



ISSN N°1850-4086 N°1614

Informe del Mes de Febrero de 2024

Autores: Van Meer, Howard; Dominguez, Nelson Javier
Agrometeorología, EEA Santiago del Estero

A lo largo del presente boletín se muestra un resumen del comportamiento de las principales variables climáticas, generadas por la estación agrometeorológica convencional ubicada en el predio del Campo Anexo Ing. Agr. Francisco Cantos, de la Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero (Lat. S: 28.02, Long. O: 64.23, 169m s.n.m.). Se especificará cuando el análisis haya tenido en cuenta datos de la estación automática Vantage Pro II de Davis®. Los datos históricos se analizaron mediante el empleo del software libre R.

Los datos recabados por I.N.T.A. pueden visualizarse a través de los siguientes enlaces:

- ⊕ <http://siga.inta.gov.ar/>
- ⊕ <https://ema.inta.gob.ar/>

Resumen: El presente mes arrojó un valor medio de temperatura que puede catalogarse como “superior al normal”. El valor de temperaturas máximas medio mensual se ha posicionado en la quinta ubicación entre los valores más altos para un mes de febrero, así mismo, el valor de temperaturas mínimas medio mensual ocupa la cuarta ubicación entre los valores más altos. Los valores medios de temperaturas mínimas se han ubicado en la tercera posición entre los más altos para la primera y tercera década. El valor medio de temperatura máxima de la primera es el nuevo valor más alto para este periodo. Se ha registrado al menos un valor diario de temperaturas máximas que es ahora el nuevo valor más alto para un mes de febrero. Además, un valor de temperatura mínima diaria se ubica entre los más altos del conjunto de datos para este mes.

Se han registrado 105,5mm de precipitación en el actual mes, catalogándose como Normal. El actual mes ubica su acumulado en la vigésima primera posición del ranking entre los meses con acumulados más altos. Como

valor acumulado para la presente campaña, con lo precipitado este mes, la precipitación acumulada ronda un déficit de aproximadamente un 33% ubicándose como la octava campaña con los valores acumulados más bajos del set de datos.

Los vientos provinieron predominantemente desde la dirección Noreste. Se registraron vientos máximos de 35,4km/h a 2m de altura sobre la superficie, desde el sector Sureste.

La humedad relativa del ambiente presentó valores superiores al promedio. Un 23% del tiempo los valores de este parámetro se encontraron por encima del 90%, mientras que en un 02% del tiempo los valores se ubicaron en la categoría correspondiente a humedad ambiente “menor a 40%”. Se alcanzaron valores del índice ITH (modificado por viento y radiación) que corresponden a la categoría de estrés “severo” en dieciséis días del mes, con nueve días en que se superaron las 12 horas del valor del índice en esta categoría; se calcularon valores máximos del índice de 100 en dos días.

TEMPERATURA

Dada la falta de datos de temperatura extrema diaria de varios días (por escasez de personal) y solamente con motivo de poder mostrar con fines informativos el comportamiento de la temperatura se emplean los datos registrados por la estación meteorológica automática¹ cuando estos falten de la estación meteorológica convencional. No se recomienda emplear las series de datos de ambas fuentes en conjunto a los fines normales, dado el ruido que puede generar en el análisis estadístico de los datos históricos con fines de investigación climatológica.

El valor promedio de temperatura media mensual fue superior al normal², de acuerdo con el promedio de la serie³, colocándose en la tercera ubicación⁴, ordenados de manera descendente. El valor medio de temperatura máxima fue superior al normal, colocándose en la quinta ubicación⁵. El valor medio de temperatura mínima fue superior al normal y se ubica en la cuarta posición⁶. El valor medio de temperaturas máximas fue menor al del pasado mes de enero, mientras que el de mínimas fue menor.

¹Temperaturas máximas y mínimas diarias de los días 10, 11, 13, 18 y 25. Temperatura máxima del día 24. Temperatura mínima de los días 01, 12 y 17. Las temperaturas medias de estos días surgen del promedio de los datos conjuntos de la estación automática en reemplazo de los que faltaran de la estación convencional. Constantes fallas en el suministro eléctrico afectaron la estación los primeros días del mes, no pudiéndose recuperar registros, faltando en consecuencia las temperaturas máxima de los días 2 y 4 y las temperaturas mínimas de los días 3 y 4.

² Para la temperatura, se puede considerar que el valor normal implica valores de aproximadamente 0,5°C por debajo o por encima del valor promedio. Valores por debajo o por encima de ese rango serían temperaturas inferiores o superiores a la normal, respectivamente.

³ Serie histórica considerada para el análisis de las temperaturas medias emplea el periodo de datos 1991-2020.

⁴ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 29,3°C conservaría igual posición.

⁵ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 37,4°C se ubicaría en la tercera posición.

⁶ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 20,9°C compartiría la cuarta posición con el año 1994.

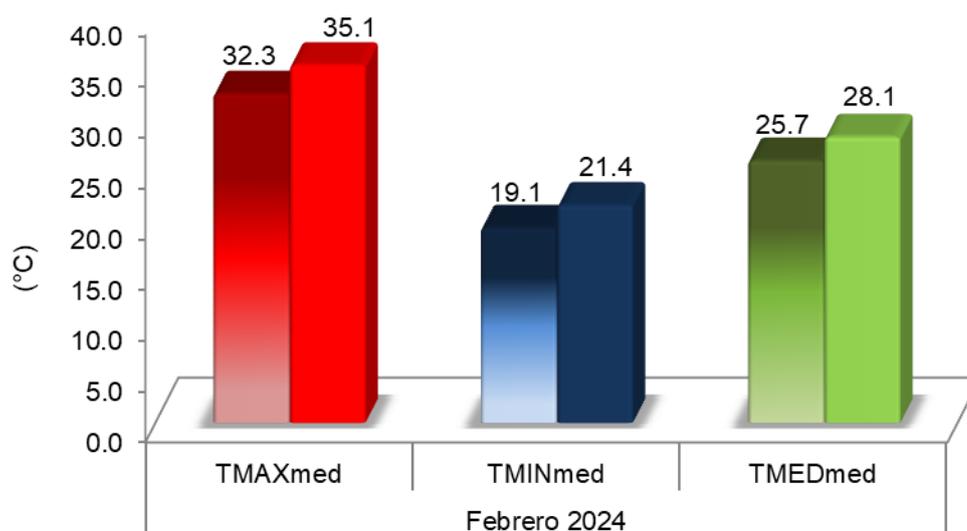


Figura 1. Valores medios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias para el mes de febrero. Referencias: colores degradados (febrero serie 1991-2020), colores uniformes (febrero 2024).

Respecto a igual mes del año anterior, el valor medio de temperaturas máximas fue inferior en $0,3^{\circ}\text{C}$ mientras que el de temperaturas mínimas fue superior en $2,8^{\circ}\text{C}$.

El valor de temperatura media fue superior al normal a lo largo de las tres décadas⁷ (Fig. 2). Los valores medios de temperaturas de la primera década fueron superiores al de la última década del mes de enero.

El valor medio de temperaturas máximas fue mayor en $6,8^{\circ}\text{C}$ y en $2,7^{\circ}\text{C}$ en las dos primeras décadas respectivamente mientras que fue $0,4^{\circ}\text{C}$ menor en la tercera década. Por su parte, el valor medio de temperaturas mínimas fue superior en $3,2^{\circ}\text{C}$, $0,8^{\circ}\text{C}$ y en $3,1^{\circ}\text{C}$ en cada una de las tres décadas respectivamente. Es en la segunda década donde se registra el valor diario de temperatura mínima mientras que, es en la primera donde lo hace el valor de temperatura máxima (Figura 4).

⁷ Década: cada uno de los tres intervalos de 10 días en los que se subdivide el mes (1 al 10, 11 al 20 y 21 al 30-31).

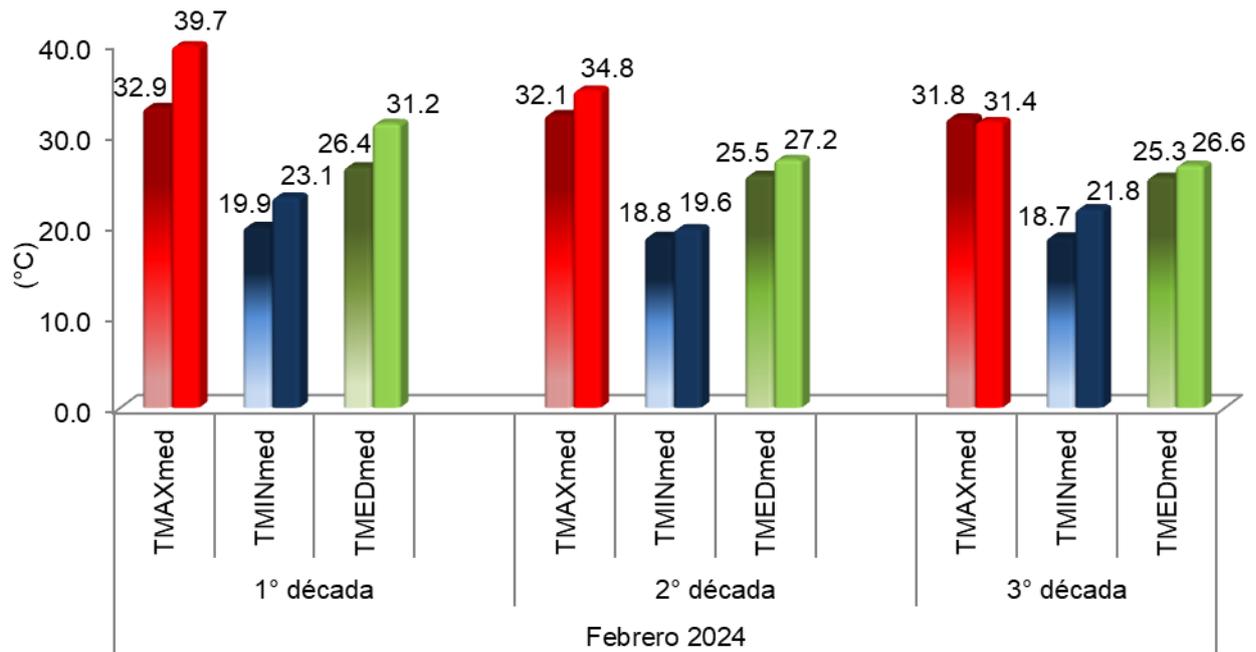


Figura 2. Valores medios de temperaturas máximas, mínimas y medias, agrupadas en períodos decadales, para el mes de febrero. Referencias: colores degradados (febrero serie 1991-2020), colores uniformes (febrero 2024).

El valor medio de temperaturas máximas de la primera década es el nuevo valor⁸ más alto de este periodo y, el valor de temperaturas mínimas medio de esta década se ha ubicado en la posición tercera⁹ (ordenados los valores de manera descendente en ambos casos). En la segunda década, el valor medio de temperaturas máximas calculado se ubica en la sexta¹⁰ posición, y el valor medio de temperaturas mínimas¹¹ se coloca en la octava posición. En la tercera década, el valor promedio de temperaturas máximas¹² se ubica en la décimo tercera posición entre los más bajos y, el valor promedio de mínimas comparte la tercera posición¹³ con el año 2005 pero en este caso, entre los valores más altos. Con respecto a las temperaturas medias, la primera década es ahora el nuevo valor más alto¹⁴, el valor de la segunda¹⁵ se ubica

⁸ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 40,2°C conservaría igual ubicación.

⁹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 23,0°C se ubicaría en la segunda posición.

¹⁰ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 35,5°C conservaría igual posición.

¹¹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 17,6°C se colocaría en la vigésimo sexta posición.

¹² Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 33,2°C se colocaría en la vigésima primera posición.

¹³ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 22,1°C se colocaría en la tercera posición.

¹⁴ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 31,4°C conservaría igual posición.

¹⁵ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 26,0°C se colocaría en la décimo tercera posición.

en la séptima posición y, el valor de la tercera¹⁶ década se ubica en la décima posición (siempre ordenados de manera descendente).

A continuación, se muestran los valores de temperaturas medias de la marcha anual de temperatura en paso decádico para la serie 1991-2020 (Fig. 3). Se tuvo en cuenta solamente el valor medio absoluto más alto y el más bajo para cada década con su correspondiente valor medio, considerando el periodo de la serie histórica. A su vez se indica el valor de temperatura media decádico del corriente año.

