

ISSN N°1850-4086 N°1610

Informe del Mes de Octubre 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 octava ubicación para un mes de octubre, mientras que el valor medio de temperaturas mínimas se ubicó en la décima posición entre los más altos también. El valor medio de temperaturas máxima de la primera década se ha ubicado en la segunda posición entre los más altos, Al mismo tiempo, el valor medio de temperaturas mínimas se coloca en la undécima posición entre los más bajos. En la tercera década, el valor medio de temperaturas mínimas se ubica en la segunda posición entre los periodos con el valor más alto. Se ha registrado un valor diario de temperaturas mínimas que se encuentra ente los más bajos del mes. No se han registrado heladas meteorológicas. En cambio, se ha contabilizado una helada

agronómica.

Se han registrado 49,2mm de precipitación en el actual mes, catalogándose como superior al normal. El actual mes ubica su acumulado en la decimotercera posición del ranking.

Los vientos provinieron predominantemente desde la dirección Sudeste. Se registraron vientos máximos de 43,5km/h a 2m de altura sobre la superficie.

La humedad relativa del ambiente presentó valores inferiores al promedio en las dos últimas décadas. Un 11% del tiempo los valores de este parámetro se encontraron por encima del 90%, mientras que en un 22% 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 once días del mes.

TEMPERATURA

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

El valor promedio de temperatura media mensual fue superior al normal², de acuerdo con el promedio de la serie³, colocándose en la decimoséptima ubicación⁴, ordenados de manera descendente. El valor medio de temperatura máxima fue superior al normal, colocándose en la octava ubicación⁵. El valor medio de temperatura mínima fue superior al normal y comparte la décima posición⁶ con el año 2011. Los valores medios de temperaturas fueron mayores al del pasado mes de septiembre.

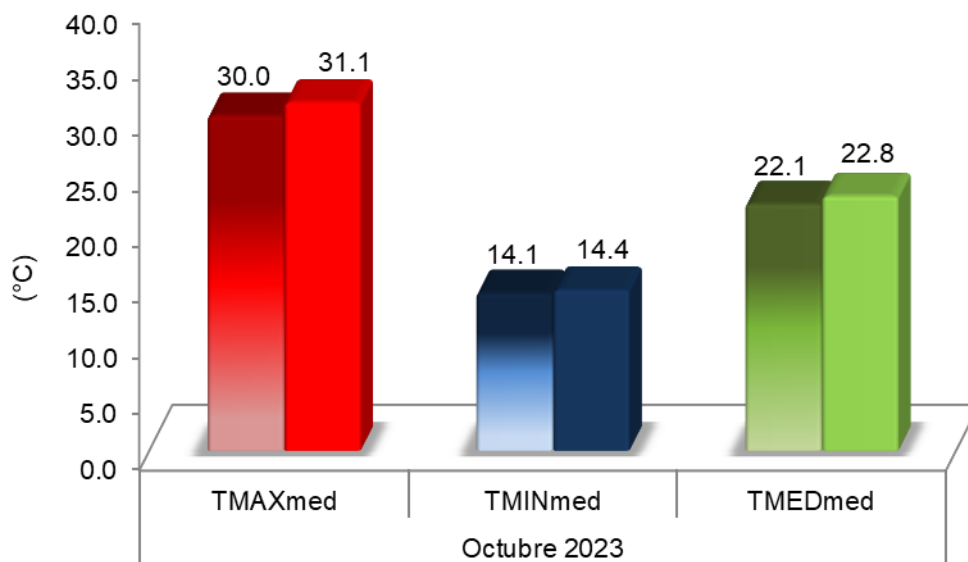


Figura 1. Valores medios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias para el mes de octubre. Referencias: colores degradados (octubre serie 1991-2020), colores uniformes (octubre 2023).

¹Temperaturas máximas y mínimas diarias del día 14. Temperatura máxima de los días 11, 14, 17, 21, 24 y 27. Temperatura mínima de los días 06, 15 y 22. 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 22,4°C se ubicaría en la decimonovena posición.

⁵ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 31,2°C compartiría la séptima posición con los años 2003, 2006 y 2020.

⁶ Sí solamente empleamos los valores medios diarios obtenidos con la estación convencional, el valor medio de 14,9°C se ubicaría en la novena posición.

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 2,3°C.

El valor de temperatura media fue inferior al normal en la segunda década⁷ (Fig. 2). El valor medio de temperatura máxima de la primera década fue inferior al de la última década del mes de agosto, mientras que el de temperatura mínima fue superior.

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

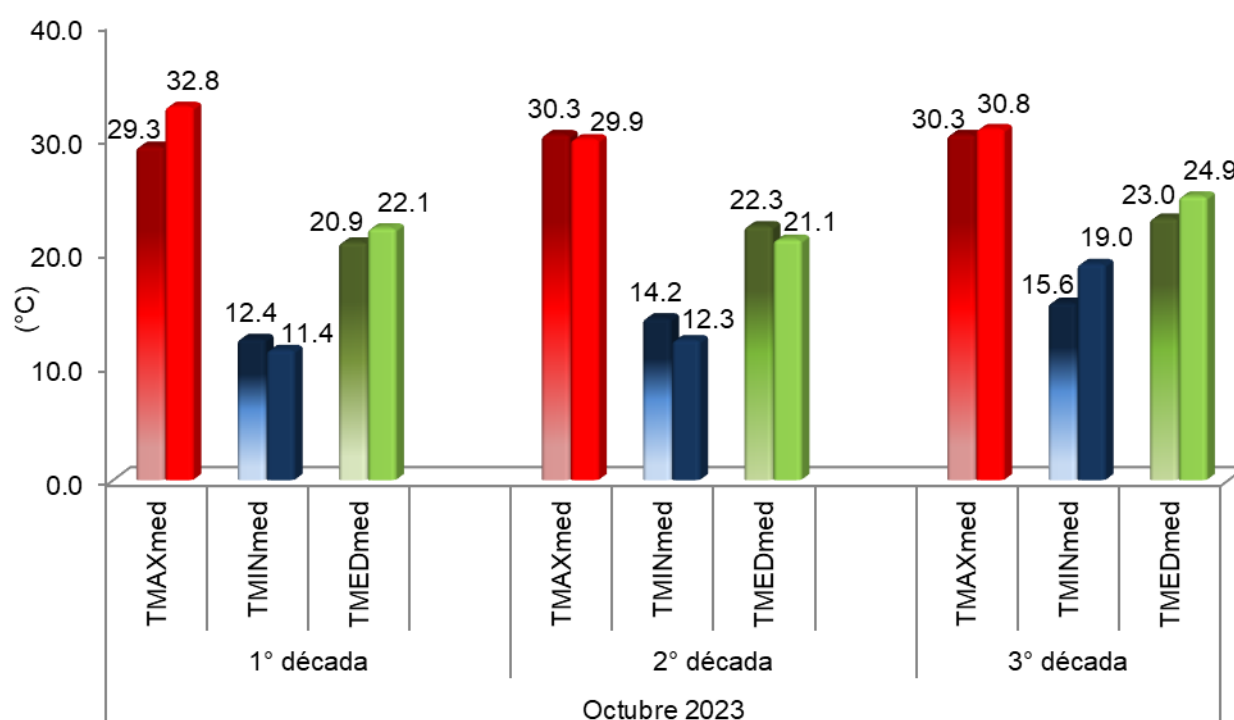


Figura 2. Valores medios de temperaturas máximas, mínimas y medias, agrupadas en períodos decadales, para el mes de octubre. Referencias: colores degradados (octubre serie 1991-2020), colores uniformes (octubre 2023).

