

ISSN N°1850-4086 N°1605

## Informe del Mes de Mayo de 2023

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://siga2.inta.gov.ar/>
- ⊕ <http://anterior.inta.gov.ar/santiago/met/clima.htm>

**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 undécima ubicación para un mes de mayo, mientras que el valor medio de temperaturas mínimas se ubicó en la quinta posición entre los más altos. El valor medio de temperaturas máximas de la primera década se ha ubicado en la octava posición entre los más bajos mientras que el de la segunda se ubica en la cuarta posición. El valor medio de temperaturas mínimas de la tercera década se ha ubicado en la primera posición entre los promedios más altos. No se han registrado valores diarios de temperaturas máximas y mínimas extremos. No han sido registradas heladas, siendo que el para igual mes del año pasado fueron registradas cuatro heladas meteorológicas.

La precipitación acumulada mensual, luego de 6 eventos, fue de 20,0mm, representando un 43% por encima del valor promedio para el mes de mayo del conjunto de datos históricos de la serie “La María”, clasificándose el mes

como “superior al normal”. Con este valor se puede indicar que el actual mes se ha ubicado en el octavo lugar del ranking, ordenados los valores mensuales acumulados de manera descendente. Como valor acumulado para la presente campaña, la precipitación acumulada ronda un déficit de aproximadamente un 10% ubicándose como la decimocuarta campaña con los valores acumulados más bajos del set de datos.

Los vientos provinieron predominantemente desde la dirección Sudeste. Se registraron vientos máximos de 27,4km/h a 2m de altura sobre la superficie

La humedad relativa del ambiente presentó valores superiores al promedio en la tercera década. Un 28% del tiempo los valores de este parámetro se encontraron por encima del 90%, mientras que en menos de 1% 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 la tercera década. El día 26 se calculó el valor más alto de 87.

## 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<sup>1</sup> por la estación meteorológica automática 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 normal<sup>2</sup>, de acuerdo con el promedio de la serie<sup>3</sup>, colocándose este valor en la cuarta ubicación<sup>4</sup>, ordenados de manera descendente. El valor medio de temperatura máxima fue superior al normal, colocándose este mes en la décima<sup>5</sup> posición para este mes. El valor medio de temperatura mínima fue superior al normal y se ubicó en la quinta posición<sup>6</sup>.

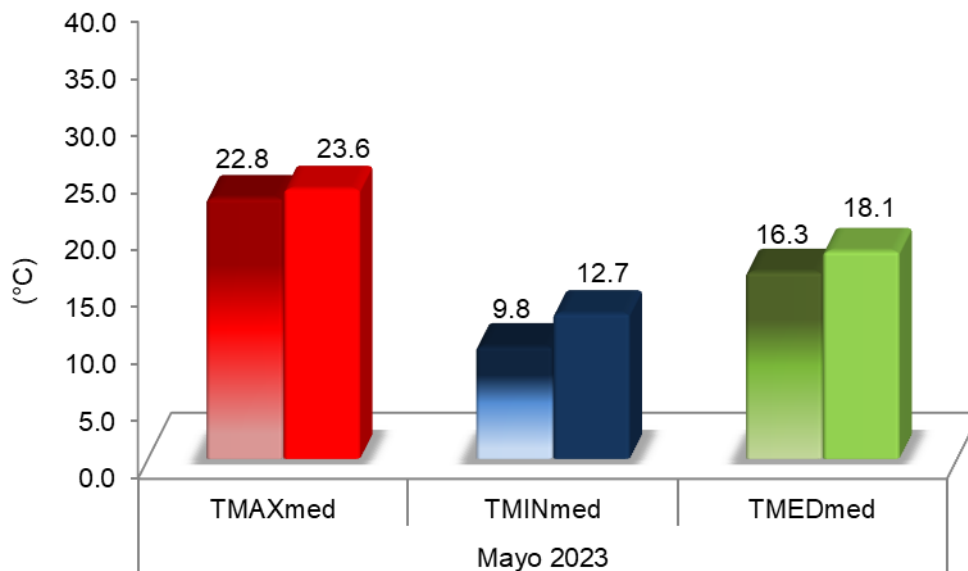


Figura 1. Valores medios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias para el mes de mayo.  
Referencias: colores degradados (mayo serie 1991-2020), colores uniformes (mayo 2023)

<sup>1</sup>Temperatura máxima del día 28. Temperatura mínima de los días 13 y 29. 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.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Serie histórica considerada para el análisis de las temperaturas medias se emplea el periodo 1991-2020.

<sup>4</sup> Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 17,8°C conservaría la ubicación.

<sup>5</sup> Sí solamente empleamos los valores máximos diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 23,9°C conservaría la ubicación.

<sup>6</sup> Sí solamente empleamos los valores mínimos diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 12,6°C conservaría la ubicación.

Respeto a igual mes del año anterior, el valor medio de temperaturas máximas fue superior en 1,1°C y el de temperaturas mínimas lo fue en 5,0°C.

El valor de temperatura media fue superior al normal en las primera y segunda década<sup>7</sup> (Fig. 2). Solamente el valor medio de temperatura máxima de la primera década fue inferior al de la última década del mes de febrero.

El valor medio de temperaturas máximas fue superior en 4,5°C, 7,5°C y 3,4°C en cada una de las décadas respectivamente. Por su parte, el valor medio de temperaturas mínimas lo fue en 1,0°C, 4,0°C y en 4,7°C en cada década respetivamente. Es en la primera década dónde se registra el valor diario de temperatura mínima y, en la segunda, el de temperatura máxima mensual (Figura 4).

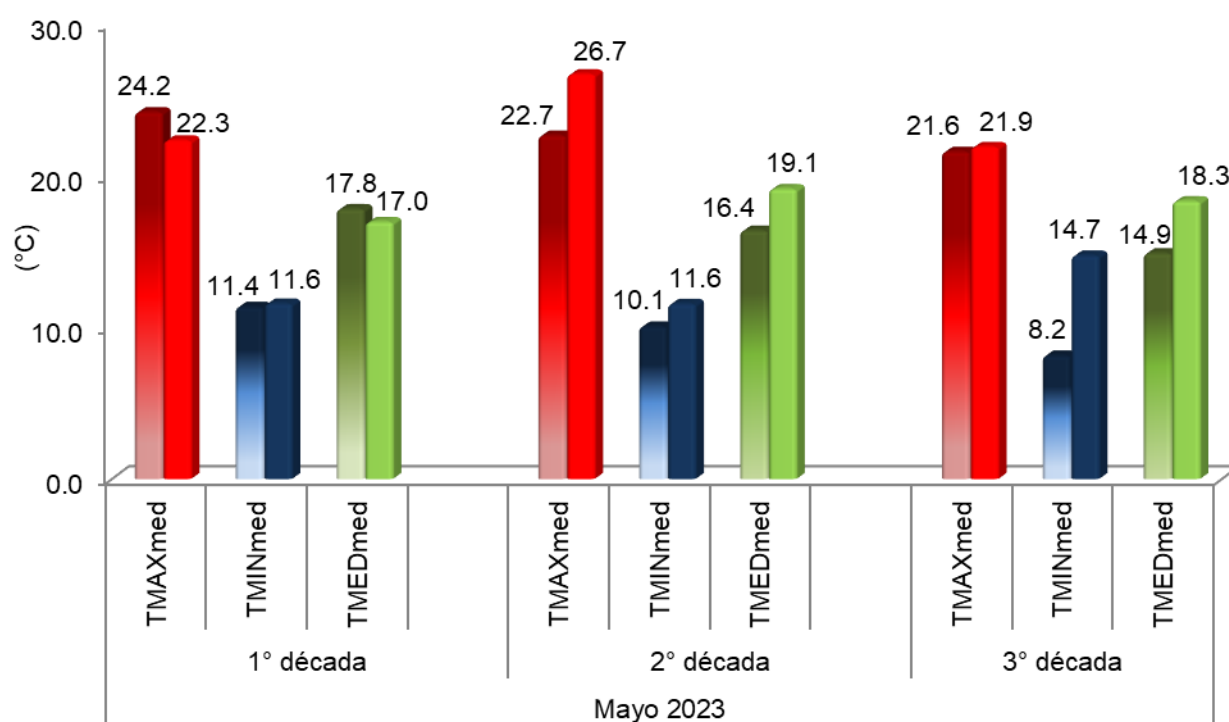


Figura 2. Valores medios de temperaturas máximas, mínimas y medias, agrupadas en períodos decadales, para el mes de mayo. Referencias: colores degradados (mayo serie 1991-2020), colores uniformes (mayo 2023).

El valor medio de temperaturas máximas de la primera década se ubica en la octava posición<sup>8</sup> entre los más bajos y, el valor de temperaturas mínimas medio de esta década comparte la decimotercera posición<sup>9</sup> con el año 1992 (ordenados los valores de manera descendentes). En la segunda década, el valor medio de temperaturas máximas calculado

<sup>7</sup> 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).

<sup>8</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 22,7°C se colocaría en la novena posición.

<sup>9</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 11,8°C conservaría igual ubicación.

comparte la cuarta posición<sup>10</sup> con el año 1989, entre los valores más altos en este periodo, y el valor medio de temperaturas mínimas<sup>11</sup> comparte la octava posición con el año 2017. En la tercera década, el valor promedio de temperaturas máximas<sup>12</sup> se ubica en la decimoquinta posición y, el de temperaturas mínimas lo hace en la primera<sup>13</sup> posición. Con respecto a las temperaturas medias, la primera década se ubica en la decimotercera posición<sup>14</sup> entre los más bajos, el valor de la segunda<sup>15</sup> comparte la cuarta ubicación con el año 2008 y la tercera<sup>16</sup> década se ubica en la quinta posición, ambas entre los más altos

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.

