



ISSN N°1850-4086 N°1617

Informe del Mes de Mayo 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 “inferior a lo normal”. El valor de temperaturas diarias mínimas medio mensual se ha posicionado en la tercera ubicación entre los valores más bajos y, el valor medio de temperaturas diarias máximas es el nuevo valor más bajo para un mes de mayo. El valor medio de temperatura mínima de la segunda década se ha ubicado como el nuevo valor más bajo. Los valores medios de temperatura máxima se ubican en la cuarta, quinta y segunda posición en cada década respectivamente. Se ha registrado al menos un valor diario de temperatura mínima que se ubica entre los más bajos del mes. Se ha registrado la primera helada meteorológica del año, contabilizándose siete heladas meteorológicas, valor superior al promedio; cinco eventos se clasificaron como de intensidad “suave” y dos de intensidad “moderada”. Se han registrado once heladas agronómicas, casi el triple del valor promedio.

Se han registrado 2,7mm de precipitación en el actual mes, catalogándose como Inferior al Normal. El actual mes ubica su acumulado en la cuarta 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 27% ubicándose como la séptima campaña con los valores acumulados más bajos del set de datos.

La heliofanía relativa fue del 47%.

Los vientos provinieron predominantemente desde la dirección Sudeste. Se registraron vientos máximos de 29,0km/h a 2m de altura sobre la superficie.

La humedad relativa del ambiente presentó valores superiores al promedio en la primera década. Un 12% del tiempo los valores de este parámetro se encontraron por encima del 90%, mientras que un 01% del tiempo los valores se ubicaron en la categoría correspondiente a humedad ambiente “menor a 40%”.

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 inferior al normal², de acuerdo con el promedio de la serie³, posicionándose en la segunda ubicación⁴, ordenados los años de manera ascendente. El valor medio de temperatura máxima fue inferior al normal, colocándose como el nuevo valor⁵ medio más bajo, reemplazando al anterior de 19,8°C calculado en el año 2004. El valor medio de temperatura mínima fue inferior a lo normal⁶ también, colocándose en la tercera ubicación. Los valores medios de temperaturas fueron inferiores al del pasado mes de abril.

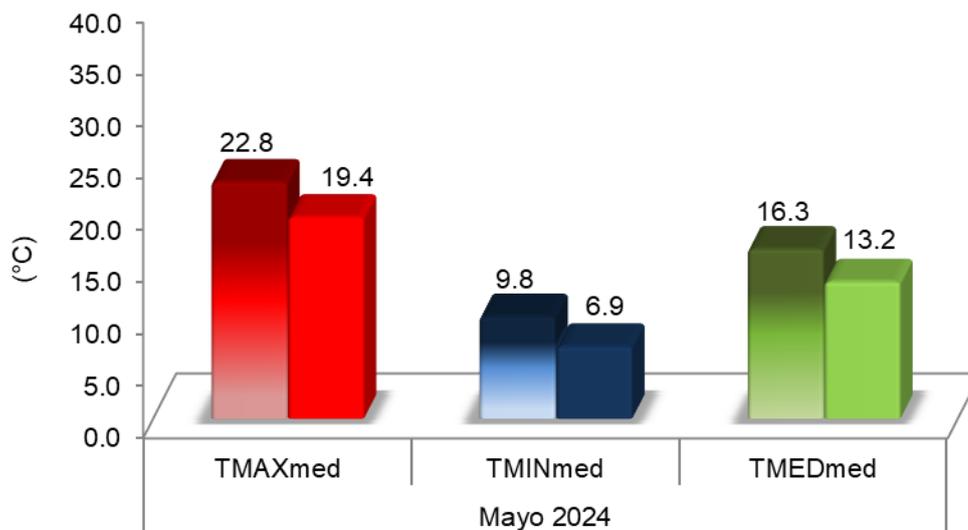


Figura 1. Valores medios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias para el mes de mayo. Referencias: colores degradados (mayo serie 1991-2020), colores uniformes (mayo 2024).

¹Temperaturas máximas y mínimas diarias de los días 01, 02 y 25. 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.

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 19,4°C conservaría igual ubicación.

⁵ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 6,9°C conservaría igual ubicación.

⁶ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 12,8°C se ubicaría en la primera posición.

Respecto a igual mes del año anterior, el valor medio de temperaturas máximas fue inferior en 4,2°C y el de temperaturas mínimas lo fue en 5,8°C.

El valor de temperatura media fue inferior al normal sólo a lo largo de las tres décadas⁷ (Fig. 2). Los valores medios de temperaturas de la primera década fueron inferiores a los de la última década del mes de abril.

El valor medio de temperaturas máximas fue menor en 3,9°C, 3,4°C y en 3,0°C en cada una de las décadas respectivamente. Por su parte, el valor medio de temperaturas mínimas fue superior en 1,9°C en la primera década e inferior en 6,5°C y 4,0°C en la segunda y tercera década respectivamente. Es en la segunda década donde se registra el valor diario de temperatura mínima mientras que la máxima mensual se registra en la primera década (Figura 4).

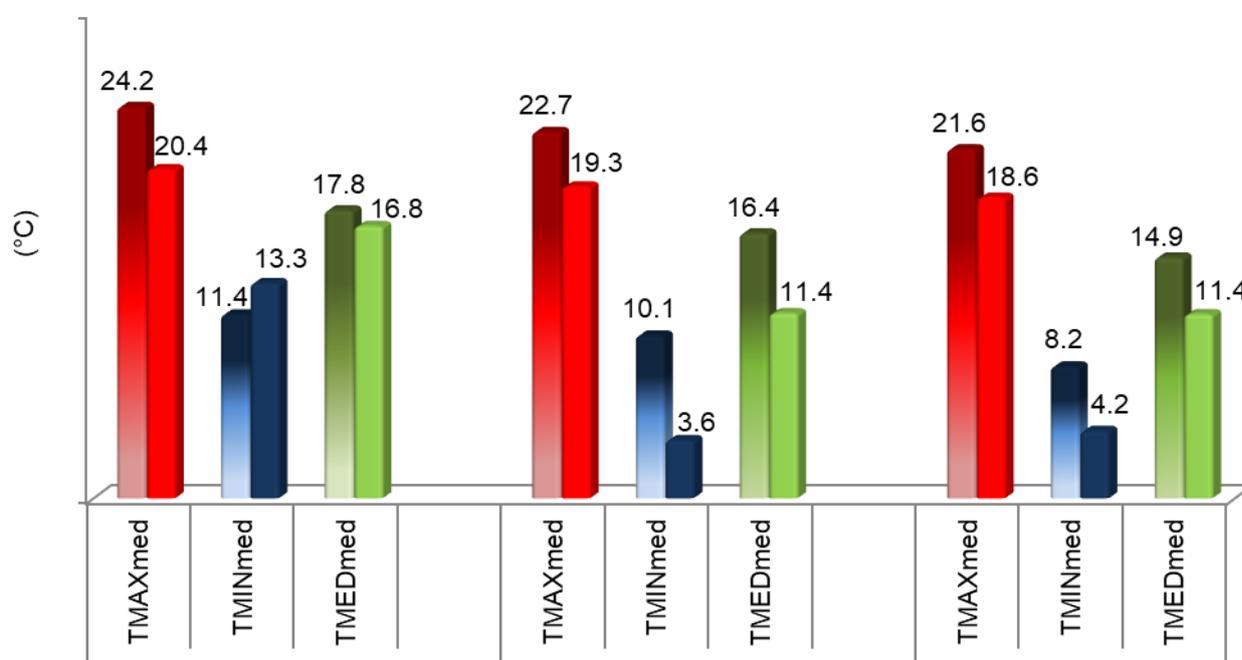


Figura 2. Valores medios de temperaturas máximas, mínimas y medias, agrupadas en períodos decadales, para el mes de mayo. Referencias: colores degradados (mayo serie 1991-2020), colores uniformes (mayo 2024).

El valor medio de temperaturas máximas de la primera década se ubica en la cuarta⁸ posición (ordenados los valores de manera ascendente) y, el valor de temperaturas mínimas medio de esta década se ubica en la novena⁹ posición, pero entre los más altos. En la segunda

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 20,1°C conservaría igual ubicación.

⁹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 13,0°C se ubicaría en la décima posición.

década, el valor medio de temperaturas máximas calculado se ubica en la quinta¹⁰ posición, y el valor medio de temperaturas mínimas es ahora el nuevo valor¹¹ más bajo en este período, desplazando al calculado en el año 2010 con 4,3°C. En la tercera década, el valor promedio de temperaturas máximas¹² se ubica en la segunda posición y, el valor promedio de mínimas se ubica en la cuarta posición¹³. Con respecto a las temperaturas medias, la primera década se ubica en la decimotercera posición¹⁴, el valor de la segunda¹⁵ se ubica en la primera posición y, el valor de la tercera¹⁶ década se ubica en la tercera posición (siempre ordenados de manera ascendente).

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.

