

---

# Condiciones de peligrosidad de eventos de déficits y excesos hídricos en la cuenca lechera santafesina, período 1959-2023



## *Hazard conditions of water deficit and excess events in the Santa Fe dairy basin, period 1959-2023*

**Méndez, Lautaro Andrés**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Argentina  
lmendez@fca.unl.edu.ar

0000-0002-5926-3791

**Tóffoli, Guillermo Daniel**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Argentina  
gtoffoli@fca.unl.edu.ar

0000-0002-6854-4157

**Costamagna, Dianela Anahí**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Argentina  
dianelacostamagna@gmail.com

0000-0003-3445-4644

**Cardoso, Mercedes**

Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral, Esperanza, Argentina  
mcardoso@fhuc.unl.edu.ar

0000-0002-2252-1494

Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias

núm. 24, e0036, 2025

Universidad Nacional del Litoral, Argentina

ISSN: 2346-9129

ISSN-E: 2346-9129

Periodicidad: Continua

revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 21 noviembre 2024

Aprobación: 20 marzo 2025

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.2025.24.e0036>

**Resumen:** En los últimos años, la producción agroganadera argentina ha tenido millonarias pérdidas ante el impacto de eventos de excesos y déficit hídricos. El análisis de la frecuencia e intensidad de tales fenómenos es necesario y se vuelve crucial para comprender mejor el alcance de ellos sobre el territorio. Ante esto, el presente artículo describe la metodología de un indicador que analiza las condiciones de peligrosidad (*Ip*) y las variaciones climáticas de los eventos mencionados en la cuenca lechera central santafesina en el período 1959-2023. Para ello, se utilizó información obtenida de estaciones meteorológicas localizadas estratégicamente, cubriendo un área geográficamente diversa e identificar las variaciones climáticas dentro de la región de estudio. El *Ip* se construye a partir del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) y de un análisis de frecuencia de probabilidades para luego categorizarlos de acuerdo a su peligrosidad. El *Ip* reflejó una tendencia de mayor probabilidad de ocurrencia a los eventos de déficit hídrico por sobre los de excesos reflejando un cambio hacia condiciones más secas en la región. Reconocer las condiciones de riesgo permite diagramar políticas de prevención con el objetivo de reducir y mitigar el impacto de tales eventos en el territorio, la población y la producción.

**Palabras clave:** lechería, SPEI, sequía, inundaciones

**Abstract:** *In the past few years, the Argentine agricultural and livestock production sector has suffered millions of dollars in losses due to the impact of events involving excesses and deficits in water. Analyzing the frequency and intensity of these phenomena is necessary and becomes crucial for better understanding their extent across the territory. In response, this article describes the methodology of an indicator that analyzes the hazard conditions (*Ip*) and climate variations of the aforementioned events in the central dairy basin of Santa Fe during the period from 1959 to 2023. To achieve this, data from strategically located meteorological*

*stations were used, covering a geographically diverse area to identify climate variations within the study region. The Ip is constructed based on the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) and a frequency analysis of probabilities, which are then categorized according to their hazard level. The Ip revealed a trend of higher probability of occurrence for water deficit events over excess events, reflecting a shift towards drier conditions in the region. Recognizing risk conditions enables the design of preventive policies aimed at reducing and mitigating the impact of such events on the territory, population and production.*

Keywords: dairying, SPEI, droughts, floods

## Introducción

En las últimas décadas, los eventos de déficit y excesos hídricos han sido la variable que más perjudicó a la actividad lechera (Gastaldi et al., 2018). La provincia de Santa Fe es, de acuerdo a Lovino, Müller y Sgroi (2020), altamente vulnerable frente a eventos hidrometeorológicos extremos en diferentes escalas temporales, sobre todo relevantes para la actividad agrícola-ganadera. Ante esto, el monitoreo y diagnóstico de alerta temprana de los eventos de excesos y déficits hídricos cobra importancia y representa una necesidad ya que permite analizar la exposición y el grado de peligrosidad meteorológica de la producción lechera frente a ellos, generando instancias de reducción de la vulnerabilidad y del riesgo ambiental.

Se entiende al riesgo como la combinación de una población vulnerable y expuesta a un evento amenazante (Andrade y Laporta, 2009) con diferentes enfoques y perspectivas (Natenzon, 1995; Wisner et al., 2003; Moretto, 2024). En los últimos años, se ha discutido el concepto riesgo y sus componentes, poniendo énfasis en que debe entenderse como un fenómeno y producto social (Beck, 2001).

