

ISSN N°1850-4086 N°1615

Informe del Mes de Marzo 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 marzo, así mismo, el valor de temperaturas mínimas medio mensual es ahora el nuevo valor más alto. Los valores medios de temperaturas mínimas se han ubicado en la primera posición entre los más altos para la primera y segunda década. El valor medio de temperatura máxima de la segunda década se ubica en la segunda posición mientras que el de la tercera es ahora el nuevo valor más alto de este periodo. Se ha registrado al menos un valor diario de temperaturas máximas y mínimas que son ahora el nuevo absoluto más alto para un mes de marzo en las respectivas categorías.

Se han registrado 55,1mm de precipitación en el actual mes, catalogándose como Inferior al Normal. El actual mes ubica su acumulado en la undécima primera posición del ranking entre los meses con acumulados más

bajos. Como valor acumulado para la presente campaña, con lo precipitado este mes, la precipitación acumulada ronda un déficit de aproximadamente un 36% ubicándose como la sexta campaña con los valores acumulados más bajos del set de datos.

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

La humedad relativa del ambiente presentó valores superiores al promedio a lo largo de las tres décadas. Un 16% del tiempo los valores de este parámetro se encontraron por encima del 90%, mientras que en un 03% 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 veintinueves días del mes, con doce días en que se superaron las 12 horas del valor del índice en esta categoría; se calcularon valores máximos del índice de 99 en cinco 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, compartiendo la tercera ubicación⁴ con el año 2023, 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 es el nuevo valor medio⁶ más alto en esta categoría para el mencionado periodo. El valor medio de temperaturas máximas fue superior al del pasado mes de febrero, mientras que el de mínimas fue similar.

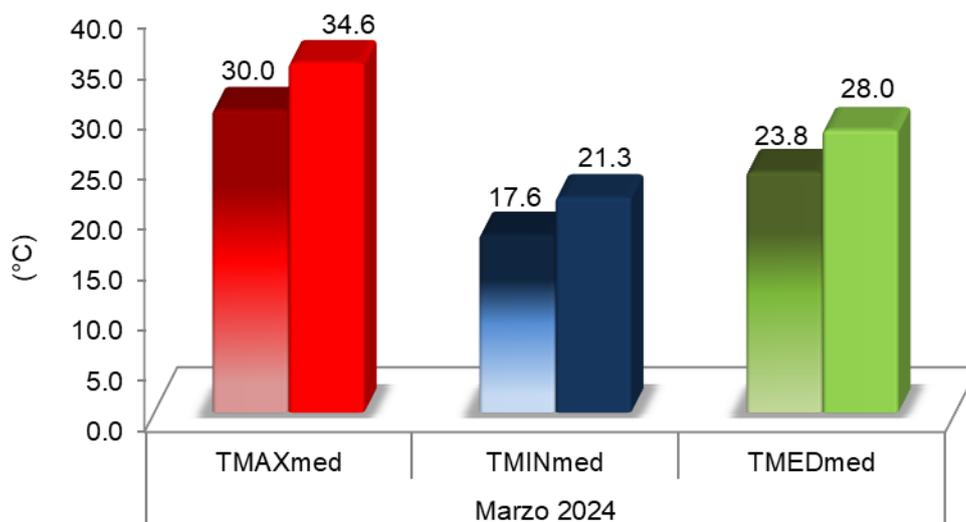


Figura 1. Valores medios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias para el mes de marzo. Referencias: colores degradados (marzo serie 1991-2020), colores uniformes (marzo 2024).

¹Temperaturas máximas y mínimas diarias de los días 28 y 30. Temperaturas máximas de los días 03, 10, 23 y 27. Temperaturas mínimas de los días 09 y 11. Las temperaturas medias de estos días surgen del promedio de los datos conjuntos de la estación automática en reemplazo de los que faltaron de la estación convencional.

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 28,0°C conservaría igual posición.

⁵ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 34,9°C conservaría igual posición.

⁶ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 21,2°C conservaría igual posición.

Respecto a igual mes del año anterior, el valor medio de temperaturas máximas fue inferior en 0,5°C mientras que el de temperaturas mínimas fue superior en 0,4°C.

El valor de temperatura media fue superior al normal a lo largo de las tres décadas⁷ (Fig. 2). El valor medio de temperatura máxima de la primera década fue superior al de la última década del mes de febrero.

El valor medio de temperaturas máximas fue mayor en 2,1°C, 6,1°C y en 5,6°C en cada una de las décadas respectivamente. Por su parte, el valor medio de temperaturas mínimas fue también superior en 2,9°C, 7,2°C y en 1,3°C en cada una de las tres décadas respectivamente. Es en la tercera década donde se registra el valor diario de temperatura mínima mientras que, es en la segunda donde lo hace el valor de temperatura máxima (Figura 4).

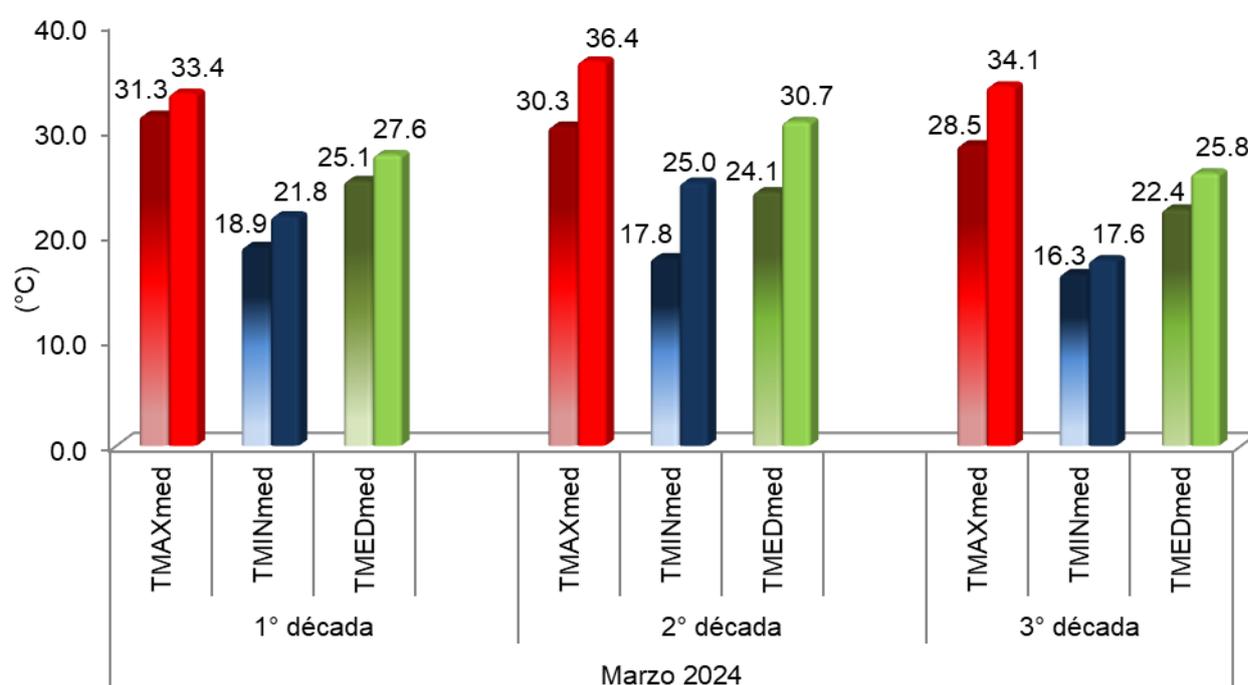


Figura 2. Valores medios de temperaturas máximas, mínimas y medias, agrupadas en períodos decadales, para el mes de marzo. Referencias: colores degradados (marzo serie 1991-2020), colores uniformes (marzo 2024).

El valor medio de temperaturas máximas de la primera década se ubica en la octava⁸ posición y, el valor de temperaturas mínimas medio de esta década comparte la primera⁹ posición con el año 2015 (ordenados los valores de manera descendente en ambos casos). En la segunda década, el valor medio de temperaturas máximas calculado se ubica en la segunda¹⁰

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).