El valor medio de temperaturas máximas de la primera década comparte la segunda posición⁸ entre los valores más altos con el año 1994 y, el valor de temperaturas mínimas medio de esta década se coloca en la posición once⁹ entre los más bajos en este caso. 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 32,8°C conservaría igual posición.

⁹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 12,0°C se ubicaría en la décimo cuarta posición.

década, el valor medio de temperaturas máximas calculado se ubica en la octava posición¹⁰, y el valor medio de temperaturas mínimas¹¹ se coloca en la séptima posición (ambos ordenados de manera descendente). En la tercera década, el valor promedio de temperaturas máximas¹² comparte la decimocuarta posición con el año 2010 y el de mínimas se ubica en la segunda posición¹³. Con respecto a las temperaturas medias, la primera década se ubica en la décima posición¹⁴, el valor de la segunda¹⁵ se ubica en la octava posición y la tercera¹⁶ década comparte la sexta posición con el año 2019, ordenados los valores de manera descendente en solamente en la primera y tercera década.

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.

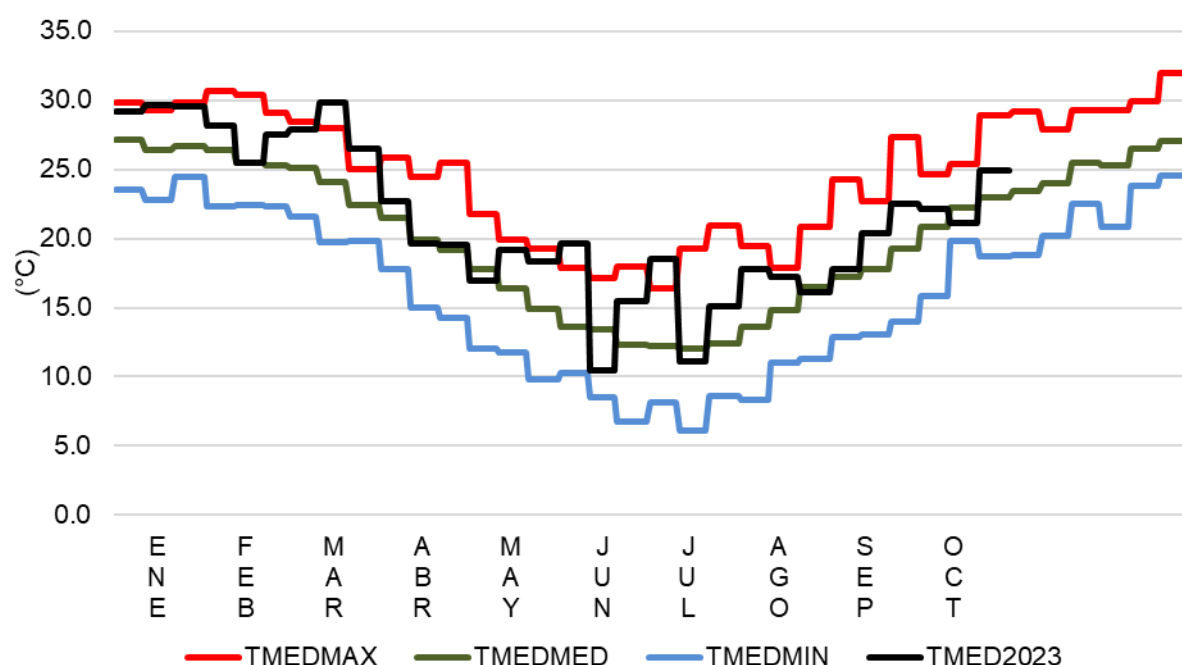


Figura 3. Valores de temperatura media absoluta máxima (TMEDMAX), absoluta mínima (TMEDMIN) y valor medio (serie 1991-2020) (TMEDMED), expresados en forma promedio decadal y, valor de temperatura medio decadal del presente año (TMED2023).

¹⁰ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 29,7°C se ubicaría en la decimotercera posición.

¹¹ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 13,7°C compartiría la decimotercera posición con el año 1999.

¹² Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 30,8°C conservaría igual posición.

¹³ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 18,5°C compartiría la cuarta posición con el año 1990.

¹⁴ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 22,0°C conservaría igual posición.

¹⁵ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 20,8°C se colocaría en la quinta posición.

¹⁶ Sí solamente se hubieran empleado los valores diarios obtenidos en la estación convencional, el valor medio de 20,4°C compartiría la undécima posición con el año 2006.

Se realizó un análisis de los valores de temperaturas más altos registrados en cada categoría, de acuerdo con la serie histórica¹⁷ del mes de octubre (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°	2009,2014,2019, 2022	43,0	2014	26,0	2013	33,8
2°	2020	42,5	2013	25,5	2014	33,5
3°	2013,2017	42,0	2002	25,2	2009	33,2
4°	1995,2007	41,5	2011	25,0	2022	32,2 ¹⁸
5°	1993	41,4	2009	24,4	2002,2020	31,6
	2023	40,5	2023	23,3¹⁹	2023	31,9²⁰

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 octubre (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°	1990	14,4	1991	0,8	1991	11,5
2°	1989,1993,2019	14,5	2021	0,2	2019	11,8
3°	1991	15,6	2022	0,4	1999	12,3
4°	1994	16,4	2010	2,0	1990	12,8
5°	2007,2017	16,5	2013	2,0	1989, 2022	12,9
	2023	18,9	2023	1,5	2023	14,1

De las tablas se puede mencionar que al menos ha ocurrido un valor diario de temperatura media elevado para el mes, a la vez, un valor de temperatura diaria mínimo se encuentra entre los más bajos del mes.

En diecinueve días la temperatura máxima diaria se ha encontrado por encima del umbral de los 30,0°C, siendo similar al valor promedio (Figura 4).

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

¹⁸ Valor calculado a partir de los datos combinados de temperatura mínima de estación automática y de temperatura máxima de estación convencional para el día 29.

¹⁹ Valor tomado de estación automática para el día 22.