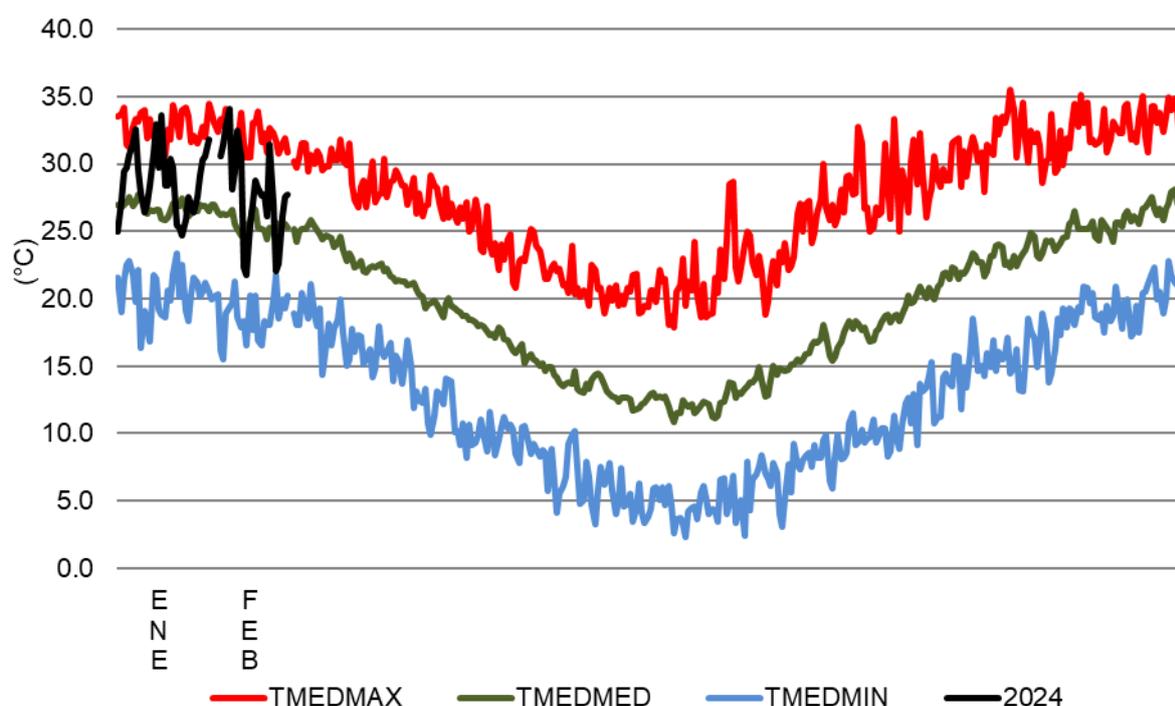


Figura 3. Valores de temperatura media absoluta máxima (TMEDMAX), absoluta mínima (TMEDMIN) y valor medio (serie 1991-2020) (TMEDMED), expresados en forma promedio decadal y, valor de temperatura medio decadal del presente año (TMED2024).

Se realizó un análisis de los valores de temperaturas más altos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica¹⁷ del mes de febrero (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de temperatura extremos históricos máximos por categoría y año de ocurrencia.

	Máxima		Mínima		Media	
	Año	T (°C)	Año	T (°C)	Año	T (°C)
1°	2013	45,0	2007	28,2	2013	34,5
2°	2022	42,6	2012,2023	27,4	2023	34,4
3°	2023	42,2	2014	26,8	2012	34,0
4°	2003	42,0	2016	26,5	2016	33,8
5°	2009	41,5	2006	26,1	2009	33,2
	2024	45,5	2024	26,2	2024	34,1

¹⁶ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 27,8° compartiría la cuarta posición con el año 2001.

¹⁷ Serie histórica considerada para el análisis de las temperaturas extremas diarias: 1989-2023.

Además, se realizó un análisis de los valores de febrero más bajos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica del mes de febrero (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de temperatura extremos históricos mínimos por categoría y año de ocurrencia.

	Máxima		Mínima		Media	
	Año	T (°C)	Año	T (°C)	Año	T (°C)
1°	1997	16,9	2022,2023	8,0	2023	15,4
2°	2000	18,2	2005	9,6	1997	15,7
3°	2013	19,0	1996	9,7	2000	16,4
4°	1994	20,0	1993	9,9	2013	16,5
5°	1995	20,4	1991	10,4	1994	16,7
	2024	24,2¹⁸	2024	14,0	2024	21,8

De las tablas se puede mencionar que al menos ha ocurrido un valor diario de temperatura máxima que es ahora el nuevo valor más alto para un mes de febrero. Además, un valor de temperatura mínima diaria se encuentra entre los más altos del conjunto de datos en esa categoría.

En veintidós días la temperatura máxima diaria se ha encontrado por encima del umbral de los 30,0°C, siendo este valor similar al promedio (Figura 4). Seis días de manera no consecutiva, registraron una temperatura máxima diaria por encima de los 40°C (faltando un registro que posiblemente también fuera mayor a 40,0°C). Si bien son periodos con temperaturas elevadas, no siempre pueden ser considerados como ola de calor. Definimos que ocurre un evento de ola de calor cuando las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan, por lo menos durante tres días consecutivos y en forma simultánea, ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad en particular¹⁹ (considerándose el percentil²⁰ 90 del semestre cálido octubre-marzo)²¹. Para nuestra estación los valores umbrales fueron calculados a partir de los datos del período octubre de 1990 a marzo de 2021. En función a lo indicado, en el presente mes no se presentaron eventos de estas características en nuestra estación.

¹⁸ Valor de temperatura máxima registrado por la estación automática para el día meteorológico 24.

¹⁹ Herrera, N., Chesini, F., Saucedo, M.A., Menalled, M.E., Fernández, C., Chasco J. y Cejas A.G. 2021. *Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor): la evolución del SAT-OCS*. Nota Técnica SMN 2021-111.

²⁰ El percentil es una medida estadística que se utiliza para indicar el valor por debajo del cual se encuentra un determinado porcentaje de observaciones. El valor de estos se obtiene ordenando todos los valores considerados siendo el valor del percentil aquel por debajo del cual se encuentra el 90% de los datos.

²¹ Ver <https://www.smn.gov.ar/estadisticas>

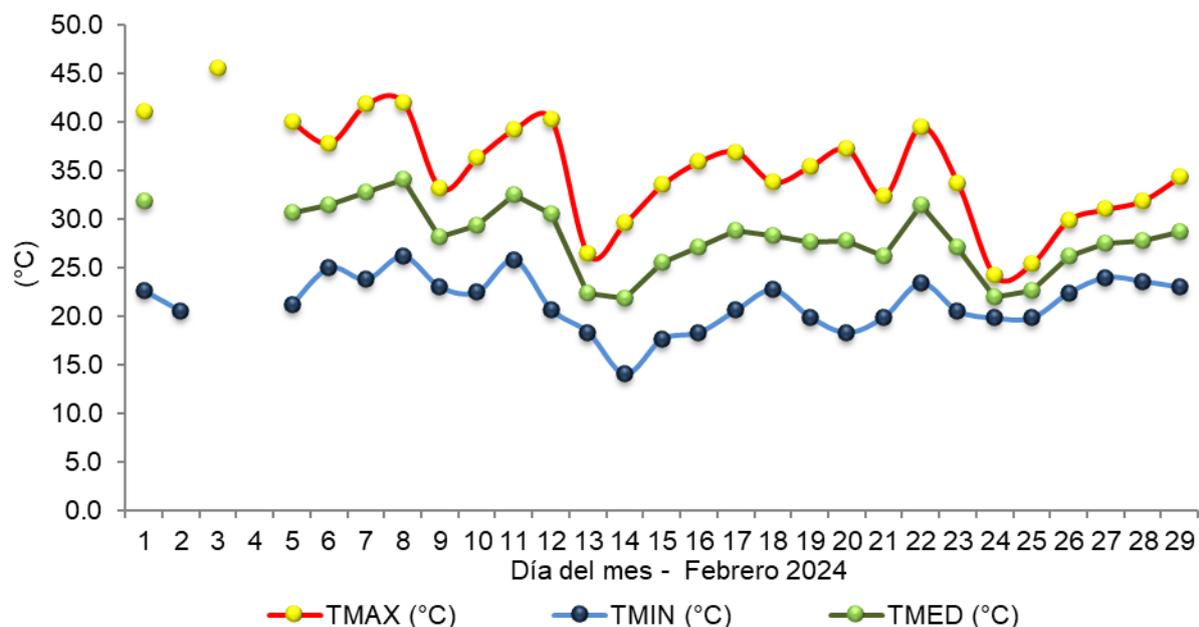


Figura 4. Valores diarios de temperatura para el mes de febrero de 2024.

Un análisis de los valores de temperaturas medias diarias fue realizado (Figura 5). Se tuvo en cuenta solamente el valor medio absoluto más alto y el más bajo para cada día con su correspondiente valor medio, considerando el periodo total de la serie histórica. A su vez se indica el valor de temperatura media diario²² del corriente año. En la primera década se aprecia claramente cómo el valor medio de las temperaturas máximas fue mayor al valor más alto anterior para esa década con 37,4°C en el año 2014.

²² Incluye los valores de temperaturas medias diarias calculados combinando con los datos de la estación automática cuando estos faltaren de la estación convencional.

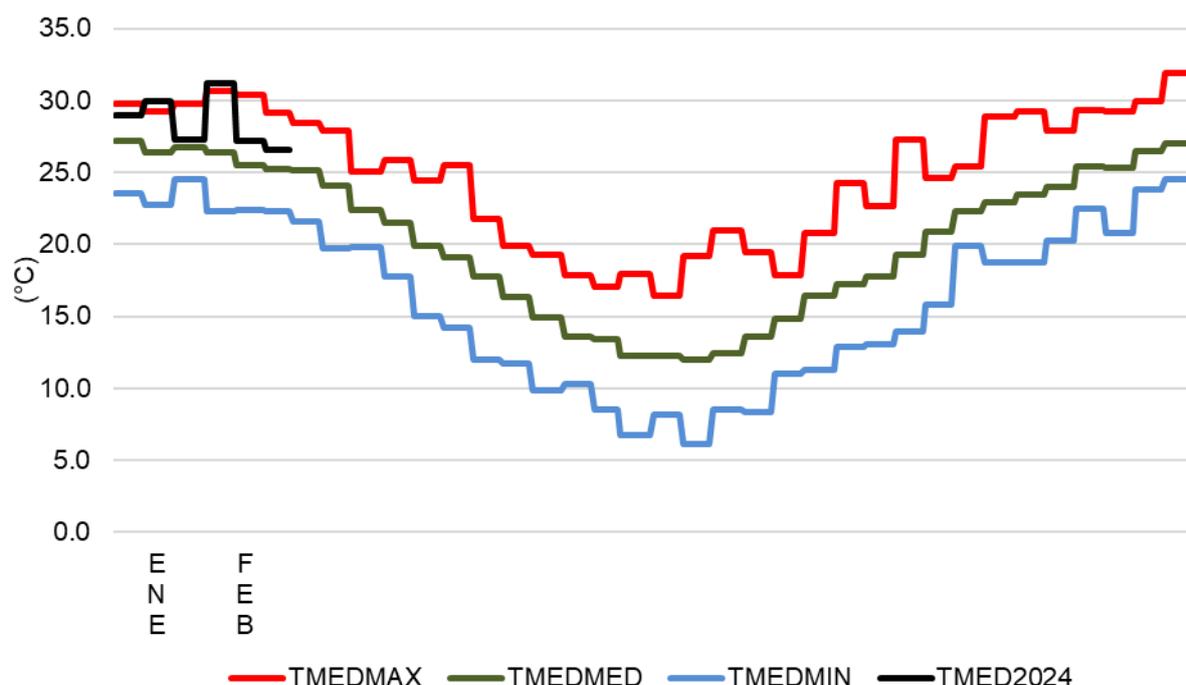


Figura 5. Valores de temperatura media: absoluta máxima, absoluta mínima y valor medio (serie 1991-2020), expresados en forma diaria y, valor de temperatura medio diario del presente año.

Los Grados Días de crecimiento son un indicador, basado en la temperatura del aire, que es empleado para evaluar el crecimiento, el desarrollo y la madurez del cultivo²³. Es una medida de la acumulación de calor, utilizada para predecir las tasas de desarrollo de plantas y plagas, como por ejemplo la fecha en que un cultivo alcanza la madurez. En ausencia de condiciones extremas como la sequía o una enfermedad, las plantas crecen de forma gradual y acumulativa, lo que está fuertemente influenciado por la temperatura ambiente. Se definen (entre varios métodos de cálculo) como la temperatura media diaria (promedio de las temperaturas máximas y mínimas) por encima de un cierto umbral de temperatura base, acumulada diariamente durante un período de tiempo. Estas temperaturas dependen de la fase de desarrollo, no obstante, a los fines del presente, se ha definido solo una, independientemente del estado fisiológico.

Para el cultivo algodón²⁴ en se han acumulado 113,2, 122,2 y 104,4 grados días (temperatura base: 15,5°C²⁵), en cada una de las tres décadas respectivamente, totalizando 339,8 grados

²³ Mavi, H. S. & Tupper, G. J. (2004). Chapter 3. Environmental Temperature and Crop Production. In: *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agricultura* (pp43-68). CRC Press.

²⁴ Para más información respecto al estado del cultivo en las diferentes provincias productoras, revise los informes mensuales publicados en el sitio: <https://www.magyp.gov.ar/sitio/areas/algodon/informes/>

²⁵ Fraisse C., Bellow J. & Brown C. (2019). *Degree Days: Heating, Cooling, and Growing1*. Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Serie ABE381.

días²⁶ para el mes de febrero. Para los requerimientos de un cultivo de maíz²⁷²⁸²⁹, de modo general se han acumulado 107,5, 169,2 y 127,9 grados días de desarrollo³⁰ de la planta, totalizando 404,6 grados días en el mes.

PRECIPITACIÓN

Se registraron 105,5mm de precipitación acumulada de manera mensual. Se constató que este valor estuvo 7,5mm por encima del valor promedio de la serie³¹ para el presente mes.