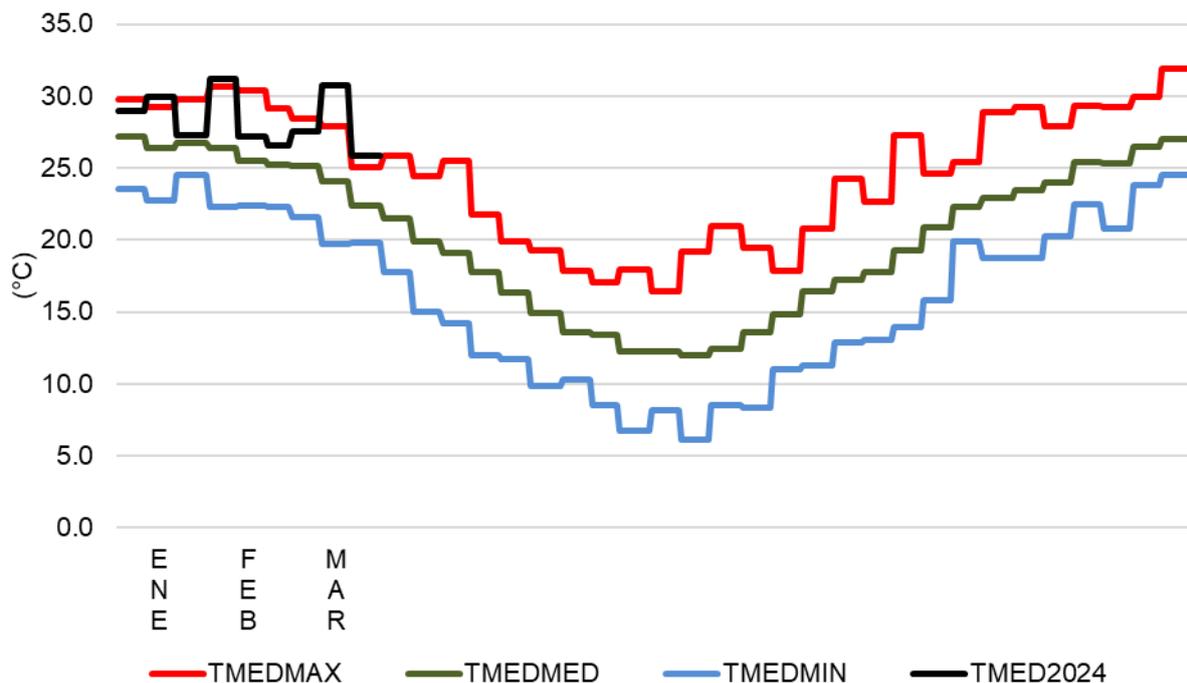
⁸ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 33,7°C conservaría igual ubicación.

⁹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 21,5°C conservaría igual ubicación.

¹⁰ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 36,4°C conservaría igual posición.

posición luego del valor registrado en 2023 ($37,8^{\circ}\text{C}$), y el valor medio de temperaturas mínimas se coloca en la primera¹¹ posición. En la tercera década, el valor promedio de temperaturas máximas¹² es el nuevo valor más alto y, el valor promedio de mínimas se ubica en la novena posición¹³. Con respecto a las temperaturas medias, la primera década se ubica en la tercera posición¹⁴, el valor de la segunda¹⁵ es ahora el nuevo valor más alto y, el valor de la tercera¹⁶ década se ubica en la segunda 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.



Se realizó un análisis de los valores de temperaturas más altos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica¹⁷ del mes de marzo (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°	2022	41,5	2010	25,8	2022	32,4 ¹⁸
2°	2020	40,2	2023	25,5	2016	31,8
3°	1993	39,6	1992	25,1	2012	31,5
4°	2013,2023	39,5	2016	25,0	1992,2020	31,1
5°	1989	39,2	1998,2006	24,7	2023	31,0
	2024	42,2	2024	26,9	2024	34,6

Además, se realizó un análisis de los valores de marzo más bajos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica del mes de marzo (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°	2016	16,0	2022	0,6	2022	11,8
2°	2019	17,0	2000	5,2	1998	13,8
3°	2003	17,8	2018	6,2	1990	14,9
4°	1998	18,0	2017	7,0	2000,2016	15,0
5°	2011	18,4	1990	7,4	2019	15,6
	2024	27,4	2024	9,9	2024	19,3

De las tablas se puede mencionar que al menos han ocurrido un valor diario de temperaturas máxima y mínimas que son ahora el nuevo valor más alto para un mes de marzo en cada categoría.

En veinticinco días la temperatura máxima diaria se ha encontrado por encima del umbral de los 30,0°C, siendo 17 días el valor promedio (Figura 4). Seis días de manera no consecutiva, registraron una temperatura máxima diaria por encima de los 40°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

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

¹⁸ Valor calculado empleando datos combinados de estación convencional y automática para el día 05.

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.

90 del semestre cálido octubre-marzo)²¹. Para nuestra estación los valores umbrales se calcularon a partir de los datos del período octubre de 1990 a marzo de 2021. En función a lo indicado, en el presente mes se presentó una ola de calor de cuatro días, del 11 al 14.

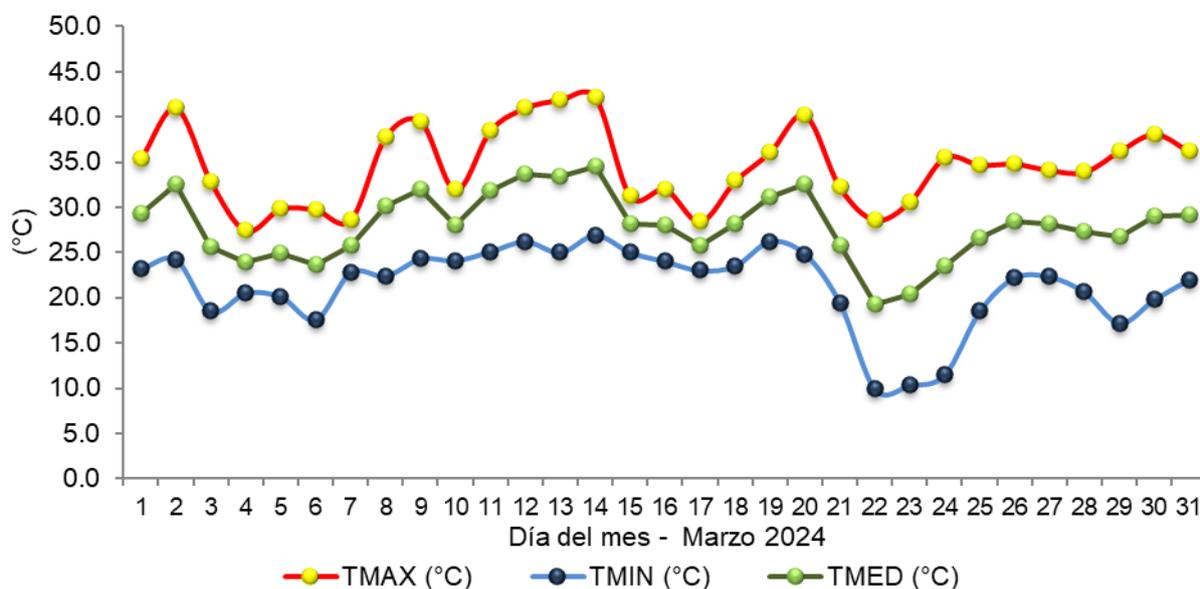


Figura 4. Valores diarios de temperatura para el mes de marzo de 2024.

Un análisis de los valores de temperaturas medias diarias se realizó (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.

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

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

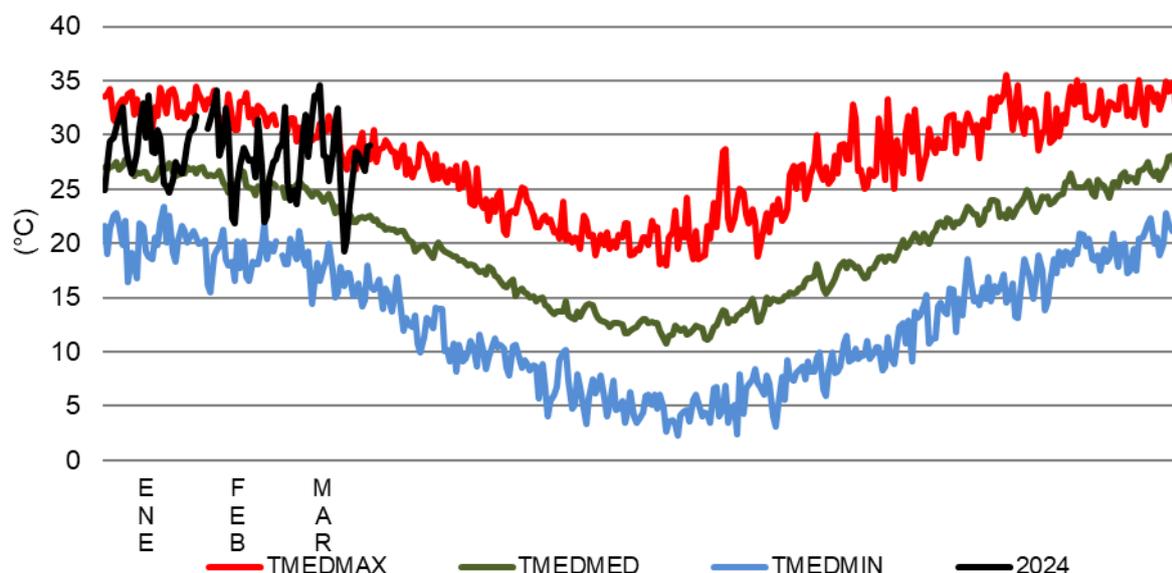


Figura 5. Valores de temperatura media: absoluta máxima, absoluta mínima y valor medio (serie 1991-2020), expresados en forma diaria y, valor de temperatura medio diario del presente año.

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 125,8, 157,1 y 119,3 grados días (temperatura base: 15,5°C²⁵), en cada una de las tres décadas respectivamente, totalizando 402,2 grados días²⁶ para el mes de marzo. Para los requerimientos de un cultivo de maíz^{27 28 29}, de modo

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.gob.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.

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>

general se han acumulado 171,2, 190,0 y 174,3 grados días de desarrollo³⁰ de la planta, totalizando 535,5 grados días en el mes.