²⁰ Valor calculado a partir de los datos combinados de temperatura mínima de estación automática y de temperatura máxima de estación convencional para el día 22.

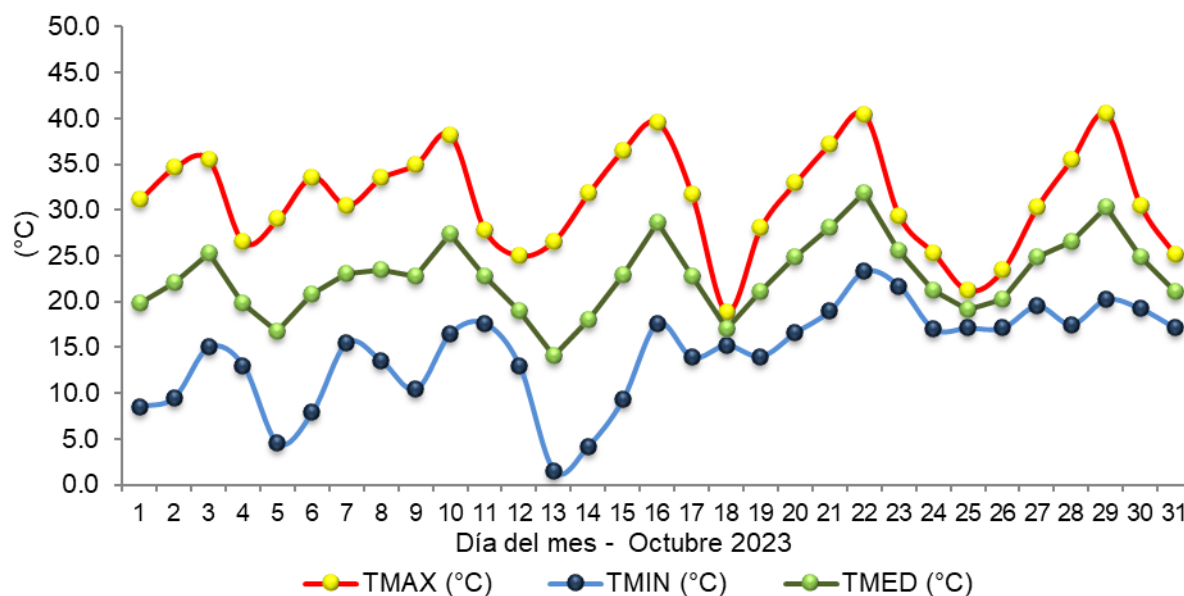


Figura 4. Valores diarios de temperatura para el mes de octubre de 2023.

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 como 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.

Tabla 3. Día de ocurrencia en el mes de octubre, 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
13	1,5	-1,5	Desde las 06:00 hasta las 07:45

De la Tabla 3 podemos indicar que ha ocurrido solamente una “helada agrometeorológica” en el actual mes. El promedio de días con este tipo de heladas en el mes de octubre es de cero, ocurriendo solamente en nueve años. Para igual mes del año anterior se contabilizaron dos heladas de esta clase.

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.

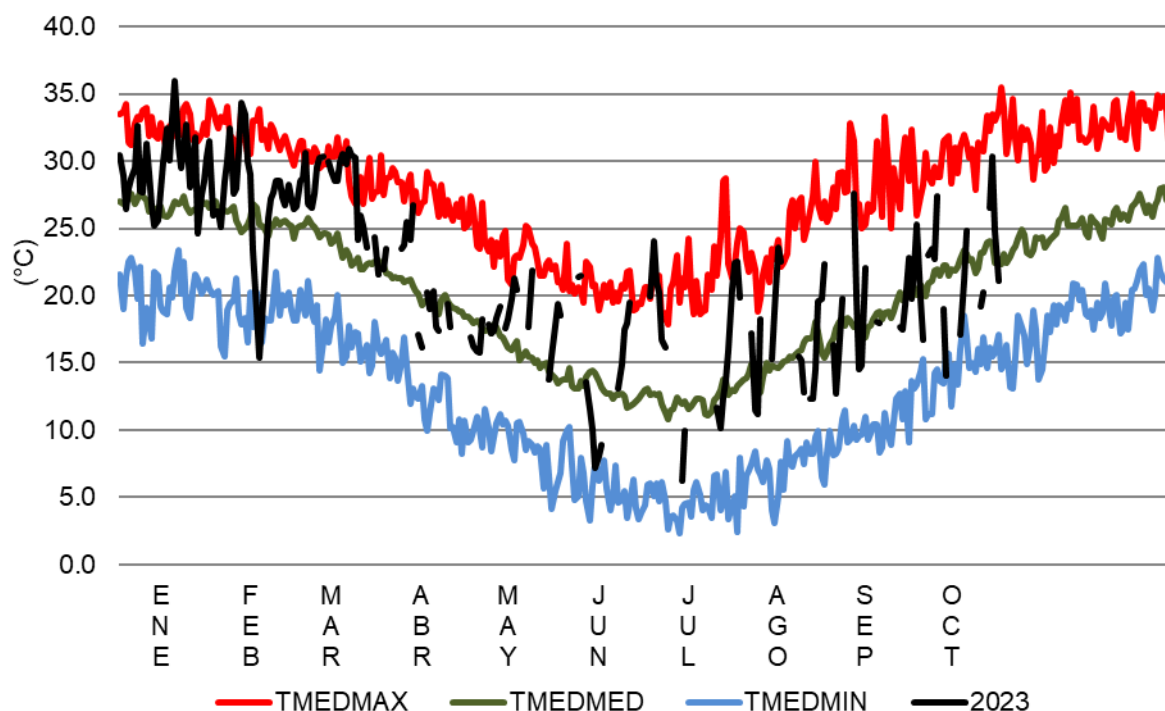


Figura 5. Valores de temperatura media: absoluta máxima, absoluta mínima y valor medio (serie 1991-2020), expresados en forma diaria y, valor de temperatura medio diario del presente año.

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 cultivo²¹. 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 diarias) por encima de un cierto umbral de temperatura base, acumulada diariamente durante un período de tiempo. Estas temperaturas dependen de la fase de desarrollo, no obstante, a los fines del presente, se ha definido solo una, independientemente del estado fisiológico.

²¹ 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.

Para el cultivo algodón²² se han acumulado 30,5, 54,7 y 75,0 grados días (temperatura base: 15,5°C²³), en cada una de las tres décadas respectivamente, totalizando 160,2 grados días²⁴ para el mes de octubre. Para los requerimientos de un cultivo de maíz^{25,26,27}, de modo general se han acumulado 120,9, 111,0 y 161,6 grados días de desarrollo²⁸ de la planta, totalizando 393,4 grados días en el mes.

PRECIPITACIÓN

Se registraron 49,2mm de precipitación acumulada de manera mensual. Se constató que este valor estuvo 5,4mm por encima del promedio de la serie²⁹ para el presente mes.

