

Eventos fase cálida El Niño-Oscilación Sur y las precipitaciones durante primavera y verano en la región centro-oriental de la provincia de La Pampa

Belmonte, María Laura¹, Carreño, Lorena Verónica¹

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Anguil (La Pampa, Argentina)
@ belmonte.maria@inta.gob.ar

Recibido: 08/05/2024
Aceptado: 19/09/2024

Resumen. El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un factor de variabilidad climática que impacta principalmente en las lluvias a escala planetaria, y puede anticiparse con varios meses de antelación. Numerosos estudios han constatado que la fase cálida del fenómeno se correlaciona con anomalías positivas de precipitación en la Región Pampeana Argentina, sin embargo, se requieren estudios más puntuales para analizar la variabilidad espacial de las lluvias durante cada evento ENOS dentro de esta gran región. El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución de las precipitaciones durante eventos ENOS fase cálida (EN) ocurridos durante primavera y verano en la región centro oriental de la provincia de La Pampa (LP), donde se desarrollan los principales cultivos de cosecha y forrajeros. Para ello, se analizó información pluviométrica trimestral de 11 localidades en un periodo de 50 años. En el caso del verano, durante eventos EN intensos el rango de anomalías de precipitación positivas osciló entre 20 y 66% y, en todas las localidades la precipitación acumulada superó al promedio histórico. Durante episodios EN leves a moderados, no existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) de lluvias respecto a los promedios históricos. En los episodios EN de primavera, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) de lluvias respecto a los promedios históricos. A partir de la distribución espacial de las anomalías de lluvia pudieron observarse ciertos patrones zonales. Las diferencias positivas durante eventos EN intensos de verano representan en promedio unos 100 mm en el trimestre estival, diferencia adicional que resulta considerable para las actividades agropecuarias en la región de estudio. En el caso de la distribución de las anomalías de lluvia para eventos EN de primavera se observó una distribución espacial de valores positivos de precipitación sectorizados en el SE provincial durante eventos leves a moderados, mientras que durante eventos intensos las zonas sectorizadas con valores positivos se localizaron dispersas en el área de estudio. Esta diferencia de comportamiento de las lluvias durante eventos EN según la estación de ocurrencia, representa un aspecto importante que se debería profundizar en estudios futuros.

Palabras clave: ENOS; lluvias; planificación agropecuaria; estepa pampeana.

Abstract. El Niño-Southern Oscillation warm phase events and precipitation during spring and summer in the central eastern region of La Pampa province. The ENSO phenomenon is a climate variability factor that mainly impacts rainfall on a planetary scale and can be anticipated several months in advance. Numerous studies have found that the warm phase of the phenomenon correlates with positive precipitation anomalies in the Argentine Pampean Region; however, more specific studies are required to analyze the spatial variability of rainfall during each ENSO event within this large region and even considering its intensity. The objective of this work was to analyze the distribution of rainfall during ENSO warm phase (EN) events occurring during spring and summer in the central eastern region of La Pampa (LP) province, where the main crop and forage crops are grown. For this purpose, quarterly pluviometric information from 11 localities over a 50-year period was analyzed. In the case of summer, during intense EN events, the range of positive precipitation anomalies ranged from 20 to 66% and, in all localities, the accumulated precipitation exceeded the historical average. During mild to moderate EN episodes, there were no significant differences ($p < 0,05$) in rainfall with respect to historical averages. In the spring EN episodes, no significant differences ($p < 0,05$) in rainfall were found with respect to historical averages. From the spatial distribution of rainfall anomalies, certain zonal patterns could be observed. Positive differences during intense summer EN events represent on average about 100 mm in the summer quarter, an additional difference that is considerable for agricultural activities in the study region. In the case of the distribution of rainfall anomalies for spring EN events, a spatial distribution of positive precipitation values was observed sectorized in the SE of the province during mild to moderate events, while during intense events the sectorized areas with positive values were scattered throughout the study area. This difference in rainfall behavior during EN events according to the season of occurrence represents an important aspect that should be further studied in future investigations.

Cómo citar este trabajo:

Belmonte, M. L. y Carreño, L. V. (2024). Eventos fase cálida El Niño-Oscilación Sur y las precipitaciones durante primavera y verano en la región centro-oriental de la provincia de La Pampa. *Semiárida*, 34(2), 55-63.