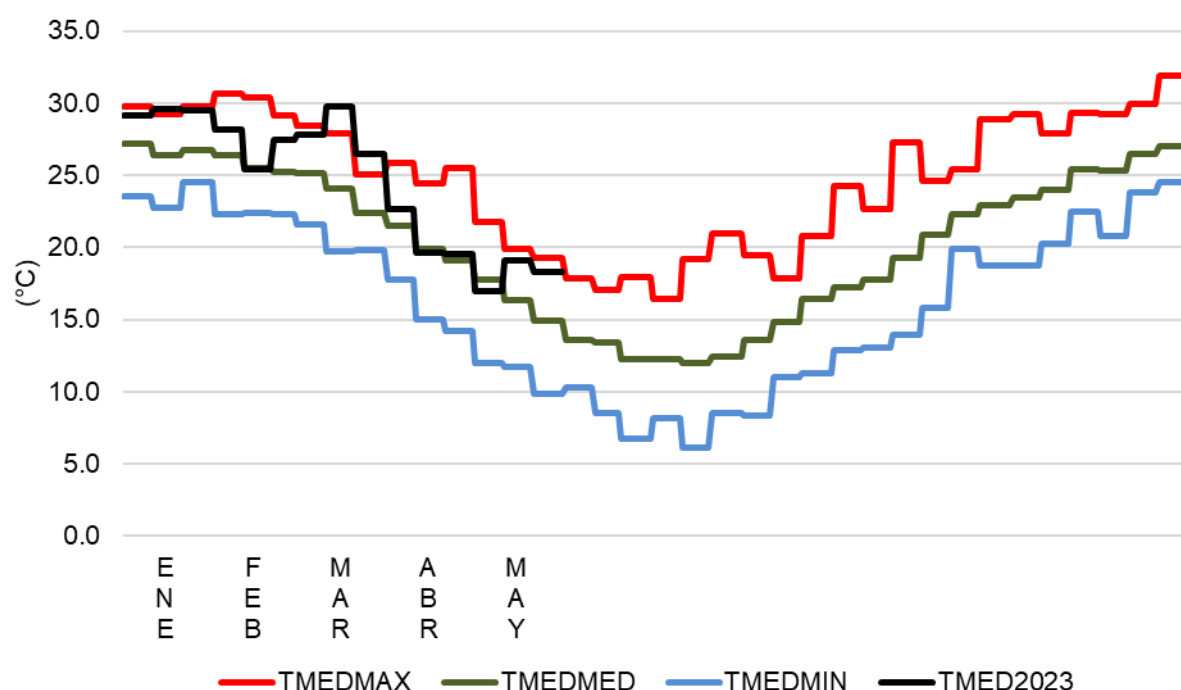


Figura 3. Valores de temperatura media absoluta máxima (TMEDMAX), absoluta mínima (TMEDMIN) y valor medio (serie 1991-2020) (TMEDMED), expresados en forma promedio decadal y, valor de temperatura medio decadal del presente año (TMED2023).

<sup>10</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 27,4°C se colocaría en la tercera posición.

<sup>11</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 11,8°C comparte la séptima posición con el año 1999.

<sup>12</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 20,3°C se colocaría en la séptima posición.

<sup>13</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 14,3°C conservaría igual ubicación.

<sup>14</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 16,9°C conservaría igual ubicación.

<sup>15</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 19,3°C conservaría igual ubicación.

<sup>16</sup> Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 17,3° se colocaría en la sexta ubicación.

Se realizó un análisis de los valores de temperaturas más altos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica<sup>17</sup> 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
	<b>2023</b>	<b>29,1</b>	<b>2023</b>	<b>19,9</b>	<b>2023</b>	<b>24,0</b>

Además, se realizó un análisis de los valores de temperaturas 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
	<b>2023</b>	<b>15,5<sup>18</sup></b>	<b>2023</b>	<b>7,5</b>	<b>2023</b>	<b>13,8<sup>19</sup></b>

De ambas tablas se puede apreciar que los valores de este mes no han alcanzado lo externos históricos.

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

<sup>17</sup> Serie histórica considerada para el análisis de las temperaturas extremas diarias: 1989-2022.

<sup>18</sup> Valor tomado de estación automática para el día 29.

<sup>19</sup> Valor tomado de la combinación de datos de estación convencional y estación automática para el día 29.

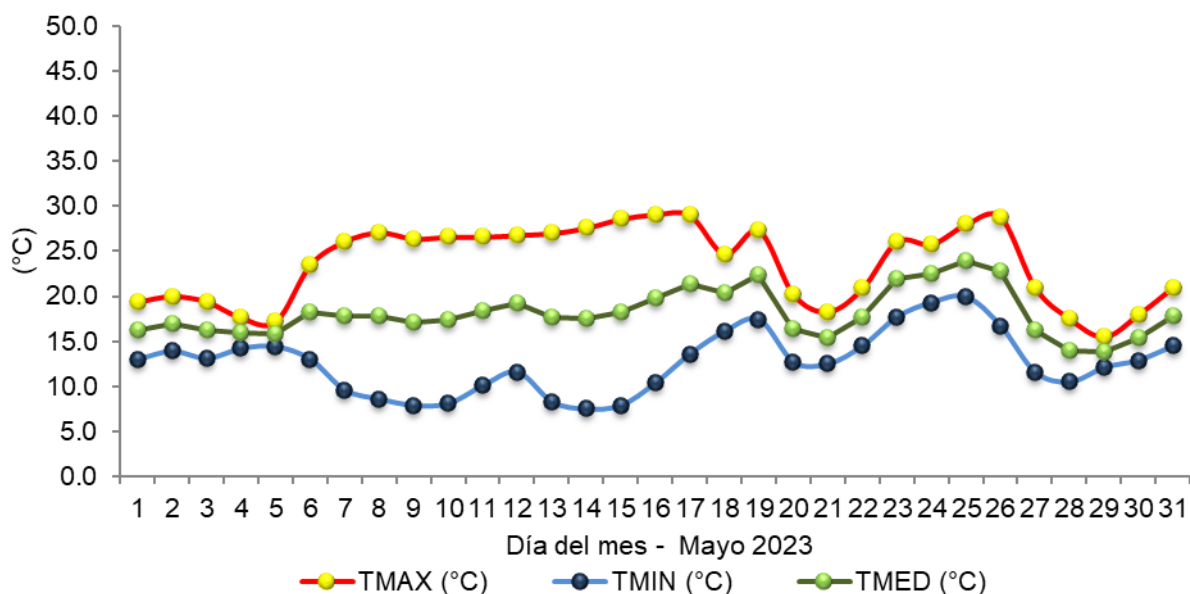


Figura 4. Valores diarios de temperatura para el mes de mayo de 2023.

Un análisis de los valores de temperaturas medias diarias fue realizado (Figura 5). Se tuvo en cuenta solamente el valor medio absoluto más alto y el más bajo para cada día con su correspondiente valor medio, considerando el periodo total de la serie histórica. A su vez se indica el valor de temperatura media diario del corriente año. Los días 06, 21, 22 y 23 presentaron un valor medio superior al máximo anterior, en cada fecha respectiva.

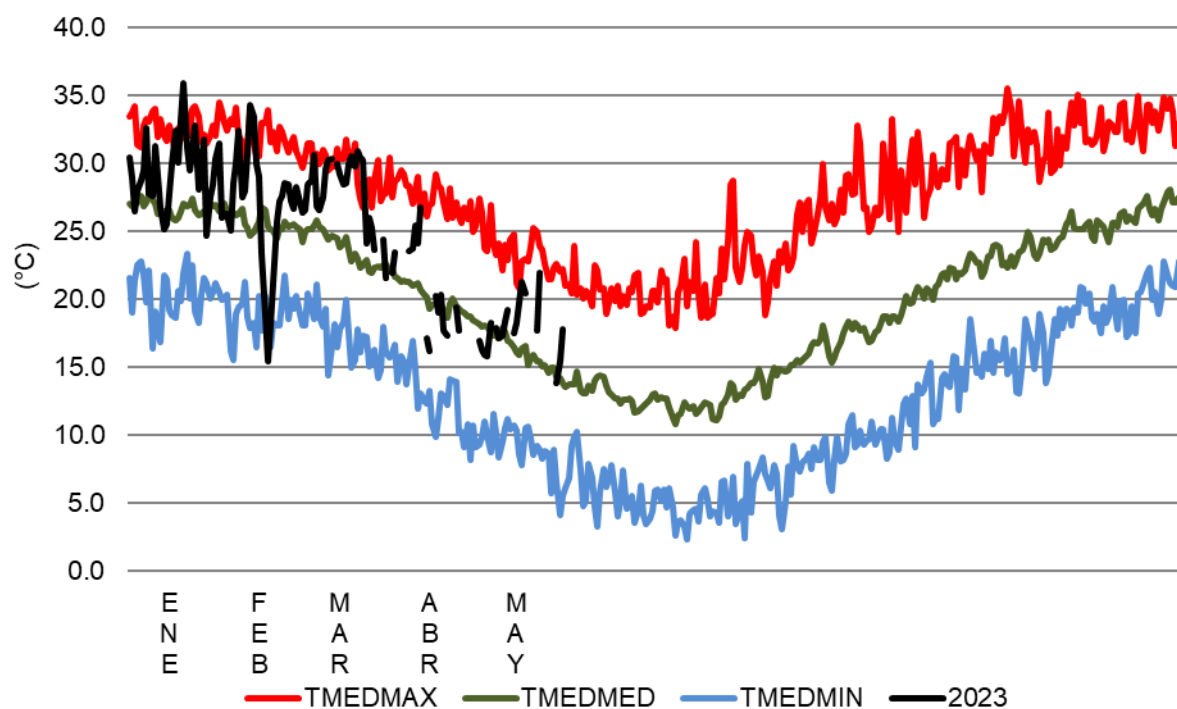


Figura 5. Valores de temperatura media: absoluta máxima, absoluta mínima y valor medio (serie 1991-2020), expresados en forma diaria y, valor de temperatura medio diario del presente año.

## PRECIPITACIÓN

Se registraron 20,0mm de precipitación acumulados de manera mensual. Se constató que este valor estuvo 5,0mm por encima del promedio de la serie<sup>20</sup> para el presente mes.

Ordenando de mayor a menor 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°08 del ranking.