Ordenando de mayor a menor las cantidades acumuladas en cada uno de los meses de octubre de la serie de datos históricos se puede indicar que el actual mes se ha ubicado en el puesto N°13 del ranking.

²² Para más información respecto al estado del cultivo en las diferentes provincias productoras, revise los informes mensuales publicados en el sitio: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/algodon/informes/>

²³ Fraisse C., Bellow J. & Brown C. 2019. Degree Days: Heating, Cooling, and Growing1. Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Serie ABE381.

²⁴ Empleando los datos combinados de la estación meteorológica y convencional aclarados en la nota al pie N° **¡Error! Marcador no definido..**

²⁵ Gilmore, E.C., Jr. & Rogers, J.S. (1958). Heat Units as a Method of Measuring Maturity in Corn1. *Agron. J.*, 50: 611-615. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000100014x>

²⁶ Kumudini, S., Andrade, F. H., Boote, K. J., Brown, G. A., Dzotsi, K. A., Edmeades, G. O., ... & Tollenaar, M. (2014). Predicting maize phenology: intercomparison of functions for developmental response to temperature. *Agronomy Journal*, 106(6), 2087-2097. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0200>

²⁷ Baum, M.E., Archontoulis, S.V. & Licht, M.A. (2019), Planting Date, Hybrid Maturity, and Weather Effects on Maize Yield and Crop Stage. *Agronomy Journal*, 111: 303-313. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.04.0297>

²⁸ Se consideran temperaturas extremas diarias mayores a 10°C y menores a 30°C. En el caso de superar estos umbrales se emplea el valor del umbral para el cálculo

²⁹ Serie histórica considerada para el análisis de las precipitaciones mensuales: 1981-2020.

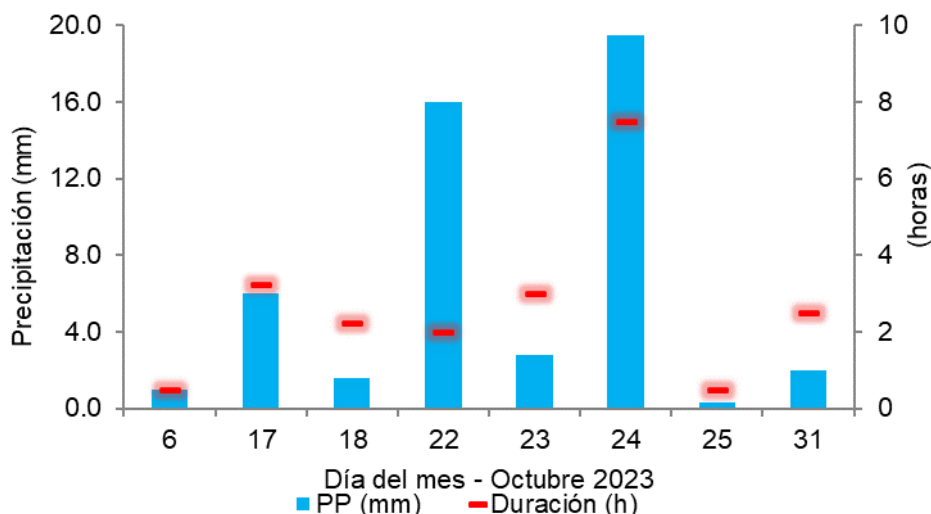


Figura 6. Valores de precipitaciones registradas como día pluviométrico mediante pluviómetro tipo “B” y duración³⁰ de los eventos a partir de los registros de estación meteorológica automática.

Se han contabilizado nueve eventos de los cuales ocho fueron registrables³¹. El valor de días con precipitación registrable es de 6, para la serie del mes de octubre³².

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de cada uno de los meses de octubre 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 3,0mm como valor mínimo y 197,0mm como valor máximo.

Considerando que las precipitaciones son un fenómeno discontinuo temporal y espacialmente, una mejor descripción se obtiene con el uso de la Mediana, que es una medida estadística de posición central de los datos, informándonos un valor que indica que existe un número igual de datos inferiores y superiores a este valor. Para el caso del mes de octubre, dicho valor es de 36,1mm. Relacionado a esto, el actual mes presentó un comportamiento por encima del “normal”.

³⁰ 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.

³¹ 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.

³² Serie histórica considerada para el análisis del número de días con precipitaciones: 1989-2020.

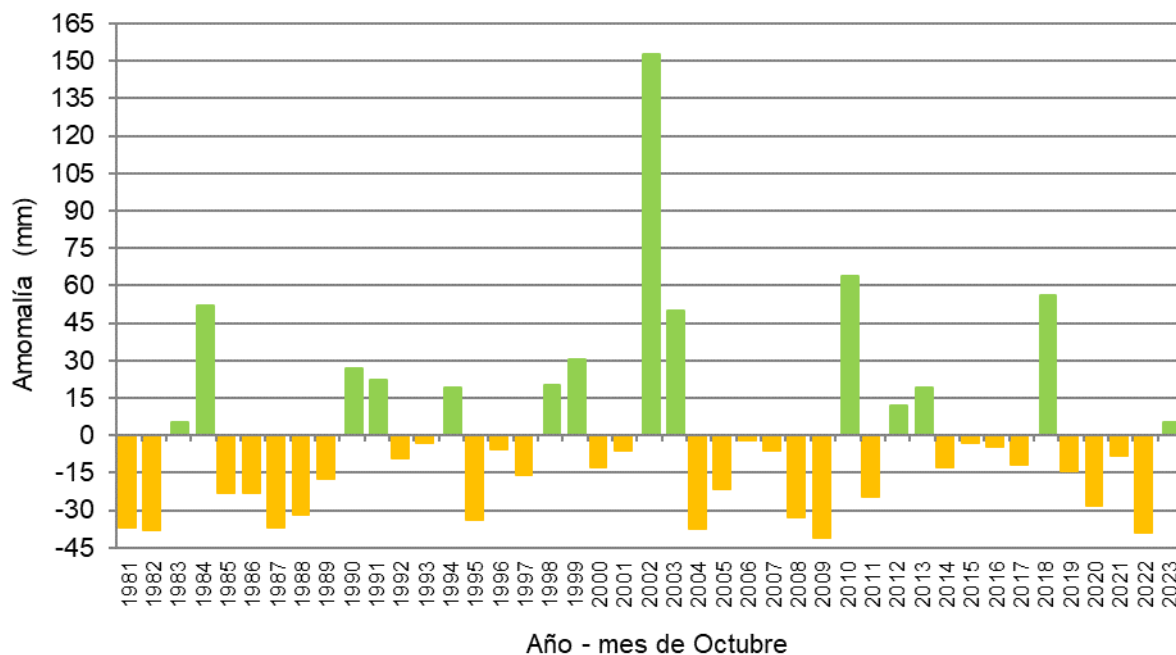


Figura 7. Anomalía de precipitación mensual (mm) para el mes de octubre. Serie histórica (1981-2020).