Key words: ENSO; precipitation; agricultural planning; pampas steppe.

INTRODUCCIÓN

Gran parte del riesgo que afronta la producción agropecuaria está asociado con el clima y su variabilidad espacio-temporal. La imprevisibilidad de los fenómenos meteorológicos también aumenta la vulnerabilidad del sector. No obstante, en los últimos años, el conocimiento y previsión de los procesos y fenómenos en la atmósfera ha avanzado notablemente. Un ejemplo es la anticipación al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) a tal punto que es posible estimar su fase e intensidad con varios meses de antelación (Barnston et al., 2012; Tang et al., 2018; L'Heureux et al., 2020). Diversos antecedentes han demostrado que el ENOS tiene gran influencia en las lluvias del Sur de Sudamérica (Barros y Silvestre, 2002; Grimm et al., 2000; Kayano y Andrioli, 2007; Vera et al., 2004). Según Ropelewsky y Halpert (1987), durante esta fase, las precipitaciones tienden a ser superiores al promedio histórico en el Este de la Argentina. La respuesta atmosférica asociada a la ocurrencia de sus diferentes fases (fría y cálida) altera la magnitud y distribución de las precipitaciones de forma desigual, según diferentes regiones de la Argentina afectando el rendimiento en los cultivos agrícolas. Por ejemplo, durante la fase cálida o “El Niño” (EN), la región sudeste de Sudamérica que comprende a Uruguay, Paraguay, sur de Brasil y la Mesopotamia y región Chaco-Pampeana Argentina, experimenta anomalías positivas de precipitación durante el período que va desde noviembre del año en que empieza el evento, hasta febrero del año siguiente (Vera et al., 2004). La señal climática del fenómeno ENOS no es homogénea a lo largo de las diferentes regiones del país, ya que la señal decrece de noroeste a sudeste, debilitándose justamente hacia la provincia de La Pampa (Peñalba y Rivera, 2016). Asimismo, existen diferencias importantes en las condiciones agroecológicas entre las regiones de producción. En la Región Pampeana Argentina (RPA), la señal más pronunciada de la fase cálida del ENOS se manifiesta en el período octubre-febrero, en especial noviembre-enero, con anomalías positivas de precipitación (SMN 2024) coincidiendo con el ciclo de cultivos de cosecha estival (Podestá et al. 1999). Antecedentes en esa región también han relacionado la influencia del fenómeno sobre los rendimientos de cultivos (Bert et al., 2006; Fernández Long et al., 2011; Hurtado et al., 2003; Podestá et al., 2002; Travasso et al., 2009) o con la variación del almacenaje de agua en el suelo (Forte Lay y Scarpati, 2004; Méndez, 2018).

La provincia de La Pampa (LP), por su ubicación geográfica, presenta características continentales que le confieren una gran variabilidad climática. Las precipitaciones anuales promedio presentan un gradiente decreciente de noreste a suroeste, que va desde los 850 mm a los 300 mm (Roberto et al., 2016), y el régimen pluviométrico es estacional y concentra el 65 % de los acumulados durante el periodo primavera-estival. Si bien suele asociarse a los efectos de EN con anomalías positivas de precipitación en toda la RPA, aún no se tiene precisión de cómo influye en las diferentes regiones de LP y en distintas épocas del año. Por lo tanto, determinar el grado de asociación entre el ENOS y las anomalías de precipitación a nivel provincial resulta de utilidad a modo de identificar patrones característicos que puedan ser utilizados para predecir el comportamiento de las lluvias que aporte información valiosa para la toma de decisiones en la planificación de actividades agropecuarias.