Ordenando de mayor a menor las cantidades acumuladas en cada uno de los meses de febrero de la serie de datos históricos se puede indicar que el actual mes se ha ubicado en el puesto N°21 del ranking.

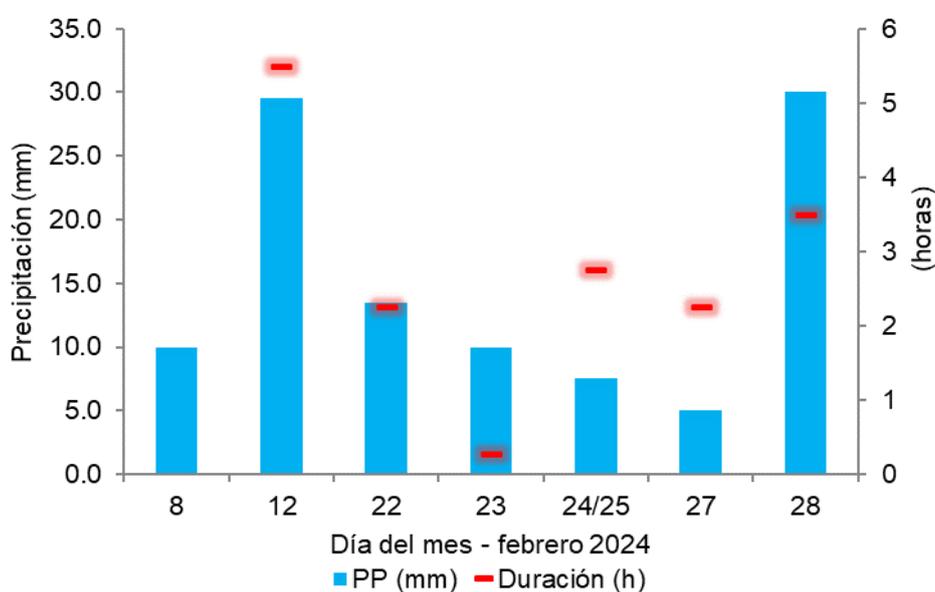


Figura 6. Valores de precipitaciones registradas como día pluviométrico mediante pluviómetro tipo “B” y duración³² de los eventos a partir de los registros de estación meteorológica automática.³³

²⁶ Empleando los datos combinados de la estación meteorológica y convencional aclarados en la nota al pie N° **¡Error! Marcador no definido..**

²⁷ Gilmore, E.C., Jr. & Rogers, J.S. (1958). Heat Units as a Method of Measuring Maturity in Corn1. *Agron. J.*, 50: 611-615. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000100014x>

²⁸ Kumudini, S., Andrade, F. H., Boote, K. J., Brown, G. A., Dzotsi, K. A., Edmeades, G. O., ... & Tollenaar, M. (2014). Predicting maize phenology: intercomparison of functions for developmental response to temperature. *Agronomy Journal*, 106(6), 2087-2097. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0200>

²⁹ Baum, M.E., Archontoulis, S.V. & Licht, M.A. (2019), Planting Date, Hybrid Maturity, and Weather Effects on Maize Yield and Crop Stage. *Agronomy Journal*, 111: 303-313. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0297>

³⁰ Se consideran temperaturas extremas diarias mayores a 10°C y menores a 30°C. En el caso de superar estos umbrales se emplea el valor del umbral para el cálculo

³¹ Serie histórica considerada para el análisis de las precipitaciones mensuales: 1991-2020.

³² La duración considera que haya ocurrido un registro del pluviómetro en cada período de 15 minutos (0,2mm), no obstante, pueden ocurrir precipitaciones en forma de lloviznas de larga duración pero que en volumen no sean suficientes para poder ser registradas y, por lo tanto, se subestime la duración de estos fenómenos.

³³ Falta de registros de estación automática para estima duración del evento el día 08.

Se han contabilizado ocho eventos que presentaron valores medibles³⁴. El valor de días con precipitación registrable es de 7, para la serie del mes de febrero³⁵.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de cada uno de los meses de febrero de la serie de datos histórica de precipitación mensual acumulada (1981-2023) respecto al promedio.

Los valores extremos de precipitación acumulada mensual a lo largo de la serie histórica para el presente mes son de 1mm como valor mínimo y 221mm como valor máximo.

Considerando que las precipitaciones son un fenómeno discontinuo temporal y espacialmente, una mejor descripción se obtiene con el uso de la Mediana, que es una medida estadística de posición central de los datos, informándonos un valor que indica que existe un número igual de datos inferiores y superiores a este valor. Para el caso del mes de febrero, dicho valor es de 93,2mm. Relacionado a esto, el actual mes presentó un comportamiento “normal”.

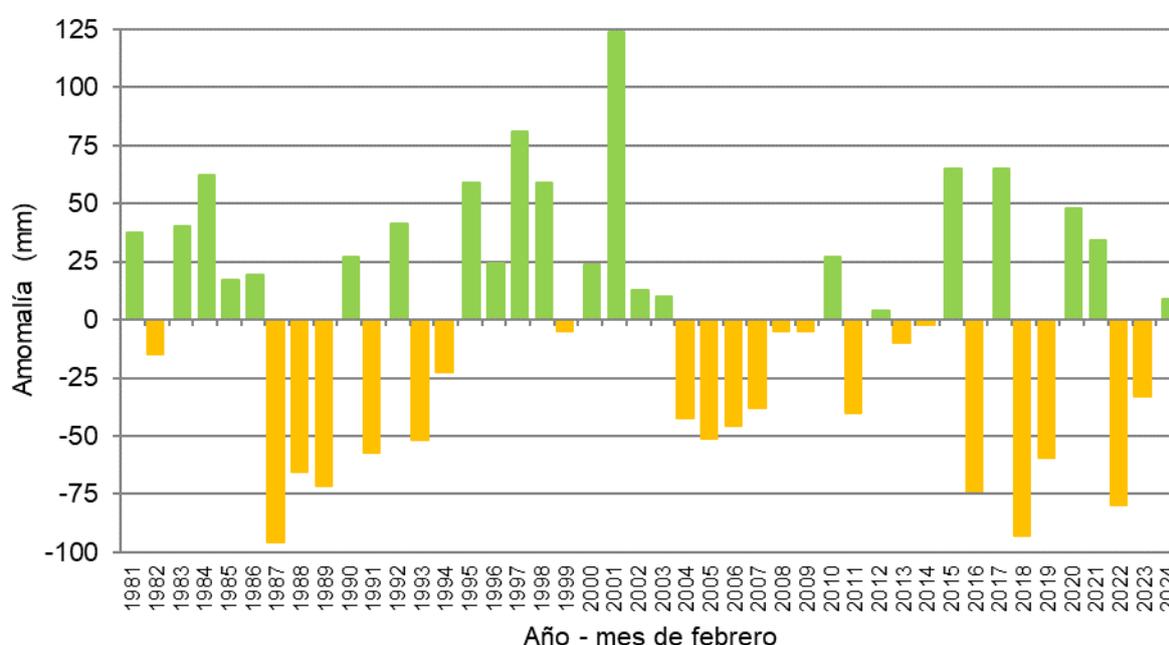


Figura 7. Anomalía de precipitación mensual (mm) para el mes de febrero. Serie histórica (1991-2020).

Se analizaron los valores de precipitación máximos registrados en un día pluviométrico³⁶, de acuerdo con la serie histórica del mes de febrero (Tabla 3).

³⁴ Lluvias registrables: precipitaciones con valores mayores a 0,0mm, medida mediante probeta oficial de 50mm. Puede ocurrir precipitación, pero no con la cuantía suficiente para producir un registro.

³⁵ Serie histórica considerada para el análisis del número de días con precipitaciones: 1991-2020.

³⁶ Día pluviométrico: entiéndase como tal al valor de precipitación acumulado desde las 09:01 horas de un día, hasta las 09:00 horas del día siguiente, adjudicando dicho valor al primer día.

Tabla 3. Valores máximos históricos de precipitación diaria³⁷ para el mes de febrero.

	Año	mm
1°	2010	132,0
2°	2020	118,0
3°	1998	97,0
4°	2003	84,5
5°	1997	82,0

El valor máximo registrado en un periodo de 15 minutos por nuestra estación automática fue de 15,0mm en la mañana del día civil 03.

Como valor acumulado de precipitación, con el registro del actual mes, el valor acumulado de la presente campaña versus el acumulado histórico presenta un ligero déficit de aproximadamente un 33% (Figura 8).

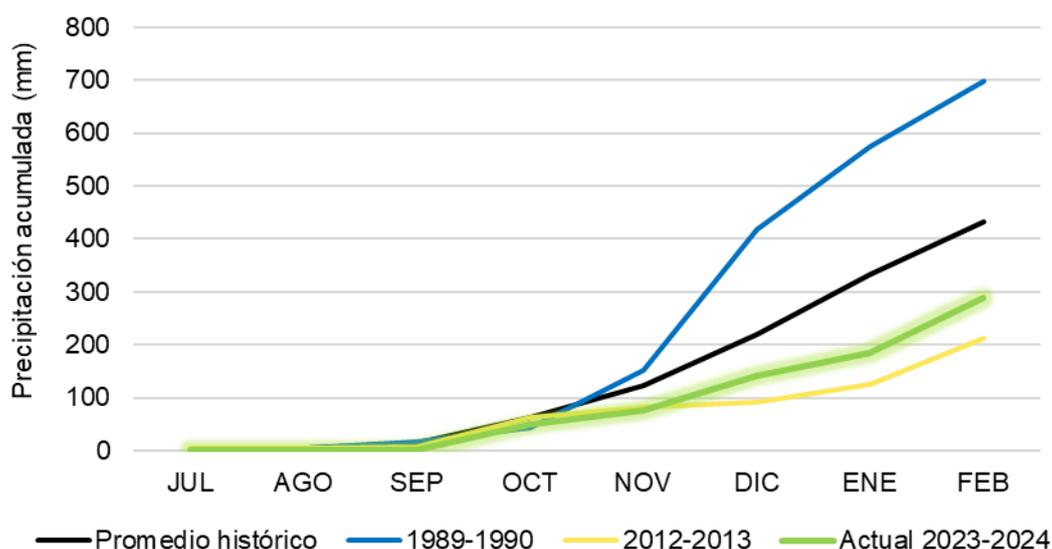


Figura 8. Valores de precipitación acumulada en año agrícola. Se presenta el promedio (línea negra) de la serie “La María” (1981-2020), además, aquellas campañas en las cuales se observaron los máximos (línea azul) y mínimos (línea amarilla) de precipitación acumulada total y, valor acumulado actual (línea verde), desde julio de 2023 a febrero del 2024.

El valor acumulado promedio hasta el mes de febrero es de 432mm con un valor de mediana de 445mm, siendo el acumulado actual, desde julio a febrero del 2024, de 289,3mm.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de la precipitación acumulada en cada campaña desde julio a febrero, respecto al promedio de la serie de datos histórica (1981-2020). Ordenando de menor a mayor las campañas agrícolas por sus valores de precipitación acumulada, desde el mes de julio hasta el mes de febrero, dejan a la actual campaña en la octava posición (de 42 años), ordenados los acumulados ordenados de manera ascendente.

³⁷ Serie histórica considerada para el análisis del valor máximo de precipitación acumulada en un día pluviométrico: 1989-2023.

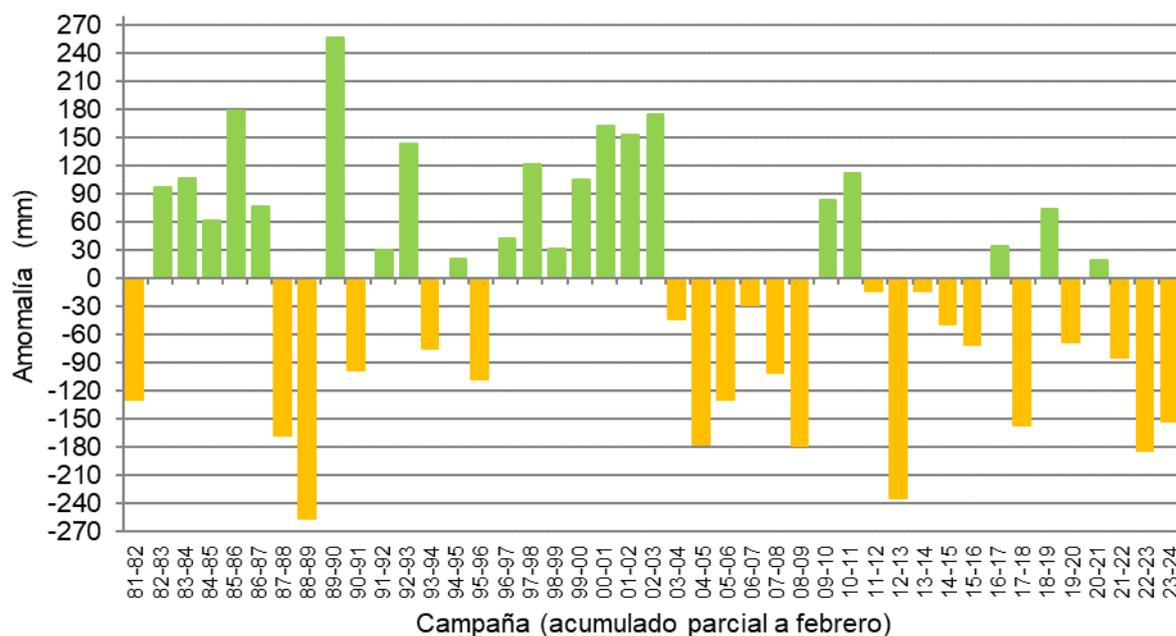


Figura 9. Anomalía de precipitación acumulada (mm) desde julio a febrero de cada campaña agrícola. Serie histórica (1991-2020).