Analizando el set de datos históricos, se constata que, en solo 12 años se registraron acumulados mayores a 50mm.

Se analizaron los valores de precipitación máximos registrados en un día pluviométrico³³, de acuerdo con la serie histórica del mes de octubre (Tabla 4).

Tabla 4. Valores máximos históricos de precipitación diaria³⁴ para el mes de octubre.

	Año	mm
1°	2010	109,0
2°	2000	102,5
3°	1999	84,0
4°	1997	73,5
5°	2014	70,0

El valor máximo registrado en un periodo de 15 minutos por nuestra estación automática fue de 10,6mm en la noche del día civil 22.

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 16% (Figura 8).

³³ 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.

³⁴ Serie histórica considerada para el análisis del valor máximo de precipitación acumulada en un día pluviométrico: 1989-2022.

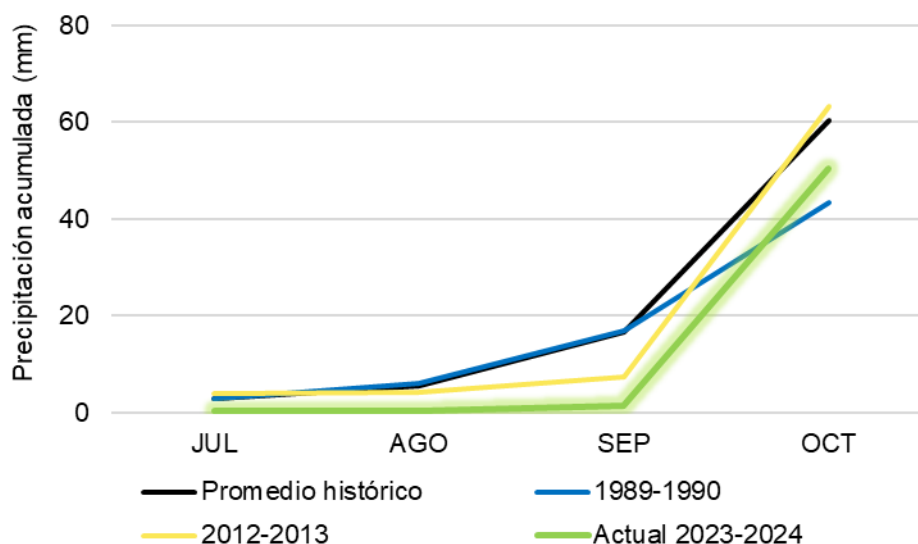


Figura 8. Valores de precipitación acumulada en año agrícola. Se presenta el promedio (línea negra) de la serie “La María” (1981-2020), además, aquellas campañas en las cuales se observaron los máximos (línea azul) y mínimos (línea amarilla) de precipitación acumulada total y, valor acumulado actual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

El valor acumulado promedio hasta el mes de octubre es de 60mm con un valor de mediana de 55mm, siendo el acumulado actual, desde julio a octubre del 2023, de 50,5mm.

En la Figura 7 se ejemplifica cómo fue la anomalía en milímetros de la precipitación acumulada en cada campaña desde julio a octubre, 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 octubre, dejan a la actual campaña en la vigesimocuarta posición (de 42 años), ordenados los acumulados de manera descendente.

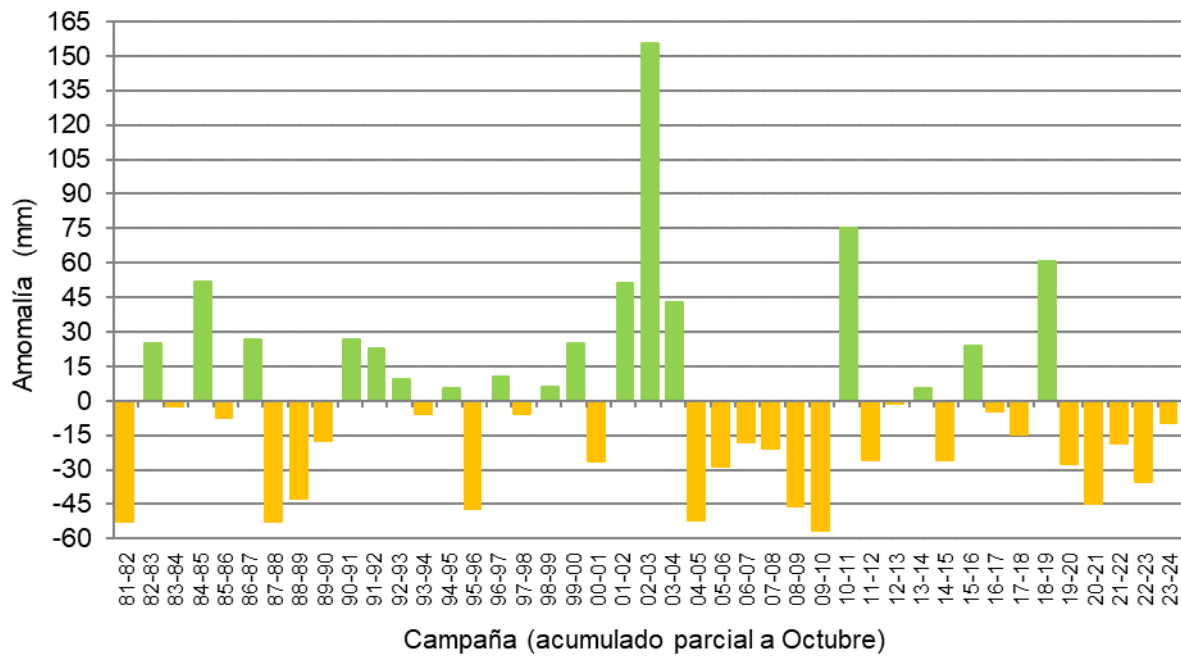


Figura 9. Anomalia de precipitación acumulada (mm) desde julio a octubre de cada campaña agrícola. Serie histórica (1981-2020).

INSOLACIÓN

Durante el mes se han acumulado 153,1³⁵ horas de heliofanía efectiva³⁶, el valor promedio de la serie³⁷ para el presente mes es de 222 horas. Expresado como heliofanía relativa³⁸, el presente mes presentó un valor promedio del 51%³⁹.