El objetivo de este trabajo fue analizar las anomalías de precipitación durante las fases cálidas del ENOS en la región centro-oriental de la provincia de LP, durante primavera y verano.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron once localidades distribuidas en la región de estudio que quedó limitada entre los 35-38° de latitud Sur y los 63-65° de longitud Oeste (Figura 1), donde se concentra la mayor parte de la producción de cultivos y pasturas en secano de LP (MAGyP, 2023). Los registros históricos de precipitación que se utilizaron en el estudio corresponden a la red pluviométrica de la provincia de La Pampa del periodo 1973-2022, y han sido verificados y validados (APA; INTA). Se calcularon los acumulados de lluvia para los trimestres de verano (diciembre, enero y febrero - DEF) y de primavera (septiembre, octubre y noviembre - SON). Se realizó un promedio de aquellos

trimestres que coincidieron con la fase cálida EN. Asimismo, se calcularon los promedios de precipitación para toda la serie histórica (50 años) de los trimestres DEF y SON en cada una de las localidades. Los eventos de EN se obtuvieron de acuerdo con los valores de anomalías de temperatura superficial del mar (TSM), mediante el índice Oceanic Niño Index (ONI) publicados por NOAA-CPC-NCEP de los trimestres DEF y SON. A partir de este índice se seleccionaron los trimestres que corresponden a la fase cálida EN. Para obtener información sobre la intensidad del evento se consideró la clasificación a partir de los valores ONI, diferenciándose eventos EN leve a moderado (EN_1), cuando el ONI trimestral presentó valores entre 0,5 y 1,4 °C, y eventos EN intenso (EN_2), en los casos donde los índices ONI alcanzaron o superaron los 1,5 °C.

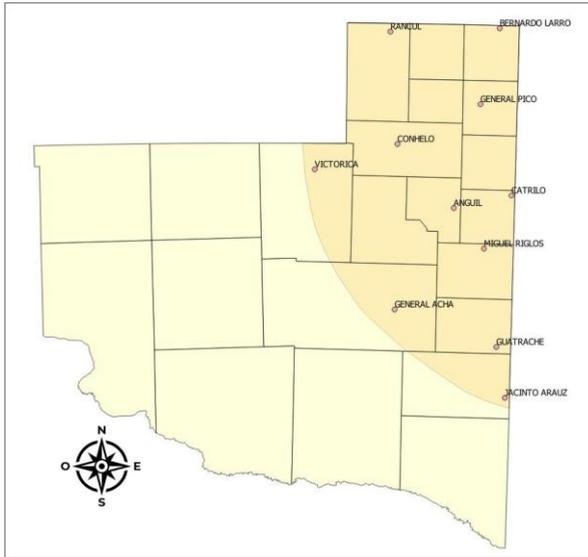


Figura 1. Ubicación de la región de estudio y sus localidades en la provincia de La Pampa.

Figure 1. Location of the study region and its localities in La Pampa province.

Se analizó el impacto de diferentes intensidades del evento EN sobre las precipitaciones para el periodo primaveral y estival, respectivamente. Posteriormente, se calcularon las anomalías, las cuales se definen como las diferencias entre los promedios de precipitación durante eventos EN y los promedios históricos correspondientes del período, expresadas en milímetros (mm) y porcentaje (%), según la fórmula (1):

$$(1) \quad APi (\%) = \left[\frac{Pi - \overline{Pi}}{\overline{Pi}} \right] \times 100$$

En donde:

APi (%) = Anomalía pluviométrica del período i , en %

Pi = Precipitación acumulada del período i , en mm

\overline{Pi} = Precipitación promedio acumulada del período i , en mm (serie: 1973-2022)

Para determinar si la variable presenta algún patrón zonal, se construyeron mapas de anomalías (%) para DEF y SON, con el software libre y gratuito QGIS 3.10.1. La base de datos fue linkeada con un shape de la región de estudio. En un paso posterior, mediante la herramienta GRASS-Vectorial-v.surf.rst, se realizó una interpolación lineal de puntos. Una vez realizada, se usó una paleta de colores adecuada para diferenciar las categorías y rangos de valor. Las tonalidades que van del rojo al naranja y amarillo representan anomalías negativas, marfil a blanco indican anomalías levemente positivas a neutras y, por último, las tonalidades verdes indican anomalías positivas.

RESULTADOS

Período estival - DEF

Al analizar todas las localidades (Figura 2), el promedio de precipitación durante eventos EN_2 en DEF, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto al promedio histórico en ese mismo trimestre. El rango de anomalías positivas osciló entre 20 y 66 % (36 % de anomalías positivas, en promedio). En todas las localidades analizadas la precipitación acumulada durante el trimestre DEF en EN_2 superó al promedio histórico individual. Por el contrario, durante episodios EN_1, no existieron diferencias significativas, siendo el promedio de precipitación durante estos eventos incluso levemente menor que el promedio histórico (256 vs. 274 mm) (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la prueba T para la diferencia de medias en DEF, donde $\mathcal{M}0$ es la media histórica, $\mathcal{M}1$ es la media de la muestra, Tc estadístico T crítico, Tp valor T calculado.