PRECIPITACIÓN

Se registraron 55,1mm de precipitación acumulada de manera mensual. Se constató que este valor estuvo 49,4mm por debajo del valor promedio de la serie³¹ para el presente mes.

Ordenando de menor a mayor las cantidades acumuladas en cada uno de los meses de marzo de la serie de datos históricos se puede indicar que el actual mes se ha ubicado en el puesto N°11 del ranking.

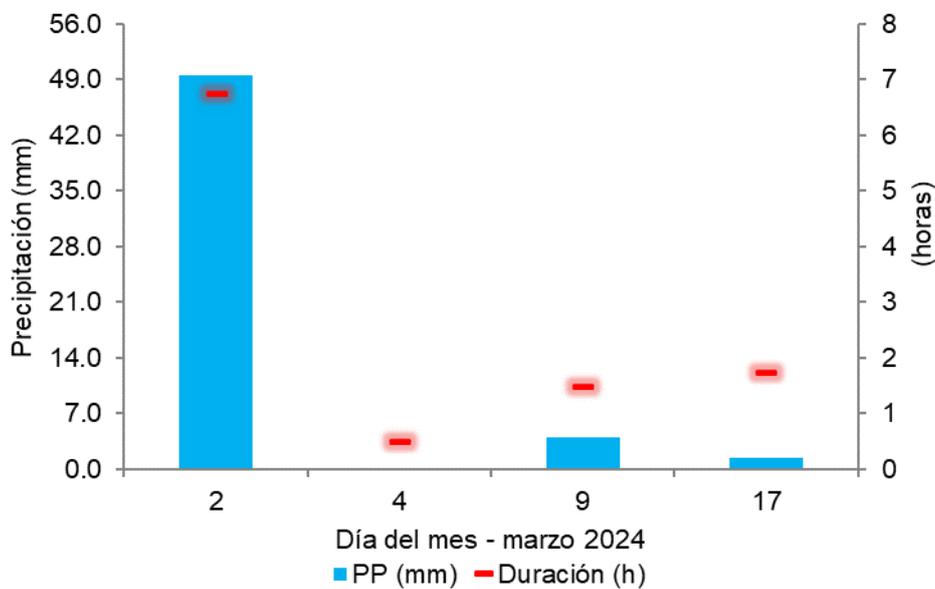


Figura 6. Valores de precipitaciones registradas como día pluviométrico mediante pluviómetro tipo “B” y duración³² de los eventos a partir de los registros de estación meteorológica automática.³³

Se han contabilizado seis eventos de los cuales cuatro presentaron valores medibles³⁴. El valor de días con precipitación registrable es de 8, para la serie del mes de marzo³⁵.

³⁰ Se consideran temperaturas extremas diarias mayores a 10°C y menores a 30°C. En el caso de que el valor obtenido se encuentre por fuera de 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.

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.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de cada uno de los meses de marzo 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 21mm como valor mínimo y 323 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 marzo, dicho valor es de 98,7mm. Relacionado a esto, el actual mes presentó un comportamiento “inferior al normal”.

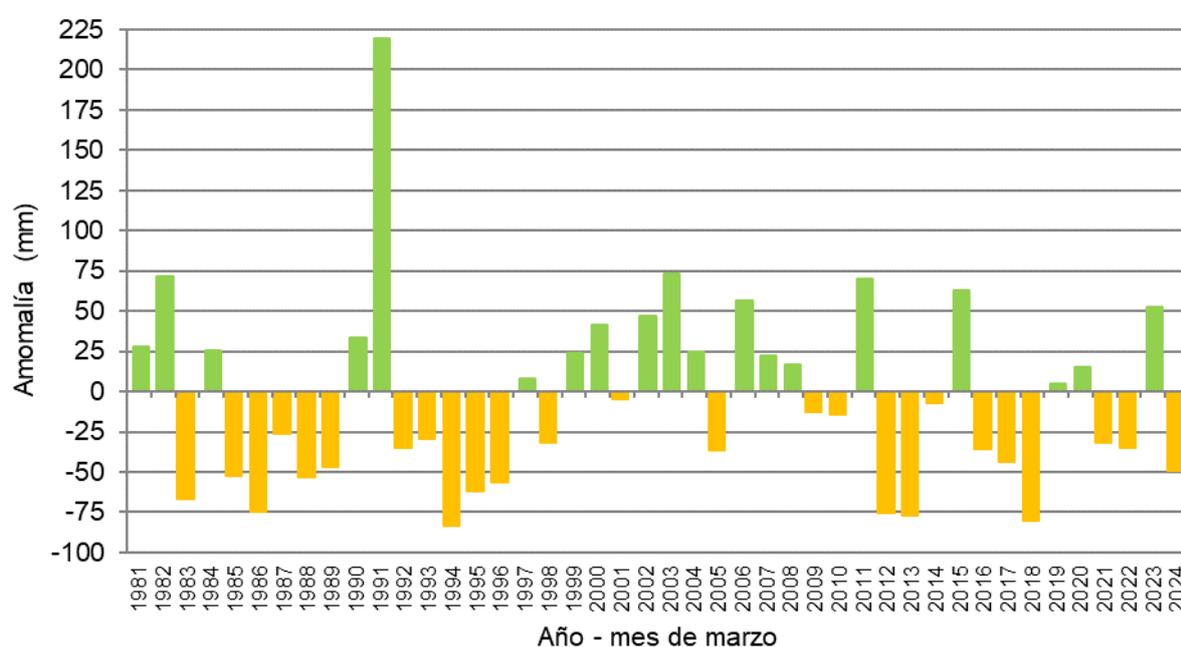


Figura 7. Anomalía de precipitación mensual (mm) para el mes de marzo. Serie histórica (1991-2020).

Analizando el set de datos históricos, se constata que, en siete años los acumulados fueron mayores a 150mm mientras que, en ocho años, fueron menores a 50mm.

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

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

	Año	mm
1°	1991	134,0
2°	2015	109,5
3°	2006	82,0
4°	2011	69,6
5°	1997	68,5

El valor máximo registrado en un periodo de 15 minutos por nuestra estación automática fue de 15,0mm en la madrugada 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 36% (Figura 8).

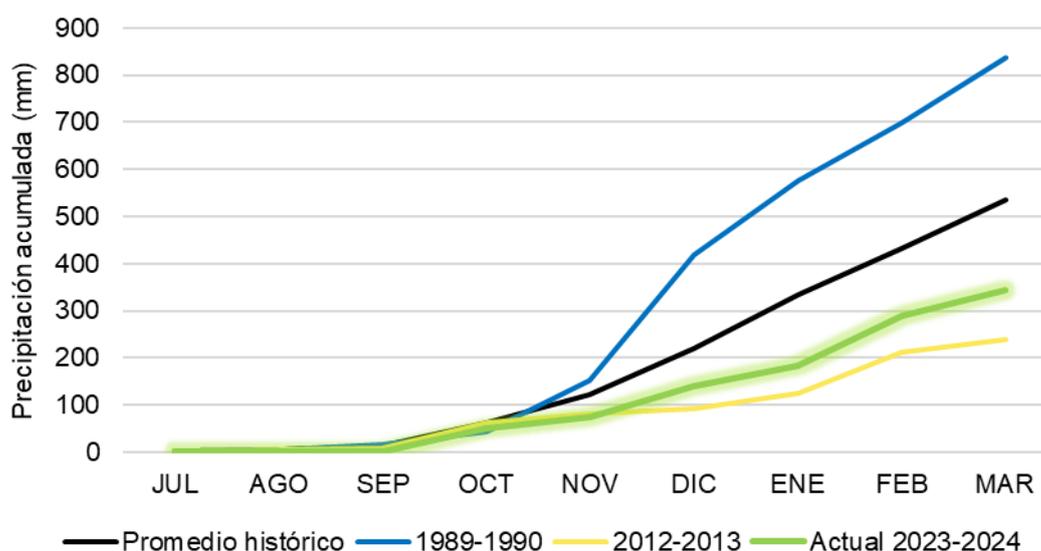


Figura 8. Valores de precipitación acumulada en año agrícola. Se presenta el promedio (línea negra) de la serie “La María” (1981-2020), además, aquellas campañas en las cuales se observaron los máximos (línea azul) y mínimos (línea amarilla) de precipitación acumulada total y, valor acumulado actual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

El valor acumulado promedio hasta el mes de marzo es de 533mm con un valor de mediana de 536mm, siendo el acumulado actual, desde julio a marzo del 2024, de 344,4mm.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de la precipitación acumulada en cada campaña desde julio a marzo, respecto al promedio de la serie de datos histórica (1981-2020). Ordenando de menor a mayor las campañas agrícolas por sus valores de

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.

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

precipitación acumulada, desde el mes de julio hasta el mes de marzo, dejan a la actual campaña en la sexta posición (de 42 años), ordenados los acumulados ordenados de manera ascendente.