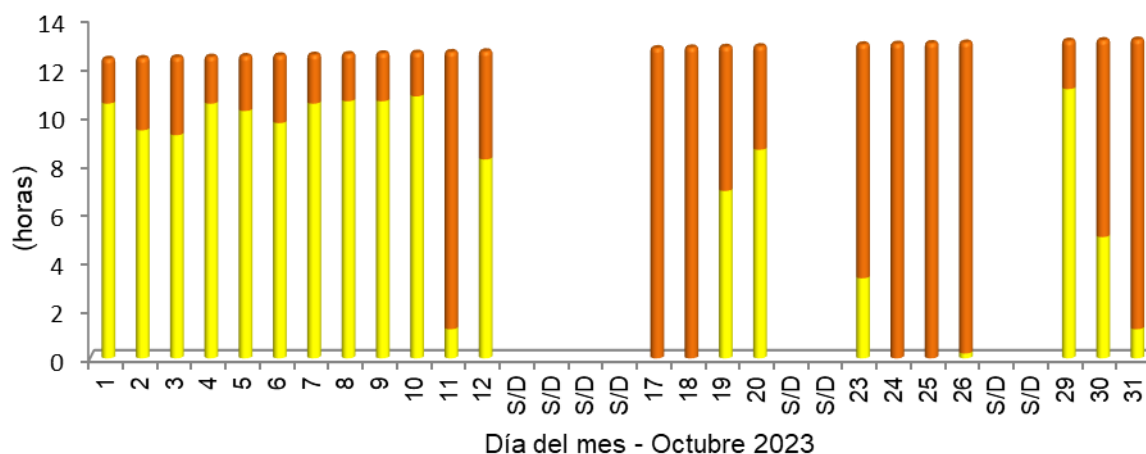


Figura 10. Valores de heliofanía efectiva con relación a la heliofanía teórica astronómica para cada día, expresados en horas y décimos de hora, registrados mediante un heliofanógrafo tipo Campbell-Stokes.

Viento

Los valores de viento medio diario⁴⁰ se tomaron a partir de un anemómetro cuentavueltas totalizador, mientras que el valor de viento máximo⁴¹ 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 4,5 km/h⁴², siendo el valor medio de la serie de octubre de 6,5km/h.

El valor de viento máximo más alto del mes fue de 43,5km/h, registrado en la mañana del día 11, proveniente desde la dirección Sureste.

³⁵ Nótese que faltan registros de seis días.

³⁶ 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.

³⁷ Serie de referencia para horas promedio mensual de insolación: 1989-2014.

³⁸ Heliofanía relativa: relación entre la heliofanía efectiva con respecto a la heliofanía teórica astronómica.

³⁹ Valor calculado en bases a días con datos de heliofanía.

⁴⁰ 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.

⁴¹ Viento máximo: valor de velocidad máxima monitorizado por un elemento registrador, expresado en este caso en función del día civil.

⁴² Con la faltante de datos de catorce días.

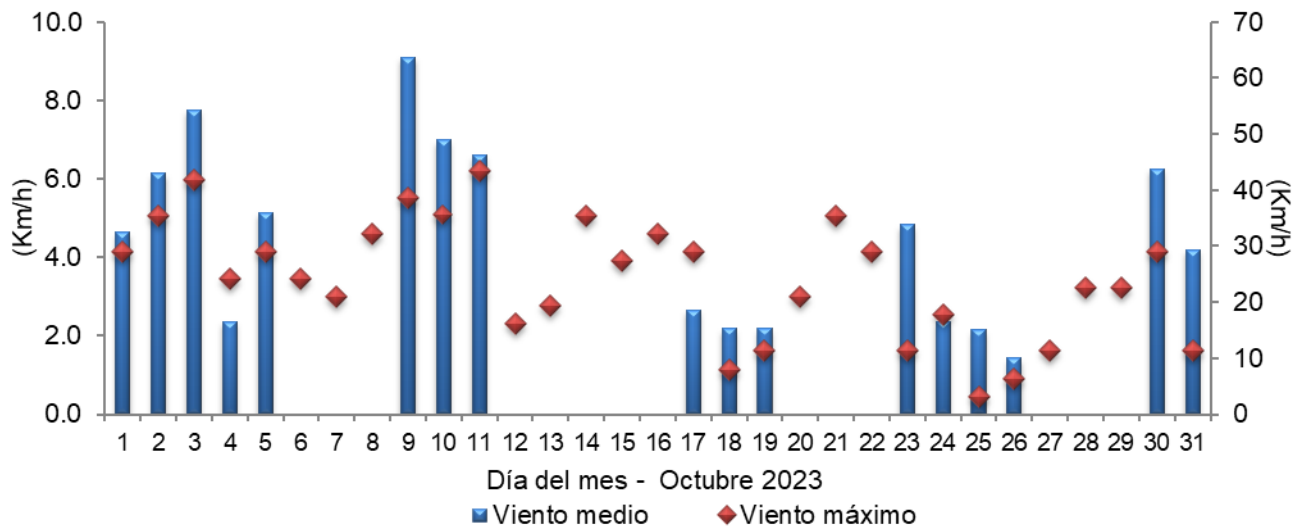


Figura 11. Valores de viento promedio diario a partir de anemómetro y, valor del viento máximo diario registrado por estación meteorológica automática.

En relación con la dirección del viento, se analizaron los datos a partir de la información generada por la estación automática. Se tomó en cuenta la velocidad media (km/h) en períodos de 15 minutos, con su correspondiente dirección prevalente para cada periodo. Se agruparon las direcciones prevalentes provenientes de los 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 rumbos⁴³ posibles de orientación de la dirección del viento. Se registró un 46% de períodos con viento en calma, es decir, velocidades medias iguales a 0,0km/h. La figura fue confeccionada mediante el lenguaje R⁴⁴, con el empleo del paquete “Open Air”⁴⁵ (Figura 12).

⁴³ 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).

⁴⁴ 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/>.

⁴⁵ Carslaw, D. C. & K. Ropkins (2012). Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*. Volume 27-28, 52-61.