Table 1. T-test results for the difference of means in DEF, where $\mathcal{M}0$ is the historical mean, $\mathcal{M}1$ is the sample mean, Tc is the critical T-statistic and, Tp is the calculated T-value.

	EN_1	EN_2	Tc	$\mathcal{M}0$	n	gl
Tp	1,0125	-5,9933	-1,724	273,9	11	20
$\mathcal{M}1$	255,8	372,6 *				

Del análisis también se desprenden ciertos períodos EN_2 que presentaron lluvias excepcionales durante el trimestre analizado, cómo los eventos 1991/92, 1997/98 y 2009/10. Por ejemplo, durante el primer evento mencionado las localidades de Anguil, General Acha, Catrilo y Conhella presentaron anomalías positivas de 98,5 %; 88,7 %; 88,8 % y 90,4 % respectivamente. Durante el evento 1997/98 se destacaron Bernardo Larroudé con un 98 % y Rancul con un 119 % más de lluvia que el promedio del trimestre. En tanto que durante 2009/10, las localidades de Bernardo Larroudé y Catrilo, por mencionar las más excepcionales, presentaron valores de anomalías positivas de 140 % y 146 %, respectivamente. Durante el trimestre estival 2015/16, Anguil presentó eventos de lluvias excepcionales, que superaron en un 121,7 % a su respectivo promedio histórico.

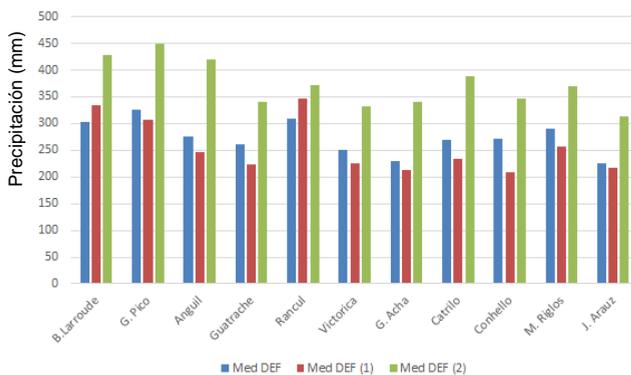


Figura. 2. Comparación de los acumulados de precipitación promedio (mm) del trimestre DEF durante eventos EN Intenso (2), eventos EN moderados a leve (1) y los promedios históricos para localidades del Este de La Pampa.

Figure 2. Comparison of the accumulated precipitations average (mm) of the DEF quarter during intense EN events (2), moderate to mild EN events (1) and the historical averages for locations in the East of La Pampa.

A partir de los mapas de anomalías (Figura 3) pudieron observarse ciertos patrones zonales. Durante EN_1 los valores de anomalías varían de un mínimo de -22,9 % a un máximo de 11,6 %, con una distribución espacial de valores positivos muy sectorizados en el Norte provincial. En el resto del área estudiada no se observa un impacto claro en las lluvias durante los trimestres Niño leves a moderados. En cambio, durante trimestres transcurridos en EN_2, los valores de anomalías fueron, en todos los casos positivos y, en un rango del 20 al 66 %. También puede observarse que los mayores incrementos en las lluvias respecto al histórico se dan a lo largo de un cinturón que va, del NE del área de estudio al SW de esta. Los valores de desviación estándar son similares en ambos (DE-EN_1: 10,3 y DE-EN_2: 9,9), y los mínimos valores se encuentran en el extremo NW y SE del área.