Por su parte, el grado de vulnerabilidad de la población depende de múltiples factores, sean sociales, políticos, económicos o culturales. Se entiende como “propensión o predisposición a ser afectado negativamente. Comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (IPCC, 2018, p.198).; Natenzon (1995), por su parte, define a exposición como “aquella perspectiva que considera los resultados concretos que surgirían si el potencial peligro se torna realidad” (1995, p.7). En el presente artículo nos enfocaremos al componente “amenaza” (que pueden ser de origen natural o social) y uno de sus rasgos: la peligrosidad. Esta se entiende como el “acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas (...) y daños (...)” (IPCC, 2018, p.193). Natenzon y Ríos (2016), por su parte, indican que es una “cualidad” de las amenazas, mientras que Tsakoumagkos y Natenzon (2016) señalan que son “las características de los procesos físicos que son potencialmente una amenaza a la seguridad de las actividades sociales, económicas y culturales desarrolladas en la normalidad” (2016, p.56). Barrenechea et al., (2014) indican que habitualmente solo ponemos énfasis en los fenómenos físico naturales que desencadenan diversas problemáticas conjunto al daño producido en cada caso, sin embargo, las amenazas pueden ser de origen variable.

Por lo tanto, entendemos que el grado de peligrosidad de una amenaza es parte del concepto de riesgo, el cual es, en consecuencia, una alerta; algo que nos está diciendo que puede llegar a suceder; una probabilidad incierta y futura que puede interrumpir nuestra vida cotidiana y generar diferentes problemáticas. Asume una categoría de probabilidad, donde los distintos actores sociales tomarán decisiones y otros van a lidiar con las consecuencias derivadas de estas. En conclusión, la peligrosidad es la cualidad de los eventos/amenazas que afectarían a una población vulnerable y expuesta.

La gestión del riesgo cobra relevancia en ese sentido y advierte la necesidad de organizar y planificar con el objetivo de reducir las probabilidades y/o consecuencias de los posibles eventos potencialmente peligrosos (IPCC, 2018). Cardona Arboleda (2008), indica que dicha gestión supone la reducción o control del riesgo en la sociedad y toma como punto de partida el hecho que se presente como una manifestación social es una situación dinámica. Por lo tanto, la gestión del riesgo permitiría conocer, evaluar, diagnosticar el territorio y al mismo tiempo elaborar programas o proyectos previos al desastre o al evento que podría acontecer en algún territorio. Para ello, la aplicación de indicadores de riesgo supone revisar y señalar la peligrosidad y vulnerabilidad en un territorio. Sin embargo, las herramientas con las que cuentan los actores provenientes del ámbito gubernamental, tanto a escala nacional como provincial, es la declaración de emergencia y desastre agropecuario (Ley N°26509) que supone suprimir o aplazar el pago de ciertos impuestos. Esto da cuenta de la insuficiente gestión del riesgo en los espacios rurales, por lo cual cobra relevancia la propuesta de un indicador de peligrosidad de eventos hidrometeorológicos como parte de dicha gestión. Ante esto, el objetivo de esta investigación es describir la metodología del *Ip* y analizar las condiciones de peligrosidad y las variaciones de los eventos de déficit y excesos hídricos en la cuenca lechera central santafesina en el período 1959-2023.

El *Ip* posibilita un análisis de la situación de probabilidades y su tendencia, lo que permitirá pensar, diagramar e idear políticas de gestión del riesgo, capaces de reducir el impacto de tales eventos.

## Materiales y Métodos

### *Características del área de estudio: la cuenca lechera central de Santa Fe (CLCSFe)*

La CLCSFE (Sandoval, 2015) es una región comprendida por los departamentos Las Colonias, Castellanos, San Martín y San Cristóbal (Figura 1) y en ellos se localizan más del 80% de los tambos en la provincia de Santa Fe. En esta área del centro-oeste provincial, se mantiene un fuerte arraigo histórico de la actividad lechera, manteniendo aún una presencia relevante de unidades productivas tamberas, cantidad de animales para ordeñe y empresas lácteas (Sandoval, 2015; Méndez, 2021; Luizaga, 2024). Cabe señalar que la CLCSFe es parte de la cuenca lechera argentina, región que se extiende a las provincias limítrofes de Córdoba y Santiago del Estero, destacándose el Clúster Lechero Regional que comparten estas tres provincias con epicentro en San Cristóbal (Méndez, 2021).