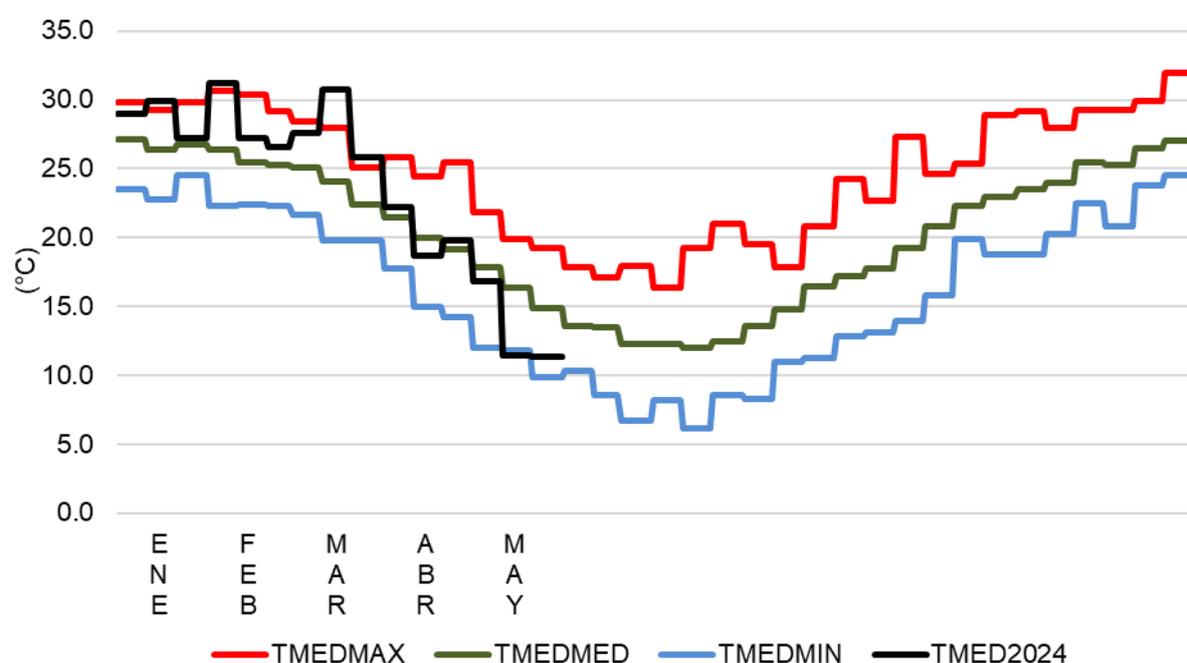


Figura 3. Valores de temperatura media absoluta máxima (TMEDMAX), absoluta mínima (TMEDMIN) y valor medio (serie 1991-2020) (TMEDMED), expresados en forma promedio decadal y, valor de temperatura medio decadal del presente año (TMED2024).

¹⁰ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 19,3°C conservaría igual posición.

¹¹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 03,6°C conservaría igual posición.

¹² Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 19,1°C se ubicaría en la tercera posición.

¹³ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 03,8°C se ubicaría en la tercera posición.

¹⁴ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 16,0°C se ubicaría en la décima ubicación.

¹⁵ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 11,4°C conservaría igual posición.

¹⁶ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 11,4°C conservaría igual posición.

Se realizó un análisis de los valores de temperaturas más altos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica¹⁷ del mes de mayo (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°	1994	35,2	1994	21,5	1994,1999	26,1
2°	1997	33,0	1999	21,1	1989, 2015	25,2
3°	2008	32,8	2019	21,0	2002, 2008	25,0
4°	2018	32,5	2018	20,7	1998	24,9
5°	2013	32,3	2015	20,5	1993	24,3
	2024	24,2¹⁸	2024	18,6¹⁸	2024	21,4¹⁸

Además, se realizó un análisis de los valores de temperatura más bajos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica del mes de mayo (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°	2007	9,0	2008	-5,9	2008	4,0
2°	2010	10,0	1993	-3,6	1996	4,8
3°	2022	11,2	2007	-3,4	1993	5,5
4°	1996	11,4	2022	-3,2	2007	6,4
5°	2001	12,2	1992,2005	-2,4	2022	7,0
	2024	13,7	2024	-3,0	2024	7,5

De las tablas se puede mencionar que ha ocurrido un día al menos en que el valor diario de temperatura mínima se encontró dentro de los más bajos.

En ninguno de los días la temperatura máxima diaria se ha encontrado por encima del umbral de los 25,0°C, siendo 10 días el valor promedio (Figura 4).

En el actual mes se constató de la ocurrencia de siete “heladas meteorológicas”, es decir, la temperatura ha descendido por debajo de 0,0°C y ha sido registrada por un termómetro de mínima ubicado a 150cm de altura, al abrigo de una casilla meteorológica (Fig. 4). La primera helada meteorológica del año se registró el miércoles 15, siendo la fecha media de

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

¹⁸ Valor tomado de estación automática para el día 01. En la convencional 24,0°C fue la máxima el día 04 y 17,3°C la mínima más alta, el día 07

ocurrencia de primera helada¹⁹ el 3 de junio (criterio de Pascale y Damario, 2004, citados en Fernandez Long *et al.*, 2016²⁰).

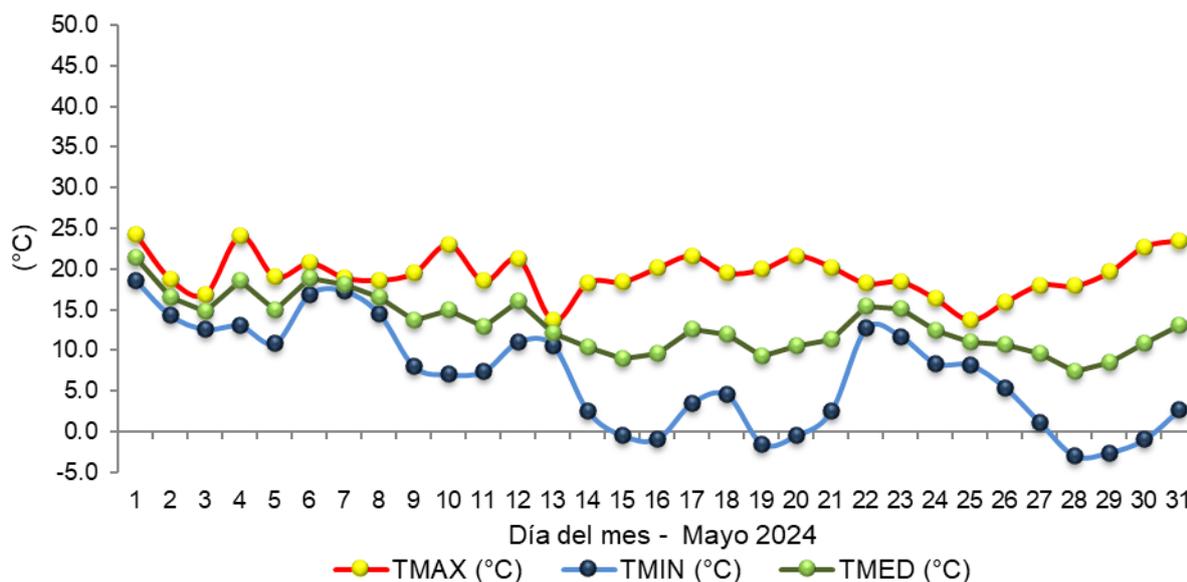


Figura 4. Valores diarios de temperatura para el mes de mayo de 2024.

Los frutales de hoja caduca requieren de un período de reposo en la época invernal. Ese periodo de inactividad es un mecanismo que las plantas usan para proteger sus tejidos sensibles de las condiciones climáticas desfavorables²¹. Es aceptado generalmente que el inicio de la latencia ocurre alrededor de la senescencia de las hojas, en el otoño²² y para la salida de este, es necesaria una cantidad específica de frío invernal que depende de la especie y variedad/cultivar²³. Esta cantidad de frío se contabiliza como horas de frío acumuladas. El método “horas de frío” (denominado “*Chilling Hours*” en inglés) es utilizado ampliamente por ser de fácil comprensión e intuitivo²⁴ y considera el período de tiempo durante el cual la

¹⁹ Criterio de Pascale y Damario: la fecha de la primera helada queda conformada como el primer día juliano del año en el que se registra una helada, siempre y cuando la misma ocurra antes del día juliano 196 (15 de julio), de lo contrario, en ese año en particular no habrá ocurrido el evento. Luego se obtiene el promedio de todas las primeras fechas de cada año del periodo de datos 1991-2020. Para el particular de nuestra estación, siempre ha ocurrido la primera helada antes de esa fecha.

²⁰ Fernández-Long, M. E., Barnatán, I., Dominici, C., y Murphy, G. (2016). Información agroclimática de las heladas en la Argentina: generación y uso. *Meteorológica*, 41(2), 7-31.

²¹ Campoy, J. A., Ruiz, D., y Egea, J. (2011). Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 357-372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>

²² Goeckeritz, C., y Hollender, C. A. (2021). There is more to flowering than those DAM genes: the biology behind bloom in rosaceous fruit trees. *Current opinion in plant biology*, 59, 101995. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.101995>

²³ Castède, S., Campoy, J.A., García, J.Q., Le Dantec, L., Lafargue, M., Barreneche, T., Wenden, B. y Dirlwanger, E. (2014), Genetic determinism of phenological traits highly affected by climate change in *Prunus avium*: flowering date dissected into chilling and heat requirements. *New Phytol*, 202: 703-715. <https://doi.org/10.1111/nph.12658>

²⁴ Luedeling, E. (2012). Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae*, 144, 218-229.

temperatura se encontró entre los 0,0°C y los 7,2°C^{25 26 27}, ya que se considera que este rango de temperaturas afecta la finalización de la latencia. Mientras que las temperaturas por debajo de 0°C no contribuyen debido a que los procesos biológicos son ralentizados o directamente no ocurren, las temperaturas por arriba de 7,2°C no se consideran lo suficientemente bajas como para afectar la finalización de la latencia²⁸. Teniendo en cuenta los datos brindados por la estación meteorológica automática²⁹, durante el presente mes se acumularon aproximadamente **124 horas de frío**. Para igual mes del año 2023, no se habían contabilizado horas dentro de estos rangos de temperaturas.