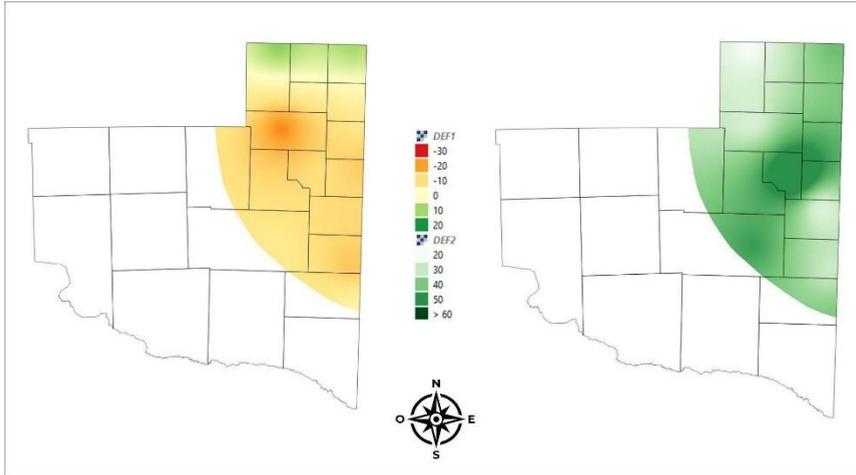


Figura 3. Mapas de anomalía pluviométrica (%) en DEF durante eventos EN leves a moderados (izq.) y durante eventos EN intensos (der.)

Figure 3. Rainfall anomaly maps (%) in DEF during mild to moderate EN events (left) and during intense EN events (right).

Período primaveral – SON

Al analizar todas las localidades (Figura 4), los valores promedio de precipitación tanto para eventos EN_1 como para eventos EN_2 en SON, no se encontraron diferencias significativas respecto a los promedios históricos de ese mismo trimestre, siendo el promedio de precipitación durante estos eventos incluso levemente menor que el promedio histórico (203 y 209,7 mm). El rango de

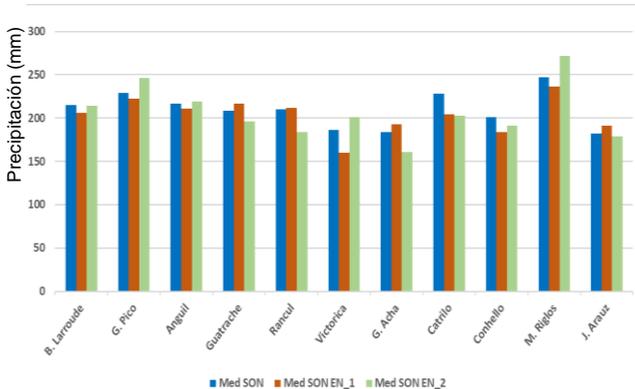


Figura 4. Comparación de los acumulados de precipitación promedio (mm) del trimestre SON durante eventos EN Intenso (2), eventos EN moderados a leve (1) y los promedios históricos para localidades del Este de La Pampa.

Figure 4. Comparison of the accumulated precipitation average (mm) of the SON quarter during intense EN events (2), moderate to mild EN events (1) and the historical averages for locations in the East of La Pampa.

anomalías de precipitación osciló entre -10,5 y 3,3 % (alrededor de 73 % de anomalías negativas) (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la prueba T para la diferencia de medias en SON, donde \mathcal{M}_0 es la media histórica, \mathcal{M}_1 es la media de la muestra, T_c estadístico T crítico, T_p valor T calculado.

Table 2. T-test results for the difference of means in SON, where \mathcal{M}_0 is the historical mean, \mathcal{M}_1 is the sample mean, T_c critical T statistic, T_p calculated T value

	EN_1	EN_2	T_c	\mathcal{M}_0	n	gl
T_p	0,6229	0,243	-1,724	209,7	11	20
\mathcal{M}_1	204	207				

A continuación, se analizaron aquellos años con trimestre SON EN que presentaron lluvias mayores al promedio histórico trimestral, es decir, anomalías positivas de lluvias (Tabla 3). Eventos excepcionales ocurrieron tanto durante episodios EN leves-moderados como intensos. Se destaca el año 1976 con anomalías superiores al 100 % para las localidades de Guatraché, Victorica y General Acha, bajo condiciones ENOS EN_1. El año 2014 (también EN_1) presentó anomalías superiores al 50 % para Anguil, Guatraché, General Acha y Jacinto Arauz. Mientras que otros años que presentaron anomalías superiores al 50 % fueron: 1976 (Jacinto Arauz), 1979 (Conhella, EN_1), 1987 (Victorica EN_2), 1991 (Rancul, EN-1) y 1997 (Bernardo Larroudé, EN-2). El valor de anomalía positiva máxima se dio para el año 1976 en la localidad de Guatraché (167,79 %), mientras que el mínimo ocurrió en el año 2018 en Miguel Riglos (0,40 %).