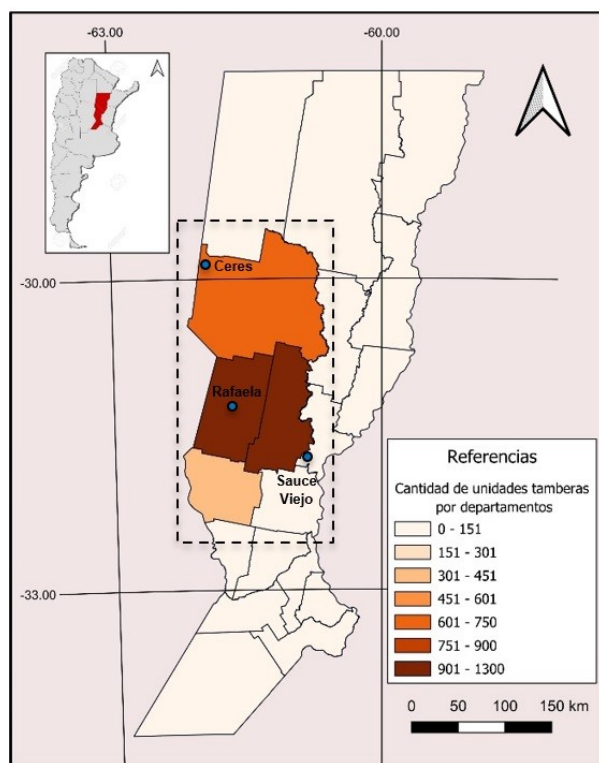


FIGURA 1 / FIGURE 1

Figura 1. Cuenca lechera central santafesina (CLCSFe) y ubicación de las estaciones meteorológicas. /  
Figure 1. Central Santa Fe Dairy Basin (CLCSFe) and meteorological stations location. Personal creation.

Esta región se caracteriza por tener condiciones ambientales propicias para el desarrollo de la actividad agrícola-ganadera (Sandoval, 2015; Méndez, 2021). Sin embargo, en los últimos años se ha advertido la situación compleja por la que atraviesa la lechería: por un lado, amenazada por el avance de la *sojización*<sup>1</sup>, suponiendo un

<sup>1</sup> Se entiende como “el avance o desplazamiento del cultivo de la soja sobre cultivos clásicos de la región pampeana (como el trigo, el girasol, o el sorgo), sobre áreas dedicadas a la ganadería en esa región, y su extensión en las denominadas regiones no pampeanas” (Gras, 2014)

cambio en el uso de la tierra por parte de los productores, concentración de la producción y animales en “megatambos”, despoblamiento rural, inflación y el desfase entre el precio de litro de leche y los costos productivos, y por el otro lado, aunque no menos importante, supeditada al comportamiento meteorológico.

Se reconoce que el sector primario de la lechería se encuentra en desventaja con respecto a las demás producciones agropecuarias debido al grado de vulnerabilidad y de resiliencia frente a diferentes fenómenos hidrometeorológicos y económicos (Sosa et al., 2009, Gastaldi et al., 2018; Purciariello, 2020; García, 2020). Entre las causas de tal desventaja, Comeron et al. (2016) señalan que los sistemas agropecuarios de la provincia de Santa Fe -en particular los lecheros-, están siendo gravemente afectados por las condiciones climáticas adversas, situación que empeora con una deficiente red vial e infraestructura rural, pérdida de alimento y despoblamiento rural.

### *Índice climático de peligrosidad de eventos hidrometeorológicos (Ip)*

La información meteorológica se obtuvo de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicadas en el centro de la provincia, permitiendo cubrir en su totalidad a la CLCSFe (Figura 1). Tales estaciones se ubican de acuerdo a tres subregiones de la CLCSFe: noroeste -estación del SMN de Ceres-, centro oeste- estación del SIGA-INTA de Rafaela- y centro este -estación del SMN de Sauce Viejo-.

Se analizaron 65 años de datos de temperaturas media mensuales y de precipitación media mensual, registradas y medidas con el instrumental necesario y homologado según los estándares internacionales. Dicho análisis se realizó con Microsoft Excel®; por otro lado, se realizó un control de calidad de los datos previo al cálculo. Para ello, no deben faltar datos ya que los indicadores utilizados son sensibles a ello. Para evitar distorsiones, se realizó el método de regresión lineal, donde los datos faltantes se obtienen mediante la determinación de series simples de mayor correlación (Lovino, 2015).

El índice de peligrosidad (*Ip*) se realiza mediante una adaptación del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) desarrollado por Vicente Serrano, Beguería y López Moreno (2012) junto a una metodología de probabilidades, frecuencia y rango de percentiles que obedece a una escala de menor o mayor peligrosidad, propuesta por Ortega Gaucin, De la Cruz y Castellano (2018).

El SPEI es un índice que proporciona una medición íntegra de las condiciones hídricas y climáticas de una región. El cálculo es sencillo, ya que se debe disponer de datos meteorológicos mensuales de precipitación y temperatura media de más de 50 años con más del 90% de los datos. Con estas dos variables, se procede a la estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) mediante el método de Thornthwaite ya que los otros, tales como Penman–Monteith, requieren de datos que en muchas estaciones meteorológicas no están disponibles.

Este índice climático se calcula normalizando la distribución de precipitación acumulada y la diferencia con la evapotranspiración potencial en un período de tiempo mediante la siguiente expresión<sup>2</sup>:

$$D_i = P_i - ETP_i$$

Donde:  $D_i$  es el déficit o superávit hídrico en el mes;  $P_i$  es la precipitación en el mes y  $ETP_i$  es la evapotranspiración potencial mensual.