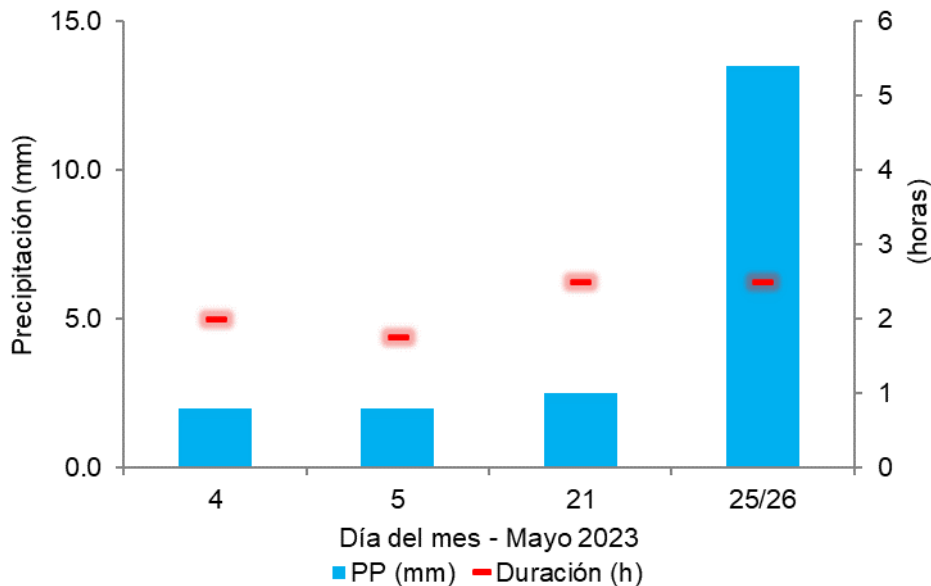


Figura 6. Valores de precipitaciones registradas como día pluviométrico mediante pluviómetro tipo “B” y duración<sup>21</sup> de los eventos a partir de los registros de estación meteorológica automática.

Se han contabilizado seis eventos de los cuales cinco fueron registrables<sup>22</sup>. El valor de días con precipitación registrable es de 5, para la serie del mes de mayo<sup>23</sup>.

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 0,0mm como valor mínimo y 129,3mm 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

<sup>20</sup> Serie histórica considerada para el análisis de las precipitaciones mensuales: 1981-2020.

<sup>21</sup> 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.

<sup>22</sup> 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.

<sup>23</sup> Serie histórica considerada para el análisis del número de días con precipitaciones: 1989-2020.



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 “superior al normal”.

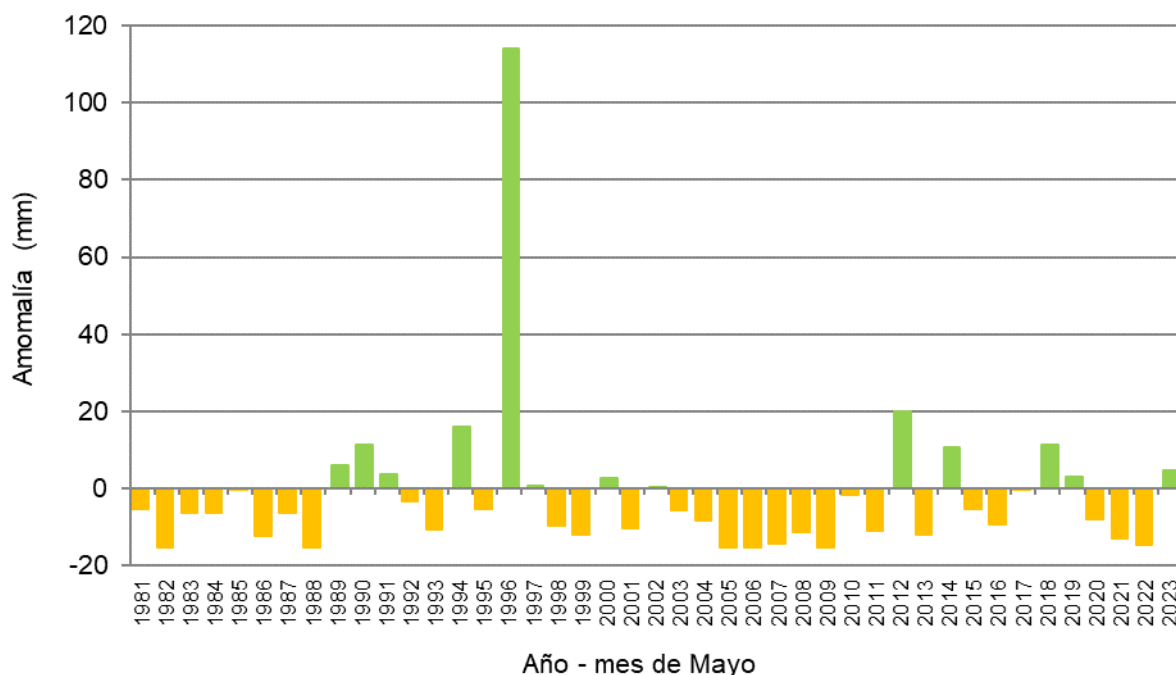


Figura 7. Anomalia de precipitación mensual (mm) para el mes de mayo. Serie histórica (1981-2020).

Analizando el set de datos históricos, se constata que, en los años 1982, 1988, 2005, 2006 y 2009 no se han registrado precipitaciones.

Se analizaron los valores de precipitación máximos registrados en un día pluviométrico<sup>24</sup>, de acuerdo con la serie histórica del mes de mayo (Tabla 3).

Tabla 3. Valores máximos históricos de precipitación diaria<sup>25</sup> 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 más alto de precipitación en periodos de 15 minutos registrado por la estación automática fue de 6,6mm para el evento del día civil 27.

<sup>24</sup> 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.

<sup>25</sup> Serie histórica considerada para el análisis del valor máximo de precipitación acumulada en un día pluviométrico: 1989-2022.

Como valor acumulado de precipitación, con el registro del mes de noviembre, el valor acumulado versus el acumulado histórico presentaba un ligero déficit, sin embargo, con el escaso registro de diciembre y el bajo valor de enero y febrero, el acumulado presentaba un valor cercano al mínimo acumulado en una temporada, sin embargo, el acumulado actual presenta solamente un déficit de aproximadamente un 24%.

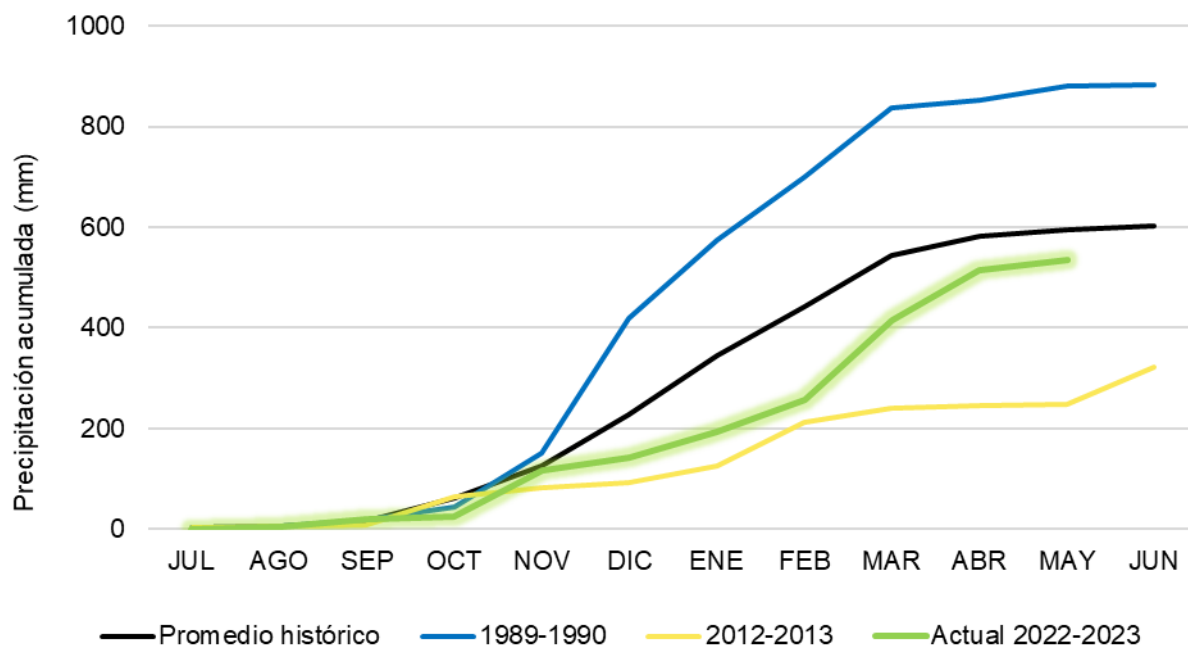


Figura 8. Valores de precipitación acumulada en año agrícola. Se presenta el promedio (línea negra) de la serie “La María” (1981-2020), además, aquellas campañas en las cuales se observaron los máximos (línea azul) y mínimos (línea amarilla) de precipitación acumulada total y, valor acumulado actual (línea verde), desde julio de 2022 a mayo del 2023.

El valor acumulado promedio hasta el mes de mayo es de 586mm con un valor de mediana igual, siendo el acumulado actual, desde julio de 2022 a mayo del 2023, de 535,8mm.

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 (1981-2020).

Ordenando de menor a mayor las campañas agrícolas por sus valores de precipitación acumulada, desde el mes de julio hasta el mes de mayo del año siguiente, dejan a la actual campaña en la decimocuarta posición (de 42 años), ordenados los acumulados de manera ascendente.