INSOLACIÓN

Durante el mes se han acumulado 149,7³⁸ horas de heliofanía efectiva³⁹, el valor promedio de la serie⁴⁰ para el presente mes es de 225 horas. Expresado como heliofanía relativa⁴¹, el presente mes presentó un valor promedio del 61%⁴².

³⁸ Nótese que faltan registros de diez días.

³⁹ Heliofanía efectiva: período de tiempo (expresado en horas y décimos de hora) durante el cual el lugar de observación ha recibido radiación solar directa (es decir, que no ha sido interceptada por obstáculos) y que ha sido, además, registrada por el instrumental de medición.

⁴⁰ Serie de referencia para horas promedio mensual de insolación: 1989-2014.

⁴¹ Heliofanía relativa: relación entre la heliofanía efectiva con respecto a la heliofanía teórica astronómica.

⁴² Valor calculado en relación con días con datos de heliofanía.

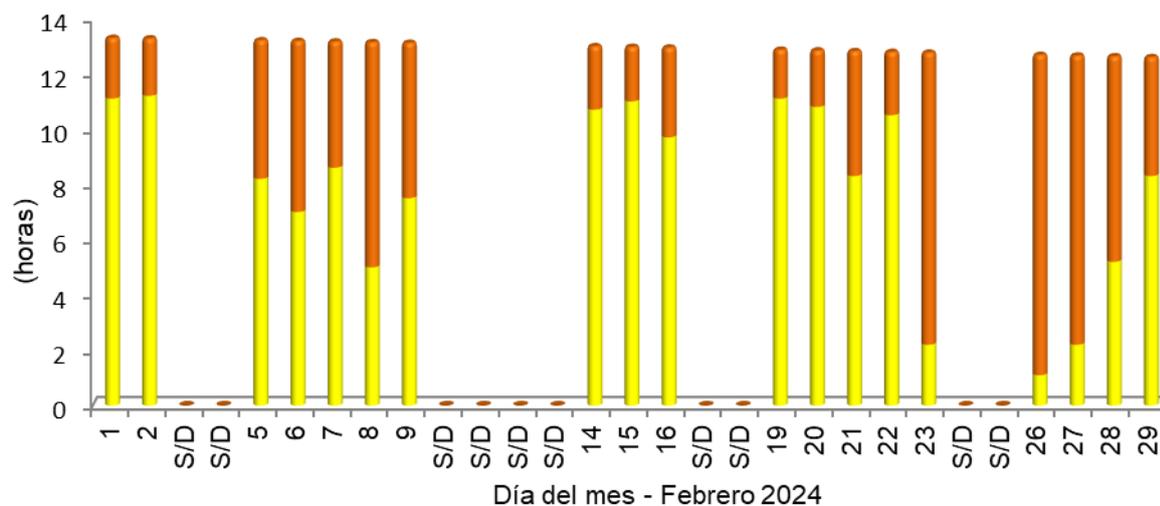


Figura 10. Valores de heliofanía efectiva con relación a la heliofanía teórica astronómica para cada día, expresados en horas y décimos de hora, registrados mediante un heliofanógrafo tipo Campbell-Stokes.

Viento

Los valores de viento medio diario⁴³ se tomaron a partir de un anemómetro cuentavueltas totalizador, mientras que el valor de viento máximo⁴⁴ se obtuvo a partir de los datos generados por la estación automática⁴⁵ (Figura 11), ambos tomados a una altura de dos metros sobre el nivel del suelo.

El valor mensual medio fue de 6,7 km/h⁴⁶, siendo el valor medio de la serie de febrero de 5,1km/h.

El valor de viento máximo más alto del mes fue de 35,4km/h, registrado en la siesta del día 23, proveniente desde la dirección Sureste.

⁴³ Viento medio diario: cifra correspondiente al valor de viento promedio producto de la diferencia entre los valores observados en el visor del anemómetro cuentavueltas totalizador entre dos observaciones de días consecutivos, efectuadas a las 09:00h.

⁴⁴ Viento máximo: valor de velocidad máxima monitorizado por un elemento registrador, expresado en este caso en función del día civil.

⁴⁵ La estación presentó fallas en la alimentación eléctrica, generales a todo el predio que no permitieron el registro de datos hasta el día 10.

⁴⁶ Con la faltante de datos de catorce días.



Figura 11. Valores de viento promedio diario a partir de anemómetro y, valor del viento máximo diario registrado por estación meteorológica automática.

En relación con la dirección del viento, se analizaron los datos a partir de la información generada por la estación automática. Se tomó en cuenta la velocidad media (km/h) en períodos de 15 minutos, con su correspondiente dirección prevalente para cada periodo. Se agruparon las direcciones prevalentes provenientes de los 1.536 períodos que componen al mes, como porcentaje del total y, a su vez la proporción de cada intervalo de velocidad en cada uno de los 16 rumbos⁴⁷ posibles de orientación de la dirección del viento. Se registró un 60% de períodos con viento en calma, es decir, velocidades medias iguales a 0,0km/h. La figura fue confeccionada mediante el lenguaje R⁴⁸, con el empleo del paquete “Open Air”⁴⁹ (Figura 12).

⁴⁷ Direcciones posibles desde donde provienen los vientos: Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sudeste (SE), Sur (S), Suroeste (SW), Oeste (W), Noroeste (NW), Noreste (NE), Este (E), Sudeste (SE), Sur (S), Suroeste (SSW), Sudoeste (SW), Oestesudoeste (WSW), Oeste (W), Oestenoroeste (WNW), Noroeste (NW), Nornoroeste (NNW).

⁴⁸ R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

⁴⁹ Carslaw, D. C. & K. Ropkins (2012). Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*. Volume 27-28, 52-61.

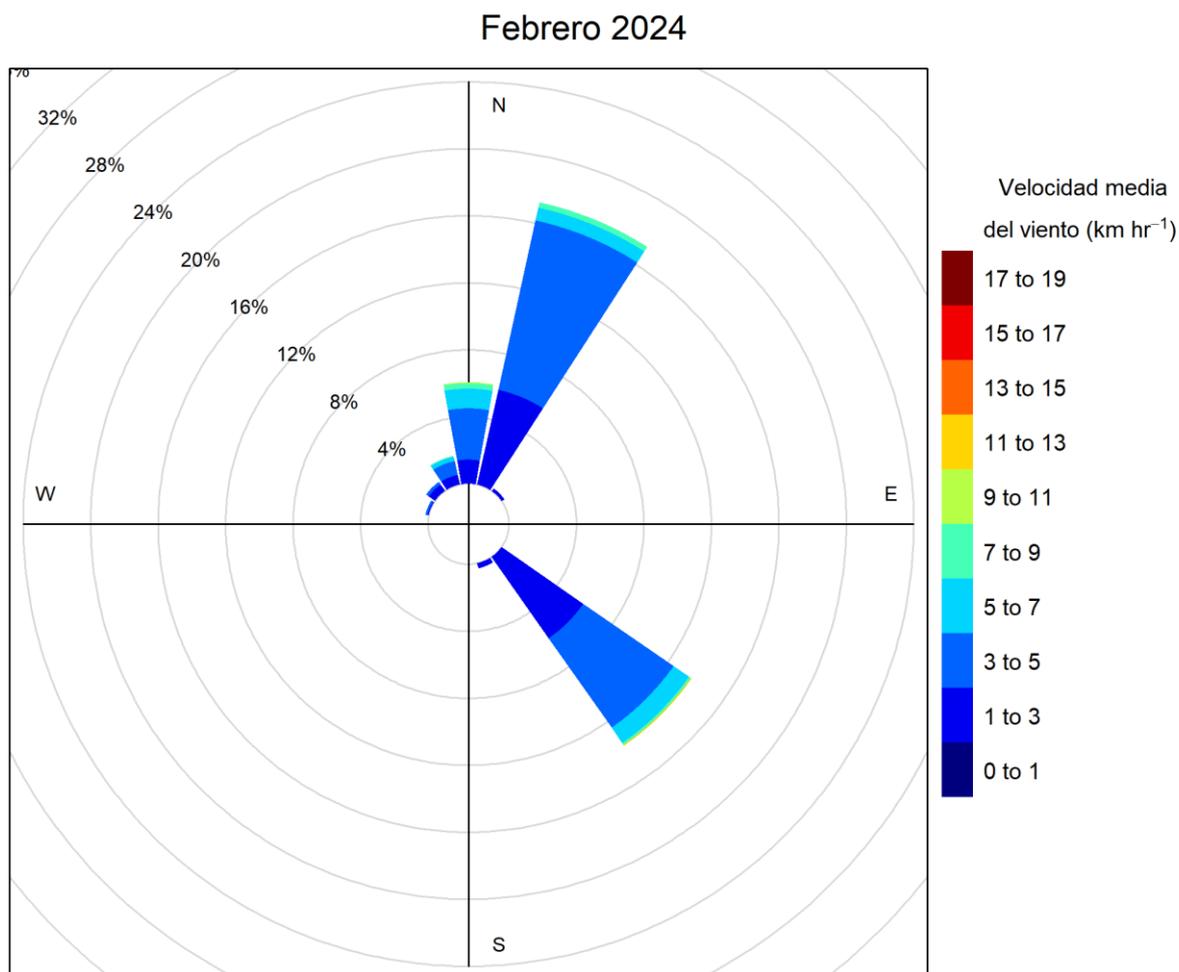


Figura 12. Porcentaje de la dirección del viento prevalente y porcentaje de cada intervalo de velocidad en cada una de las direcciones del viento para el mes de febrero de 2024.

La dirección prevalente del viento fue desde el sector Nornoreste en 265 periodos seguido por el sector Sudeste con 211 períodos. La mayor proporción de velocidades se encontraron en el rango de 3 a 5km/h. El periodo con vientos medios más fuertes fue de 11,3km/h, desde la dirección Sudeste en la madrugada del día 23.

Humedad

La humedad relativa ambiente media del mes fue de 83%⁵⁰, superior al valor medio del presente mes. En la Figura 13 se muestran los valores de humedad relativa (HR) expresados como porcentaje. La HR media se tomó como el promedio trihorario de las observaciones diarias⁵¹. Los valores extremos diarios fueron tomados del registro de datos de la estación automática.

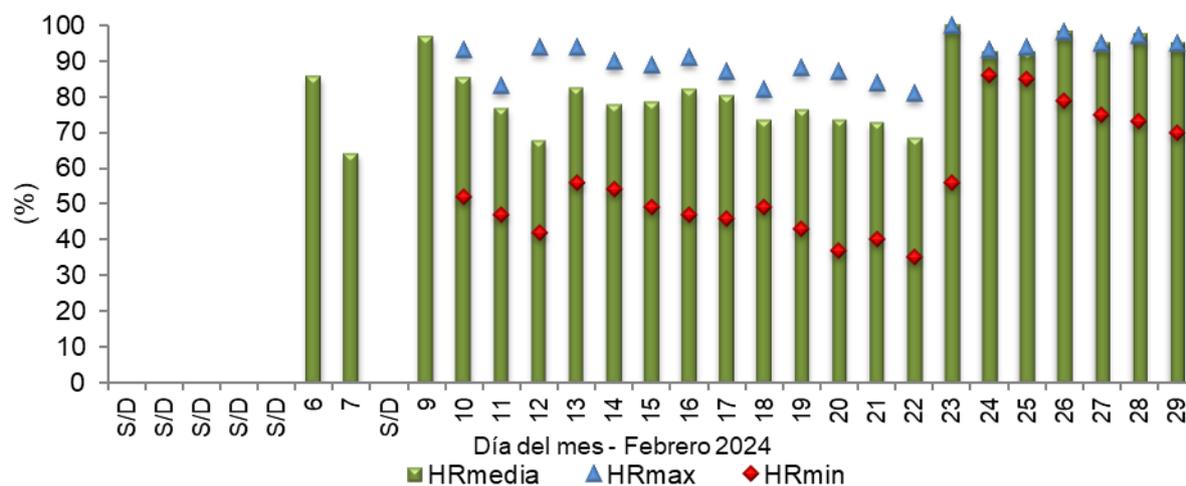


Figura 13. Valores diarios de humedad relativa (%).

El promedio de humedad relativa ambiente máxima diaria es del 91%, mientras que el promedio de valores mínimos diarios es del 56%.

El valor medio de humedad relativa fue inferior al valor promedio en cada una de las décadas, con una mayor diferencia en la última (Figura 14).