Por lo tanto, el índice realiza el cálculo de ETP para cada mes, le resta a la precipitación y con ello, se obtiene el resultado del déficit o superávit hídrico. Se demuestra así la ventaja crucial del SPEI sobre otros índices de sequía, ya que considera el efecto de la evapotranspiración en la severidad de la sequía (Vicente Serrano et al., 2012)

El SPEI es una herramienta flexible que puede adaptarse a las características climáticas específicas de una

<sup>2</sup> No es objetivo del trabajo describir el cálculo del SPEI. Los pasos para ello del SPEI están disponibles en <https://spei.csic.es/home.html#p7>

región determinada. Se utiliza ampliamente en la agricultura, la gestión de recursos hídricos, la planificación del uso del suelo y la toma de decisiones relacionadas con la sequía, ya que proporciona información valiosa sobre la magnitud, la duración y la intensidad de las condiciones de sequía en una región determinada (Vicente Serrano et al., 2012).

Se calcula en base a intervalos o meses considerados, de ser 1, 3, 6, 9, 12 o 24 meses. Esto quiere decir que, si analizamos un SPEI de 3 meses, por ejemplo, de marzo de 2023, este se basa en la relación entre el total de precipitación y ETP de enero, febrero y marzo de 2023 con los totales de precipitación entre enero y marzo del período analizado; por lo tanto, el valor X de dicho mes indica cuantas veces fue la desviación estándar por encima del valor medio. El SPEI de 3 meses (de ahora en más, SPEI<sub>3</sub>) es el indicado en las regiones agrícolas-ganaderas ya que manifiesta las condiciones de humedad en el ambiente y en el suelo (Spennemann et al., 2015; Svoboda, Hayes y Wood, 2012). El SPEI clasifica a los eventos, tanto de déficit como de exceso, de acuerdo a los siguientes rangos o umbrales (Tabla 1).

TABLA 1 / TABLE 1

Tabla 1. Categorización de eventos de acuerdo al SPEI. Fuente: Svoboda, Hayes y Wood (2012). /  
Table 1. Categorization of events according to the SPEI. Source: Svoboda, Hayes y Wood (2012)

UMBRAL DE VALORES DEL SPEI	TIPO DE EVENTO
2 y/o más	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedos
1 a 1,49	Moderadamente húmedo
0,50 a 0,99	Humedad incipiente
Entre 0,99 y -0,99	Condiciones normales
-0,50 a -0,99	Sequía incipiente
-1 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Severamente seco
-2 y/o menos	Extremadamente seco

Los valores negativos indican condiciones de déficit hídrico, donde la precipitación acumulada y desvío estaría por debajo del promedio histórico, mientras que los valores positivos demostrarían condiciones de exceso. En cuanto un valor sea mayor o menor, más severo o extremo será el evento.

Con los datos extraídos de las estaciones meteorológicas, se procede con el cálculo del SPEI<sup>3</sup>. Una vez realizado, se obtiene la frecuencia y probabilidad de ocurrencia de los eventos mediante una adaptación de la metodología propuesta por Ortega Gaucin, De la Cruz y Castellano (2018):

$$P(A) = (A / N) * 100$$

Donde P: probabilidad; A: número de meses con déficit o exceso hídrico; N: número total de registros en el período analizado. Al resultado se lo convierte en porcentaje (multiplicado por 100).

Estos autores indican que la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado o el nivel de certeza que ocurra dicho suceso, se obtiene mediante el cociente entre el número de veces que ocurrió dicho evento y el número de repeticiones del experimento, obteniendo así la frecuencia relativa. No obstante, dicha frecuencia, que oscila en un rango entre 0-1, se convierte a porcentaje para un mejor análisis.

El *I<sub>p</sub>* recupera esta metodología y agrupa los valores según cada categoría del SPEI<sub>3</sub>, obteniéndose de la siguiente manera:

<sup>3</sup> Dicho cálculo se realizó con el programa de descarga libre. Disponible en: <https://spei.csic.es/>

$$Ip = (\sum SPEI_3 / N) * 100$$

Donde:  $Ip$ : índice de peligrosidad;  $\sum SPEI_3$ : sumatoria del  $SPEI_3$  según tipo de evento (déficit o exceso);  $N$ : número total de registros en el período analizado. En porcentaje.

Posteriormente, al resultado se lo clasifica de acuerdo a un rango de probabilidad de percentiles para indicar así, el grado de peligrosidad que representa el valor del  $Ip$ . Dichos rangos son: entre 0-20% (peligrosidad) muy baja; 20-40%, baja; 40-60% media; 60-80%, alta y entre 80-100%, muy alta Para ello, se esto se realiza mediante:

$$\text{Rango (ubicación del percentil)} = \text{Percentil} / 100 * (\text{número de eventos} + 1)$$

### Resultados y Discusión

La Figura 2 refleja la variabilidad del índice del  $SPEI_3$  de la CLCSFe; el mismo se realizó mediante un promedio de los valores mensuales del  $SPEI_3$  de cada estación meteorológica de estudio.