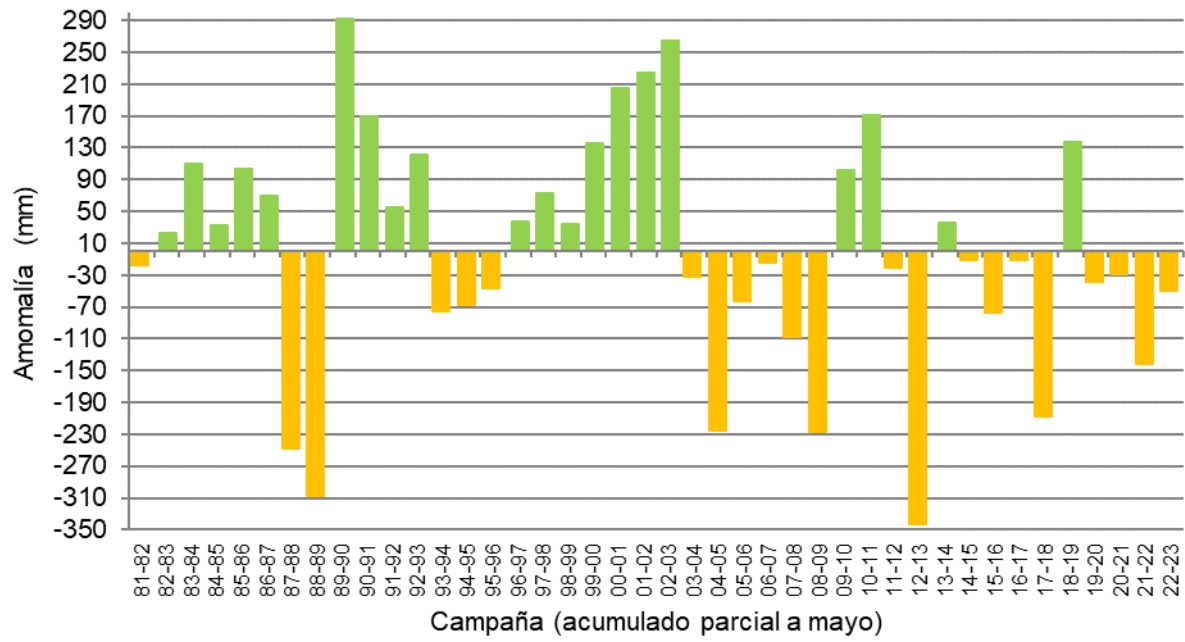


Figura 9. Anomalía de precipitación acumulada (mm) desde julio a mayo de cada campaña agrícola. Serie histórica (1981-2020).

## INSOLACIÓN

Durante el mes se han acumulado 104,3<sup>26</sup> horas de heliofanía efectiva<sup>27</sup>, el valor promedio de la serie<sup>28</sup> para el presente mes es de 206 horas. Expresado como heliofanía relativa<sup>29</sup>, el presente mes presentó un valor promedio del 49%<sup>30</sup>.

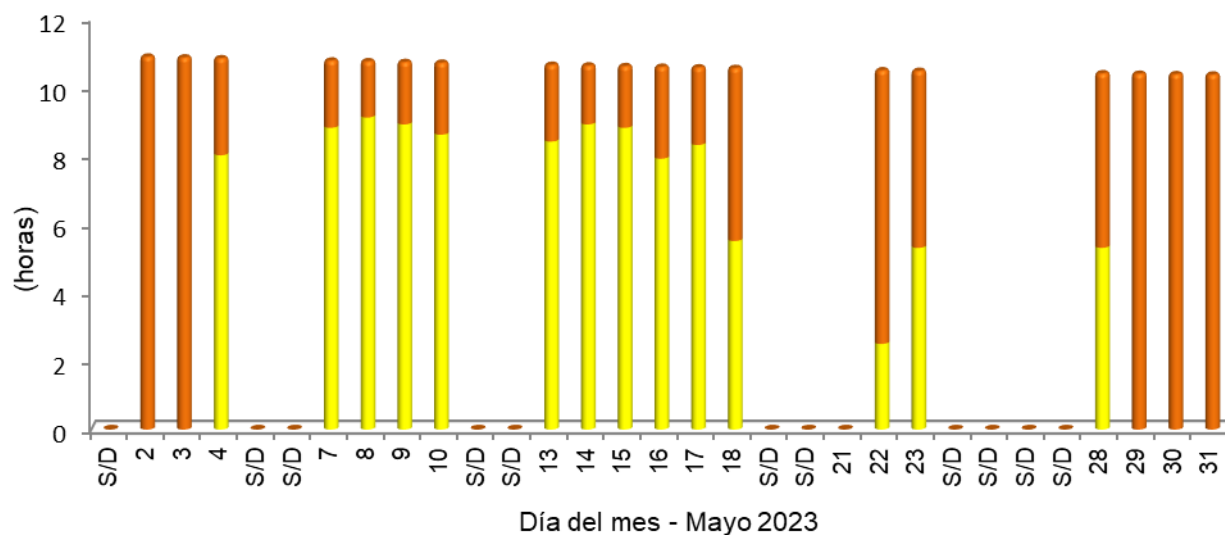


Figura 10. Valores de heliofanía efectiva con relación a la heliofanía teórica astronómica para cada día, expresados en horas y décimos de hora, registrados mediante un heliofanógrafo tipo Campbell-Stokes.

## Viento

Los valores de viento medio diario<sup>31</sup> se tomaron a partir de un anemómetro cuentavueltas totalizador, mientras que el valor de viento máximo<sup>32</sup> 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 5,9 km/h<sup>33</sup>, siendo el valor medio de la serie de mayo de 4,5km/h.

<sup>26</sup> Nótese que faltan registros de once días.

<sup>27</sup> 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.

<sup>28</sup> Serie de referencia para horas promedio mensual de insolación: 1989-2014

<sup>29</sup> Heliofanía relativa: relación entre la heliofanía efectiva con respecto a la heliofanía teórica astronómica.

<sup>30</sup> Valor calculado en bases a días con datos de heliofanía.

<sup>31</sup> 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.

<sup>32</sup> Viento máximo: valor de velocidad máxima monitorizado por un elemento registrador, expresado en este caso en función del día civil.

<sup>33</sup> Con la faltante de datos de dieciséis días.

El valor de viento máximo más alto del mes fue de 27,4km/h, registrado en la siesta del día 16, proviniendo desde la dirección Nonoreste.

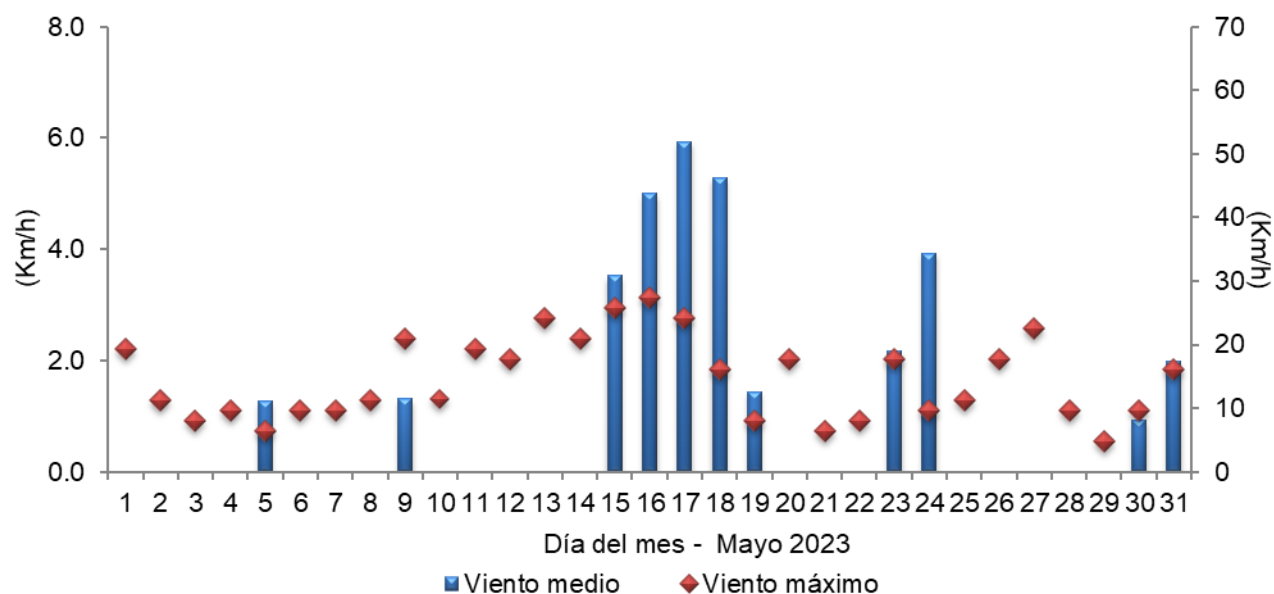


Figura 11. Valores de viento promedio diario a partir de anemómetro y, valor del viento máximo diario registrado por estación meteorológica automática.

En relación con la dirección del viento, se analizaron los datos a partir de la información generada por la estación automática. Se tomó en cuenta la velocidad media (km/h) en períodos de 15 minutos, con su correspondiente dirección prevalente para cada periodo. Se agruparon las direcciones prevalentes provenientes de los 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 rumbos<sup>34</sup> 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 R<sup>35</sup>, con el empleo del paquete “Open Air”<sup>36</sup> (Figura 12).

<sup>34</sup> 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).

<sup>35</sup> R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

<sup>36</sup> Carslaw, D. C. & K. Ropkins (2012). Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*. Volume 27-28, 52-61.