A continuación, se indica la duración de los periodos en que la temperatura se ha encontrado por debajo de los 0,0°C, de acuerdo con la base de datos de la estación meteorológica automática, para los días en que se han registrado heladas meteorológicas mediante termómetro de mínima ubicado en el abrigo meteorológico convencional a 150cm de altura (téngase en cuenta que la estación automática muestra registros medios de períodos de 15 minutos) (Tabla 3).

Tabla 3. Día de ocurrencia en el mes de mayo, valor mínimo diario de temperatura, duración y, período³⁰ del tiempo durante el cual se han registrado temperaturas iguales o por debajo de 0,0°C a partir de los datos de la estación meteorológica automática.

Día	Registro mínimo (°C)	Duración (h:min)	Horario del período
15	-0.5	01:45	Desde las 06:30 hasta las 08:15
16	-0.9	01:45	Desde las 06:30 hasta las 08:15
19	-1.5	02:30	Desde las 06:00 hasta las 08:30
20	-0.5	00:45	Desde las 07:15 hasta las 08:00
28	-3.0	07:45	Desde las 01:15 hasta las 09:00
29	-2.6	05:00	Desde las 04:00 hasta las 09:00
30	-1.0	01:45	Desde las 07:00 hasta las 08:45

El promedio de días con este tipo de heladas en el mes de mayo es de uno, y han sido registradas en dieciséis años de la serie, siendo siete días el número máximo contabilizados en el año 2007. El año pasado no habían ocurrido helada en este mes.

²⁵ Bennett, J. (1949). Temperature and bud rest period: Effect of temperature and exposure on the rest period of deciduous plant leaf buds investigated. *California Agriculture*, 3(11), 9-12.

²⁶ Darbyshire, R., Webb, L., Goodwin, I., & Barlow, S. (2011). Winter chilling trends for deciduous fruit trees in Australia. *Agricultural and forest meteorology*, 151(8), 1074-1085. doi:10.1016/j.agrformet.2011.03.010

²⁷ Rahemi, A., Fisher, H., Dale, A., Taghavi, T., & Kelly, J. (2021). Bud dormancy pattern, chilling requirement, and cold hardiness in *Vitis vinifera* L. 'Chardonnay' and 'Riesling'. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(6), 871-885.

²⁸ Fadón, E., Herrera, S., Guerrero, B. I., Guerra, M. E., & Rodrigo, J. (2020). Chilling and heat requirements of temperate stone fruit trees (*Prunus* sp.). *Agronomy*, 10(3), 409.

²⁹ Contabilizando periodos de quince minutos en los cuáles el valor de temperatura mínima del periodo se encuentre dentro del rango.

³⁰ La hora de inicio corresponde al inicio del periodo de 15 minutos en que ocurre el descenso de la temperatura por debajo de los 0,0°C, mientras que el fin del periodo se indica por la hora del periodo en el cuál la temperatura ha ascendido por encima de los 0,0°C.

Para definir la intensidad de una helada, aplicamos el criterio indicado por Da Motta, 1961³¹, de acuerdo con el cual podemos indicar que han ocurrido cinco heladas clasificadas como “suaves” y dos heladas de intensidad “moderada”.

Desde que el sol se esconde en el horizonte, la superficie del suelo deja de recibir energía, generando un balance negativo en el que sólo está perdiendo energía hacia la atmósfera, por lo que se empieza a enfriar y también las capas de aire inmediatamente encima de él. Se genera entonces un gradiente de temperatura del aire, en el que las capas bajas, cercanas al suelo se encuentran a menor temperatura que aquellas que están por encima. Por ello, en las capas de aire inferiores cercanas al suelo, durante las noches, los valores de temperaturas suelen ser menores a los registrados en la casilla meteorológica. Es así que podemos definir la ocurrencia de “heladas agrometeorológicas” o “heladas agronómicas” cuando la temperatura mínima en el abrigo sea menor o igual a 3,0°C (Tabla 4). Esto lo podemos registrar con el uso de un termómetro de mínima ubicado en intemperie a 5cm sobre la superficie del suelo, el que indica la mínima temperatura que se ha alcanzado durante la noche (temperatura mínima de radiación terrestre nocturna), no obstante, varios días en que los registros en el abrigo se han encontrado por debajo de 3,0°C no presentaron valores por debajo de 0,0°C en intemperie. El martes 14 fue el primero del año en que la temperatura ha descendido por debajo del umbral arriba mencionado, con 2,5°C. La fecha media de ocurrencia de primera helada³² de este tipo es el 13 de mayo. La variabilidad de la fecha de primera helada ubica la ocurrencia de la primera helada entre el 27 de abril y el 29 de mayo.

Tabla 4. Día de ocurrencia en el mes de mayo, valor mínimo de temperatura registrado en abrigo meteorológico a 150cm de altura, registro de temperaturas mínimas nocturnas en intemperie por debajo de 0,0°C a 5cm sobre la superficie y, período del tiempo durante el cual se han registrado temperaturas por debajo de 3,0°C a partir de los datos de la estación meteorológica automática, a 150cm. S/D: sin dato.

Día	Registro mínimo en abrigo (°C)	Registro mínimo en intemperie a 5cm sobre superficie (°C)	Horario del período
14	2.5	0,1	Desde las 08:00 hasta las 08:15
15	-0.5	-2,0	Desde las 02:45 hasta las 09:00
16	-0.9	-2,4	Desde las 21:45 hasta las 09:00
19	-1.5	S/D	Desde las 01:00 hasta las 09:00
20	-0.5	-2,2	Desde las 23:45 hasta las 08:45
21	2.5	0,8	Desde las 06:30 hasta las 08:15
27	1.1	-1,9	Desde las 07:00 hasta las 23:45
28	-3.0	-5,4	Desde las 23:45 hasta las 09:15
29	-2.6	-3,2	Desde las 22:30 hasta las 09:30
30	-1.0	-2,6	Desde las 23:45 hasta las 09:00
31	2.6	1,2	Desde las 06:45 hasta las 07:15

De la Tabla 4 podemos indicar que han ocurrido once “heladas agrometeorológicas” en el actual mes. El promedio de días con este tipo de heladas en el mes de mayo es de cuatro,

³¹ Da Motta, F. (1961). Geadas da primavera no Rio Grande do Sul. *Cir. Inst. Agron. S. Pelotas*. Brasil. Pág, 1-15.

³² Obtenido por promedio de todas las primeras fechas de cada año en que el valor de temperatura fue menor o igual a 3,0°C, del periodo de datos 1991-2020.

ocurriendo en 31 años, siendo once días el número máximo contabilizados en los años 2006 y 2007. Para igual mes del año anterior no se contabilizaron heladas de esta clase.

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 diario³³ del corriente año. Particularmente los días 14, 15, 17, y 28 presentaron un valor medio del día más bajo que el mínimo de la actual climatología.

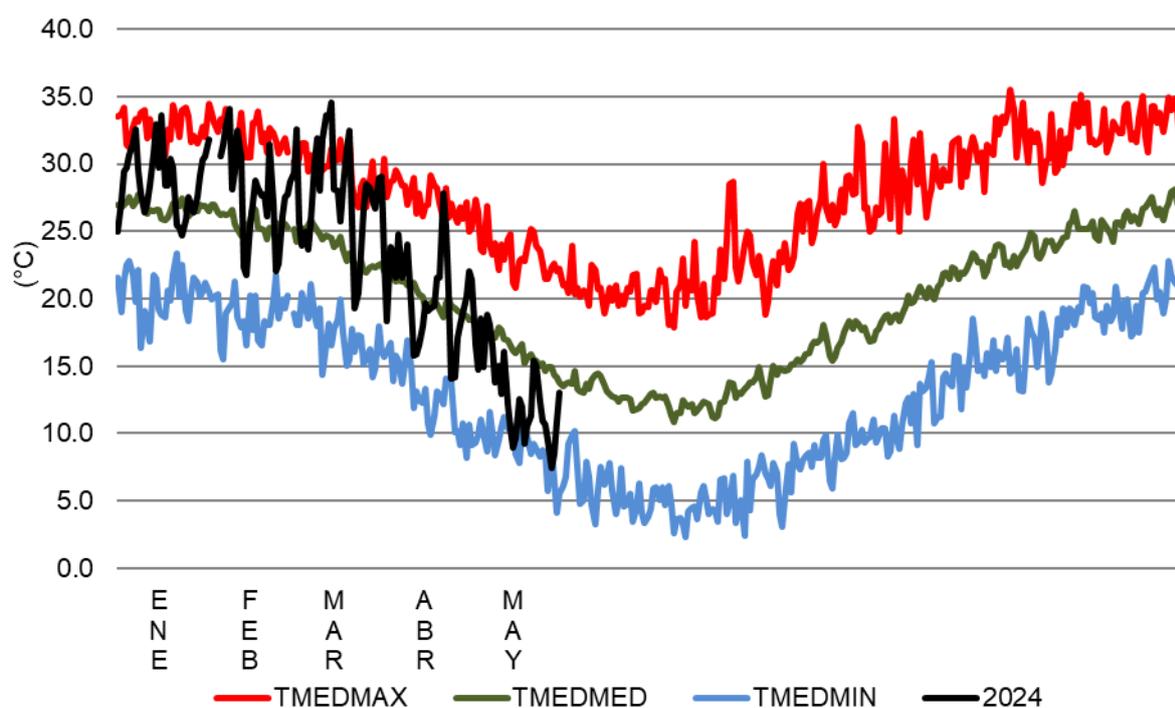


Figura 5. Valores de temperatura media: absoluta máxima, absoluta mínima y valor medio (serie 1991-2020), expresados en forma diaria y, valor de temperatura medio diario del presente año.