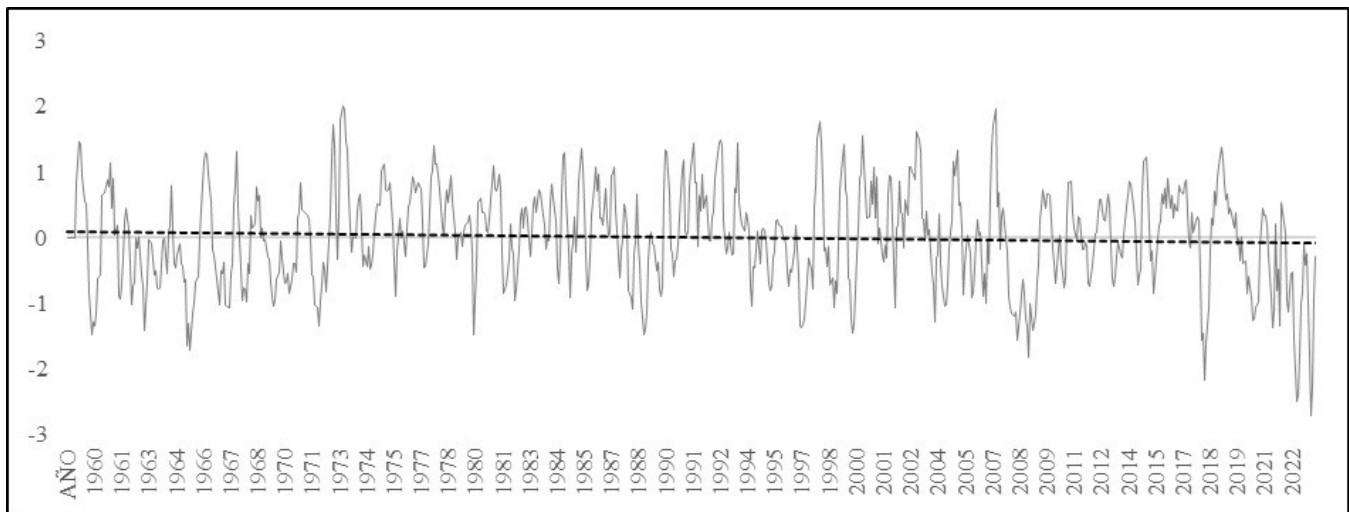


FIGURA 2 / FIGURE 2

Figura 2. Variabilidad del  $SPEI_3$ , período 1959-2023 de la CLCSFe. Fuente: elaboración propia. /

*Figure 2. Variability of the  $SPEI_3$ , period 1959-2023 of the CLCSFe. Personal creation.*

Tal como se puede observar en la Figura 2, hay una leve tendencia al aumento de los eventos de déficits en los 65 años analizados. Esto contradice a Leva et al. (2008) y Leva et al. (2002) quienes han señalado la tendencia de un aumento a episodios de excesos hídricos. Por otro lado, podemos indicar que la variabilidad se mantiene en el rango de +1 y -1, siendo los episodios de sequía y humedad incipiente y de condiciones normales. Sin embargo, se destacan fuertemente los episodios de, por un lado, déficit de los años 2008 (D'Ambrosio, Bohn y Piccolo, 2012), 2018 (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019) y entre 2021 y 2023<sup>4</sup>, mientras que los de excesos, los eventos de 1973, 1998, 2003 y 2007 (Vallejos, Matharán y Marichal, 2014; Morales, 1998). Los años señalados, además, coinciden con el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), tanto en su fase húmeda como seca (también reconocido como “la Niña”).

<sup>4</sup> Ver informes mensuales de la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Esta figura no indica la peligrosidad ni tampoco las consecuencias de los eventos. Los episodios de déficit y excesos tienen impactos significativos y pueden llevar a condiciones de estrés hídrico e inundaciones, afectando la disponibilidad de agua para la sociedad y la producción agropecuaria. Su impacto dependerá, además, de las condiciones de vulnerabilidad de los productores de la CLCSFe.

De acuerdo a Tóffoli et al. (2024) y Lovino, Müller y Sgroi (2020), los montos de las precipitaciones anuales totales aumentaron, pero también lo hicieron los días consecutivos secos, lo cual demuestra que hay una fuerte variabilidad de la marcha anual de las precipitaciones y concentración de las mismas con cierta estacionalidad. Además, los autores citados previamente advierten que las temperaturas medias mensuales aumentaron siendo para la CLCSFe un incremento de más de 0,5°C en los 65 años estudiados. Esto demostraría que, si bien aumenta la precipitación media anual (debe analizarse también la distribución de la misma durante el año), también lo hizo la temperatura media anual, incrementándose la cantidad de energía disponible. Esto repercute en la demanda atmosférica de humedad, pudiendo explicar, por ende, la tendencia de un incremento de los episodios de déficits.