## Mayo 2023

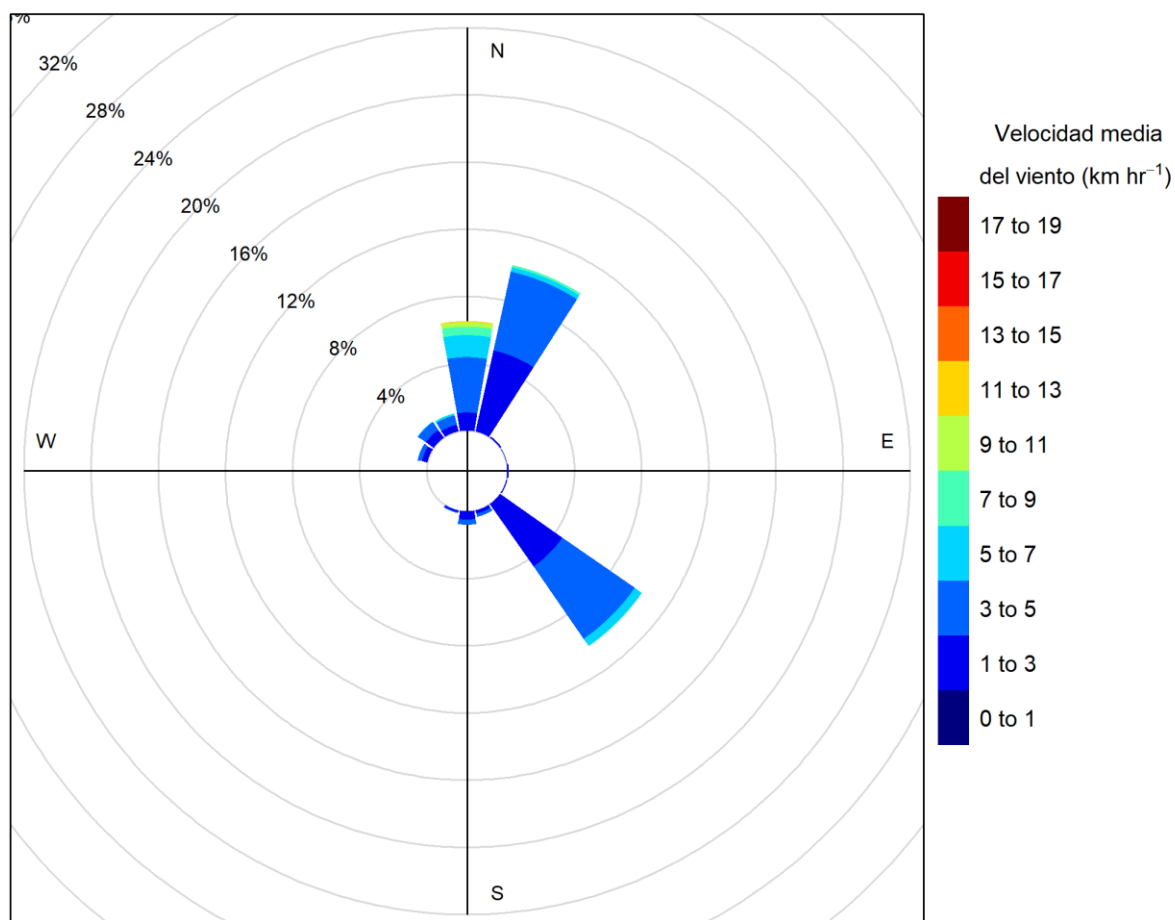


Figura 12. Porcentaje de la dirección del viento prevalente y porcentaje de cada intervalo de velocidad en cada una de las direcciones del viento para el mes de mayo de 2023.

La dirección prevalente del viento fue desde el sector Sudeste en 307 periodos seguido por el sector Nornoreste y Norte con 302 y 194 períodos respectivamente. La mayor proporción de velocidades se encontraron en el rango de 3 a 5km/h. El periodo con vientos medios más fuertes fue de 11,3km/h, desde la dirección Norte, para el día 16.

## Humedad

La humedad relativa ambiente media del mes fue de 80%<sup>37</sup>, 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 diarias<sup>38</sup>. Los valores extremos diarios fueron tomados del registro de datos de la estación automática.

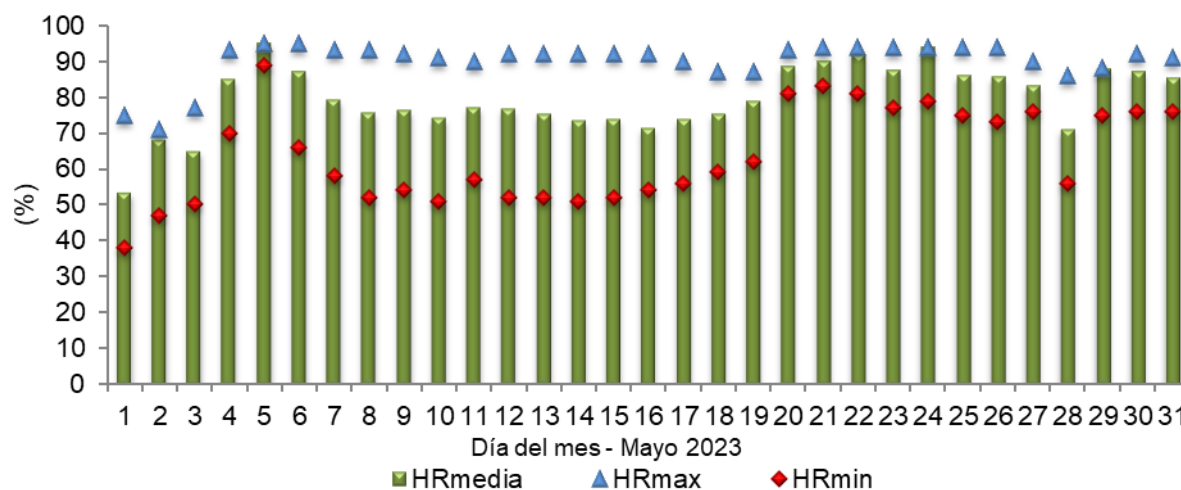


Figura 13. Valores diarios de humedad relativa (%).

El promedio de humedad relativa ambiente máxima diaria es del 90%, mientras que el promedio de valores mínimos diarios es del 64%.

El valor medio de humedad relativa fue superior al valor medio en la tercera década (Figura 14).

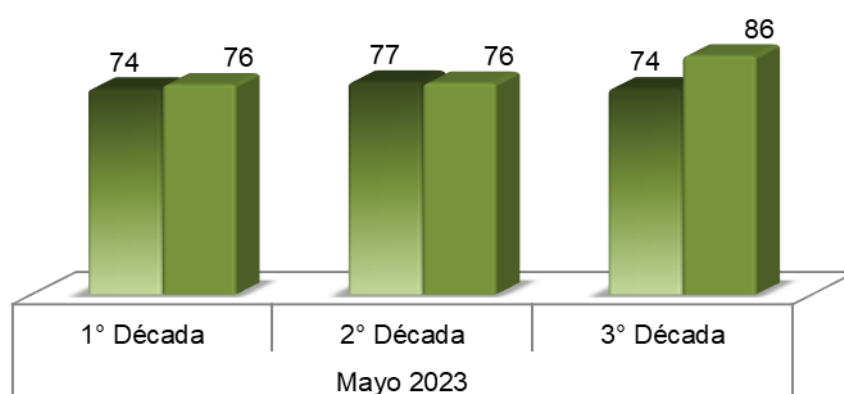


Figura 14. Valores medios de humedad relativa (%) agrupados por décadas para el mes de mayo. Referencias: colores: degradados (mayo serie 1989-2014), colores uniformes (mayo 2022).

<sup>37</sup> 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 11, 16, 22, 25, 28 y 31).

<sup>38</sup> 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.

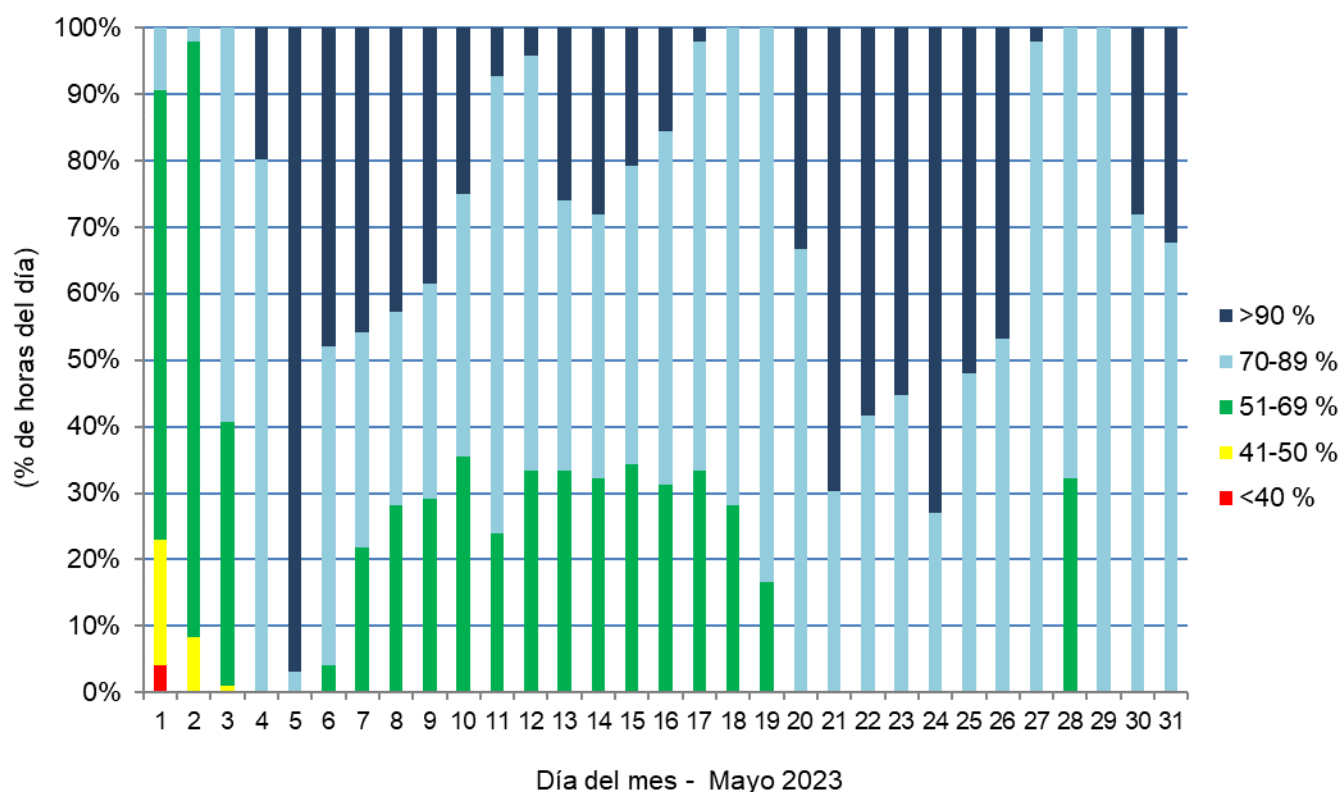


Figura 15. Duración horaria expresada como porcentaje del día para cada intervalo de humedad observado, en base al registro de la estación automática.