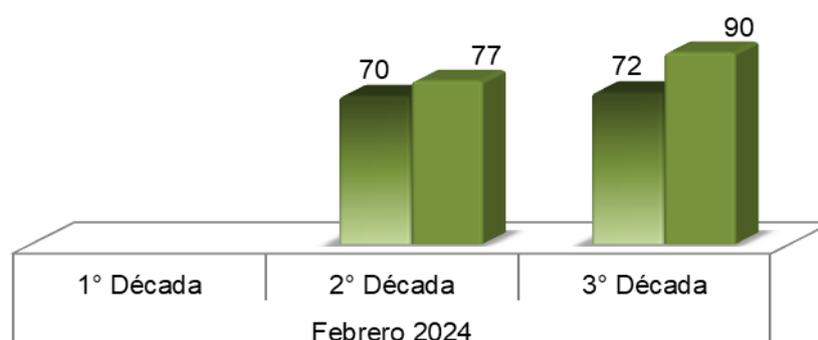


Figura 14. Valores medios de humedad relativa (%) agrupados por décadas para el mes de febrero. Referencias: colores: degradados (febrero serie 1989-2014), colores uniformes (febrero 2024).

⁵⁰ Con datos combinados con la estación automática para las horas y días en que estos faltan de la estación convencional (con excepción de los días 15, 16, 22, 23 y 29), faltando además los promedios de seis días.

⁵¹ Promedio trihorario: para estaciones del tipo climáticas se tiene en cuenta los valores de los parámetros registrados a las 09:00, 15:00 y 21:00 horas, de acuerdo con la Hora Oficial Argentina (UTC/GMT -03:00).

En la Figura 15 se muestra la duración en horas expresadas como porcentaje del tiempo diario en que se registraron valores de humedad relativa ambiente dentro de cada clase de clasificación⁵².

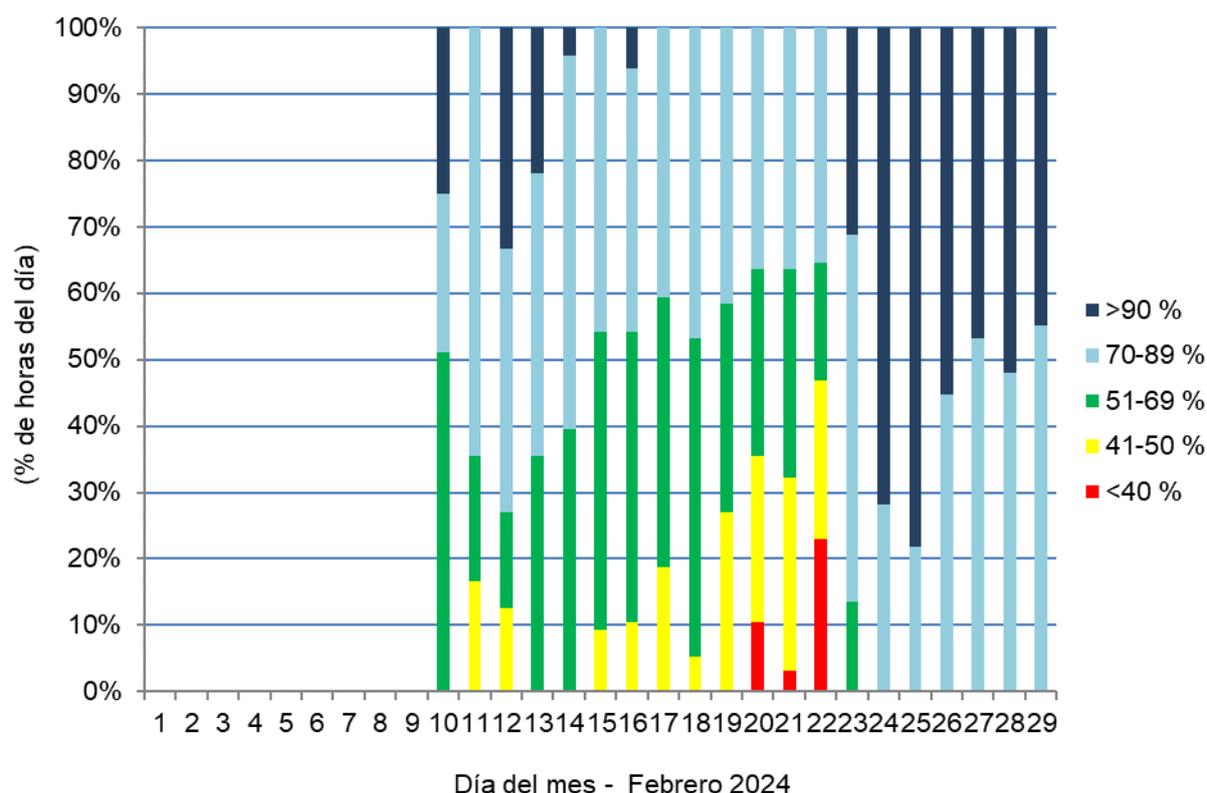


Figura 15. Duración horaria expresada como porcentaje del día para cada intervalo de humedad observado, en base al registro de la estación automática.

Se analizó el porcentaje de horas totales del actual mes que estuvieron dentro de cada intervalo en las que se dividió el registro de humedad (Figura 16).

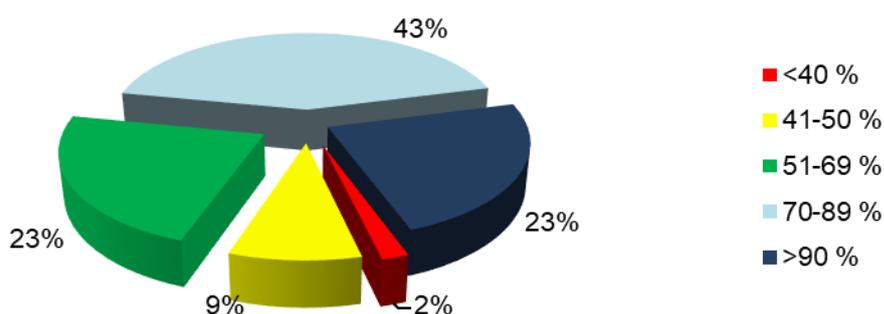


Figura 16. Horas totales mensuales expresadas como porcentaje de los diferentes rangos de humedad.

En el transcurso del mes, se han contabilizado 113 horas con humedad relativa ambiente por encima del 90% (32 horas le correspondían a esta categoría el mes pasado),

⁵² La estación presentó fallas en la alimentación eléctrica, generales a todo el predio que no permitieron el registro de datos hasta el día 10.

mientras que fueron 09 horas con humedad relativa por debajo del 40% (104 horas fue el registro del pasado mes de enero).

Las condiciones del ambiente influyen sobre el confort térmico de los animales en producción. Son varios los índices que se han desarrollado, combinando diferentes variables meteorológicas, siendo el comúnmente usado el índice ITH o Índice de Temperatura Humedad, una adaptación del índice de “falta de bienestar” desarrollado por Thom en 1959 para humanos, existiendo diversa bibliografía que propone variaciones en los parámetros de la fórmula empleada^{53 54 55 56}. Un valor del índice representa el efecto producido por el proceso de intercambio de calor, que puede alterar la respuesta biológica del animal asociada con los cambios en su temperatura corporal⁵⁷. La combinación de elevadas temperaturas con altos porcentajes de humedad relativa del ambiente genera estrés por calor produciendo cambios fisiológicos en los animales disminuyendo así su eficiencia productiva y reproductiva^{58 59 60}.

El valor de ITH obtenido en la fórmula se considera como la intensidad de las condiciones de estrés por calor a la que se encuentra expuesto el animal. Esta intensidad se categoriza en bovinos para carne como normal cuando los valores son menores a 75, alerta (leve) para valores de ITH mayores o iguales a 75, peligro (moderado) para valores de ITH mayores o iguales a 79 y emergencia (severo) cuando se alcanzan valores de ITH iguales o superiores a 84⁶¹. Los valores del índice mencionados anteriormente se obtienen mediante la fórmula⁶²:

$$ITH = (1,8 * T(^{\circ}C) + 32) - \left(0,55 - \left(0,55 * \left(\frac{HR}{100} \right) \right) \right) * (1,8 * (T(^{\circ}C) - 26))$$

Aunque el conocimiento del índice por sí solo es beneficioso por permitir determinar el estrés por calor, ajustar este índice por el efecto de la velocidad del viento y la radiación solar

⁵³ Moran, J. (2005). *Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Landlinks Press.

⁵⁴ Herbut P., Angrecka S. & Walczak J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *Int J Biometeorol*, 62(12):2089-2097. doi: 10.1007/s00484-018-1629-9.

⁵⁵ Rokade S. U., Deokar D. K., Sonawane H. S. & Hingonekar G. S. (2021). Studies on Different Temperature Humidity Index Models in Relation with Monthly Milk Yield for Phule Triveni Cattle. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 10(01): 134-140.

⁵⁶ Niyonzima, Y. B., Strandberg, E., Hirwa, C. D. A., Manzi, M., Ntawubizi, M., & Rydhmer, L. (2022). The effect of high temperature and humidity on milk yield in Ankole and crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), 1-11.

⁵⁷ Hahn, G. L., Gaughan, J. B., Mader, T. L., & Eigenberg, R. A. (2009). Chapter 5: Thermal indices and their applications for livestock environments. In J. A. DeShazer (ed.), *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*, 113-130. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

⁵⁸ Johnson, J. S. (2018). Heat stress: impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*, 58(8), 1404-1413.

⁵⁹ Habeeb, A. A., Gad, A. E., & Atta, M. A. (2018). Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. *Int. J. Biotechnol. Recent Adv*, 1(1), 35-50.

⁶⁰ Dos Santos, M. M., Souza-Junior, J. B. F., Dantas, M. R. T., & de Macedo Costa, L. L. (2021). An updated review on cattle thermoregulation: physiological responses, biophysical mechanisms, and heat stress alleviation pathways. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(24), 30471-30485.

⁶¹ Armendano J.I., Odeón A.C., Callejas S.S., Echarte L. y Odriozola E.R. 2015. Estrés térmico y síndrome distérmico en bovinos para carne de la provincia de Buenos Aires. 9nas Jornadas Internacionales de Veterinaria Práctica. Mar del Plata.

⁶² Referencias: “T” (temperatura en grados centígrados), “HR” (humedad relativa en porcentaje).

incidente resultaría más preciso para evaluar cómo se ve afectado el bienestar animal⁶³. Es así, que se emplean estos parámetros en la fórmula a continuación, empleando el valor de ITH calculado con la fórmula presentada previamente, ajustando de esta manera el valor del índice:

$$ITH_{vr} = 4,51 + ITH - \left(1,992 * \text{Viento} \left(\frac{m}{s}\right)\right) + \left(0,0068 * \text{Radiación} \left(\frac{W}{m^2}\right)\right)$$

En la Figura 17 se muestra a modo general la duración en horas para cada día en que se registraron valores del índice en alguna de las categorías detalladas anteriormente (cada área sombreada representa de manera individual a su categoría sobre la línea central de cada día, a partir de la finalización del límite de la categoría anterior).

Fueron calculados valores del índice en la categoría de estrés severo en dieciséis días, particularmente por un espacio de más de doce horas los días 10, 11, 16, 17, 19, 20, 21, 22 y 29. Un 61% y un 53% del tiempo se encontraron los valores del índice en la categoría de estrés moderado y severo, durante la segunda y tercera década del mes, respectivamente.

La asignación de las categorías clasificatorias es relativamente arbitraria ya que el estrés por calor va a depender no solamente de la combinación de los parámetros meteorológicos, sino también de las prácticas empleadas para manejar el estrés en los animales, las que establecen microclimas puntuales, así como también de la raza del animal (que determina cuán adaptado esté al clima de una región) y de su estado fisiológico⁶⁴, que hace a la susceptibilidad individual del animal⁶⁵.

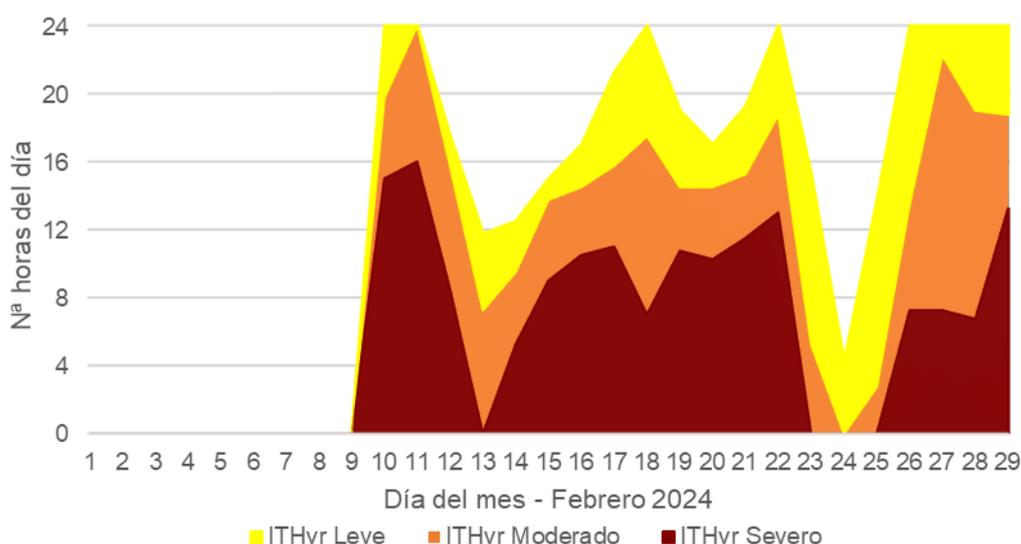


Figura 17. Duración horaria diaria para cada categoría del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de febrero de 2024.

⁶³ Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712-719.