Con los valores del SPEI<sub>3</sub> según cada evento, se procede al cálculo del *Ip*. Este se construyó de acuerdo al promedio de cada evento según las tres estaciones analizadas. A continuación, la Tabla 2 resume el índice de acuerdo a cada tipo de evento según el SPEI<sub>3</sub>.

TABLA 2 / TABLE 2

Tabla 2. *Ip* según SPEI<sub>3</sub>, período 1959-2023 de la CLCSFe. Elaboración propia. /  
Table 2. *Ip* according to SPEI<sub>3</sub>, period 1959-2023 of the CLCSFe. Personal creation.

Valores del <i>Ip</i>	Evento según SPEI (excesos)	Valores del <i>Ip</i>	Evento según SPEI (deficit)
1,6	Extremadamente húmedo	2,1	Extremadamente seco
6,5	Muy húmedos	3,5	Severamente seco
9,2	Moderadamente húmedo	9,1	Moderadamente seco
13,1	Humedad incipiente	16,1	Sequía incipiente

Del período analizado de 65 años, y de acuerdo a los umbrales del SPEI<sub>3</sub>, podemos observar que, por un lado, el 39% del tiempo (o 26 años), estuvo marcado por “condiciones normales”, indicando que, por el otro lado, el 61% (o 39 años), lo estuvo en condiciones desfavorables. Al disgregar dicho dato, los eventos de excesos suponen un 30% (13,09% corresponde a humedad incipiente; 9,25% a moderadamente húmedo; 6,46% a severamente húmedo y 1,57% al extremo) y de déficit, un 31% (16,10% correspondiente a sequía incipiente; 9,08% a moderadamente seco; 3,53% a severamente seco y 2,05% al extremo). Los episodios de sequía y humedad incipiente se presentaron con una frecuencia de 1 cada 6 y 7 años respectivamente; los de moderadamente húmedo y seco, 1 cada 10 y 13 años; severamente húmedo y seco, 1 cada 16 y 32 años; por último, los extremos, 1 cada 32 años ambos.

Si bien se indica el índice de peligrosidad, estos números no demuestran fehacientemente el grado de peligro que advierte cada evento. Para ello, se debe complementar con la clasificación según el rango de percentiles. La Tabla 3 presenta dicha clasificación.

TABLA 3 / TABLE 3

Tabla 3. Grado de peligrosidad del  $I_p$  de la CLCSFe. Elaboración propia. /  
 Table 3. Hazard level of the  $I_p$  of the CLCSFe. Personal creation.

Evento según SPEI (excesos)	Grado de peligrosidad	Evento según SPEI (déficit)
Extremadamente húmedo $I_p$ 1,6	<b>Muy bajo</b> $0 > I_p \leq 20\%$	Extremadamente seco $I_p$ 2,1
Severamente húmedo $I_p$ 6,5	<b>Bajo</b> $20 > I_p \leq 40\%$	Severamente seco $I_p$ 3,5
	<b>Medio</b> $40 > I_p \leq 60\%$	Moderadamente seco $I_p$ 9,1
Moderadamente húmedo $I_p$ 9,2	<b>Alto</b> $60 > I_p \leq 80\%$	
Humedad incipiente $I_p$ 13,1		
	<b>Muy Alto</b> $80 > I_p \leq 100\%$	Sequía incipiente $I_p$ 16,1

Al observar esto, se infiere que la CLCSFe tiene un  $I_p$  muy alto de eventos de sequías incipientes seguido de humedad incipiente y eventos moderadamente húmedos de peligrosidad alta. Los extremos, tanto de déficit como de excesos, son de peligrosidad muy baja. Si bien el riesgo es bajo, los efectos de estos eventos pueden ser catastróficos, tales como los eventos de exceso hídrico extremo de los años 2003 y 2007 o de déficit extremo en 2018 y 2022-2023, provocando pérdidas millonarias en la producción agropecuaria y en cantidad de vidas.

El análisis del  $I_p$  revela una tendencia creciente en la magnitud e intensidad de los eventos de sequía incipiente, quizás por el fuerte déficit de precipitaciones en los últimos años y de la distribución de estas en el año. Sin embargo, la CLCSFe tiene un riesgo alto de eventos de excesos (moderadamente húmedo y humedad incipiente, con un  $I_p$  agrupado de 22,3), indicando un posible impacto mayor que el de la sequía incipiente.