Tabla 3. Detalle de las anomalías positivas de precipitación (%) durante años con eventos EN (SON), para cada localidad. Los porcentajes en negrita indican significancia al 5 %.

Table 3. Details of positive precipitation anomalies (%) during years with EN (SON) events, for each location. Percentages in bold indicate significance at 5 %.

EN SON	B. Larroude	G. Pico	Anguil	Guatrache	Rancul	Victorica	G. Acha	Catrilo	Conhella	M. Riglos	J. Arauz
1976	10,70		21,01	167,79	47,14	109,68	141,85	34,21	39,80	38,46	78,02
1977				4,33				9,21			17,58
1979			6,82			18,82		5,70	59,20	30,77	11,54
1982				24,52							
1986	12,09	13,49			1,43			8,77			
1987	3,72	0,70				58,60				32,39	4,40
1991	8,84	6,99	50,37		55,71			4,39	14,93	31,98	
1994											
1997	62,33	25,33			21,90						
2002	36,28	0,44		23,08			19,57				27,47
2004	20,00		4,15	4,81	39,52	19,89	8,15	21,05	19,90		
2006									2,99		
2009		2,62									
2014		23,14	51,38	64,42	8,10		89,13	9,21	2,99	3,24	62,64
2015		10,92	37,74			15,59	3,80	17,11	15,42	32,79	
2018	46,98	11,79	16,82		6,19		3,80			0,40	33,52

A partir de los mapas de anomalías (Figura 5) pudieron observarse ciertos patrones zonales. Durante EN_1 los valores de anomalías varían de un mínimo de -14,0 % a un máximo de 4,9 %, mientras que para EN_2 el rango de valores fue de un mínimo de -12,5 % a un máximo de 10,1 %. Durante EN_1 se observó una distribución espacial de valores positivos muy sectorizados en el Sur provincial, mientras que en el caso de EN_2 las zonas con valores positivos se presentaron más dispersas. En el resto del área estudiada no se observa un impacto claro en las lluvias durante los trimestres EN ocurridos en SON. Los valores de desviación estándar fueron de 6,4 para EN_1 y 8,2 para EN_2m respectivamente.

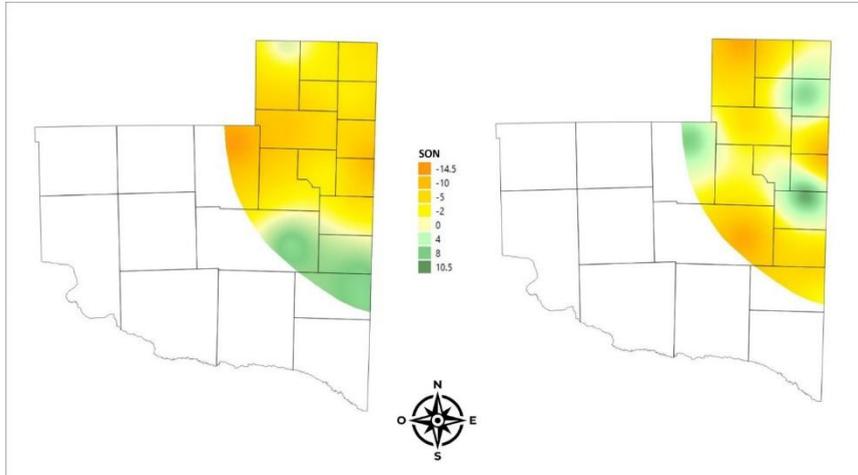


Figura 5. Mapas de anomalía pluviométrica (%) en SON durante eventos EN leves a moderados (izq.) y durante eventos EN intensos (der.).

Figure 5. Rainfall anomaly maps (%) in SON during mild to moderate EN events (left) and during intense EN events (right).