⁶⁴ Tao & Xin, 2003, Dikmen & Hansen, 2009 y Ajakaiye *et al.* 2011 citados en Lallo, C.H., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Cambell, J., & Stephenson, T. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Regional environmental change*, 18(8), 2329-2340.

⁶⁵ Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(s2), s431-s444.

En la Figura 18⁶⁶ podemos apreciar los valores que se calcularon para el índice (primero para cada período de 15 minutos registrados por la estación automática y luego promediados de manera horaria) para cada hora, a largo de cada uno de los días del mes de febrero.

Todos los recuadros grises de la Figura 18 indican valores del índice menores a 75, definido con un color totalmente diferente para facilitar la visualización de aquellas horas en el que el índice tomó valores iguales o superiores a 75, siendo el color naranja el valor de 79 a partir del cual se considera estrés moderado. Se calculó un valor máximo de 100 el día 11 entre las 13:00h y 15:15h y el día 12 entre las 14:15h y las 14:30h.

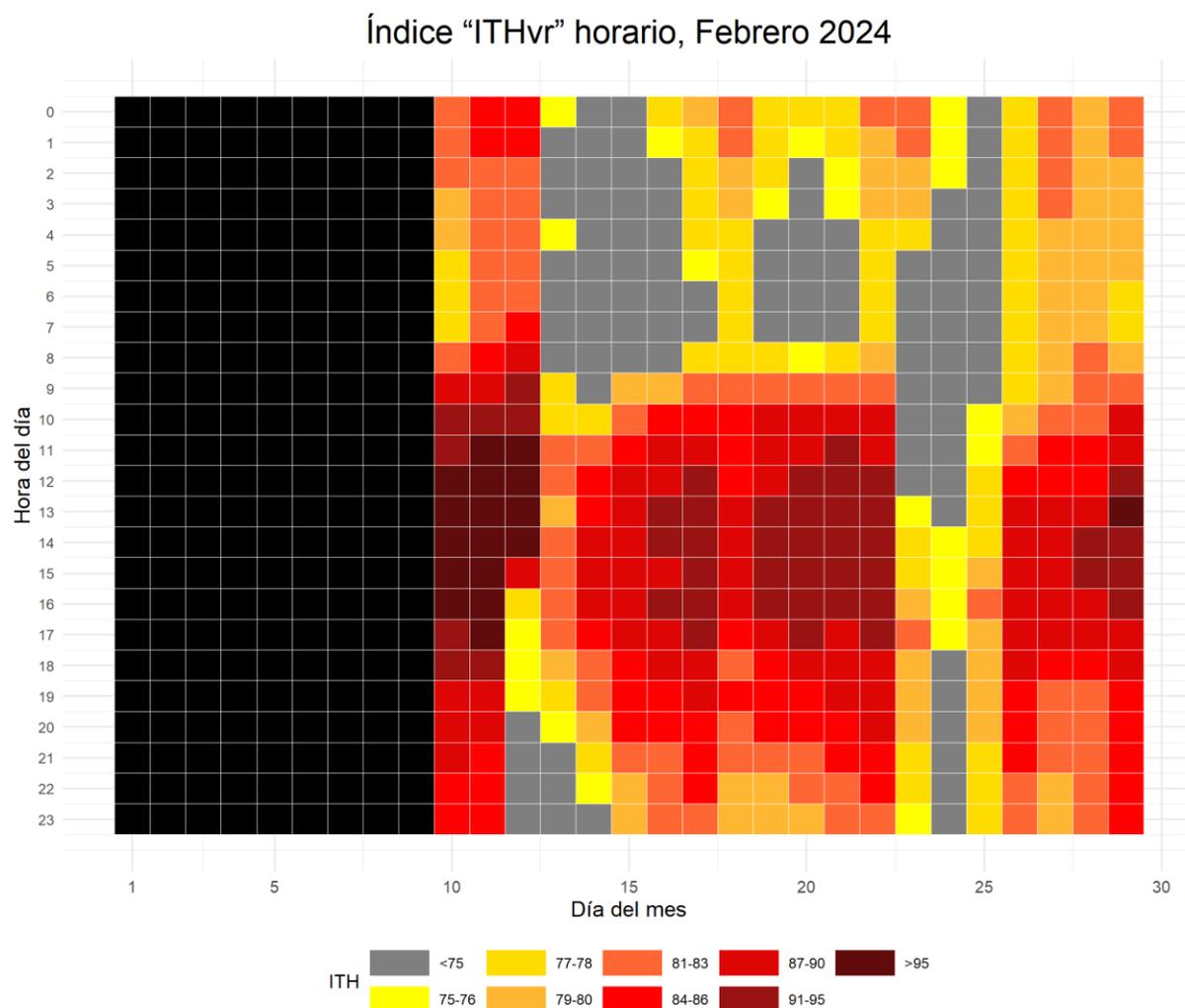


Figura 18. Distribución horaria diaria para cada valor del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de febrero de 2024.

La observación de las condiciones microclimáticas locales junto a la capacidad de predecir un evento de estrés por calor permite preparar e implementar soluciones que ayuden a

⁶⁶ Adaptado de: MacKintosh J. 2020. The hourly heatmap with ggplot2. <https://gist.github.com/johnmackintosh/520643a1f82a0c7df00cf949ba98a4e9>

la mitigación de los efectos sobre el bienestar y el rendimiento animal⁵³. Acciones tácticas son requeridas ante los primeros signos del estrés por calor para prevenir o minimizar las pérdidas del rendimiento⁵⁷. Las estrategias de manejo que se pueden emplear en el momento adecuado y para los grupos correctos de animales aumentarán los beneficios para los animales y limitarán los costos para los productores⁶⁵. Revise el pronóstico a corto plazo del índice “ITH”, sin ajustar, en: <https://siga.inta.gob.ar/#/ith>.

Temperatura media del suelo

La temperatura del suelo influye fuertemente los procesos biológicos que ocurren dentro de este, como la germinación de la semilla, la emergencia y crecimiento de las plántulas y el desarrollo de las raíces⁶⁷. Suelos cálidos promueven una emergencia uniforme y un rápido desarrollo de los cultivos en los estados iniciales.

Se muestra a continuación el valor medio de temperatura de suelo a 10cm de profundidad tanto como valor anotado en la observación de las 09:00 horas, así como también el promedio trihorario⁶⁸ calculado de las observaciones diarias. Además, se agrega la evolución del valor de la temperatura del suelo a 10cm de profundidad promedio de los registros a las 09:00h para cada día del mes a partir del conjunto de datos de la serie 2010-2021 (Figura 19).

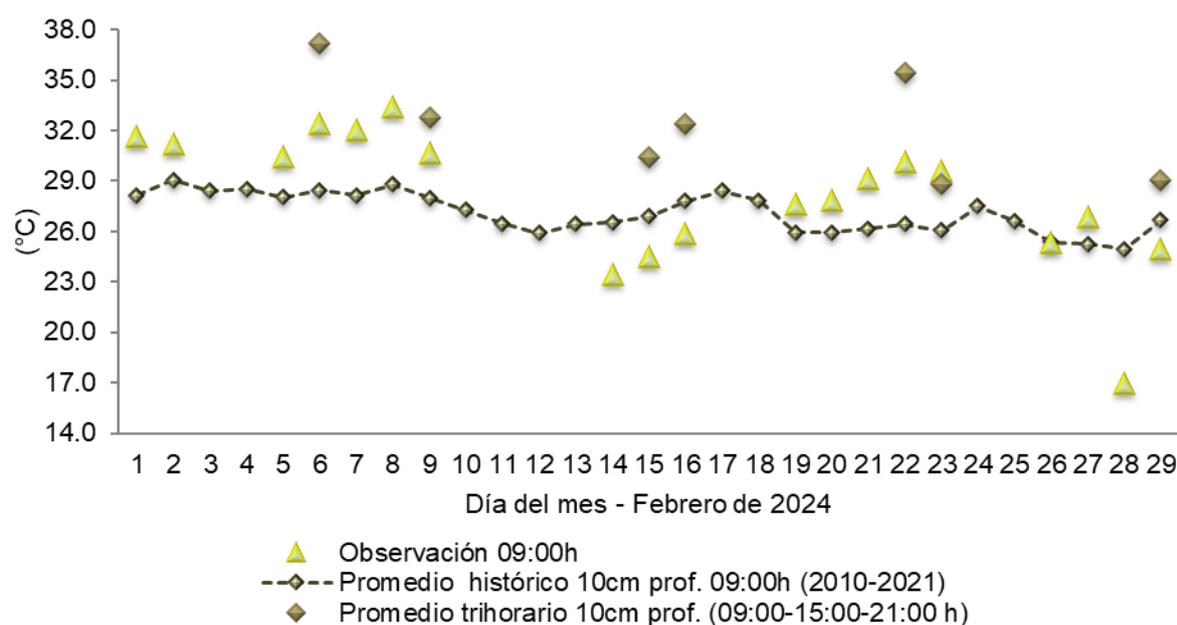


Figura 19. Valor de temperatura de suelo a las 09:00h suelo a 10cm bajo la superficie, valores medios trihorarios de temperatura de suelo a 10cm bajo la superficie. S/D: sin dato.

⁶⁷ Hillel, D. (2005): Thermal properties and processes. In: D. Hillel, J. H. Hatfield, D. S. Powlson, C. Rosenzweig, K. M. Scow, M. J. Singer, & D. L. Sparks (Eds.), *Encyclopedia of Soils in the Environment* (vol. 4, pp 156-163) Elsevier/Academic Press.

⁶⁸ Promedio trihorario: para estaciones del tipo climáticas se tiene en cuenta los valores de los parámetros registrados a las 09:00, 15:00 y 21:00 horas, de acuerdo con la Hora Oficial Argentina (UTC/GMT -03:00).

Evapotranspiración

Evapotranspiración potencial es un parámetro climático que expresa el poder de evaporación de la atmósfera. Los principales parámetros meteorológicos que afectan a la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para evaluar la tasa de evaporación a partir de estos parámetros, expresándose mediante la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀)⁶⁹.

Si se emplean los datos de la estación automática de temperatura, humedad y radiación para los días faltantes (no los valores medio de viento)⁷⁰, aplicando la ecuación de Fao-Penman Monteith, se acumula una evapotranspiración potencial de 120,5mm en este mes (Figura 20).

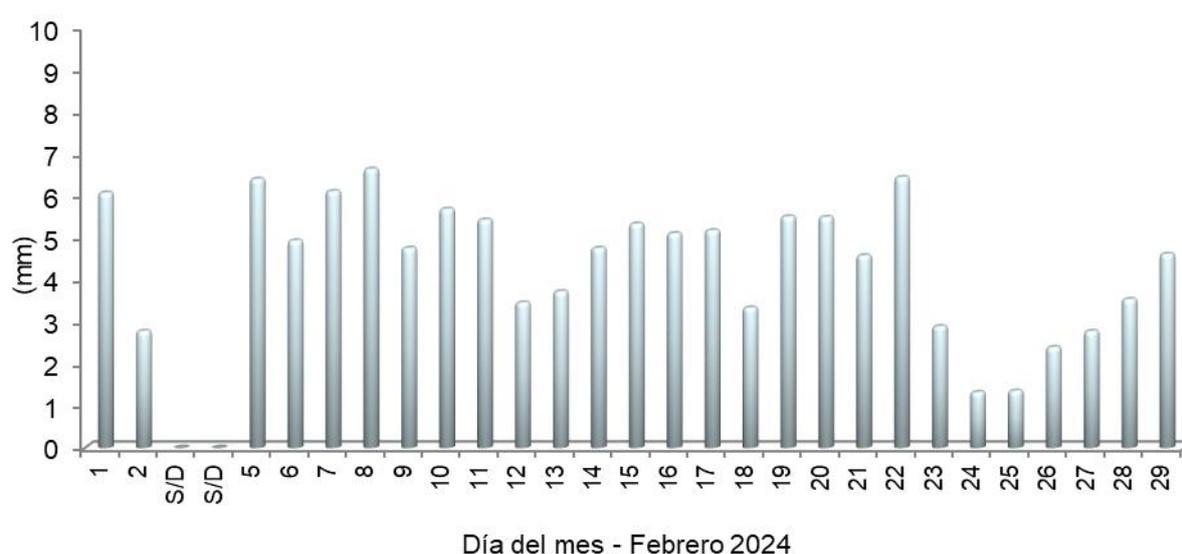


Figura 20. Valores diarios de evapotranspiración. Método Fao-Penman Monteith

Agradecemos la colaboración de los Srs. **Herrera O.W.**, **Roldán H. M.** y **Andrada R. A.** quienes permiten dar continuidad en la toma de los datos de la estación convencional;

a los Srs. **Rufail J.E.** y **Salinas G.** del área de informática por dar soporte a los sitios web

y, a **Gomez C.E.A.** del área de comunicación.

⁶⁹ Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300(9), D05109.

⁷⁰ Excepto para los días 03 y 04.

Mapas provinciales

En primera instancia se muestran los mapas provinciales en los que se reflejan el comportamiento de la distribución de la precipitación acumulada mensual (Figura 21), así como también un mapa mostrando la anomalía porcentual de la precipitación (Figura 22). El mismo análisis se realizó para el período correspondiente a los tres últimos meses en conjunto (figuras 24 y 25).