La ventaja de utilizar el  $I_p$  es que combina la metodología del SPEI y de probabilidad. En varios casos de estudio, se ha utilizado el SPEI como herramienta para estimar el comportamiento de la sequía en algún espacio geográfico (D'Ambrosio, Bohn y Piccolo, 2012; Scordo, Piccolo y Perillo, 2018). El SPEI permite observar la variabilidad del fenómeno hidrometeorológico y analizar distintos parámetros, como frecuencia, intensidad, magnitud, otros. En el caso del  $I_p$  se permite clasificar los eventos de acuerdo a su recurrencia y peligrosidad, demostrando la tendencia a la ocurrencia de tales fenómenos en la región lechera central de Santa Fe.

## Conclusiones

El indicador propuesto determina la peligrosidad ( $I_p$ ) de los eventos de origen hidrometeorológico, tanto de déficit como exceso hídrico, en la CLCSFe. La metodología del índice permitió identificar los eventos adversos que se dieron en los últimos 65 años, señalando su intensidad y frecuencia. En este sentido, el  $I_p$  adquiere cierta relevancia observando la tendencia de tales eventos y su tiempo de recurrencia en el espacio geográfico estudiado. El  $I_p$  es flexible ya que se facilita la incorporación y análisis de nuevos datos, es decir, realizar el SPEI de los nuevos meses/años y agregarlo a la serie histórica junto a la clasificación posterior.

Aunque se han registrado períodos húmedos significativos, la frecuencia de eventos secos ha aumentado. El riesgo de humedad incipiente es también notable, aunque con menor frecuencia en comparación con los de déficit. Si bien los eventos extremadamente húmedos y secos se presentan con una probabilidad muy baja, su impacto es significativo cuando ocurren, tales como los años previamente explicados.

El *Ip* se presenta como una herramienta más para pensar y diagramar políticas públicas de gestión del riesgo. También advierte a los productores de su situación en el territorio, lo que podría dar lugar a prácticas o diferentes estrategias de adaptación, mitigación y de reducción de la vulnerabilidad los eventos adversos de origen hidrometeorológico.

El *Ip*, además, permite realizar mapas climáticos de riesgo y de isolíneas de peligrosidad de tales eventos. La respuesta efectiva a estos desafíos requiere de un enfoque integral que combine monitoreo continuo, planificación estratégica y acciones adaptativas para asegurar la continuidad de la producción lechera en Santa Fe.

## Referencias

- Andrade, Ma, I.; Laporta, P. (2009) La teoría social del riesgo. Una primera aproximación a la vulnerabilidad social de los productores agropecuarios del Sudoeste bonaerense ante eventos climáticos adversos. *Revista Mundo Agrario*, vol. 10, N°19. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Barrenechea, J.; Gentile, E.; González, S.; Natenzon, C. (2000) Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. Ponencia presentada en las IVª Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, UBA. Buenos Aires.
- Beck, U. (2001) Retorno a la teoría de la «sociedad del riesgo». *Revista Estudios*. Boletín de la A.G.E. N.º 30.
- Calzada, J. y Sesé, A. (2019) La sequía pego duro en el 2018: 450 mil camiones y 23.000 vagones menos entraron en el Gran Rosario respecto del 2017. *Boletín Bolsa de Comercio de Rosario*. AÑO XXXVI - N° Ed. 1901.
- Cardona Arboleda, O. (2008) Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. Universidad de Cataluña. España.
- Comeron, E.; Romero, L.; Villar Ezcurra, J. y Schneider, G. (2016) Situación de los tambos en abril de 2016 y análisis de alternativas técnicas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Disponible en línea: <https://inta.gob.ar/documentos/situacion-de-los-tambos-en-abril-de-2016-y-analisis-de-alternativas-tecnicas>
- D' Ambrosio, Guillermo Tomás; Bohn, Vanesa Yael; Piccolo, Maria Cintia; Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina); Universidad de Granada; Cuadernos Geográficos; 52; 5-2013; 29-45
- García, L. (2020) El circuito productivo lechero en un contexto de crisis y su reestructuración bajo características de exclusión y concentración. En Rofman, A. (ed.) *Circuitos productivos regionales y estrategias de desarrollo en la Argentina del siglo XXI*. IADE, Buenos Aires. Cap. 3, pp. 59- 75.
- Gastaldi, L.; Cuatrin, A.; Maekawa, M.; Litwin, G.; Marino, M.; Centeno, A. y Moretto, M. (2018) Sustentabilidad de los Sistemas de Producción de leche bovina. Informe técnico de la lechería pampeana, resultados del ejercicio resultados del ejercicio 2016-2017. INTA.
- Gras, C. (2014) Diccionario del léxico corriente de la política argentina. Palabras en democracia (1983-2013). Ed. UNGS. Pp. 336-340.
- Leva, P., Ferrarini, H, García, S., Toffoli, G. y Valtorta, S. (2008) Caracterización Agroclimática de las Sequías (1932-2006) en la localidad de Rafaela, Santa Fe, Argentina. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, pp. 81–86. Disponible en línea: <https://doi.org/10.14409/fa.v7i1/2.1331>
- Leva, P.; Veles, M. A.; García, M. S.; Gandolfo, J. y Valtorta, S. (2002) Distribución de las precipitaciones en Rafaela y Esperanza, Santa Fe. *Revista Facultad de Agronomía*. Universidad Nacional de La Plata. Vol. 22, N°1. Pp. 85-89.
- Lovino, M. (2015) Impacto ambiental de la variabilidad climática y los eventos extremos en la provincia de Santa Fe en el contexto del cambio climático. [Tesina doctoral. Universidad Nacional del Litoral]. Santa Fe.

