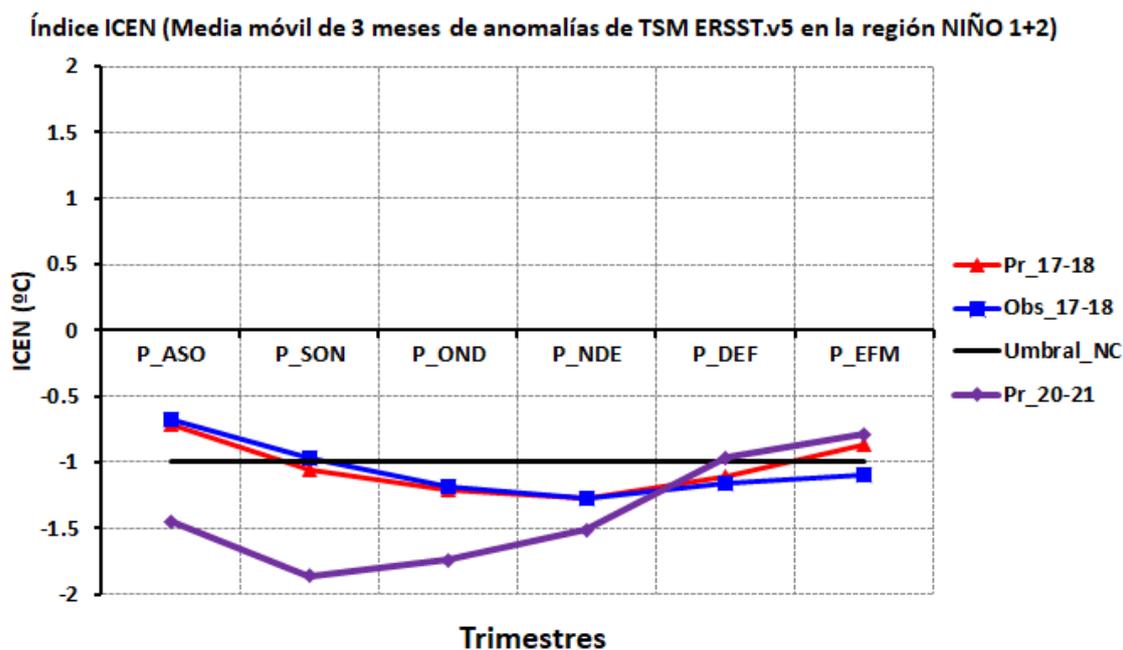


Figura 1. Pronóstico (Pr) y datos observados (Obs) del ICEN para el período comprendido entre los trimestres agosto-septiembre-octubre (ASO) de 2017 y enero-febrero-marzo (EFM) de 2018 y pronóstico para el mismo horizonte, correspondiente al período 2020 – 2021. Umbral NC se refiere a La Niña Costera.

La Tabla 3 muestra los valores de R y MAE de las ecuaciones de pronóstico del ONI, correspondientes a cada trimestre. Como se puede apreciar, los coeficientes R se mantuvieron por encima de 0.9 en todos los trimestres, a excepción del último trimestre MAM. El valor del MAE fue inferior a 0.3 °C en todos los casos.

Tabla 3. Valores de R y MAE (°C) obtenidos para la versión del modelo ONI a inicializar en octubre.

Indicador	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
R	0.995	0.984	0.970	0.956	0.945	0.935	0.924	0.890
MAE	0.08	0.12	0.21	0.26	0.28	0.27	0.23	0.20

En la Figura 2 se muestra la verificación realizada para el ONI en el período 2017-2018 y el pronóstico para el período 2020-2021. Como se puede observar, el modelo refleja correctamente la existencia de un enfriamiento, aunque menos marcado a lo ocurrido, según los datos observados. En ambos casos se muestra un evento La Niña, aunque el modelo lo extiende solo hasta enero, mientras la observación lo muestra hasta marzo. Para el período 2020-2021, el modelo sugiere algo similar y mantiene un evento La Niña prácticamente durante todo el verano austral, concretamente hasta febrero.

Índice ONI (Media móvil de 3 meses de anomalías de TSM ERSST.v5 en la región Niño 3.4)