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 cultivo³⁴. 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

³³ Incluye los valores de temperaturas medias diarias calculados combinando con los datos de la estación automática cuando estos faltasen de la estación convencional.

³⁴ 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.

de desarrollo, no obstante, a los fines del presente, se ha definido solo una, independientemente del estado fisiológico.

Para el cultivo de trigo se han acumulado 168,3 114,5 y 125,2 grados días (temperatura base: $0,0^{\circ}\text{C}^{35}$) en cada una de las tres décadas respectivamente, totalizando 408,0 grados días para el mes de mayo. En el caso del cultivo de cebolla se emplea como temperatura base $5,9^{\circ}\text{C}^{36}$ contabilizando de esta forma 109,3, 55,5 y 60,3 grados días en cada una de las tres décadas respectivamente, con iguales aclaraciones del cálculo mencionadas, lo que logra un acumulado mensual de 225,1 grados días.

PRECIPITACIÓN

Se registraron 2,7mm de precipitación acumulada de manera mensual. Se constató que este valor estuvo 12,5mm por debajo del valor promedio de la serie³⁷ para el presente mes.

Ordenando de menor a mayor las cantidades acumuladas en cada uno de los meses de mayo de la serie de datos históricos se puede indicar que el actual mes se ha ubicado en el puesto N°04 del ranking.

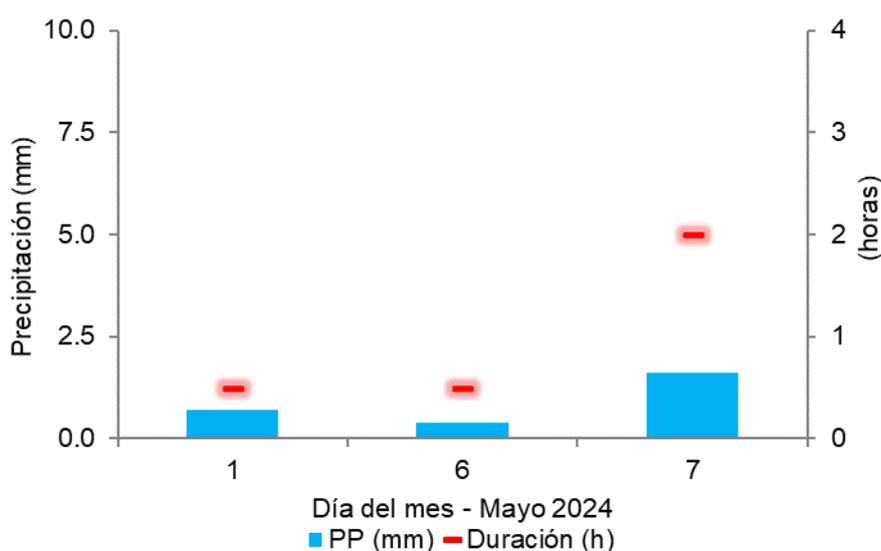


Figura 6. Valores de precipitaciones registradas como día pluviométrico mediante pluviómetro tipo “B” y duración³⁸ de los eventos a partir de los registros de estación meteorológica automática.³⁹

³⁵ INTA. Estimación de la distribución espacial de la incidencia de la fet (fusarium de la espiga de trigo) en la región pampeana para la campaña 2012/13. 2013. En: Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno, campaña 2013. Publicación Miscelánea N° 125. INTA–Estación Experimental Agropecuaria Rafaela., pp 63-67.

³⁶ Brewster, J. L. 2008. Chapter 4: Physiology of crop growth. Onions and other Vegetable Alliums. (2nd ed.), Vol. 15, CAB International, North America.

³⁷ Serie histórica considerada para el análisis de las precipitaciones mensuales: 1991-2020.

³⁸ 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.

³⁹ Falta de registros de estación automática para estima duración del evento el día 08.

Se han contabilizado tres eventos que presentaron valores medibles⁴⁰. El valor de días con precipitación registrable es de 5, para la serie del mes de mayo⁴¹.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de cada uno de los meses de mayo 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 0mm como valor mínimo y 129,3mm como valor máximo ocurrido en el año 1996.

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 mayo, dicho valor es de 9,9mm. Relacionado a esto, el actual mes presentó un comportamiento “inferior al normal”.

Analizando el set de datos históricos, se constata que, en seis años los acumulados fueron mayores a 25mm mientras que, en cinco años no se registraron precipitaciones.

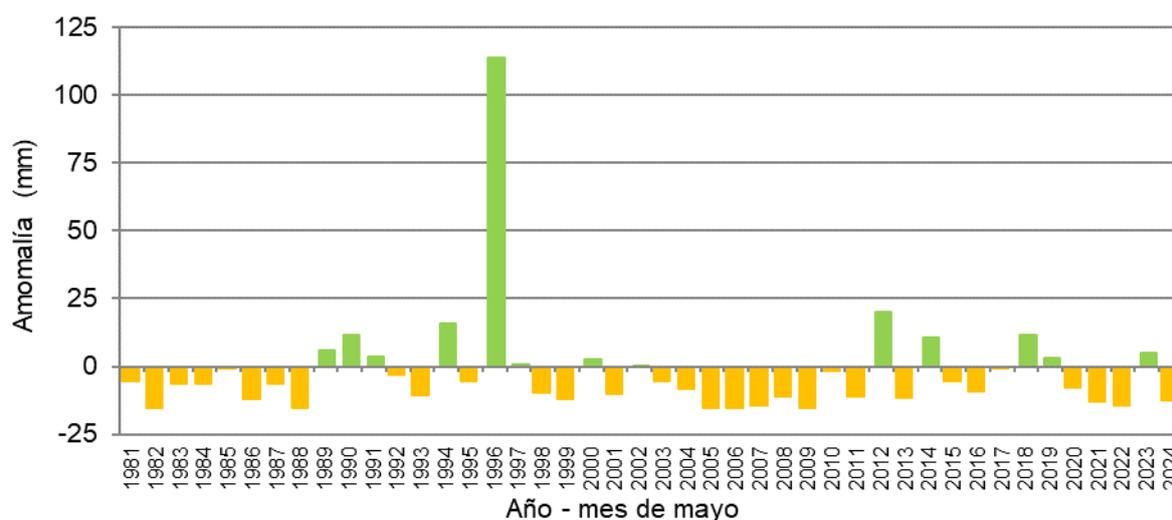


Figura 7. Anomalía de precipitación mensual (mm) para el mes de mayo. Climatología 1991-2020.

Se analizaron los valores de precipitación máximos registrados en un día pluviométrico⁴², de acuerdo con la serie histórica del mes de mayo (Tabla 5).

⁴⁰ 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.

⁴¹ Serie histórica considerada para el análisis del número de días con precipitaciones: 1991-2020.

⁴² 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 5. Valores máximos históricos de precipitación diaria⁴³ para el mes de mayo.

	Año	mm
1°	1996	52,5
2°	1994	23,5
3°	2012	21,5
4°	1989	12,5
5°	1997	11,5

El valor máximo registrado en un periodo de 15 minutos por nuestra estación automática fue de 4,2mm en la madrugada del día civil 01.

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 27% (Figura 8).

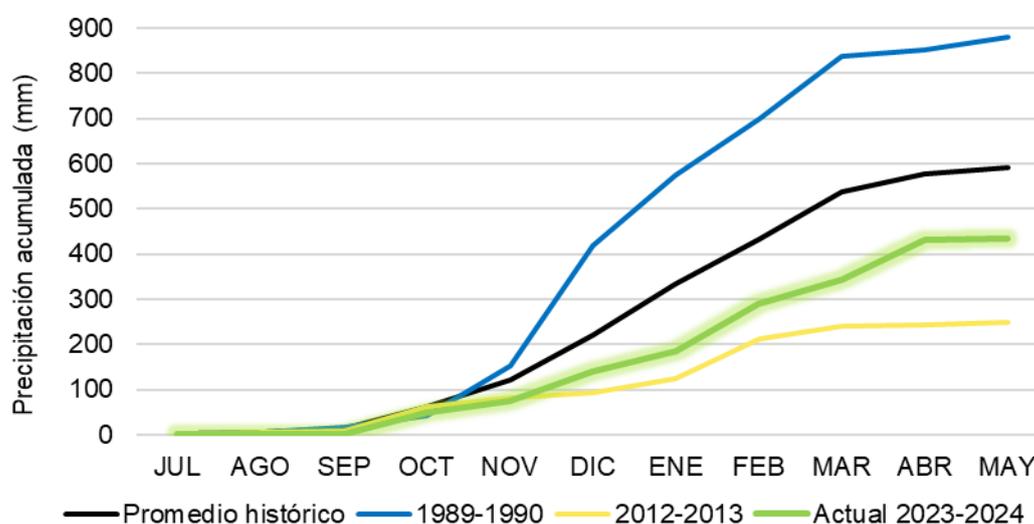


Figura 8. Valores de precipitación acumulada en año agrícola. Se presenta el promedio (línea negra) de la serie “La María” (1981-2020), además, aquellas campañas en las cuales se observaron los máximos (línea azul) y mínimos (línea amarilla) de precipitación acumulada total y, valor acumulado actual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

El valor acumulado promedio hasta el mes de mayo es de 592mm con un valor de mediana de 573mm, siendo el acumulado actual, desde julio a mayo del 2024, de 434,6mm.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de la precipitación acumulada en cada campaña desde julio a mayo, respecto al promedio de la serie de datos histórica (1991-2020). Ordenando de menor a mayor las campañas agrícolas por sus valores de precipitación acumulada, desde el mes de julio hasta el mes de mayo, dejan a la actual campaña en la séptima posición (de 42 años), ordenados los acumulados de manera ascendente.