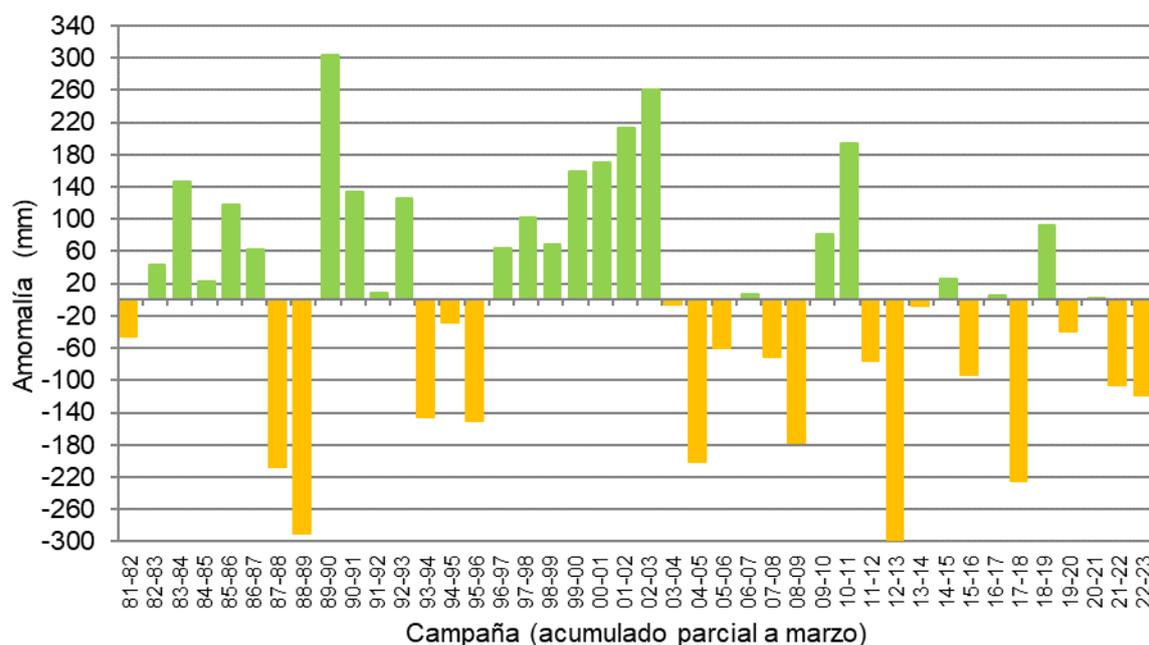


Figura 9. Anomalía de precipitación acumulada (mm) desde julio a marzo de cada campaña agrícola. Serie histórica (1991-2020).

INSOLACIÓN

Durante el mes se han acumulado 114,4³⁸ horas de heliofanía efectiva³⁹, el valor promedio de la serie⁴⁰ para el presente mes es de 206 horas. Expresado como heliofanía relativa⁴¹, el presente mes presentó un valor promedio del 49%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.

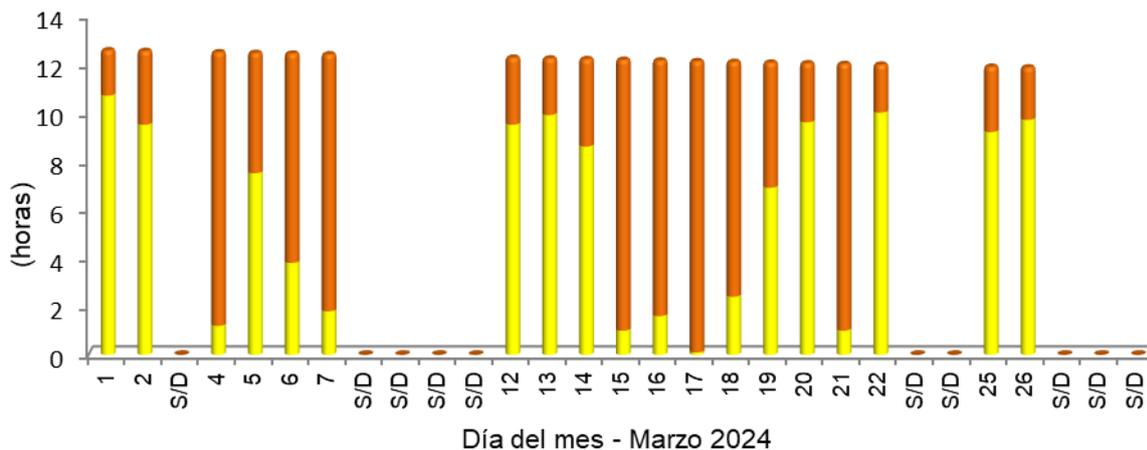


Figura 10. Valores de heliofanía efectiva con relación a la heliofanía teórica astronómica para cada día, expresados en horas y décimos de hora, registrados mediante un heliofanógrafo tipo Campbell-Stokes.

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 automática (Figura 11), ambos tomados a una altura de dos metros sobre el nivel del suelo.

El valor mensual medio fue de 3,4 km/h⁴⁵, siendo el valor medio de la serie de marzo de 4,5km/h.

El valor de viento máximo más alto del mes fue de 35,4km/h, registrado en la siesta del día 12, proveniente desde la dirección Nornoreste.

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 Con la faltante de datos de veintidós días.

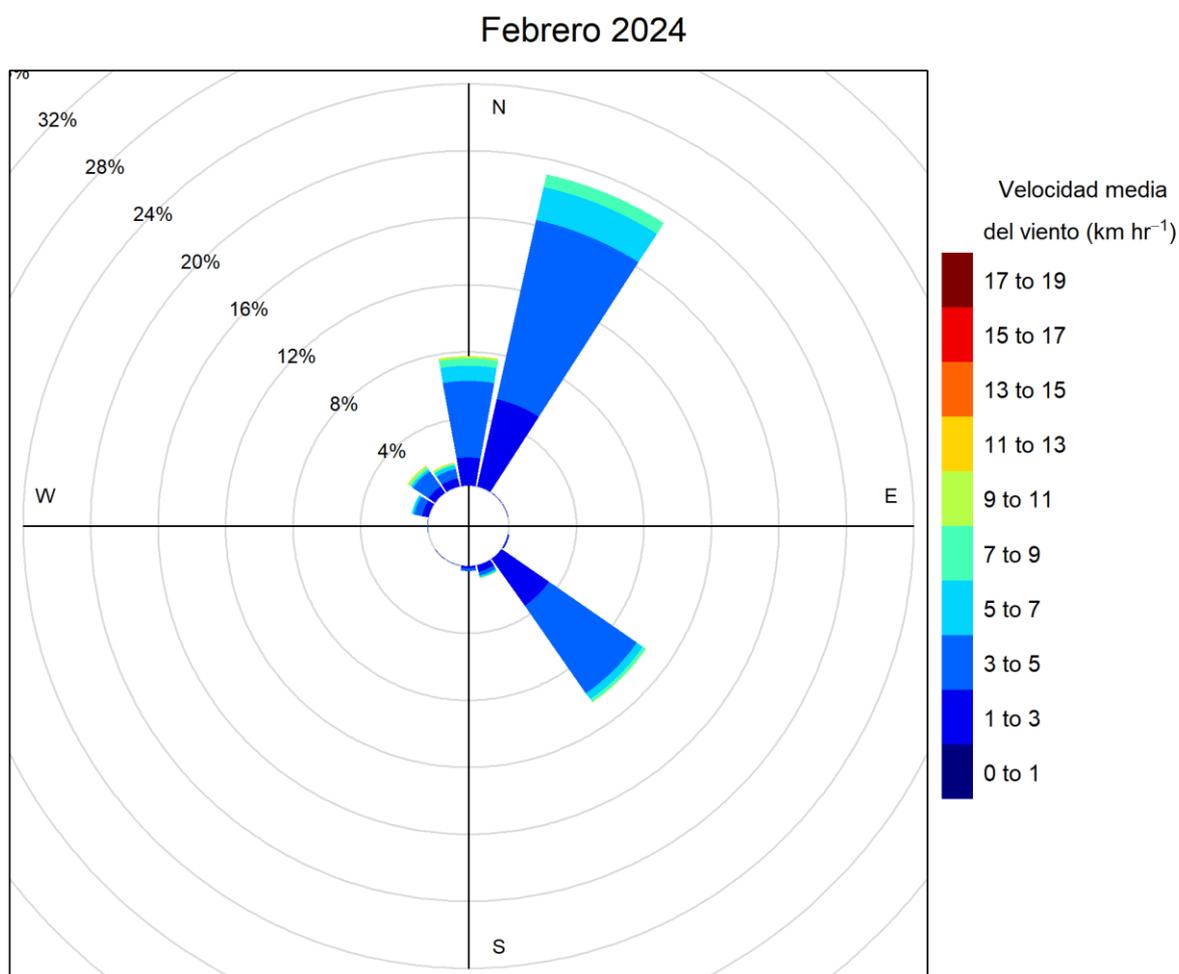


Figura 12. Porcentaje de la dirección del viento prevalente y porcentaje de cada intervalo de velocidad en cada una de las direcciones del viento para el mes de marzo de 2024.

La dirección prevalente del viento fue desde el sector Nornoreste en 568 periodos seguido por el sector Sudeste con 311 períodos y el Norte con 230 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, con componente Norte en la siesta del día 12.

Humedad

La humedad relativa ambiente media del mes fue de 84%⁴⁹, 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 diarias⁵⁰. Los valores extremos diarios fueron tomados del registro de datos de la estación automática.