Aunque en este trabajo solo se abordó la fase cálida El Niño-Oscilación Sur, estudios realizados en la Región Pampeana determinaron que el ENOS no es el único factor climático que afecta a la distribución y montos de las precipitaciones, pero se conoce su impacto, creando condiciones que favorecen el aumento o la disminución de estas según se desarrolle en su fase cálida o fría, respectivamente. Con lo cual, estas condiciones pueden verse modificadas por otros forzantes de variabilidad climática de mayor o menor escala, tanto espacial como temporal (Modo Anular del Sur - SAM, patrón SIS, Oscilación de Madden-Julian), que podrían potenciar o debilitar las señales de EN (Álvarez et al., 2016; Chan et al., 2008; Reboita et al., 2021).

CONCLUSIONES

Con datos de localidades ubicadas en los sectores Este y Centro de la provincia de LP, este trabajo permitió concluir que, durante los eventos EN fase cálida ocurridos en 50 años, se observó una relación con las lluvias en esa región que fue variable según la intensidad del fenómeno y la estación del año.

Durante el periodo estival, los resultados fueron más erráticos con episodios EN leves a moderados. Por el contrario, durante los eventos EN intensos se encontraron mayores montos acumulados de lluvia durante el periodo diciembre a febrero. En términos de milímetros de agua pluvial, las diferencias positivas durante eventos EN intensos representaron en promedio, unos 100 mm en el trimestre estival, con una variación entre localidades entre 61 y 144 mm por encima de la media. Teniendo en cuenta la capacidad de retención hídrica de los suelos y los usos consuntivos de agua de los cultivos estivales en la estepa pampeana, estos milimetrajes de diferencia adicional resultan considerables para la región.

Cuando se evalúa cada año donde ocurrió un episodio EN en el trimestre SON, se observan anomalías positivas que van desde 0,4 % (año 2018, Miguel Riglos) a 167,8 % (año 1979, Guatraché). Estos diferentes impactos del ENOS según estaciones, deja ciertos interrogantes que necesitan una profundización de la temática para ser respondidos, debido a que también otros componentes de la variabilidad climática natural interfieren en el comportamiento de las lluvias en simultáneo con ENOS. A futuro y siguiendo con esta línea de trabajo, se plantea la necesidad de

ampliar la zona de estudio e involucrar otras localidades de la provincia y, evaluar el impacto del ENOS fase cálida durante otoño e invierno.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen la revisión y los comentarios de la Lic. Natalia N. Gattinoni (Instituto de Clima y Agua - INTA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, M. S., Vera, C., Kiladis, G. N., & Liebmann, B. (2016). Influence of the Madden Julian Oscillation on precipitation and surface air temperature in South America. *Climate Dynamics*, 46, 245-262.
- APA. Administración provincial del agua. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Ministerio de Conectividad y Modernización - Dirección de Servicios Informáticos. Gobierno de La Pampa. (2023). Datos históricos de lluvias. <https://apa.lapampa.gob.ar/meteorologia-servicios.html>
- Barnston, A. G., Tippett, M. K., L'Heureux, M. L., Li, S., & DeWitt, D. G. (2012). Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: Is our capability increasing?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(5), 631-651.
- Barros, V. R. & Silvestri, G. E. (2002). The relation between sea surface temperature at the subtropical South-Central Pacific and precipitation in Southeastern South America. *Journal of Climate*, 15, 251-267.
- Belmonte, M. L y Carreño, L. V. (2023). Relación entre eventos "El Niño" y las precipitaciones estivales en el Este de la provincia de La Pampa. IV Seminario de Gestión del Riesgo Agropecuario. 28 y 29 de septiembre de 2023. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/15510>
- Bert, F. E., Satorre, E. H., Ruiz Toranzo, F., & Podestá, G. (2006). Climatic information and decision making in maize crop production systems of Argentinean Pampas. *Agricultural Systems*, 88, 180–204.
- Chan, S. C., Behera, S. K., & Yamagata, T. (2008). Indian Ocean dipole influence on South American rainfall. *Geophysical Research Letters*, 35(14).
- Dirección de comunicaciones de la Policía de La Pampa. (2024). Red pluviométrica de la provincia de La Pampa. <https://policia.lapampa.gob.ar/contenidos/ver/lluvias/>
- Fernández Long, M. E., Spescha, L., Hurtado, R., y Murphy, G. M. (2011). Impacto del ENOS sobre los rendimientos de maíz en la región pampeana argentina. *AgriScientia*, 28(1), 31–38. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n1.2778>
- Forte Lay, J. A. y Scarpati, O. E. (2004). El ENOS y las diferencias en la distribución estival (diciembre - enero) de la disponibilidad de agua en el suelo en la región pampeana argentina. En actas de: X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología.
- Grimm, A., Barros, V., & Doyle, M. (2000). Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 13, 35-58.
- Hurtado, R., Serio, L., Spescha, L., Fernández Long, M. E. y Murphy, G. M. (2005). Análisis de la sensibilidad de distintos índices del ENSO para explicar los rendimientos de maíz en la Región Pampeana. *Revista Facultad de Agronomía*, 25(1), 53-60.
- Hurtado, R., Spescha, L., Fernández Long, M. E., y Murphy, G. M. (2003). Evaluación del ENSO como predictor de los rendimientos de maíz en la Región Pampeana (Argentina). *Revista Facultad de Agronomía*, 23(2-3), 131-139.
- INTA (2020). Sistema de consulta de datos e información agrometeorológica y agroclimática con agregado de valor para la producción agropecuaria de la provincia de La Pampa. <https://agrometeorologialapampa.shinyapps.io/SistemaAnquil/>
- Kayano, M. T. & Andreoli, R. V. (2007). Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology*, 27, 531-540.
- L'Heureux, M. L., Levine, A. F., Newman, M., Ganter, C., Luo, J. J., Tippett, M. K., & Stockdale, T. N. (2020). ENSO prediction. In: El Niño Southern Oscillation in a changing climate, 227-246.
- Méndez, M. J., Bongianino, S., Casagrande, G., y Vergara, G. (2018). Impacto de El niño Oscilación del Sur (ENSO) y la fecha de siembra en la evolución del agua almacenada en el suelo durante el cultivo de maíz. *Semiárida*, 28(1), 11-22. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2018\(01\).11-22](https://doi.org/10.19137/semiárida.2018(01).11-22)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación [MAGYP]. (2023). <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA. (2024) National Weather Service (NWS). National Centers for Environmental Prediction (NCP). Climate Prediction Center (CPC). <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
- Peñalba, O. C., & Rivera, J. A. (2016). Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America—emphasis in regional drought occurrences. *Advances in Geosciences*, 42, 1-14.