⁴³ Serie histórica considerada para el análisis del valor máximo de precipitación acumulada en un día pluviométrico: 1989-2023.

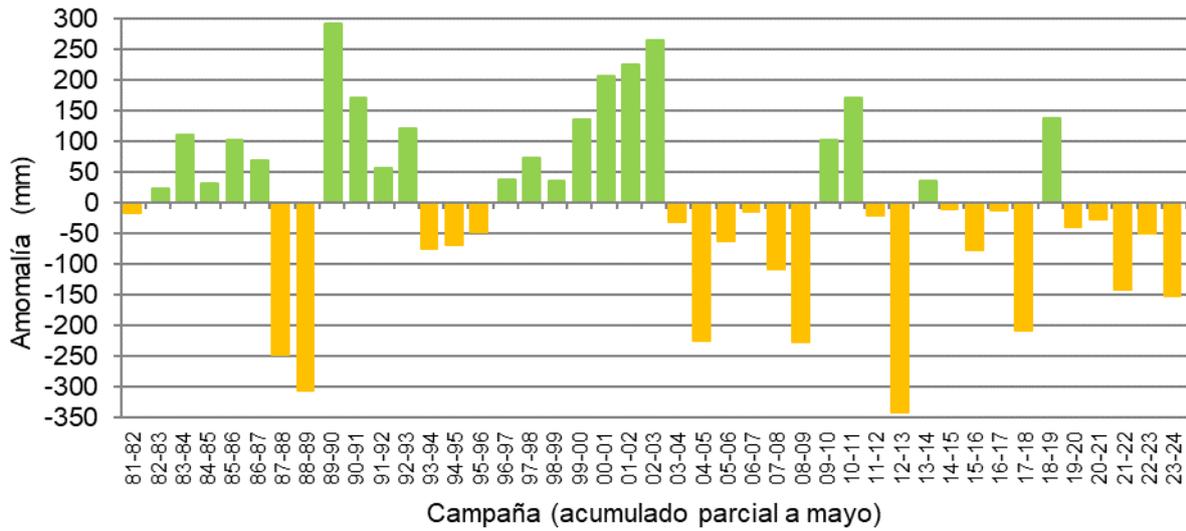


Figura 9. Anomalía de precipitación acumulada (mm) desde julio a mayo de cada campaña agrícola. Climatología 1991-2020.

INSOLACIÓN

Durante el mes se han acumulado 128,2⁴⁴ horas de heliofanía efectiva⁴⁵, el valor promedio de la serie⁴⁶ para el presente mes es de 206 horas. Expresado como heliofanía relativa⁴⁷, el presente mes presentó un valor promedio del 47%⁴⁸.

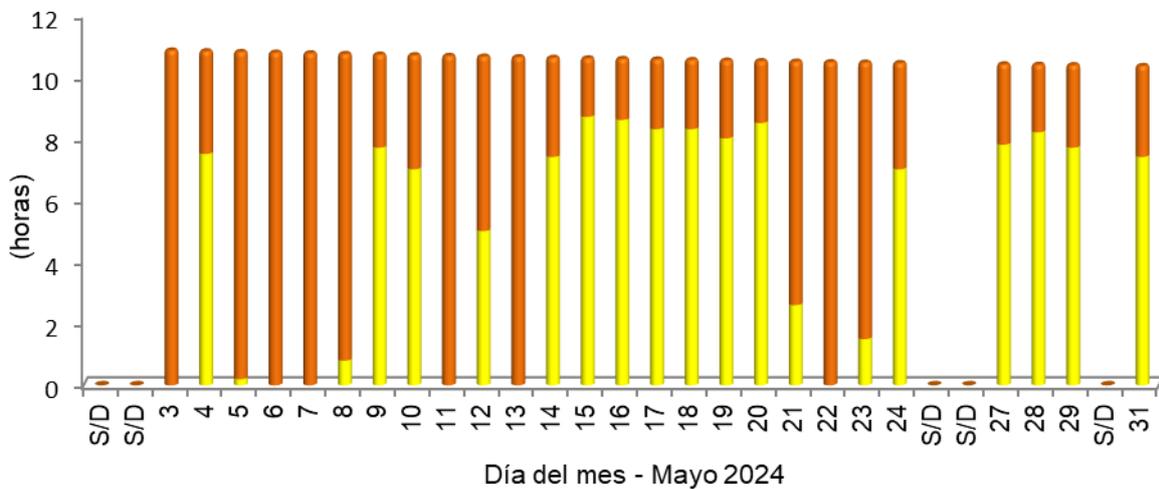


Figura 10. Valores de heliofanía efectiva con relación a la heliofanía teórica astronómica para cada día, expresados en horas y décimos de hora, registrados mediante un heliofanógrafo tipo Campbell-Stokes.

⁴⁴ Nótese que faltan registros de cinco días.

⁴⁵ 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.

⁴⁶ Serie de referencia para horas promedio mensual de insolación: 1989-2014.

⁴⁷ Heliofanía relativa: relación entre la heliofanía efectiva con respecto a la heliofanía teórica astronómica.

⁴⁸ Valor calculado en relación con días con datos de heliofanía.

La heliofanía efectiva promedio fue muy inferior al valor esperado en la primera década (Figura 11).

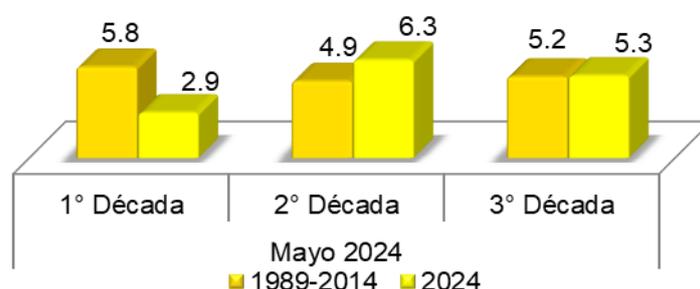


Figura 11. Valores medios de heliofanía efectiva (horas) agrupados por décadas para el mes de mayo de 2024.

Viento

Los valores de viento medio diario⁴⁹ se tomaron a partir de un anemómetro cuentavueltas totalizador, mientras que el valor de viento máximo⁵⁰ se obtuvo a partir de los datos generados por la estación automática (Figura 12), ambos tomados a una altura de dos metros sobre el nivel del suelo.

El valor mensual medio fue de 2,3 km/h⁵¹, siendo el valor medio de la serie de mayo de 4,5km/h. El valor de viento máximo más alto del mes fue de 29,0km/h, registrado en la mañana del día 01, proveniente desde la dirección Nornoreste.

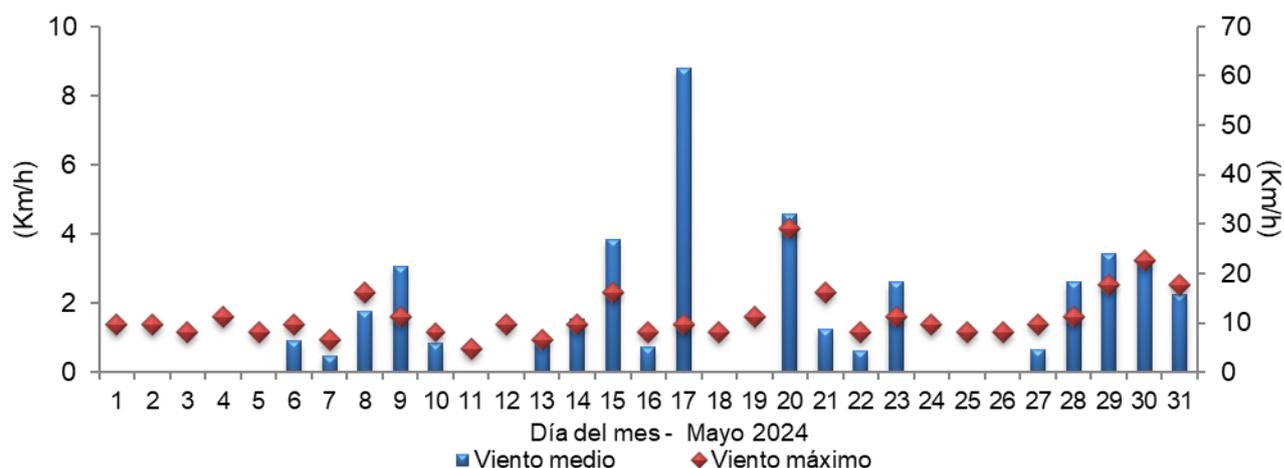


Figura 12. Valores de viento promedio diario a partir de anemómetro y, valor del viento máximo diario registrado por estación meteorológica automática.

⁴⁹ 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.

⁵⁰ Viento máximo: valor de velocidad máxima monitorizado por un elemento registrador, expresado en este caso en función del día civil.

⁵¹ Con la faltante de datos de doce días.

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 2.976 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 rumbos⁵² posibles de orientación de la dirección del viento. Se registró un 68% de períodos con viento en calma, es decir, velocidades medias iguales a 0,0km/h. La figura fue confeccionada mediante el lenguaje R⁵³, con el empleo del paquete “Open Air”⁵⁴ (Figura 13).