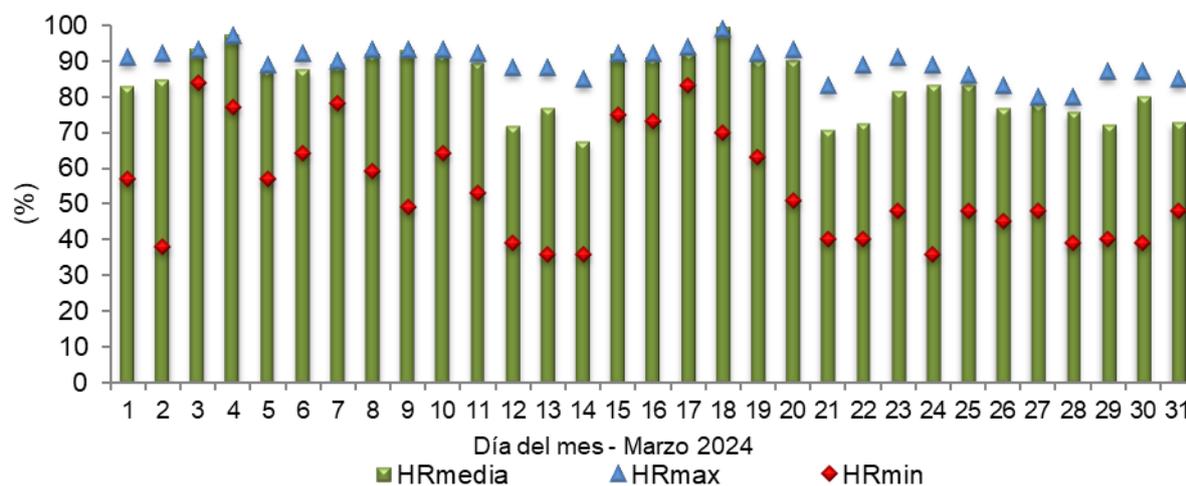


Figura 13. Valores diarios de humedad relativa (%).

El promedio de humedad relativa ambiente máxima diaria es del 90%, mientras que el promedio de valores mínimos diarios es del 54%.

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

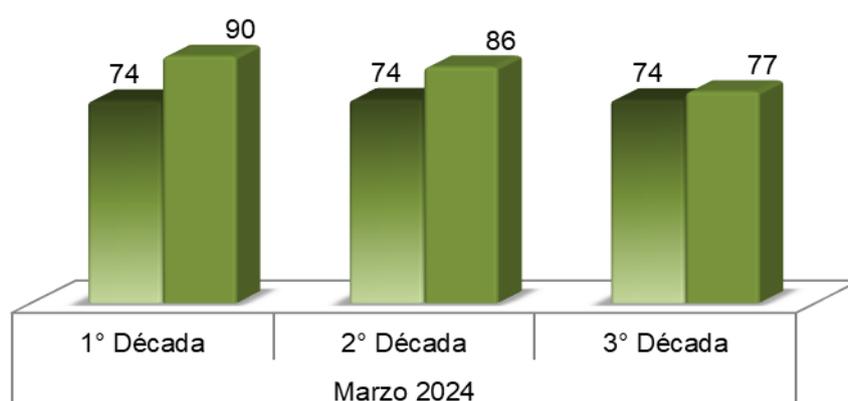


Figura 14. Valores medios de humedad relativa (%) agrupados por décadas para el mes de marzo. Referencias: colores: degradados (marzo serie 1989-2014), colores uniformes (marzo 2024).

⁴⁹ 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 01, 04, 06, 08, 12, 14, 15, 18, 20, 22 y 26).

⁵⁰ 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 clasificación.

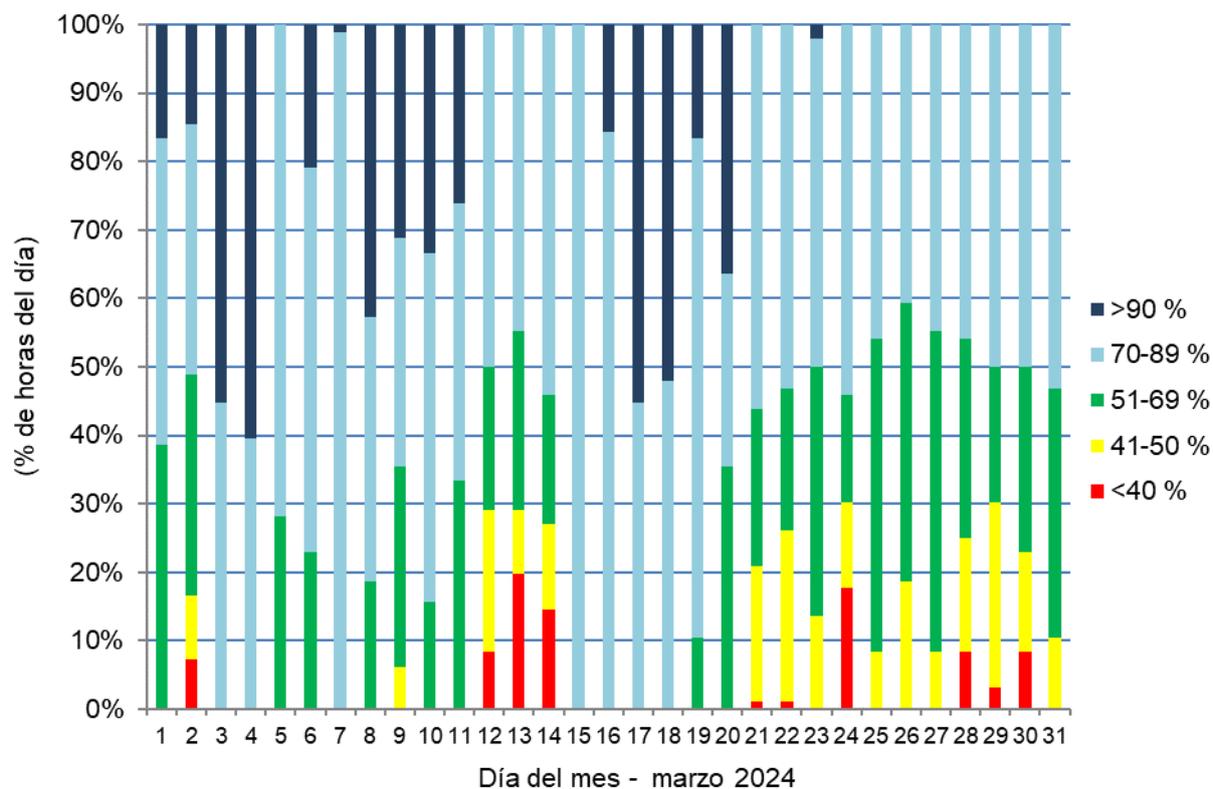


Figura 15. Duración horaria expresada como porcentaje del día para cada intervalo de humedad observado, en base al registro de la estación automática.

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).

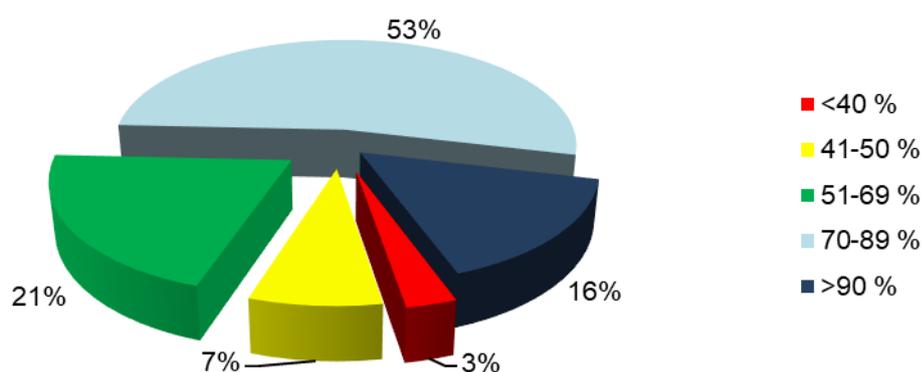


Figura 16. Horas totales mensuales expresadas como porcentaje de los diferentes rangos de humedad.

En el transcurso del mes, se han contabilizado 115 horas con humedad relativa ambiente por encima del 90% (113 horas le correspondían a esta categoría el mes pasado), mientras que fueron 22 horas con humedad relativa por debajo del 40% (09 horas fue el registro del pasado mes de febrero).

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^{51 52 53 54}. 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 corporal⁵⁵. 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^{56 57 58}.

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 84⁵⁹. Los valores del índice mencionados anteriormente se obtienen mediante la fórmula⁶⁰:

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

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 incidente resultaría más preciso para evaluar cómo se ve afectado el bienestar animal⁶¹. Es así,

⁵¹ Moran, J. (2005). *Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Landlinks Press.

⁵² 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.

⁵³ 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.

⁵⁴ 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.

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ 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.

⁵⁸ 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.

⁵⁹ 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.

⁶⁰ Referencias: “T” (temperatura en grados centígrados), “HR” (humedad relativa en porcentaje).

⁶¹ 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.

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:

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

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).

Solamente los días 17 y 22 no presentaron valores por encima del umbral de 84, que ocasionaría estrés por calor y afectaría así el confort del animal. Fueron calculados valores del índice en la categoría de estrés severo por un espacio de más de doce horas los días 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 25 y 31. Un 61% y un 89% del tiempo se encontraron los valores del índice en la categoría de estrés moderado y severo, durante la primera y segunda 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 fisiológico⁶², que hace a la susceptibilidad individual del animal⁶³.