Todos fueron generados mediante software QGIS®⁷¹ de código abierto y gratuito, empleando el método de interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés).

La información corresponde a la combinación de datos obtenidos de estaciones meteorológicas convencionales pertenecientes a:

- ❖ I.N.T.A.: Campo Anexo Ing. Agr. Francisco. Cantos (ex La María).
- ❖ Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.): Aeródromos de Santiago del Estero, Termas de Río Hondo, Ceres y estación de Villa de María del Río Seco.

Se agregan además puntos pluviométricos convencionales pertenecientes a productores colaboradores (Reineri: Vta. de la Barranca, Udema: Bandera y Bandera RP42).

Se emplean también estaciones automáticas Davis® y Nimbus THP pertenecientes a la red I.N.T.A. de las Estaciones Experimentales Agropecuarias de Santiago del Estero, Quimilí, Las Breñas y Sáenz Peña. Además de puntos pluviométricos (Tomas Young y RN98 Puente, Puig M.; Tomas Young RP13, Puig V.; Averías RP21, Guzmán H.; Bandera RP13, Ledesma L.; Gdía. Escolta, Pistarelli J. P.; Añatuya, Salas D.) cuyos datos son recolectados por el Ing. Puig⁷² de la A.E.R. Bandera (E.E.A. Quimilí). Además, se suman los datos obtenidos por la sección de Agrometeorología perteneciente a la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (E.E.A.O.C.) de la provincia de Tucumán (El Charco, Monte Redondo, Rapelli, Javicho, Viclos, Taco Ralo, Isca Yacu, Pozo Hondo, El Bobadal, Los Pereyra y Nueva Esperanza), los datos de la red meteorológica provincial del Ministerio de Producción de Chaco (General Pinedo, Taco Pozo, Gancedo, El Palmar y Est. El Chalet) y los de la red de estaciones meteorológicas del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Córdoba (San Francisco del Chañar y La Rinconada), estas dos últimas a través de estaciones automáticas Omixom®. Se sumaron en el último tiempo estaciones Pegasus®, adquiridas mediante proyecto FONTAGRO, en los puntos de Nueva Francia y Colonia El Simbolar.

Los mapas generados también pueden visualizarse y ser descargados en el portal del Sistema de Información Territorial de Santiago del Estero (SITSE):

⊕ <http://sitse.geointa.inta.gob.ar/documents>

⁷¹ QGIS Development Team (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

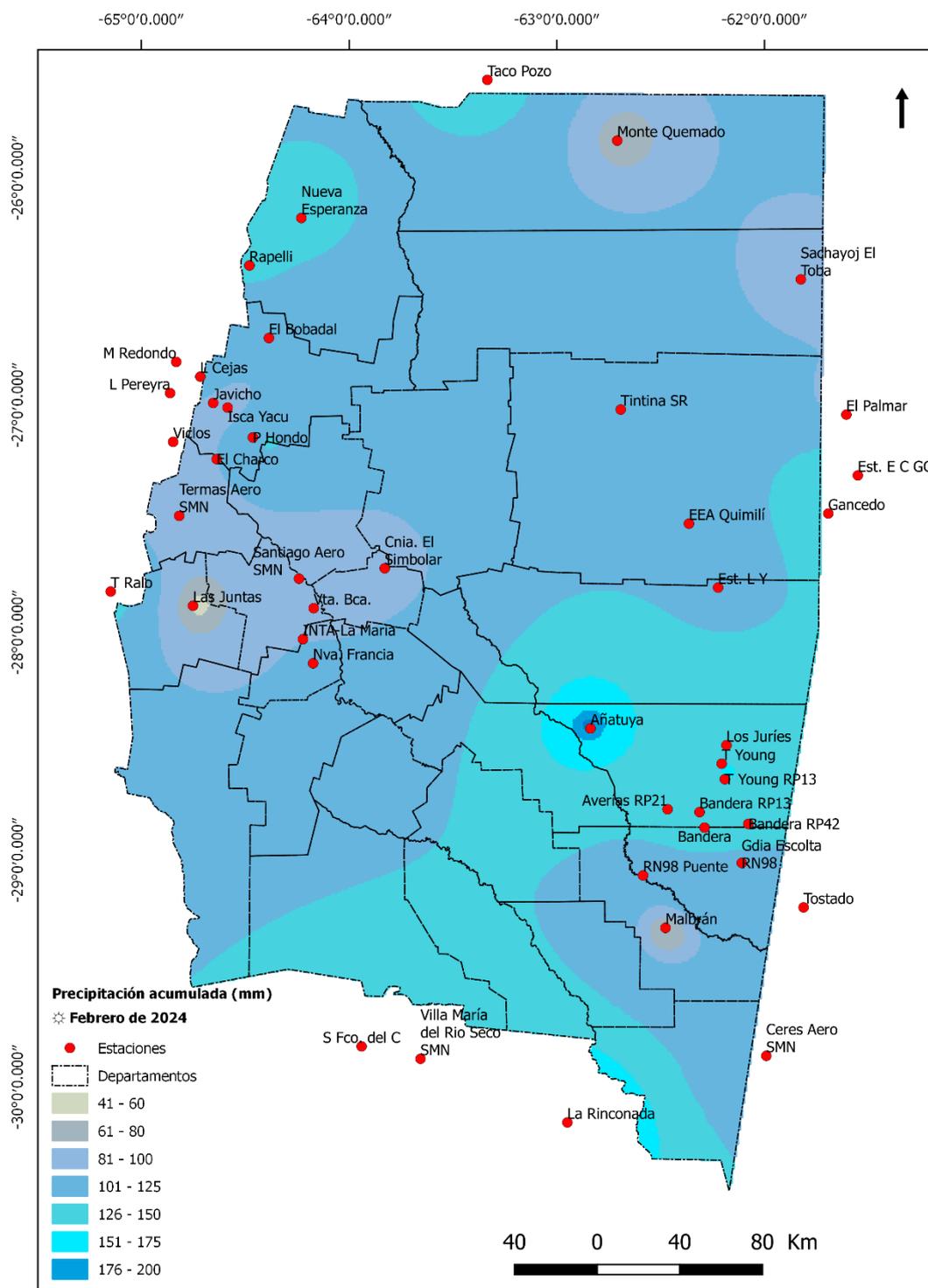
⁷² Conforman la red las seis agencias de extensión de la EEA Quimilí, productores, empresas, instituciones y organizaciones de las diferentes zonas, aportando en forma remota los registros de cada evento para la carga de una base datos para su posterior análisis, y construcción de mapas para la interpretación de distribución y de anomalías pluviométricas. Ver más en:

<https://inta.gob.ar/noticias/inta-quimili-puso-a-funcionar-su-red-pluviometrica-del-este-santiagueno>

En base a los datos de las estaciones o puntos pluviométricos confiables a los que se accedió, las precipitaciones variaron desde 45,6mm en Las Juntas (dpto. Guasayán) hasta los 217mm en Añatuya. En la ciudad Capital se contabilizaron casi 80mm, mientras que se alcanzaron 105,5mm en La Abrita y 93mm en Vta. de la Barranca. En el noroeste, varió entre 47mm en El Palomar y 160mm en Rapelli (Figura 21). En el norte, en cercanías de Monte Quemado se acumularon 71,6mm, “Sachayoj El Toba” 80mm y 117mm en “Tintina SR”. En el Sudeste Malbrán acumuló 71,6mm, Bandera 122,5mm, Los Juríes 127,4mm, “Tomas Young RP13” 172mm y Guardia Escolta 94mm. La Rinconada, en la provincia de Córdoba fue el punto empleado con el mayor registro, alcanzando casi los 250mm.

Si lo analizamos como anomalía porcentual (Figura 22), durante el mes de febrero, los déficits se encontraron por debajo del promedio en alrededor de un 40% en la zona de Las Juntas y de Malbrán reduciéndose a un 20% en parte del noreste y del noroeste de la provincia. En la zona de Capital los valores rondaron el promedio. Hacia el sudeste la anomalía negativa desde Malbrán se hizo positiva hacia el norte con valores cercanos al 30% aproximadamente incrementándose hacia Añatuya con alrededor del 70%. En la zona de Quimilí y Tintina y, en la de Nueva Esperanza la anomalía fue de entre un 10% al 20%.

Visualmente pueden no apreciarse los valores puntuales de las estaciones en el mapa debido a la forma en la que trabaja el algoritmo de interpolación empleado para su confección, que tiende a suavizar los valores, especialmente los extremos. La reducción en el número de estaciones automáticas tenida en cuenta para la confección de los mapas se debe a inconvenientes técnicos con los sistemas de registro y la consecuente pérdida de datos o, a fallas en la transmisión de la información por parte de estas, no permitiendo el acceso al dato al momento de la confección del presente informe.



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; A.E.R. Bandera (E.E.A. Quimilí); Servicio Meteorológico Nacional; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, provincia de Tucumán; Ministerio de Producción, provincia de Chaco; Ministerio de Agricultura y Ganadería, provincia de Córdoba; productores colaboradores. **Sistematización de datos y mapeo:** Nelson J. Dominguez y Howard van Meer. Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero - INTA. **Método de interpolación:** IDW.

Sistema de Información Territorial de Santiago de Estero
Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero
Centro Regional Tucumán-Santiago del Estero

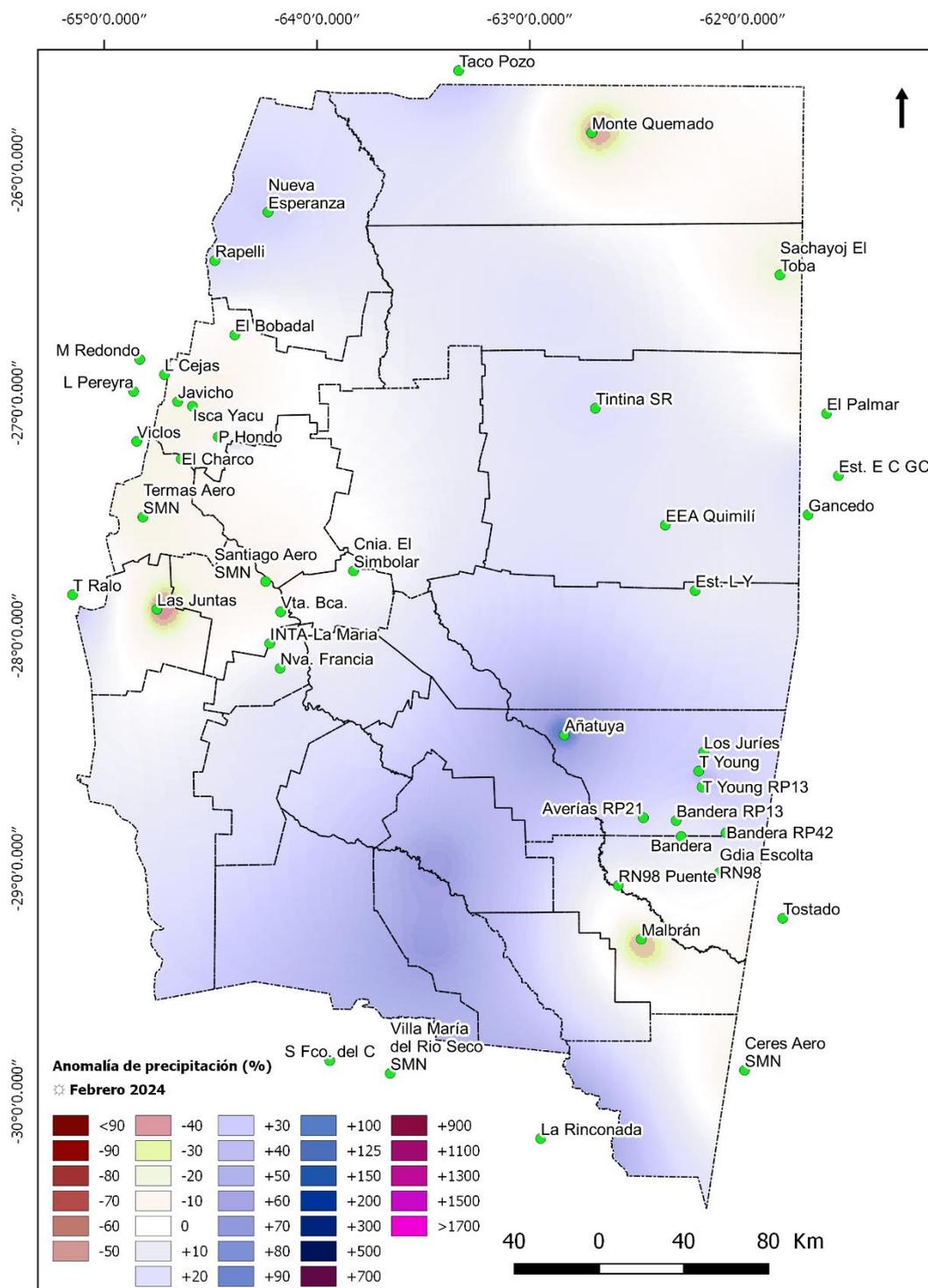


Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía Argentina

Figura 21. Precipitación acumulada (mm) observada durante febrero de 2024.



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; A.E.R. Bandera (E.E.A. Quimilí); Servicio Meteorológico Nacional; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, provincia de Tucumán; Ministerio de Producción, provincia de Chaco; Ministerio de Agricultura y Ganadería, provincia de Córdoba; productores colaboradores. Sistematización de datos y mapeo: Nelson J. Domínguez y Howard van Meer. Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero - INTA. Método de interpolación: IDW.