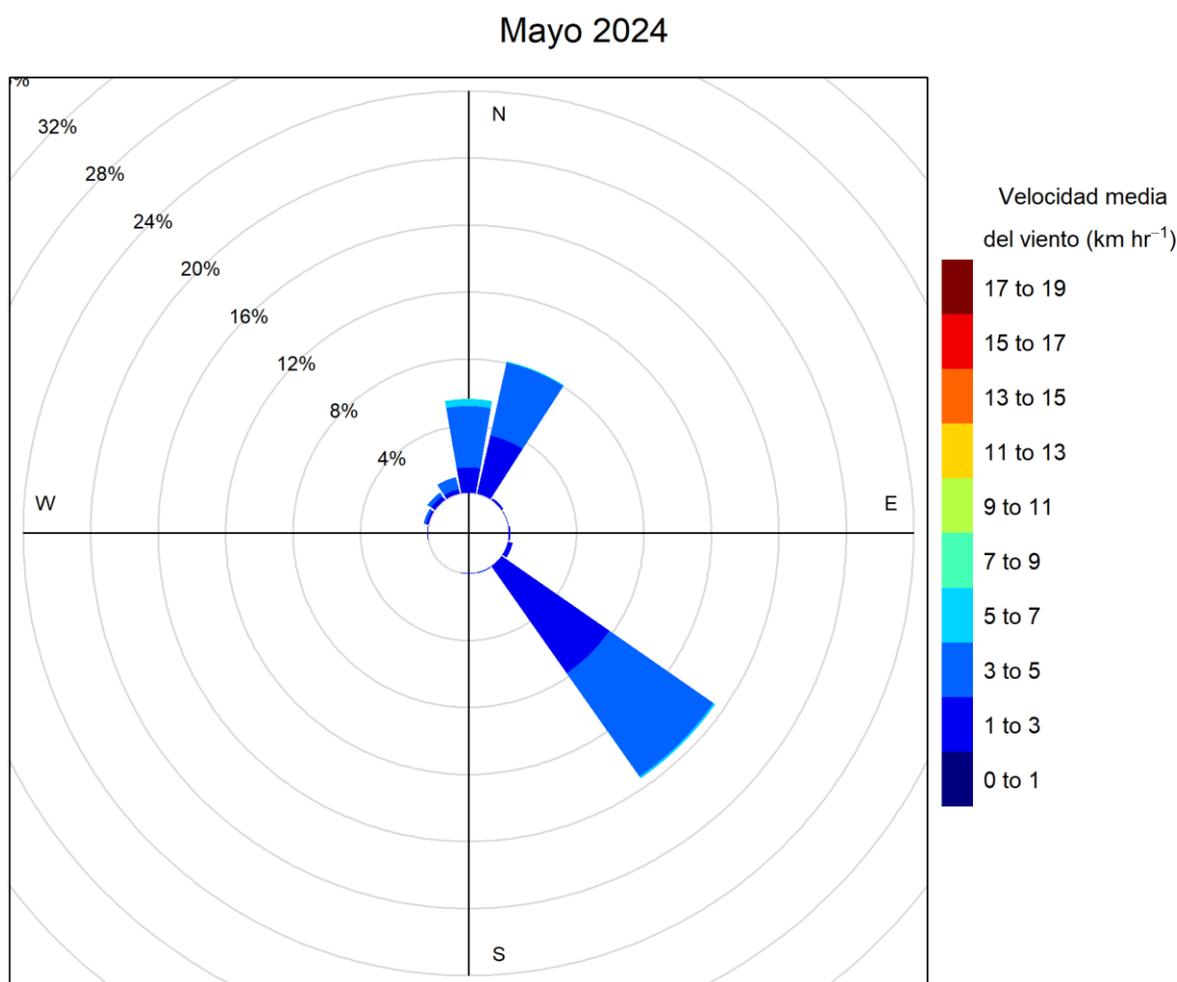


Figura 13. Porcentaje de la dirección del viento prevalente y porcentaje de cada intervalo de velocidad en cada una de las direcciones del viento para el mes de mayo de 2024.

La dirección prevalente del viento fue desde el sector Sureste en 460 seguido por el sector Nornoreste con 241 períodos y el Norte con 167. La mayor proporción de velocidades se

⁵² Direcciones posibles desde donde provienen los vientos: Norte (N), Nornoreste (NNE), Noreste (NE), Estenoreste (ENE), Este (E), Estesudeste (ESE), Sudeste (SE), Sursudeste (SSE), Sur (S), Sursudoeste (SSW), Sudoeste (SW), Oestesudoeste (WSW), Oeste (W), Oestenoroeste (WNW), Noroeste (NW), Nornoroeste (NNW).

⁵³ 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/>.

⁵⁴ Carslaw, D. C. & K. Ropkins (2012). Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*. Volume 27-28, 52-61.

encontraron en el rango de 3 a 5km/h. El periodo con vientos medios más fuertes fue de 8,0km/h, desde la dirección Nornoreste en la siesta del día 20.

Humedad

La humedad relativa ambiente media del mes fue de 74%⁵⁵, similar al valor medio del presente mes. En la Figura 14 se muestran los valores de humedad relativa (HR) expresados como porcentaje. La HR media se tomó como el promedio trihorario de las observaciones diarias⁵⁶. Los valores extremos diarios fueron tomados del registro de datos de la estación automática.

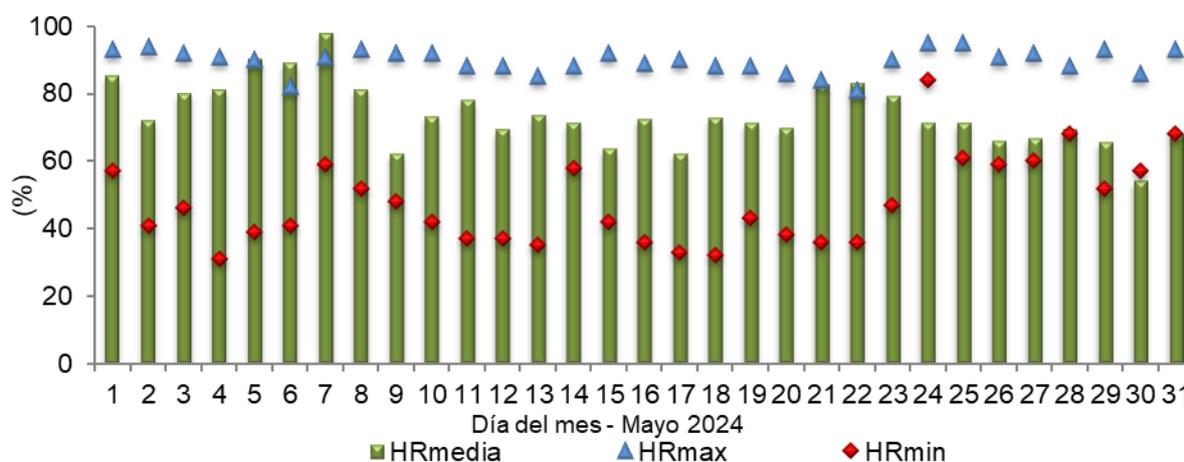


Figura 14. Valores diarios de humedad relativa (%).

El promedio de humedad relativa ambiente máxima diaria es del 90%, mientras que el promedio de valores mínimos diarios es del 48%.

El valor medio de humedad relativa fue superior al valor medio en la primera década (Figura 15).



Figura 15. Valores medios de humedad relativa (%) agrupados por décadas para el mes de mayo. Referencias: colores: degradados (mayo serie 1989-2014), colores uniformes (mayo 2024).

⁵⁵ 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 03, 07, 08, 11, 14, 17, 20, 21 y 27).

⁵⁶ 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 16 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.