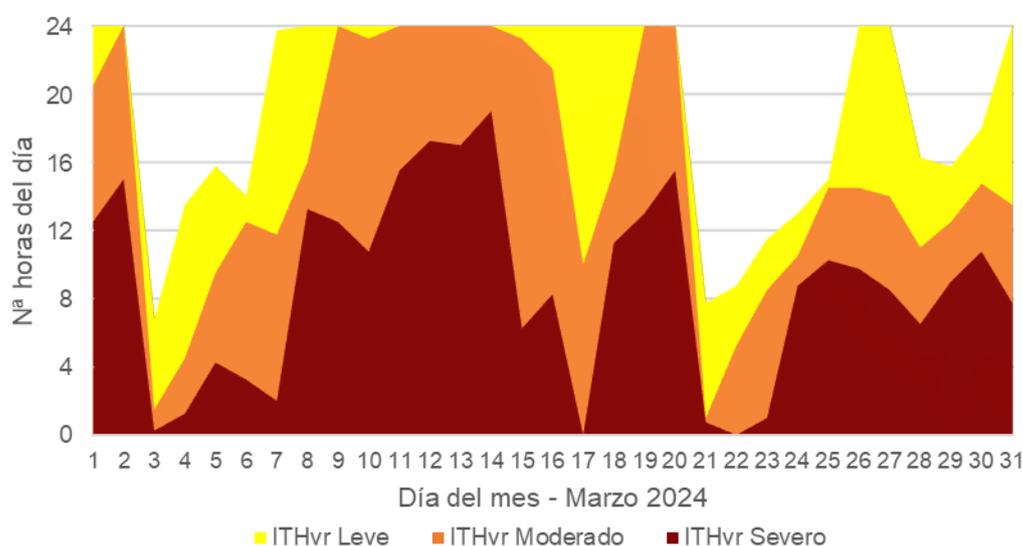


Figura 17. Duración horaria diaria para cada categoría del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de marzo de 2024.

⁶² 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.

⁶³ 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 18⁶⁴ 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 marzo.

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 99 el día 02 entre las 13:45h y 15:00h, el día 09 entre las 12:15h y las 14:00h, el día 14 entre las 13:30h y las 13:45h y el día 20 en algunos intervalos entre las 12:00h y las 15:00h.

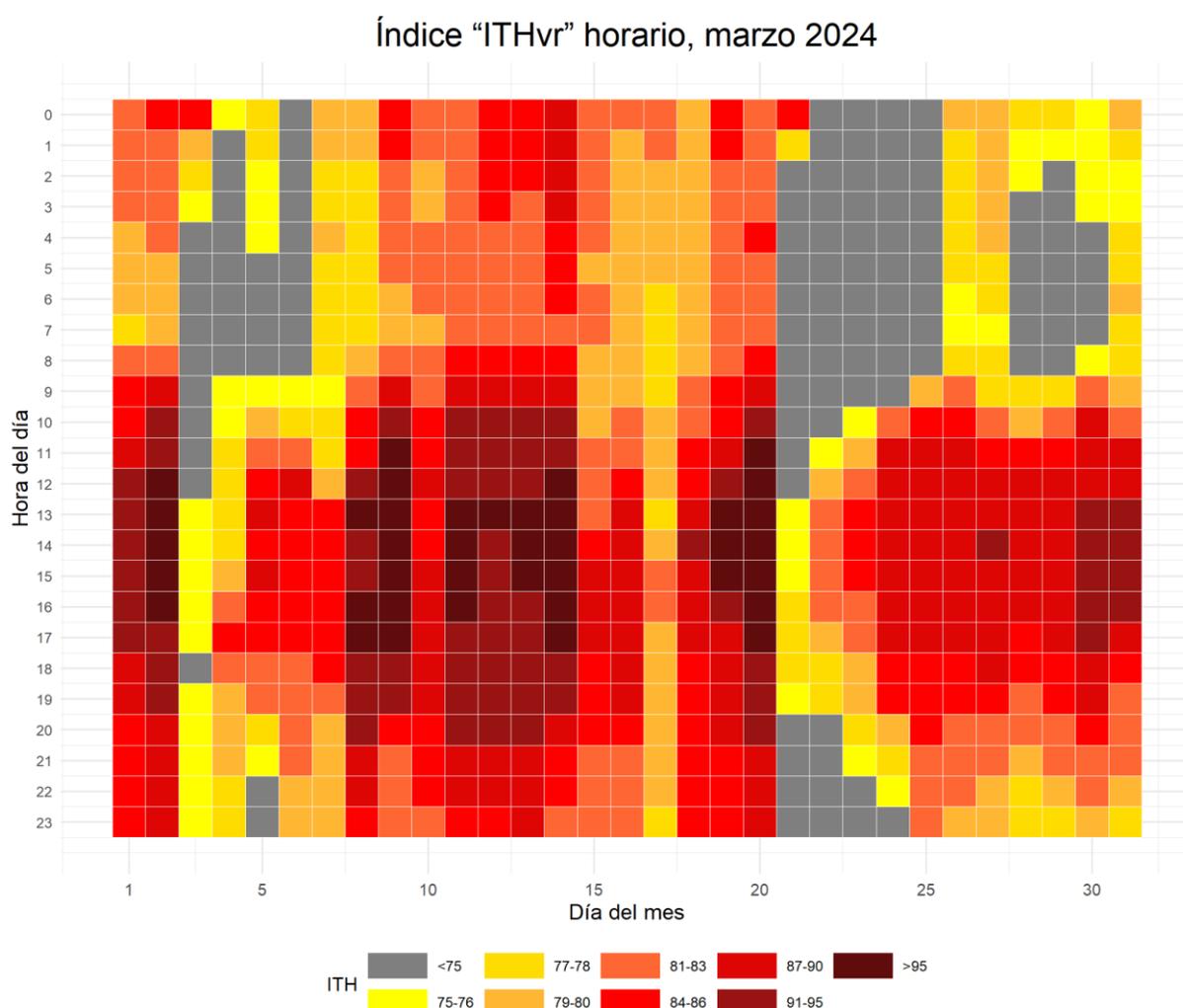


Figura 18. Distribución horaria diaria para cada valor del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de marzo de 2024.

⁶⁴ Adaptado de: MacKintosh J. 2020. The hourly heatmap with ggplot2. <https://gist.github.com/johnmackintosh/520643a1f82a0c7df00cf949ba98a4e9>

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 la mitigación de los efectos sobre el bienestar y el rendimiento animal⁵¹. Acciones tácticas son requeridas ante los primeros signos del estrés por calor para prevenir o minimizar las pérdidas del rendimiento⁵⁵. 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 productores⁶³. 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 raíces⁶⁵. 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 trihorario⁶⁶ 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).

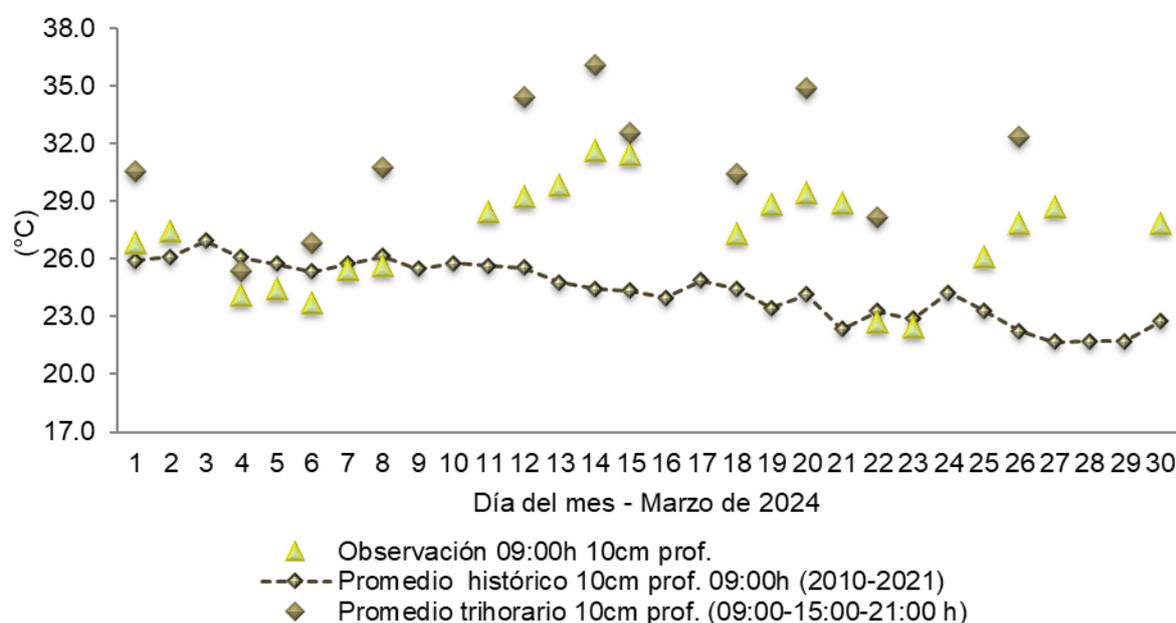


Figura 19. Valor de temperatura de suelo a las 09:00h suelo a 10cm bajo la superficie, valores medios trihorarios de temperatura de suelo a 10cm bajo la superficie. S/D: sin dato.