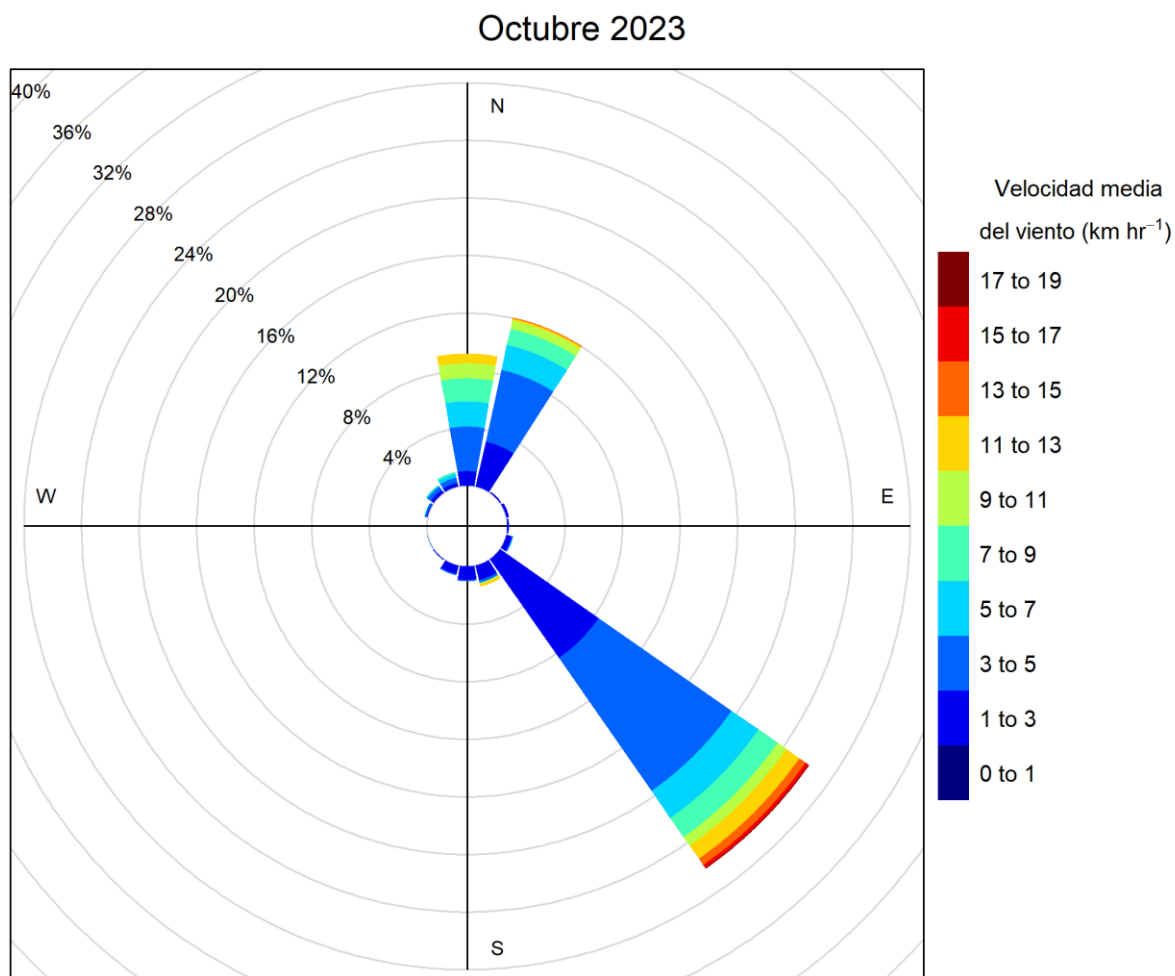


Figura 12. Porcentaje de la dirección del viento prevalente y porcentaje de cada intervalo de velocidad en cada una de las direcciones del viento para el mes de octubre de 2023.

La dirección prevalente del viento fue desde el sector Sureste en 780 periodos seguido por el sector Nornoreste con 358 períodos. La mayor proporción de velocidades se encontraron en el rango de 3 a 5km/h. El periodo con vientos medios más fuertes fue de 17,7km/h, desde la dirección Sudeste los días 11 y 16.

Humedad

La humedad relativa ambiente media del mes fue de 63%⁴⁶, similar 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 diarias⁴⁷. Los valores extremos diarios fueron tomados del registro de datos de la estación automática.

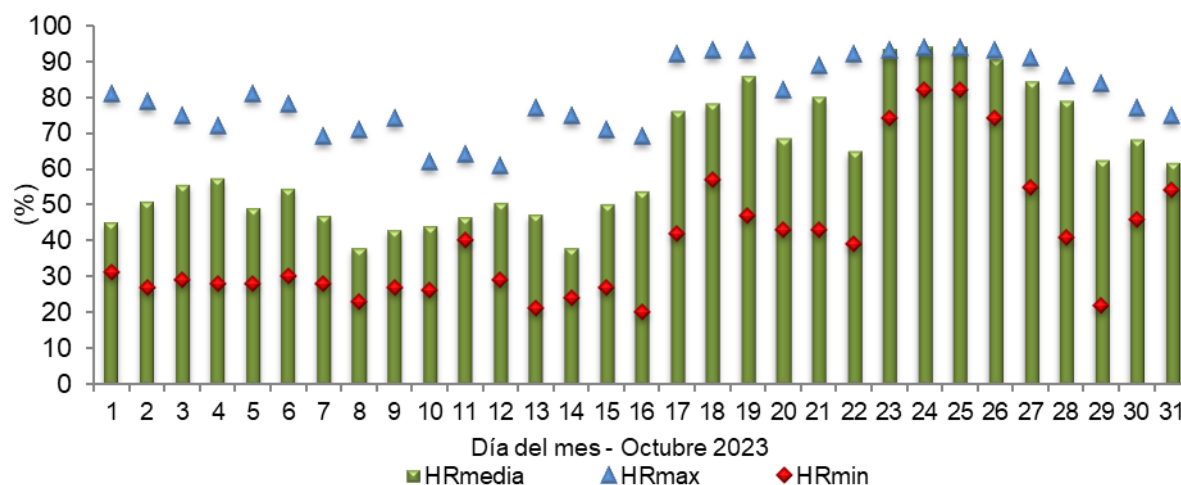


Figura 13. Valores diarios de humedad relativa (%).

El promedio de humedad relativa ambiente máxima diaria es del 80%, mientras que el promedio de valores mínimos diarios es del 40%.

El valor medio de humedad relativa fue bastante inferior al valor medio en la primera década y muy superior en la tercera (Figura 14).

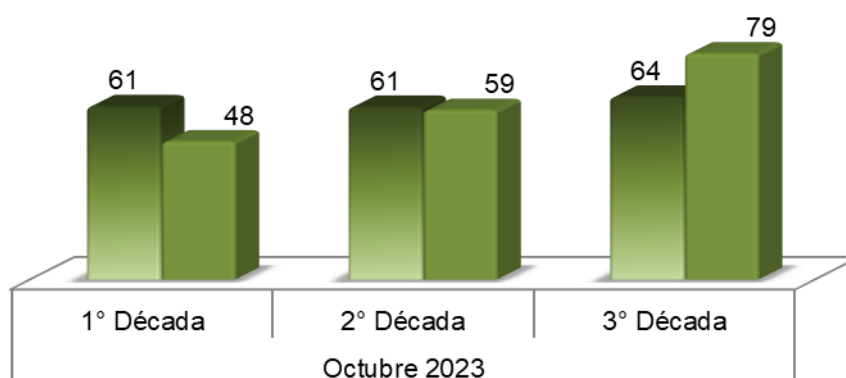


Figura 14. Valores medios de humedad relativa (%) agrupados por décadas para el mes de octubre. Referencias: colores: degradados (octubre serie 1989-2014), colores uniformes (octubre 2022).