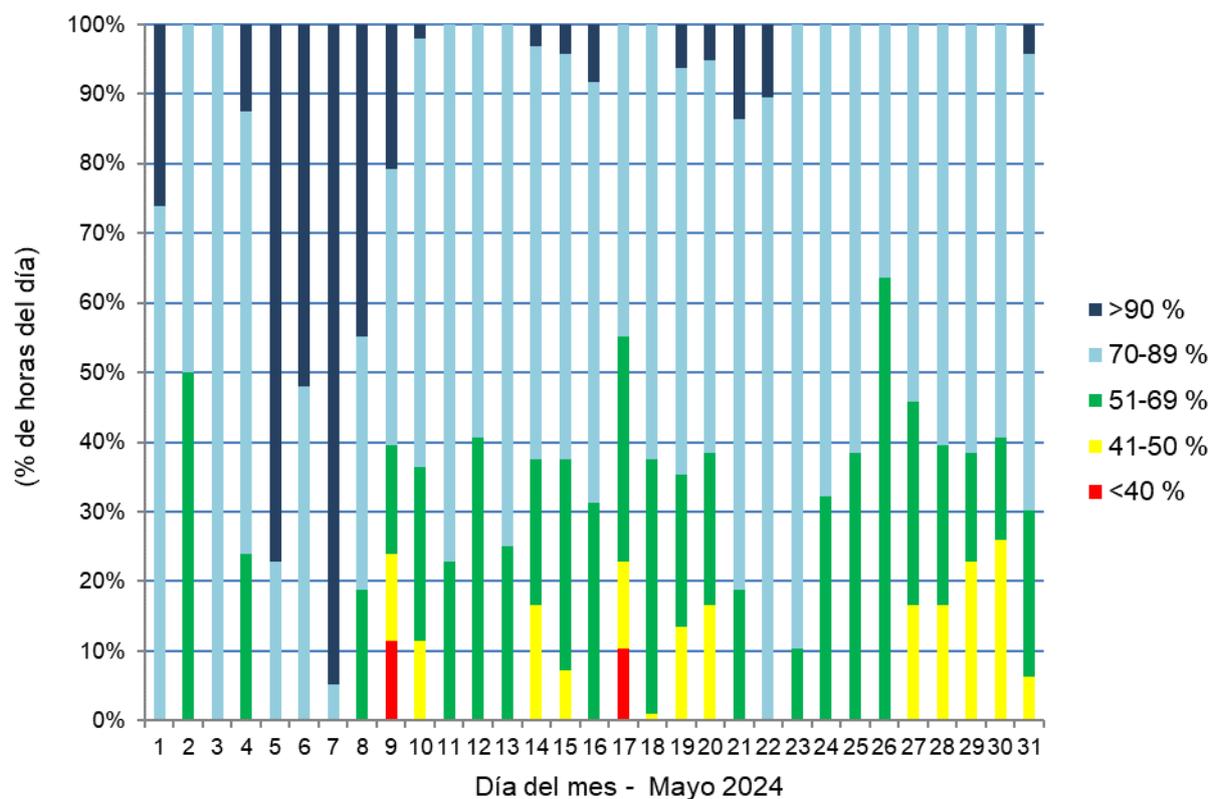


Figura 16. Duración horaria expresada como porcentaje del día para cada intervalo de humedad observado, en base al registro de la estación automática.

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 17).

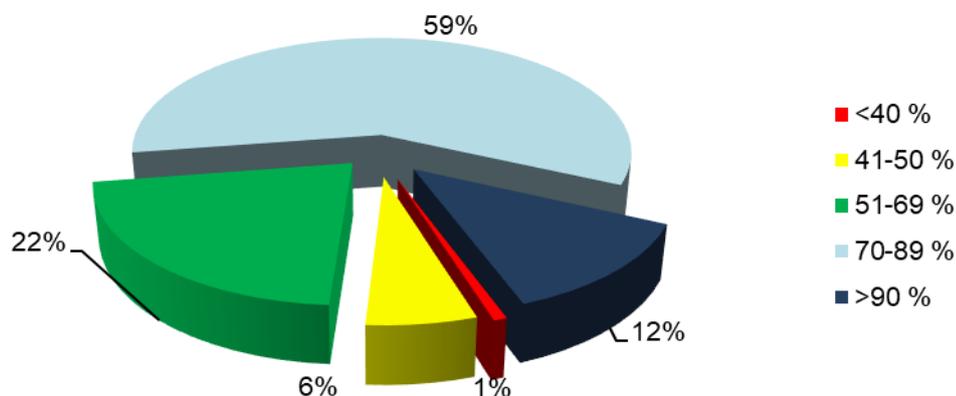


Figura 17. Horas totales mensuales expresadas como porcentaje de los diferentes rangos de humedad.

En el transcurso del mes, se han contabilizado 92 horas con humedad relativa ambiente por encima del 90% (304 horas le correspondían a esta categoría el mes pasado), mientras que

fueron 5 horas con humedad relativa por debajo del 40% (2 horas fue el registro del pasado mes de abril).

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 raíces⁵⁷. 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 trihorario⁵⁸ 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 18).

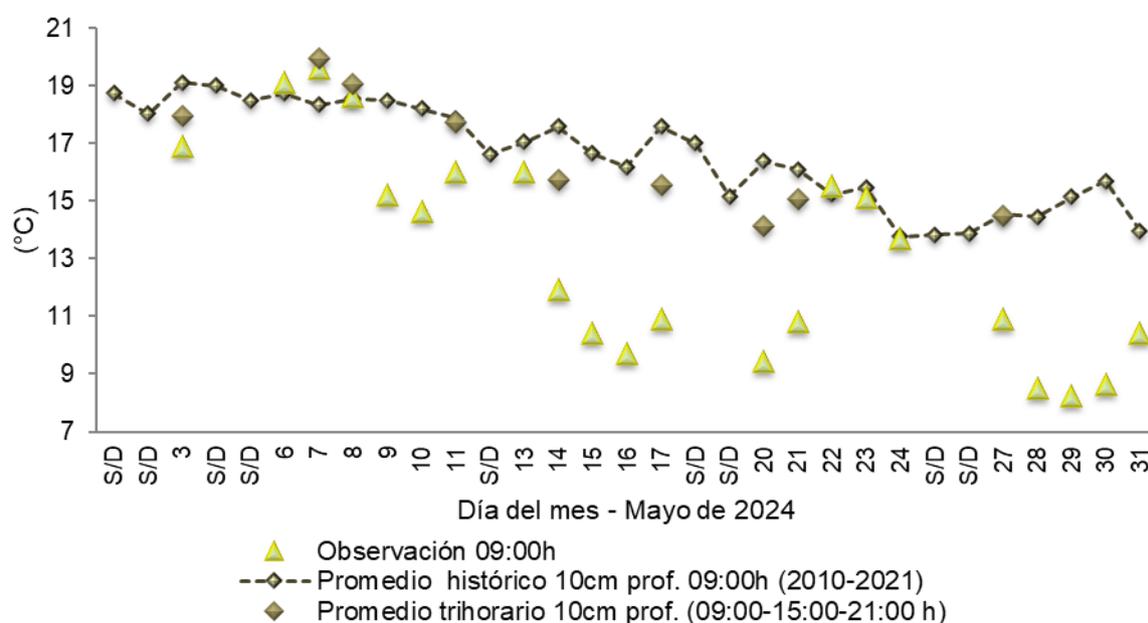


Figura 18. Valor de temperatura de suelo a las 09:00h suelo a 10cm bajo la superficie, valores medios trihorarios de temperatura de suelo a 10cm bajo la superficie. S/D: sin dato.

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

⁵⁷ 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.

⁵⁸ 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).

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)⁵⁹.

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 41,7mm en este mes (Figura 19).

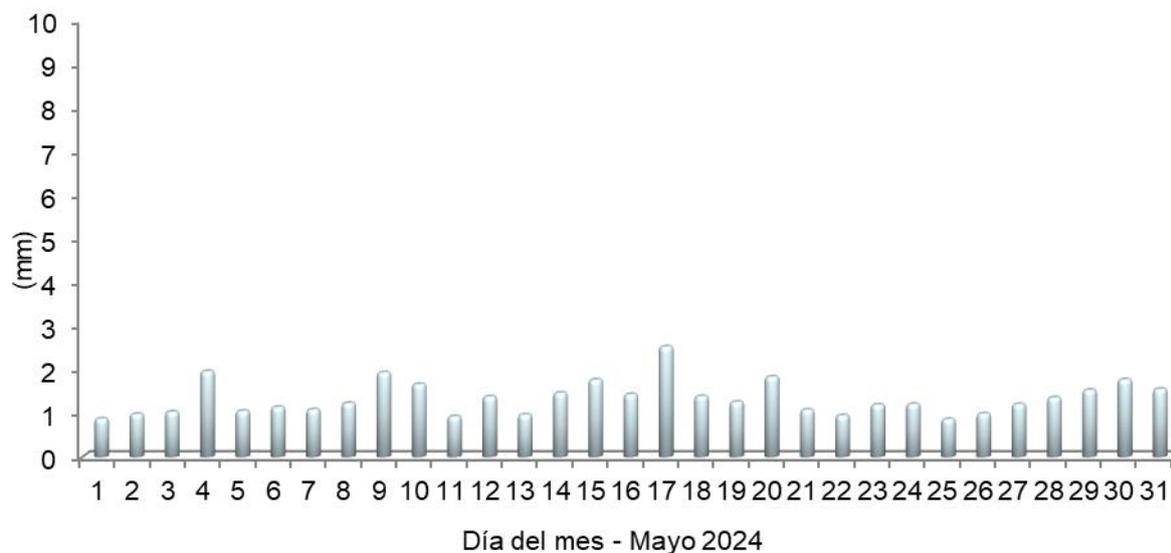


Figura 19. Valores diarios de evapotranspiración. Método Fao-Penman Monteith

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.

⁵⁹ 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 20), así como también un mapa mostrando la anomalía porcentual de la precipitación (Figura 21). El mismo análisis se realizó para el período correspondiente a los tres últimos meses en conjunto (Figura 22 y Figura 23).

Todos fueron generados mediante software QGIS®⁶⁰ 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. Puig⁶¹ 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.