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).

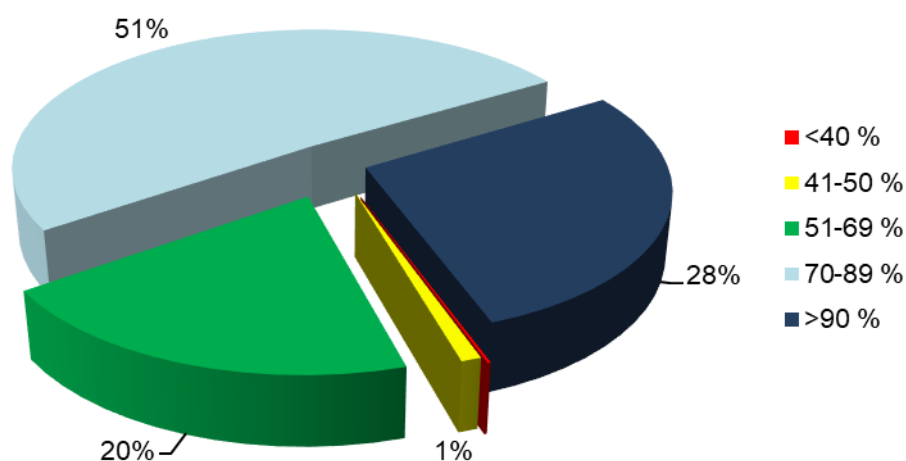


Figura 16. Horas totales mensuales expresadas como porcentaje de los diferentes rangos de humedad.



En el transcurso del mes, se han contabilizado 112 horas con humedad relativa ambiente por encima del 90% (55 horas le correspondían a esta categoría el mes pasado), mientras que fueron 39 horas con humedad relativa por debajo del 40% (86 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<sup>39 40 41 42</sup>. 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 corporal<sup>43</sup>. 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<sup>44 45 46</sup>.

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 84<sup>47</sup>. Los valores del índice mencionados anteriormente se obtienen mediante la fórmula<sup>48</sup>:

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

<sup>39</sup> Moran, J. (2005). *Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Landlinks Press.

<sup>40</sup> 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.

<sup>41</sup> 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.

<sup>42</sup> 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.

<sup>43</sup> 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.

<sup>44</sup> 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.

<sup>45</sup> 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.

<sup>46</sup> 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.

<sup>47</sup> 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.

<sup>48</sup> Referencias: “T” (temperatura en grados centígrados), “HR” (humedad relativa en porcentaje).

Aunque el conocimiento del índice por si 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 animal<sup>49</sup>. Es así, que se emplean estos parámetros en la fórmula a continuación, empleando el valor de ITH calculado con la fórmula presentada previamente, ajustando de esta manera el valor del índice:

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

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

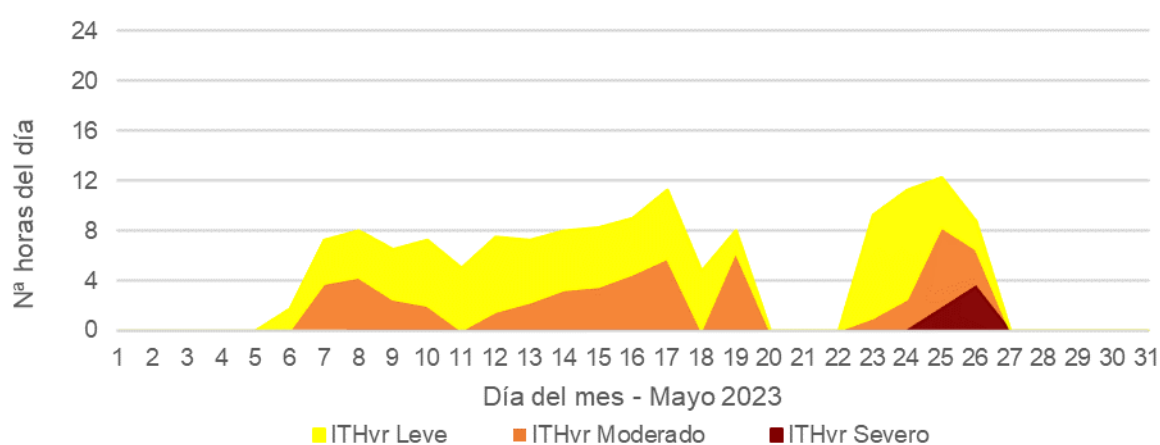


Figura 17. Duración horaria diaria para cada categoría del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de mayo de 2023.

A pesar de encontrarnos en mayo, se encontraron valores entre las categorías de “moderado” a “severo”, ocasionando estrés por calor y afectando así el confort del animal. Particularmente los días 25 y 26 presentaron más de 01:45h y 03:30h con valores del índice por encima del umbral de 84. 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 practicas 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 fisiológico<sup>50</sup>, que hace a la susceptibilidad individual del animal<sup>51</sup>.

<sup>49</sup> 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.

<sup>50</sup> 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.

<sup>51</sup> 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 18 (elaborada mediante un comando en R<sup>52</sup>) 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 mayo. El mayor valor calculado, 87, se registró entre las 14:15 y las 15:00h del día 26.

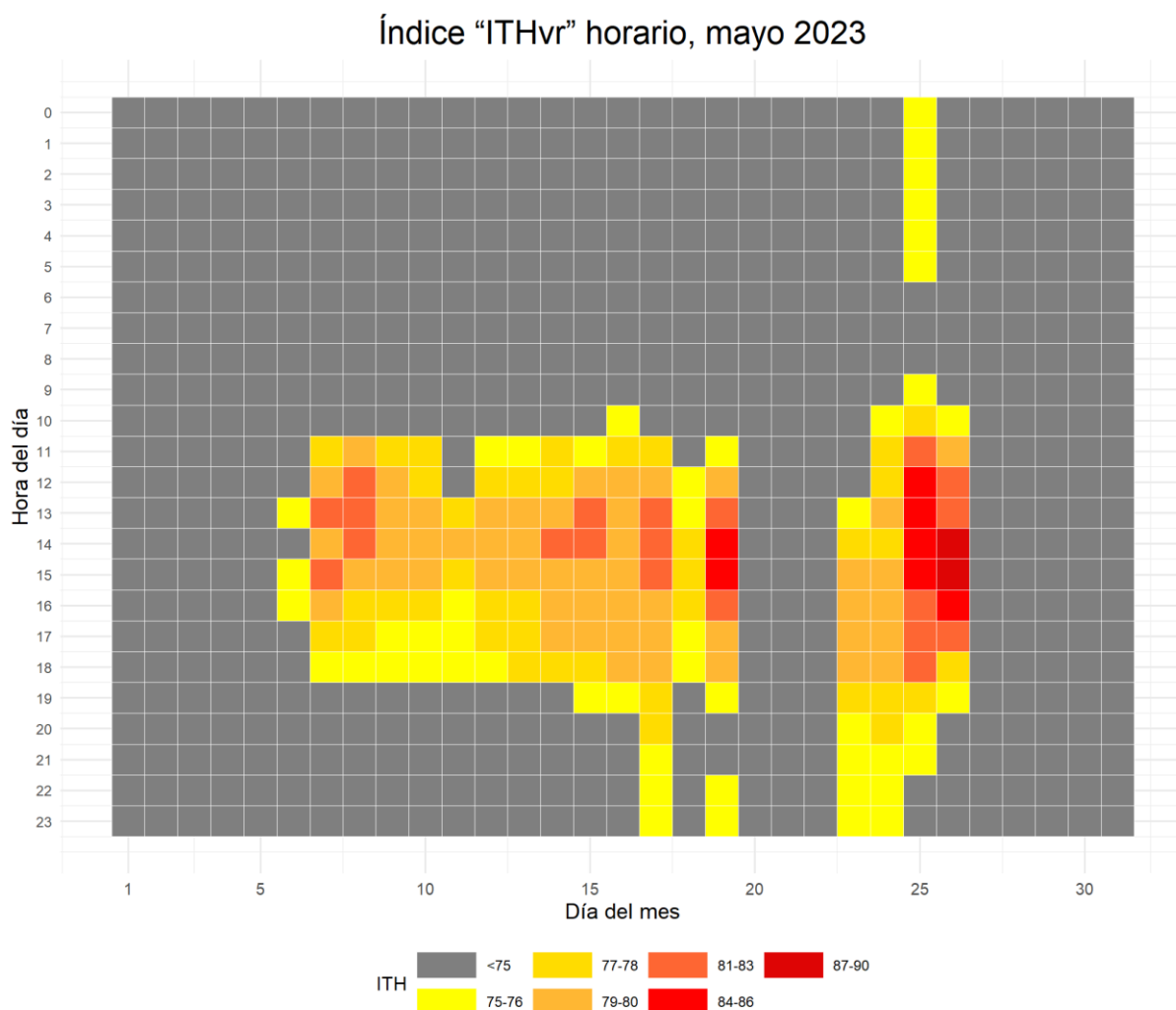


Figura 18. Distribución horaria diaria para cada valor del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de mayo de 2023.

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. En la segunda década es dónde se dieron la mayor cantidad de tiempo con valores del índice indicando estrés, siendo en la tercera donde se presentaron valores por encima del umbral para severo.