Sistema de Información Territorial de Santiago del Estero
 Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero
 Centro Regional Tucumán-Santiago del Estero



Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía Argentina

Figura 22. Anomalia de precipitación (%) registrada durante febrero de 2024.

Las lluvias acumuladas durante el trimestre diciembre de 2023 y enero-febrero de 2024 (Figura 23) variaron desde los 171mm en Isca Yacu hasta 523mm en Añatuya. En el aeródromo de la ciudad Capital se superaron los 250mm, en INTA-La María se acumularon 213,9mm y en Vta. de la Barranca, 277mm. Hacia el sudeste los valores variaron entre 220mm en Malbrán y lo indicado para Añatuya. En el Noroeste se acumuló entre lo indicado en Isca Yacu hasta los 494mm en Las Cejas. En el centro, Tintina SR registró 222mm. En el Norte Monte Quemado acumuló 189,5mm. El valor más alto empleado en la interpolación corresponden a los 582mm en La Rinconada. No obstante, esto solo tiene en cuenta la interpolación a partir pocos puntos, es necesario contar con una mejor densidad de registros confiables que presenten continuidad en el tiempo para lograr una mayor representatividad de lo acontecido.

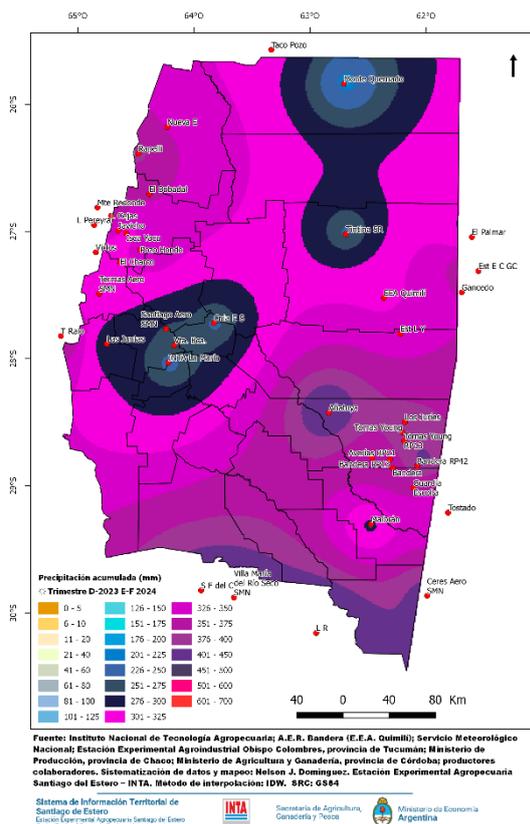
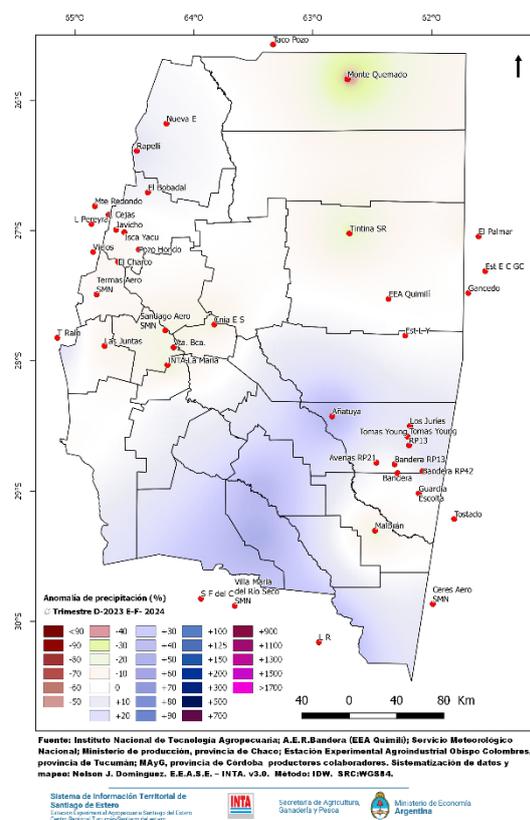


Figura 23. Precipitación acumulada (mm) entre diciembre de 2023 y febrero de 2024.

Si analizamos el valor acumulado trimestral con relación al valor promedio histórico para igual periodo de tiempo, podemos apreciar que se presentaron anomalías levemente positivas con valores un 10% por encima en el parte del noroeste del territorio y en sectores del sudeste donde alcanza el 25%. El resto presentó anomalías negativas con valores hasta un 60% de lo esperado en el Monte Quemado, de un 80% En Tintina SR de un 10-15% en otro sector del sudeste y en los alrededores de Capital. Las restantes áreas en que no se cuentan con fuente de datos en esas franjas, la confiabilidad de la representación es baja (Figura 24).



Índice de Vegetación Normalizado

Para determinar el grado de actividad vegetal de una porción de superficie se emplean índices de vegetación obtenidos del tratamiento de los datos generados por sensores remotos ubicados a bordo de satélites. Se emplea en este caso el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), producto⁷³ obtenido a partir del procesamiento de los datos recibidos por el sensor MODIS a bordo del satélite de órbita polar TERRA.

El producto NDVI se obtiene por períodos de 16 días. Las imágenes disponibles contienen el mejor de los valores entre las múltiples imágenes obtenidas usando el criterio del valor más alto de NDVI (con la menor nubosidad posible y la mejor posición del satélite con respecto a la superficie terrestre) que haya sido censado en ese período para cada punto. La resolución espacial para este producto es de 250m.

La anomalía relativa de este índice es obtenida comparando el valor del período del año en curso con el promedio del período de datos 2000-2023 (período operacional del satélite), y se calcula para cada punto del mapa, empleando el software QGIS®, mediante la fórmula:

$$\text{Anomalía relativa del NDVI} = \frac{\text{NDVI}_{2024} - \text{NDVI}_{\text{promedio}}}{\text{Desvío estándar}}$$

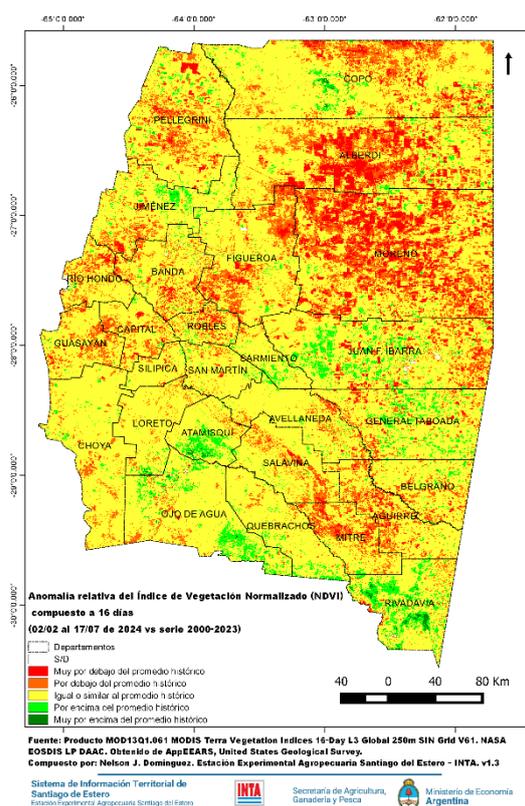


Figura 25. Anomalía relativa del NDVI del 02 al 17 de febrero de 2024.

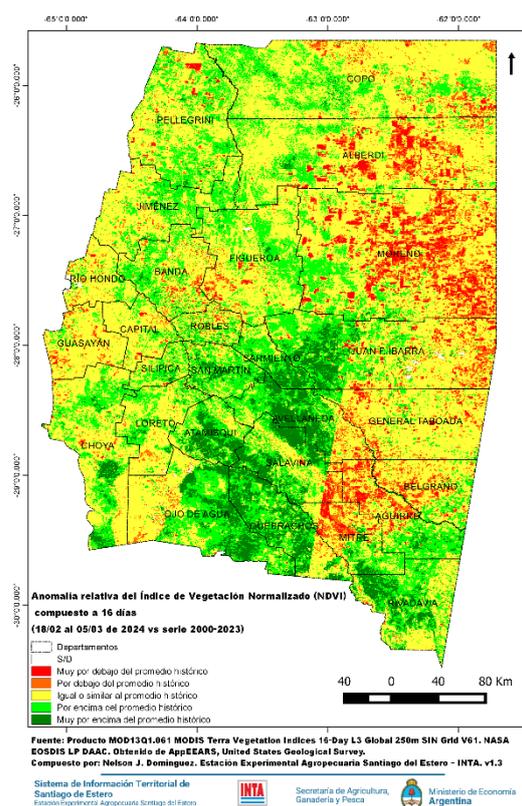


Figura 26. Anomalía relativa del NDVI del 18 de febrero al 05 de marzo de 2024.

⁷³ Didan, K. (2021). *MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V061*, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC, <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.061>. Accessed 2024-03-17.

En la Figura 25 se aprecian un patrón similar al del periodo previo con una reducción de las áreas con valores “por encima del promedio histórico”.

Si se toma en cuenta la totalidad de los píxeles con datos de la provincia, en este periodo el 72,0% corresponden a la categoría estilizada con amarillo (el 66,8 del área provincial era el ocupado por esta categoría en el período anterior), el 5,1% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) (8,8% en el período anterior) y el 0,3% (0,7% en el período anterior) a la categoría de “muy por encima del promedio histórico” (verde oscuro). La cantidad de píxeles que representan áreas con sus anomalías relativas del NDVI por debajo del promedio histórico, alcanzan el 22,7% (23,7% de los píxeles se encontraban en esta categoría en el periodo anterior) del territorio provincial (16,1% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 6,6% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

En la Figura 26 se aprecia un incremento importante de las áreas con valores por “muy por encima del promedio histórico en detrimento de las áreas con valores “por debajo del promedio histórico” hacia el sector centro sur de la provincia.

En este período, el 56,8% corresponde a la categoría de “igual o similar al promedio histórico” (amarillo), el 24,9% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) y, el 7,3 %, a la categoría de “muy por encima del promedio histórico” (verde oscuro). La cantidad de píxeles que representan áreas con sus anomalías relativas del NDVI por debajo del promedio histórico, alcanzan el 11,3% del territorio provincial del que se cuenta con datos (7,1% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 4,2% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

Focos de Calor

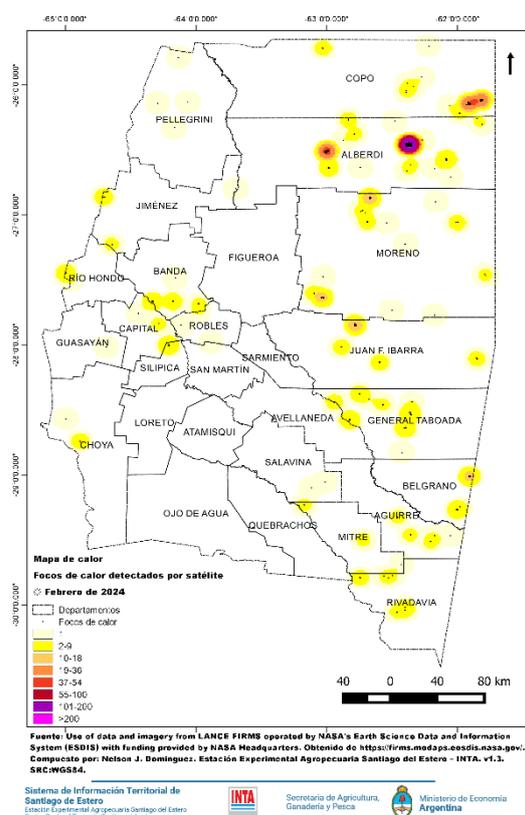


Figura 27. Focos de calor detectados por sensores satelitales y densidad de estos durante el mes de febrero de 2024.

Los focos de calor son anomalías de temperatura que podrían indicar un incendio o cualquier fuente significativa de calor. En el mapa provincial se muestran los focos de calor detectados por satélite durante el mes de febrero. Para ello se emplea el producto “Detección de Fuegos Activos”⁷⁴ obtenido de la información recogida por sensores VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) a bordo de los satélites de órbita polar Suomi-NPP y NOAA-20. En comparación con otros productos de detección de incendios satelitales de resolución más gruesa (≥ 1 km), los datos mejorados de 375m proporcionan una mayor respuesta sobre incendios de áreas relativamente pequeñas, así como un mapeo mejorado de grandes perímetros de incendios. Se excluyen de esta visualización los focos de calor con confianza baja.

Los focos detectados presentaron mayores densidades en el noreste provincial. Se detectó un 24% menos de focos respecto al mes anterior (Figura 27).

Este boletín fue confeccionado por *Agrometeorología*, grupo de *Recursos Naturales* de la Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero del I.N.T.A.

Para más información:

Nelson Javier Domínguez: dominguez.nelson@inta.gov.ar;

Howard van Meer: vanmeer.howard@inta.gov.ar

⁷⁴ Fire Information for Resource Management System (FIRMS). We acknowledge the use of data and imagery from LANCE FIRMS operated by NASA's Earth Science Data and Information System (ESDIS) with funding provided by NASA Headquarters. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>