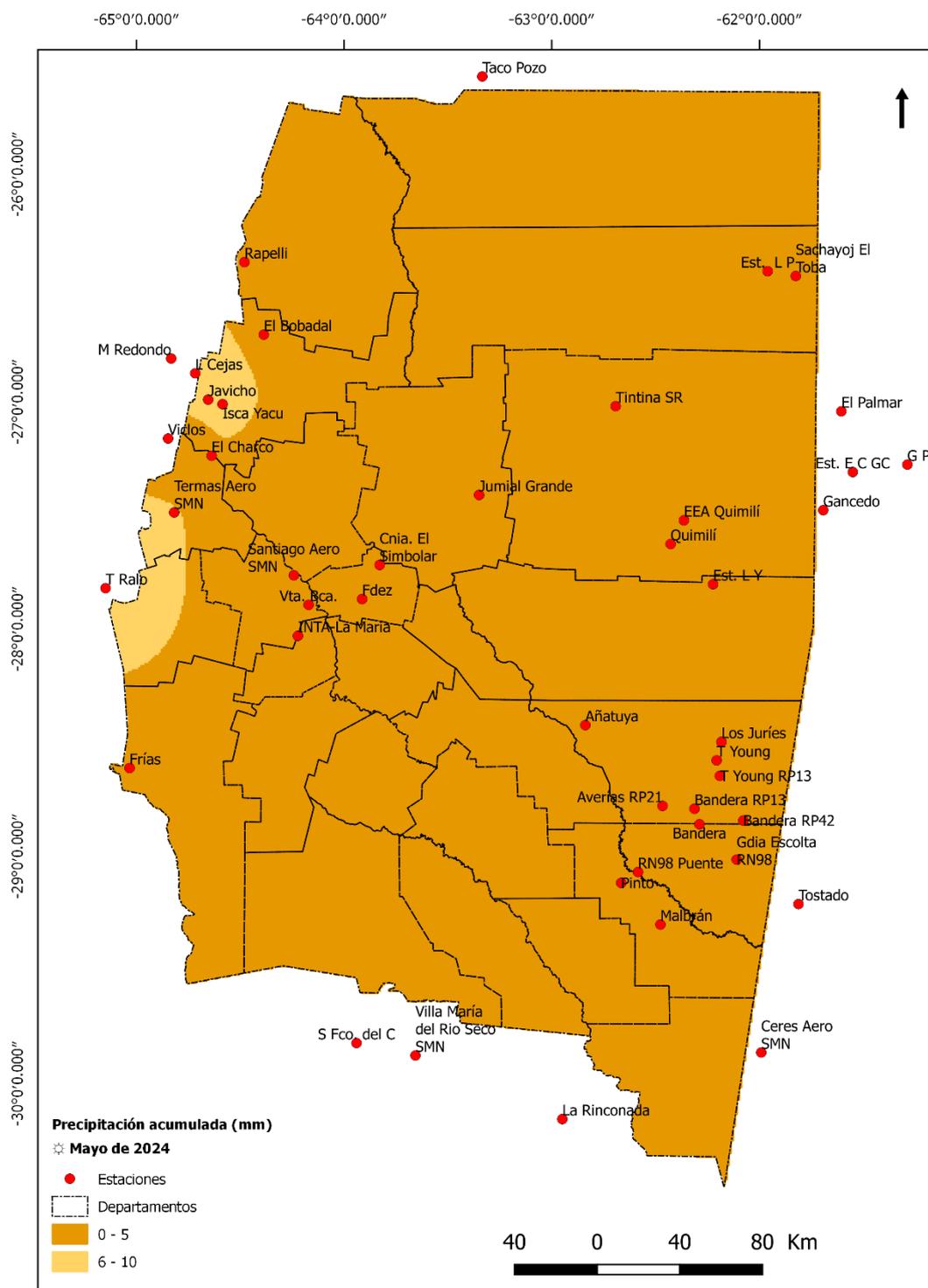
⁶⁰ QGIS Development Team (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

⁶¹ 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.gov.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 puntos en que no se han registrado precipitaciones hasta los 12,5mm en las Cejas (Figura 20).

Si lo analizamos como anomalía porcentual (Figura 21), durante el mes de mayo, los déficits se encontraron por debajo del promedio en toda la provincia con valores de anomalías del 70% en parte del noroeste hasta el 100% en otros sectores sin precipitaciones.

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. SRC:WGS84.

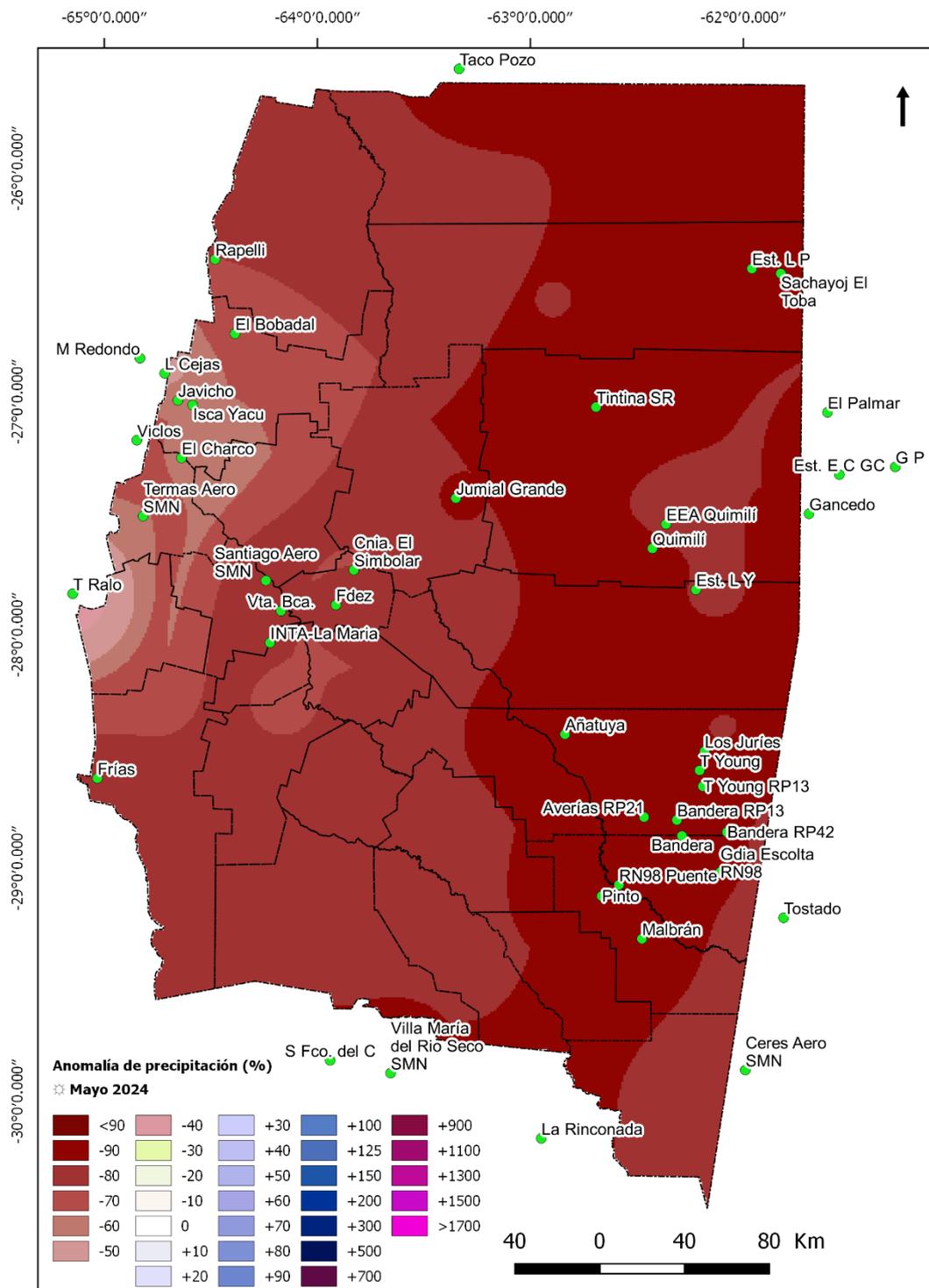
Sistema de Información Territorial de Santiago del Estero
Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero
Centro Regional Tucumán-Santiago del Estero

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina



Secretaría de Bioeconomía

Figura 20. Precipitación acumulada (mm) observada durante mayo 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. SRC: WGS84

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

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
 Argentina



Secretaría de Bioeconomía

Figura 21. Anomalia de precipitación (%) registrada durante mayo de 2024.

La cantidad de píxeles que representan áreas con sus anomalías relativas del NDVI por debajo del promedio histórico, alcanzan el 9,1% (41,0% de los píxeles se encontraban en esta categoría en el periodo anterior) del territorio provincial (7,0% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 2,1% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

Focos de Calor

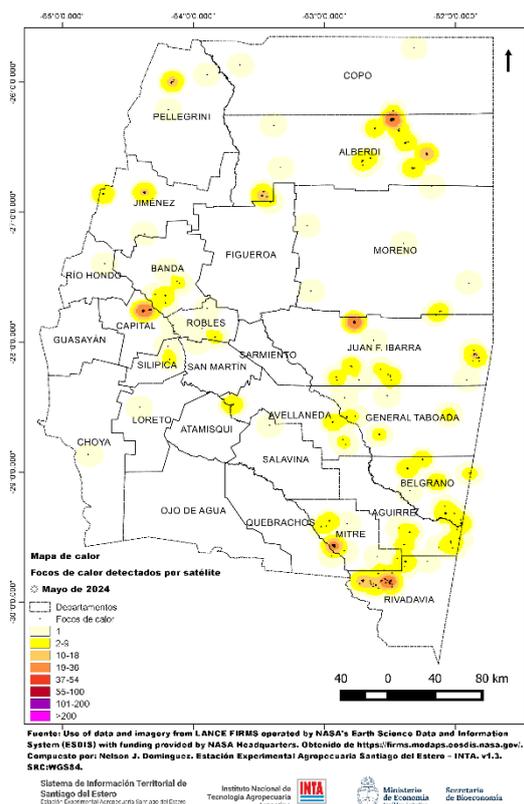


Figura 25. Focos de calor detectados por sensores satelitales y densidad de estos durante el mes de mayo de 2024.

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 mayo. Para ello se emplea el producto “Detección de Fuegos Activos”⁶³ 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 ($\geq 1\text{km}$), 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 el triple de focos respecto al mes anterior (Figura 25).

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 Dominguez: dominguez.nelson@inta.gov.ar;

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

⁶³ 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/>