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 animal<sup>39</sup>. Acciones tácticas son

<sup>52</sup> Adaptado de: MacKintosh J. 2020. The hourly heatmap with ggplot2. <https://gist.github.com/johnmackintosh/520643a1f82a0c7df00cf949ba98a4e9>

requeridas ante los primeros signos del estrés por calor para prevenir o minimizar las pérdidas del rendimiento<sup>43</sup>. 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 productores<sup>51</sup>. Revise el pronóstico a corto plazo del índice “ITH”, sin ajustar, en: <http://siga2.inta.gov.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 raíces<sup>53</sup>. 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 trihorario<sup>54</sup> 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).

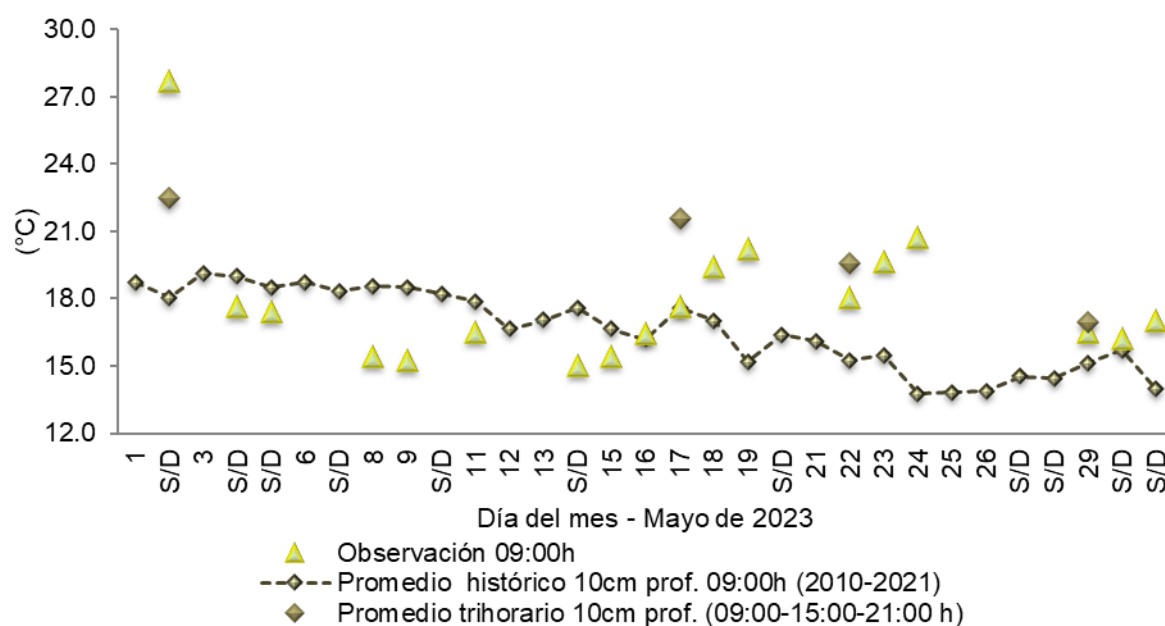


Figura 19. Valor de temperatura de suelo a las 09:00h suelo a 10cm bajo la superficie, valores medios trihorarios de temperatura de suelo a 10cm bajo la superficie. S/D: sin dato.

<sup>53</sup> Hillel, D., 2005: Thermal properties and processes. In: *Encyclopedia of Soils in the Environment*. D. Hillel, J.H. Hatfield, D.S. Powlson, C. Rosenzweig, K.M. Scow, M.J. Singer, & D.L. Sparks, Eds., vol. 4. Elsevier/Academic Press, pp. 156-163.

<sup>54</sup> 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 (ET<sub>0</sub>)<sup>55</sup>.

Los valores de evapotranspiración potencial fueron calculados a partir de los datos de la estación convencional para los días sin faltantes. Se acumularon 28,0mm en el presente mes<sup>56</sup>. 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 143,4mm en este mes (Figura 20).

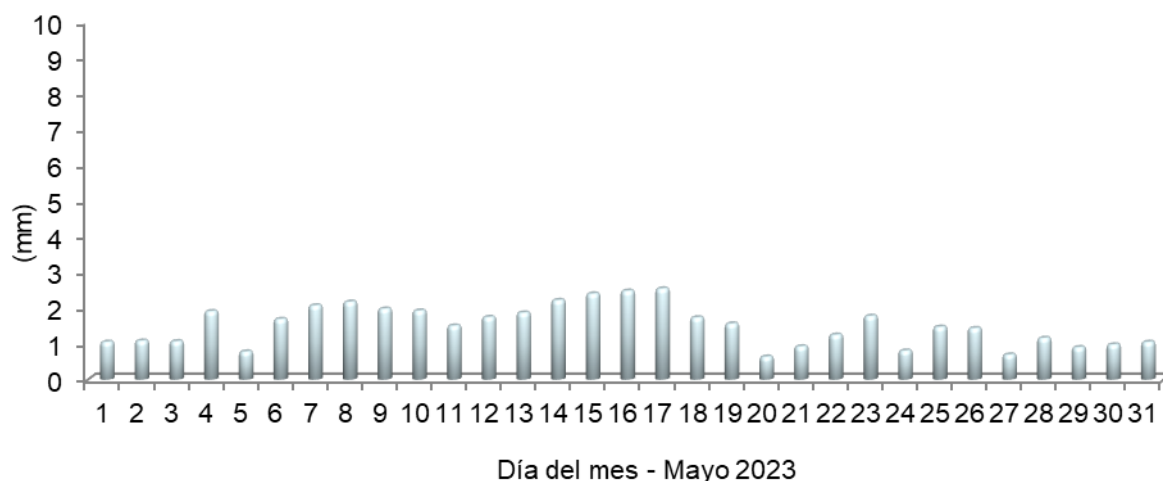


Figura 20. Valores diarios de evapotranspiración. Método Fao-Penman Monteith

Agradecemos la colaboración de los Srs. **Herrera O.W.**, **Andrada R. A.**  
y **Roldán H. M.**

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.

<sup>55</sup> 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.

<sup>56</sup> Valor calculado con la faltante de veintitrés datos en el presente mes.

## 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 23 y 24).

Todos fueron generados mediante software libre QGIS®<sup>57</sup>, 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 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.; Gdia. Escolta, Pistarelli J. P.; Añatuya, Tamer A.) cuyos datos son recolectados por el Ing. Puig<sup>58</sup> 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 y El Palmar) 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®.

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>

<sup>57</sup> QGIS Development Team (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

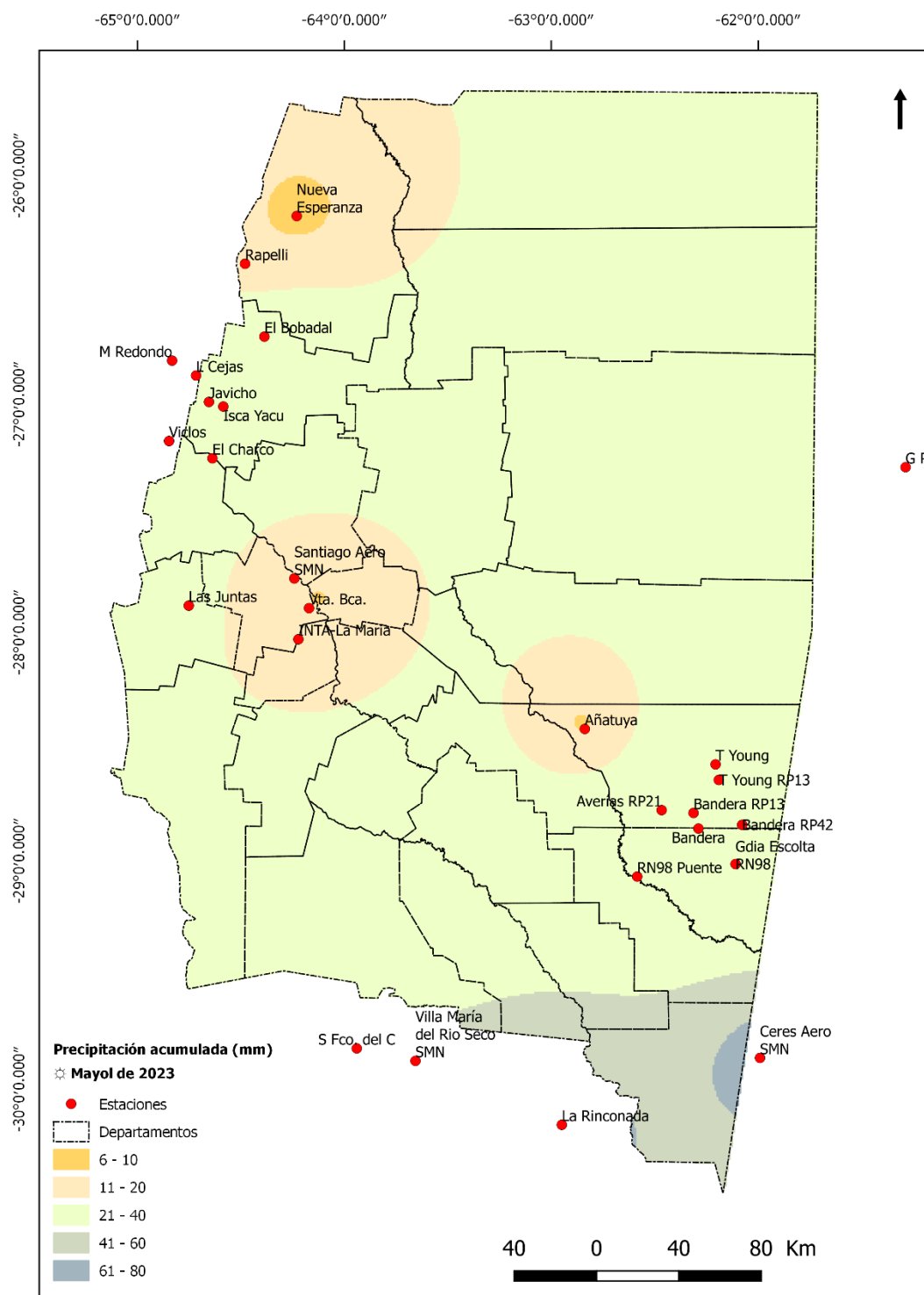
<sup>58</sup> Conforman la red las seis agencias de extensión de la EEA Quimilí, productores, empresas, instituciones y organizaciones de las diferentes zonas, aportando en forma remota los registros de cada evento para la carga de una base datos para su posterior análisis, y construcción de mapas para 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-santiagoueno>

En base a los datos de las estaciones o puntos pluviométricos confiables a los que se accedió, las precipitaciones variaron desde 5mm en Añatuya hasta 45mm en “RN98 Puente”. En la ciudad Capital al igual que en La Abrita se contabilizaron alrededor de 15-20mm. En el noreste, varió entre 7mm y 40mm. En Las Juntas se registraron 22mm. La Rinconada en el norte de la provincia de Córdoba y Ceres SMN fueron los valores más altos usados en la interpolación (Figura 21).