⁶⁵ 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.

⁶⁶ 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)⁶⁷.

Si se emplean los datos de la estación automática de temperatura, humedad y radiación para los días faltantes (no los valores medio de viento), aplicando la ecuación de Fao-Penman Monteith, se acumula una evapotranspiración potencial de 117,7mm en este mes (Figura 20).

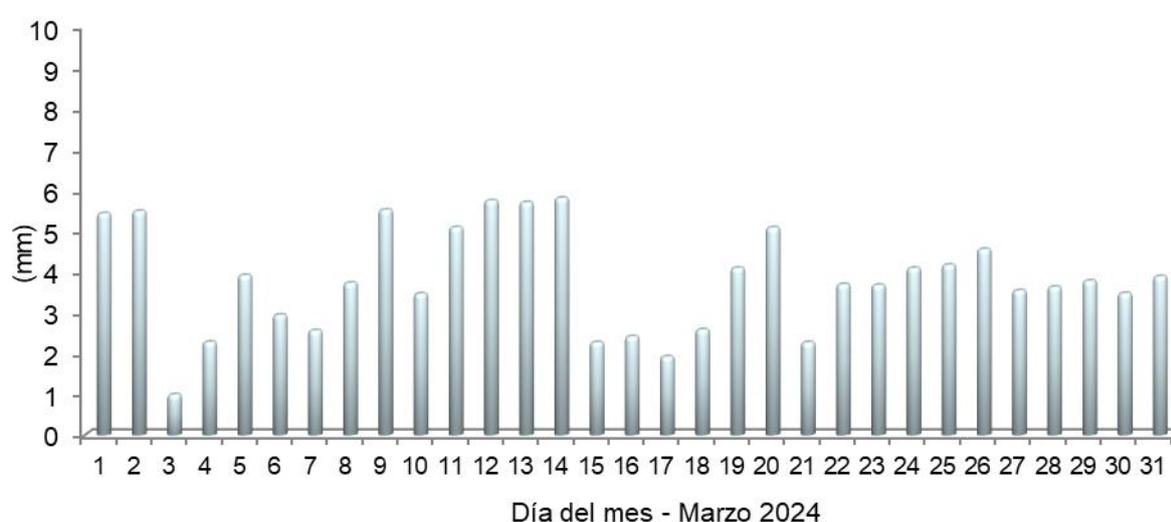


Figura 20. Valores diarios de evapotranspiración. Método Fao-Penman Monteith

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.

⁶⁷ 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.

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®⁶⁸ 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. Puig⁶⁹ 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>

⁶⁸ QGIS Development Team (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

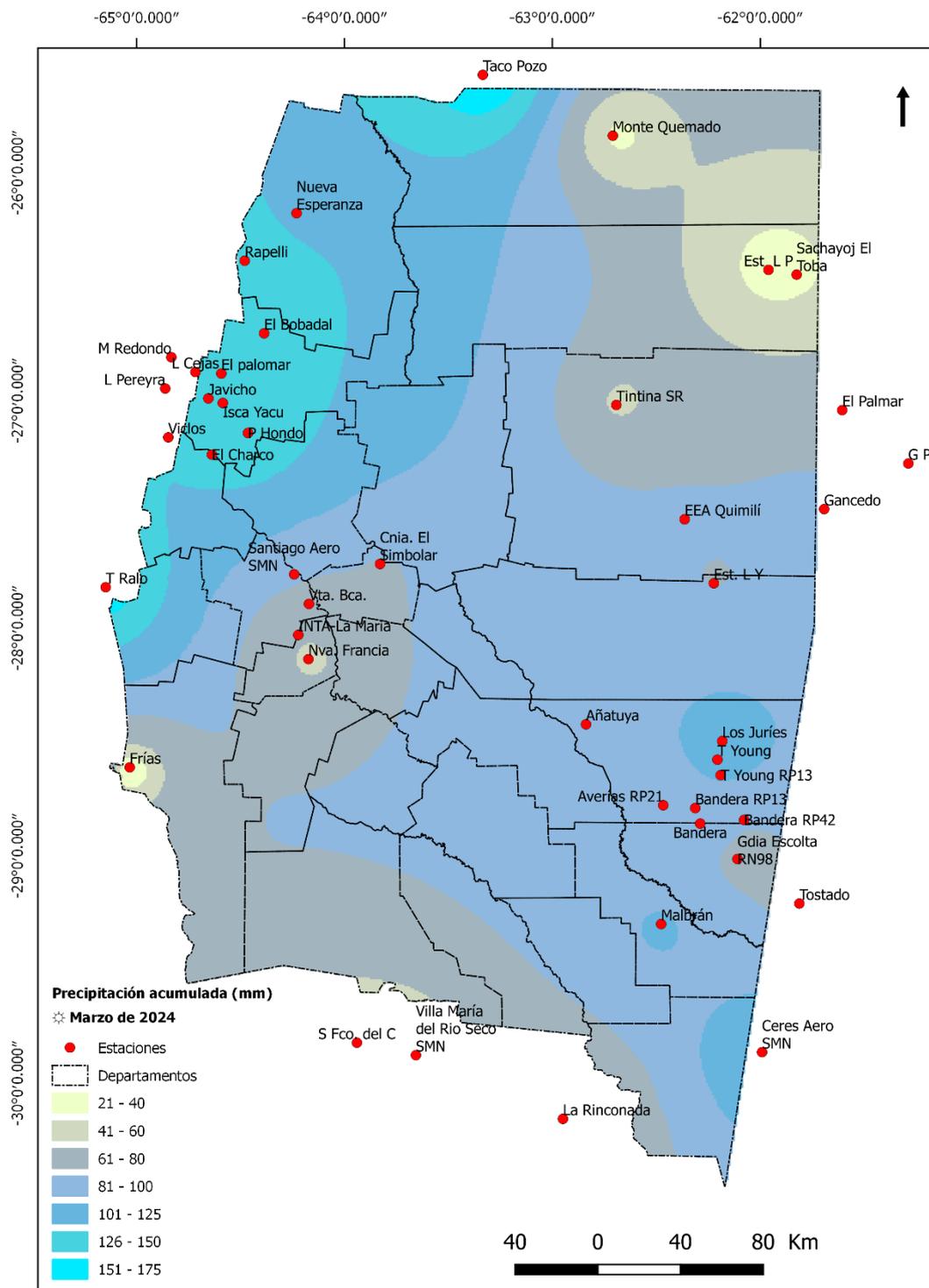
⁶⁹ Conforman la red las seis agencias de extensión de la EEA Quimilí, productores, empresas, instituciones y organizaciones de las diferentes zonas, aportando en forma remota los registros de cada evento para la carga de una base datos para su posterior análisis, y construcción de mapas para la interpretación 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 21,8mm en cercanías de Monte Quemado hasta los 235mm en El Palomar. En la ciudad Capital se contabilizaron casi 100mm, mientras que se apenas los 55,1mm en La Abrita y 54,5mm en Vta. de la Barranca. En el noroeste, varió entre 57mm en Isca Yacu y lo indicado para El Palomar (Figura 21). En cercanías de Frías 39,4mm se registraron. En el norte, “Sachayoj El Toba” acumuló 32mm y 52mm en “Tintina SR”, aunque la estación de taco pozo (provincia de chaco) registró 203,4mm. En el Sudeste “Bandera RP42” acumuló 64mm, Bandera 82,5mm, Los Jurés y “Tomas Young RP13” 126mm y Guardia Escolta 68mm.

Si lo analizamos como anomalía porcentual (Figura 22), durante el mes de marzo, los déficits se encontraron por debajo del promedio en alrededor de un 60% en la zona noreste reduciéndose a un 30% en la zona de Capital y luego valores más cercanos al promedio en el sudeste. Hacia el noroeste la anomalía se hace positiva alcanza hasta un 40% por encima del promedio.

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. Domínguez. 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