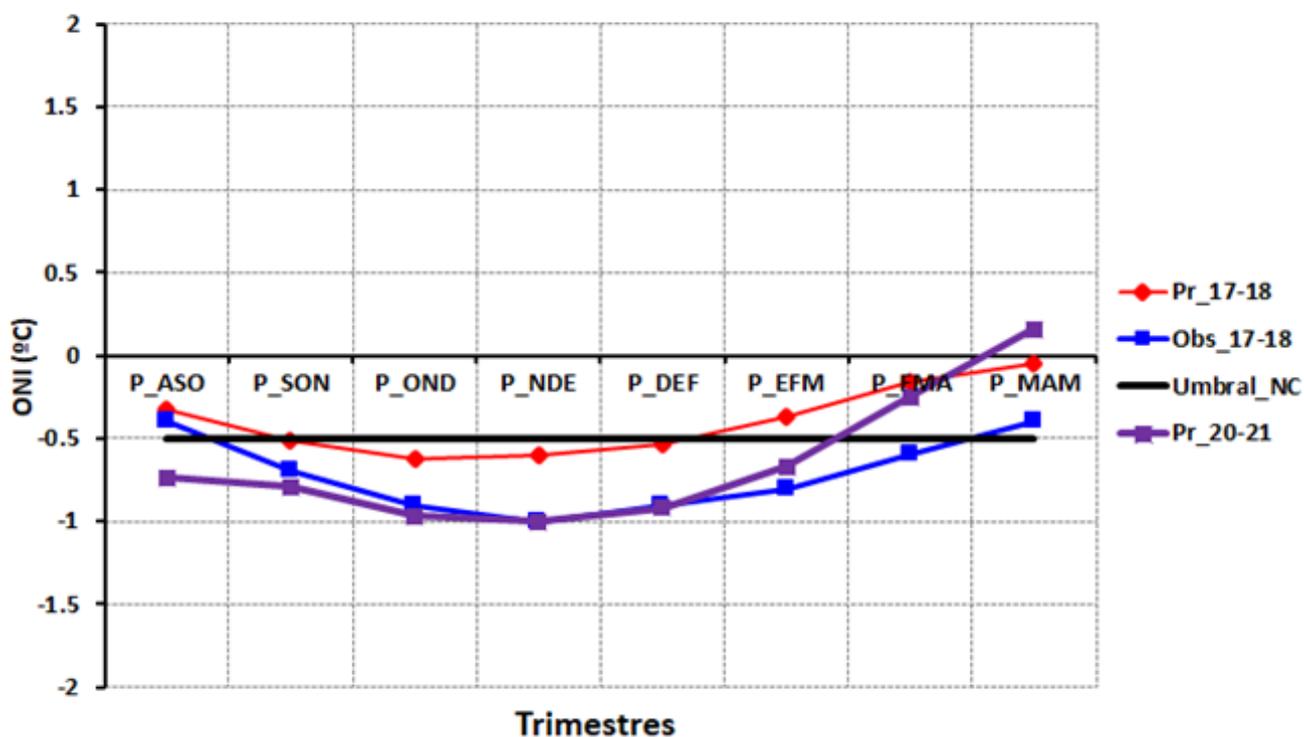


Figura 2. Pronóstico (Pr) y datos observados (Obs) del ONI para el período comprendido entre los trimestres agosto-septiembre-octubre (ASO) de 2017 y marzo-abril-mayo (MAM) de 2018 y pronóstico para el mismo horizonte, correspondiente al período 2020-2021 como condiciones de La Niña en el Pacífico central. Umbral NC se refiere a la Niña en el Pacífico central.

CONCLUSIONES

Se presentan dos modelos estadísticos de pronóstico para los índices ICEN y ONI. Se emplearon datos del período 1975-2018. Los modelos se construyeron con los datos del período 1975-2016 y se tomó el período 2017-2018 para verificación independiente.

Los resultados se muestran en forma de tablas y gráficos. Se han mostrado también los valores de los coeficientes "R" de las ecuaciones de pronóstico y los valores del Error Medio Absoluto (MAE) en cada caso.

- Los predictores más informativos para los primeros 2 a 3 meses de pronóstico fueron el comportamiento de los propios índices en meses anteriores, la profundidad de la isoterma de 20 °C y los vientos zonales.
- Para el índice ICEN resultaron más informativos los vientos zonales en el Pacífico este, mientras que para el índice ONI resultaron más informativos los vientos zonales en el Pacífico oeste.
- Los coeficientes "R" de las ecuaciones de pronóstico resultaron más altos para el índice ONI, al igual que el valor promedio del MAE; sin embargo, la verificación realizada con el período independiente 2017-2018, el modelo de ICEN mostró mejor resultado. En general para ambos casos el modelo describió correctamente la tendencia observada de cada índice.
- Ambos modelos pronostican que el evento La Niña se mantendrá durante gran parte del verano austral 2020-2021.



REFERENCIAS

- Aceituno, P. (1988). On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Monthly Weather Review*, 116, 505–524.
- Grimm, A. M. (2003). The El Niño impact on summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. *Journal of Climate*, 16, 263–280.
- Grimm, A. M. (2004). How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil. *Climate Dynamics*, 22, 123–138.
- Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E. y Mosquera, K. (2008). El Niño–related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences*, 14, 231–237.
- Rao, V. B. y Hada, K. (1990). Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 81–90.
- Rasmusson (1985). El Niño and variations in climate. *Am. Sci.*, 73, 168–177.
- Ropelewski, C. F. y Halpert, M. S. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño–Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606–1626.
- Silva, Y., Takahashi, K. y Chávez, R. (2008). Dry and wet rainy seasons in the Mantaro river basin (Central Peruvian Andes). *Advances in Geosciences*, 14, 261–264.
- Takahashi, K. (2004). The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997–1998 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae*, 22, 3917–3926.
- Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K. y Dewitte, B. (2011). ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38, 5 pp.
- Takahashi, K., Mosquera, K. y Reupo, J. (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*, 1 (2), 8–9.
- Trenberth, K. E. y Caron, J. M. (2000). The Southern Oscillation Revisited: Sea level pressures, surface temperatures and precipitation. *Journal of Climate*, 13, 4358–4365.