- Lovino, M.A; Müller, G.; Sgroi, L. (2020) ¿Cómo ha cambiado la precipitación en la provincia de Santa Fe? *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 46 (2), 226-239.
- Luizaga, L. (2024) Existencia de tambos bovinos. Estadísticas del SENASA. Disponible en línea: <https://qliksensebycores.senasa.gob.ar/hub/stream/aaec8d41-5201-43ab-809f-3063750dfafd>
- Méndez, L. (2021) El clúster lechero regional como estrategia de desarrollo territorial rural. Reconfiguración de la actividad tambera del departamento San Cristóbal (provincia de Santa Fe), período 2008-2018. [Tesis de grado. Universidad Nacional del Litoral]. Santa Fe.
- Moretto, B. (2024) Inundaciones y anegamientos: riesgo y su gestión en la cuenca alta y media del arroyo Sauce Corto y localidades próximas del partido de Coronel Suárez (Buenos Aires, Argentina). [Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur]. Bahía Blanca, Argentina.
- Morales, Licciardello, Basara y Wurcel (1998) Inundaciones. Excesos de la naturaleza y defectos del Estado. Capítulo XIV. En *Derechos humanos en Argentina: informe anual enero – diciembre*. Centro de Estudios Legales y Sociales (CELS). Pp. 431-454.
- Natenzon, C., & Ríos, D. (2016). Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades: aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. *Imago Mundi*. Buenos Aires.
- Ortega Gaucin, D.; De la Cruz, J.; Castellano, V. (2018) Peligro, vulnerabilidad y riesgo por sequía en el contexto del cambio climático en México. En *Agua y cambio climático*. Lobato Sánchez, R. y Pérez, A. (coord.) Cap. 5. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (2018) Glosario. Organización de Naciones Unidas. Nueva York, Estados Unidos.
- Purciariello, A. (2020) Gestión integral del riesgo agropecuario: el caso de la producción primaria de leche en Argentina. Trabajo final de Maestría. Universidad de Buenos Aires.
- Sosa, M.; Gallo Mendoza, L.; Corti, F. y Lacelli, G. (2009) Informe impacto sequía en el norte de Santa Fe. INTA Reconquista.
- Tsakoumagkos, P. y Natenzon, C. (2016) Riesgo ambiental y emergencia agropecuaria. Catástrofes por inundaciones en el partido de San Pedro. En Natenzon, C. y Ríos, D. (2016) “Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentino”. *Imago Mundi*. Buenos Aires, pp: 29-52.
- Sandoval, S. (2015) El modelo productivo agrícola dominante del siglo XXI. Transformaciones institucionales y funcionales en la cuenca lechera santafesina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral.
- Valiente, O. (2001) Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Universidad de Barcelona. España.
- Vallejos, O.; Matharán, G. y Marichal, E. (2014) “Las inundaciones en la ciudad de Santa Fe, Argentina, vistas desde una perspectiva CTS”. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 9(25), 147–160. <https://doi.org/10.52712/issn.1850-0013-618>.
- Vicente Serrano, S.; Begueria, S.; Lorenzo-Lacruz, J.; Camarero, J.; López Moreno, J.; Azorín Molina, C.; Revuelto, J.; Morán Tejada, E.; Sánchez Lorenzo, A. (2012) Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. Ponencia presentada en VIII Congreso de la Asociación Española de Climatología. Salamanca, España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8332>
- Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. (2003) *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Segunda edición. Ed. Routledge.

## AmeliCA

AmeliCA  
Ciencia Abierta para el Bien Común

Méndez, Lautaro Andrés, Tóffoli, Guillermo Daniel,  
Costamagna, Dianela Anahí, Cardoso, Mercedes  
Condiciones de peligrosidad de eventos de déficits y excesos  
hídricos en la cuenca lechera santafesina, período 1959-2023  
*Hazard conditions of water deficit and excess events in the Santa Fe dairy  
basin, period 1959-2023*

*Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias*  
núm. 24, e0036, 2025  
Universidad Nacional del Litoral, Argentina  
revistafave@fca.unl.edu.ar

**ISSN:** 2346-9129  
**ISSN-E:** 2346-9129

**DOI:** <https://doi.org/10.14409/fa.2025.24.e0036>