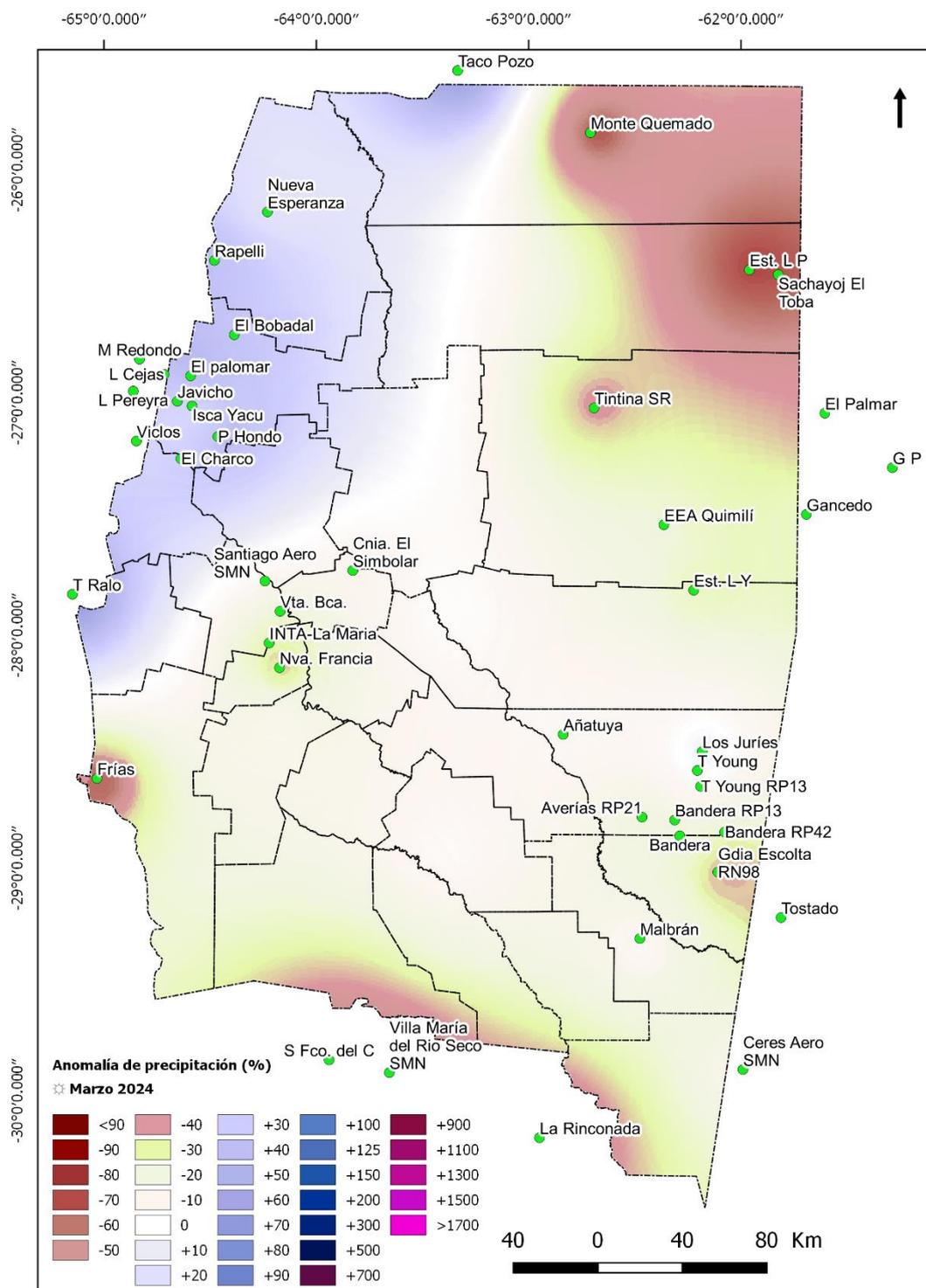


Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía Argentina

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

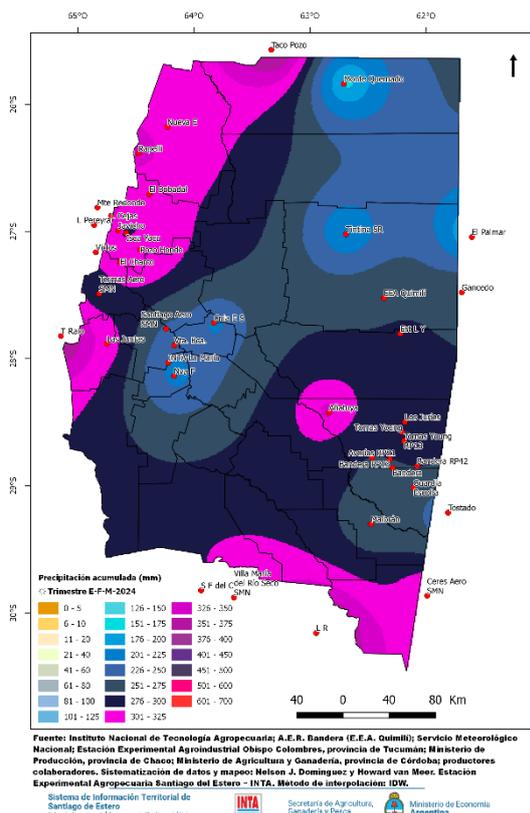


Figura 23. Precipitación acumulada (mm) entre enero y marzo de 2024.

Las lluvias acumuladas durante el trimestre enero-febrero-marzo de 2024 (Figura 23) variaron desde los 144,1mm en Monte Quemado hasta 443mm en Pozo Hondo. En el aeródromo de la ciudad Capital se superaron los 225mm, en INTA-La María se acumularon 204,2mm y en Vta. de la Barranca, 226,5mm. Hacia el sudeste los valores variaron entre 242mm en cercanías de Guardia Escolta y 374mm en Añatuya. En el Noroeste se acumuló entre poco más de 1150mm en Isca Yacu hasta lo indicado para Pozo Hondo. En el centro, Tintina SR registró 170mm. En el Norte a contraparte de lo acumulado en monte Quemado, taco Pozo, en la provincia de Chaco acumuló 420,6mm. EEA Quimilí sumó 262,9mm. 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.

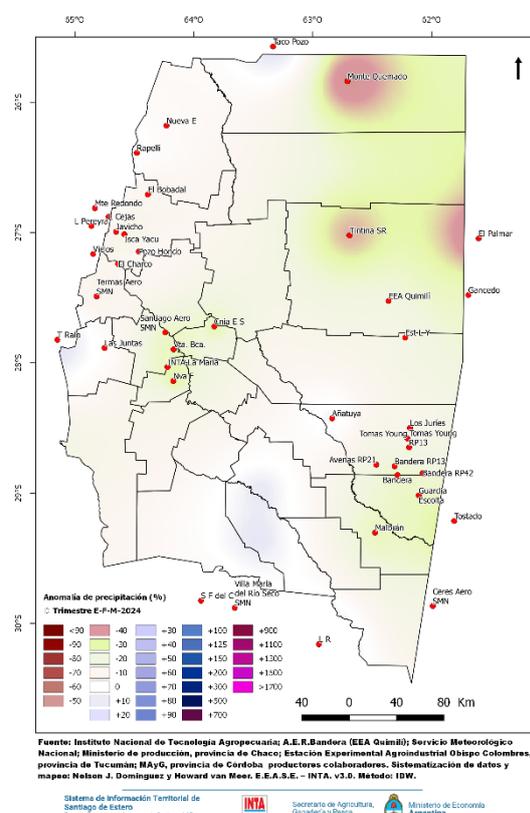


Figura 24. Anomalia de precipitación (%) entre enero y marzo de 2024.

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 por dado por los registros de taco Ralo y Taco Pozo. El resto presentó anomalías negativas con valores hasta un 85% de lo esperado en el Oeste y parte del sudeste provincial, de un 75%, en los alrededores de Capital y en parte del sudeste. Valores más negativos de anomalías alcanzaron el 40% en Tintina SR y el 50% en Monte Quemado. Las restantes áreas en que no se cuentan con fuente de datos en esas franjas, la confiabilidad de la representación es baja (Figura 24).

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

Si se toma en cuenta la totalidad de los píxeles con datos de la provincia, en este periodo el 58,4% corresponden a la categoría estilizada con amarillo (el 56,8 del área provincial era el ocupado por esta categoría en el período anterior), el 28,8% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) (24,9% en el período anterior) y el 3,7% (7,3% 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 9,9% (11,3% de los píxeles se encontraban en esta categoría en el periodo anterior) del territorio provincial (6,6% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 3,0% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

En la Figura 26 se aprecia un incremento de las áreas con valores por “muy por debajo del promedio histórico, principalmente en el sector noreste de la provincia.

En este período, el 67,4% corresponde a la categoría de “igual o similar al promedio histórico” (amarillo), el 15,9% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) y, el 1,1 %, 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 15,7% del territorio provincial del que se cuenta con datos (9,9% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 5,8% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

Focos de Calor

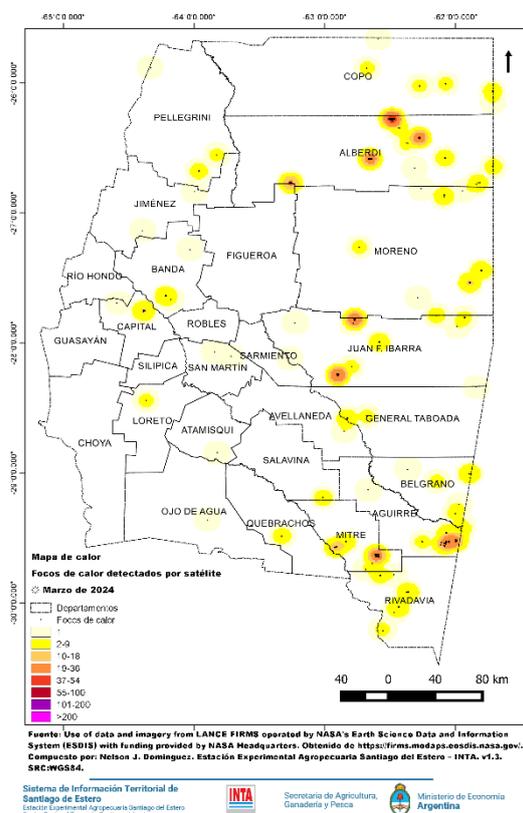


Figura 27. Focos de calor detectados por sensores satelitales y densidad de estos durante el mes de marzo de 2024.

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 marzo. Para ello se emplea el producto “Detección de Fuegos Activos”⁷¹ 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 este provincial. Se detectó un 37% 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

⁷¹ 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/>