Si lo analizamos como anomalía porcentual (Figura 22), durante el mes de mayo, los déficits marcados se evidenciaron en el noreste del territorio provincial representando alrededor de un 60% por debajo de lo esperado de acuerdo a la climatología, para Nueva Esperanza, mientras que en la misma zona las otras estaciones presentaron valores por encima del promedio. Similar a lo registrado en Añatuya con déficit del 40% y un poco más al sudeste las otras estaciones presentaron valores similares o levemente por encima del promedio. En la zona de Capital los valores se encontraron alrededor del promedio. Hacia el sur se incrementan los valores de las anomalías positivas influenciado por los valores de las estaciones ubicadas en los límites de las vecinas provincias. La escasez de puntos empleados para la presente interpolación no permite una buena aproximación de la condición acaecida en la mayor parte del territorio.

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



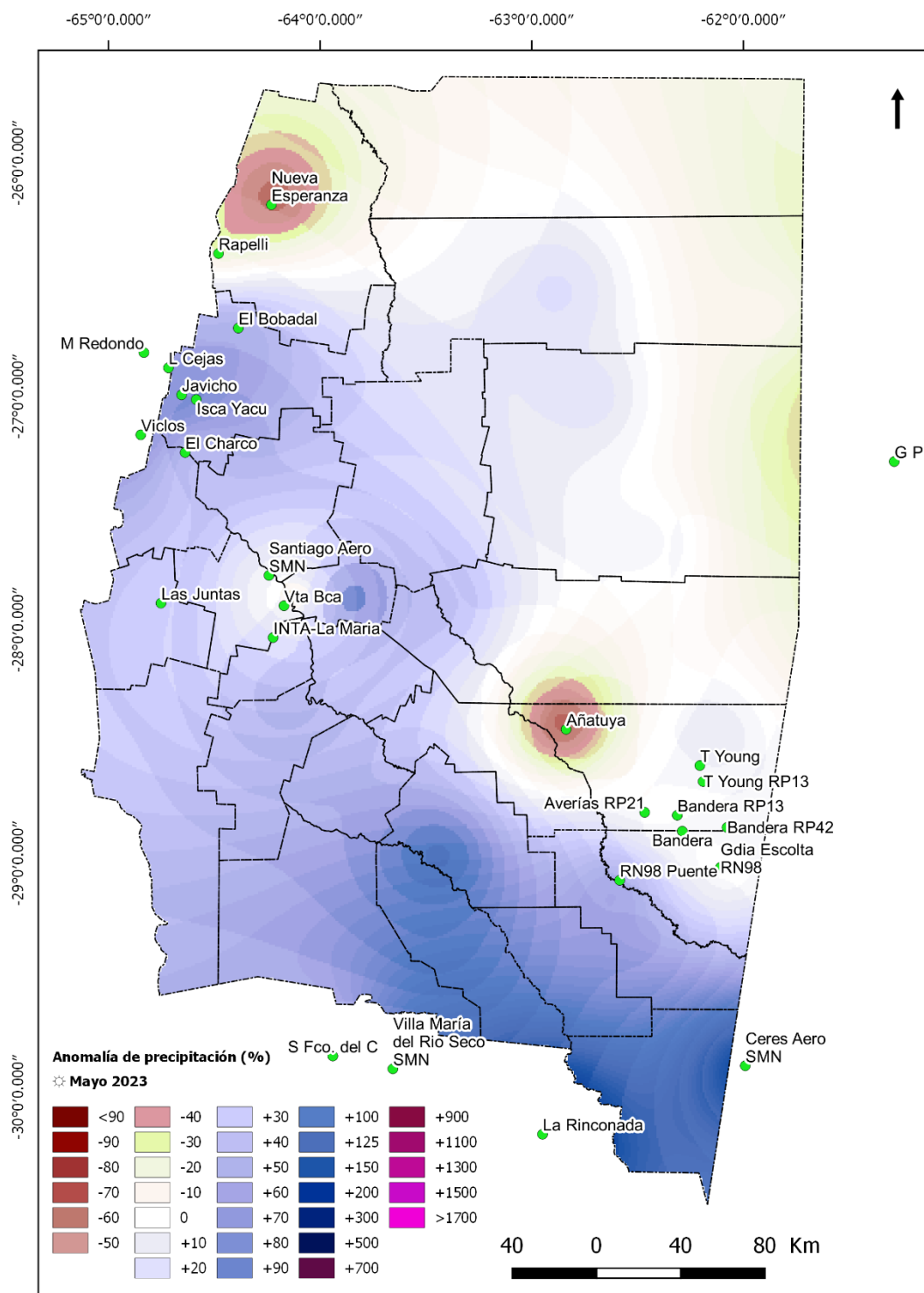
Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía  
Argentina

Figura 21. Precipitación acumulada (mm) observada durante mayo de 2023.





**Fuente:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; A.E.R.Bandera (EEA Quimili); Servicio Meteorológico Nacional; Ministerio de producción, provincia de Chaco; Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, provincia de Tucumán; MAYG, provincia de Córdoba productores colaboradores. Sistematización de datos y mapeo: Nelson J. Dominguez y Howard van Meer. E.E.A.S.E. - INTA. v3.0. Método: 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 mayo de 2023.

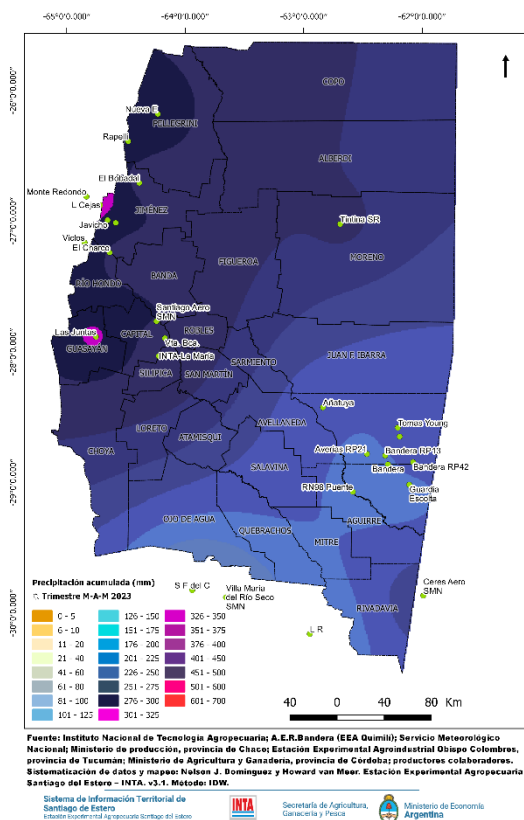


Figura 23. Precipitación acumulada (mm) entre marzo y mayo de 2023.

Las lluvias acumuladas durante el trimestre marzo-abril-mayo de 2023 (Figura 23) variaron desde los 134mm en Guardia Escolta hasta casi 400mm en Las Cejas. En INTA-La María se contabilizaron 277,8mm, mientras que fue un poco más en el aeródromo de la ciudad Capital; 259mm fueron en Vta. de la Barranca. Hacia el sudeste los valores alcanzaron los 198mm en “Tomas Young RP13”, por su parte, Bandera sumó 323,0mm. En el Noroeste el menor registro fue de Isca Yacu con 226mm. 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.

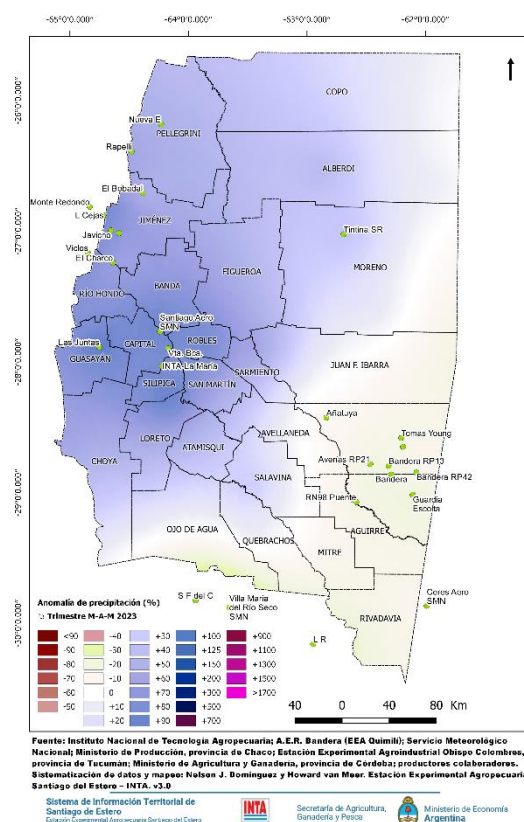


Figura 24. Anomalía de precipitación (%) entre marzo y mayo de 2023.

Si analizamos el valor acumulado trimestral con relación al valor promedio histórico para igual periodo de tiempo, podemos apreciar que las anomalías negativas alcanzaron el 15% en el sudeste, mientras que hacia el este fueron positivas y oscilaron el 50% y el 80%. Las restantes áreas en que no se cuentan con fuente de datos en esas franjas, la confiabilidad de la representación es baja (Figura 24).

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