- Podestá, G. P., Messina, C. D., Grondona, M. O., & Magrin, G. O. (1999). Associations between grain crop yields in central-eastern Argentina and El Niño–Southern Oscillation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 38(10), 1488-1498.
- Podestá, G., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R. A., Jones, J., Hansen, J., Llovet, I., Grondona, M. & O'Brien, J. J. (2002). Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems*, 74(3), 371-392.
- Reboita, M. S., Ambrizzi, T., Crespo, N. M., Dutra, L. M. M., Ferreira, G. W. D. S., Rehbein, A., Drumond, A., da Rocha, R. P., & Souza, C. A. D. (2021). Impacts of teleconnection patterns on South America climate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1504(1), 116-153.
- Roberto, Z. E., Belmonte, M. L. y Carreño, L. V. (2016). Mapas de precipitación de la provincia de La Pampa (período 1984-2014). Boletín de divulgación Técnica N.º 115. Ediciones Inta. <https://inta.gob.ar/documentos/mapas-digitales-de-precipitacion-de-la-provincia-de-la-pampaperiodo-1984-2014>
- Ropelewski, C. F., & Halpert, M. S. (1987). Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly weather review*, 115(8), 1606-1626.
- Servicio Meteorológico Nacional. SMN. (2024). El Niño cómo nos afecta: Anomalías de Precipitación y Temperatura Asociadas. <https://www.smn.gob.ar>
- Tang, Y., Zhang, R. H., Liu, T., Duan, W., Yang, D., Zheng, F., Ren, H., Lian, T., Gao, C., Chen, D. & Mu, M. (2018). Progress in ENSO prediction and predictability study. *National Science Review*, 5(6), 826-839.
- Travasso, M. I., Magrin, G. O., Grondona, M. O., & Rodriguez, G. R. (2009). The use of SST and SOI anomalies as indicators of crop yield variability. *International Journal of Climatology*, 29(1), 23.
- Vera, C., Silvestri, G., Barros, V., & Carril, A. (2004). Differences in El Niño response over the southern hemisphere. *Journal of Climate*, 17(9), 1741-1753.