⁴⁶ 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 02, 03, 04, 06, 12, 17, 20, 25 y 29).

⁴⁷ 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.

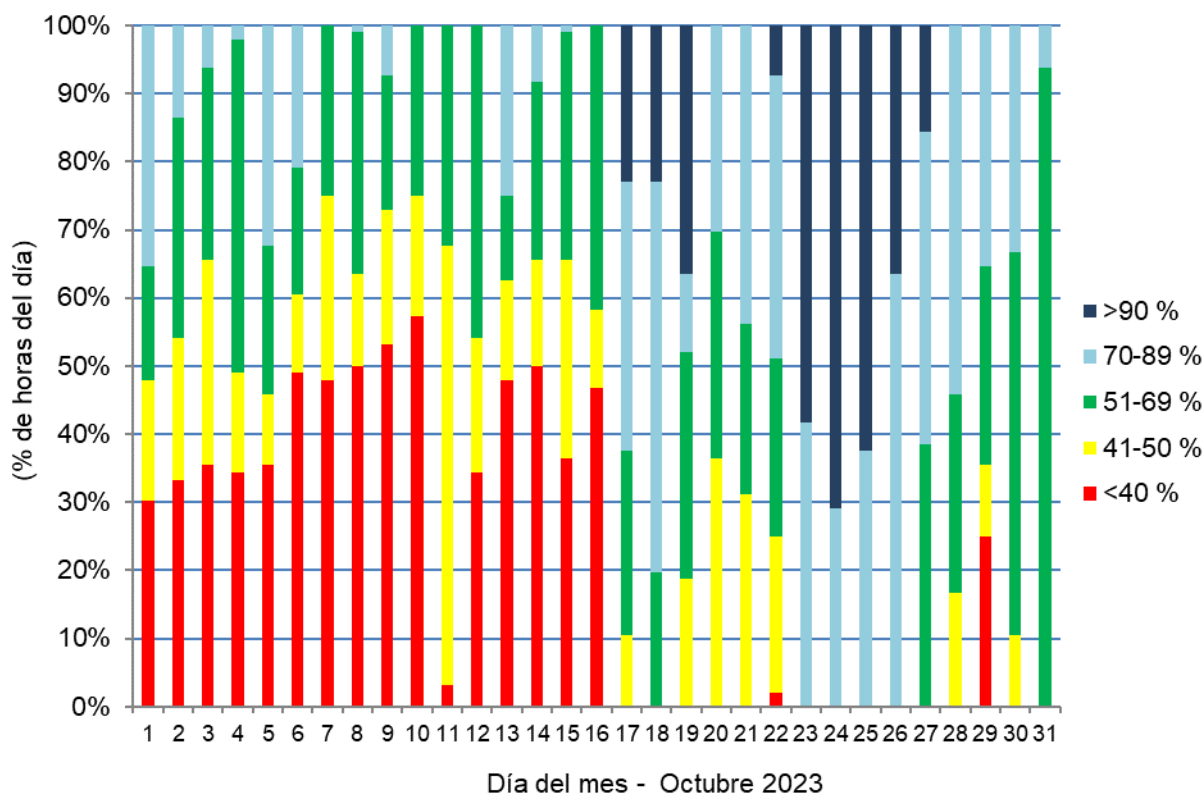


Figura 15. Duración horaria expresada como porcentaje del día para cada intervalo de humedad observado, en base al registro de la estación automática.

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).

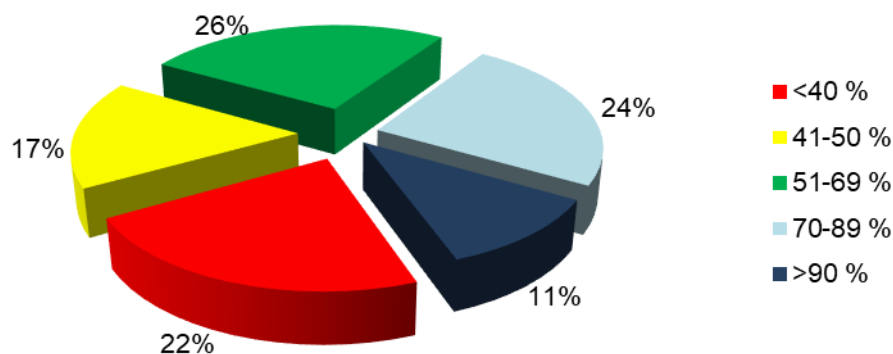


Figura 16. Horas totales mensuales expresadas como porcentaje de los diferentes rangos de humedad.

En el transcurso del mes, se han contabilizado 80 horas con humedad relativa ambiente por encima del 90% (17 horas le correspondían a esta categoría el mes pasado), mientras que fueron 161 horas con humedad relativa por debajo del 40% (170 horas fue el registro del pasado mes de agosto).

En esta época del año donde las precipitaciones son escasas y favorecen la presencia de material vegetal seco (mayormente vegetación de pasturas), que se constituye en un “combustible fino” que es donde generalmente se inician los fuegos⁴⁸. La humedad relativa del aire es un factor de importancia clave en el comportamiento del fuego, influenciando directamente el contenido de agua del combustible, que a su vez controla el proceso de combustión. Una humedad relativa ambiente igual al 40% es un umbral clave: por debajo de este valor, los combustibles finos queman fácilmente y desde allí el fuego se propaga a otros estratos vegetales⁴⁹.

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^{50 51 52 53}. 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 corporal⁵⁴. 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^{55 56 57}.

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

⁴⁸ Ver nota con respecto al manejo de esta situación: <https://inta.gob.ar/noticias/vuelve-el-fuego-a-ser-noticia>

⁴⁹ Kunst C. y Rodríguez N. (2003). Comportamiento del fuego: una introducción. En C. Kunst, S. Bravo & J. Panigatti (Eds.), *Fuego en los ecosistemas argentinos* (pp189-198). INTA Santiago del Estero Ediciones.

⁵⁰ Moran, J. (2005). *Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Landlinks Press.

⁵¹ 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.

⁵² 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.

⁵³ 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.

⁵⁴ 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.

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ 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.

superiores a 84⁵⁸. Los valores del índice mencionados anteriormente se obtienen mediante la fórmula⁵⁹:

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

Aunque el conocimiento del índice por sí solo es beneficioso por permitir determinar el estrés por calor, ajustar este índice por el efecto de la velocidad del viento y la radiación solar incidente resultaría más preciso para evaluar cómo se ve afectado el bienestar animal⁶⁰. 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).

Los días 03, 06, 10, 16, 20, 21, 22, 23, 27, 28 y 29 presentaron valores por encima del umbral de 84 ocasionando estrés por calor y afectando así el confort del animal. Fueron calculados valores del índice en la categoría de estrés severo por un espacio de más de cinco horas los días 21 y 29.

Un 32% del tiempo se encontraron los valores del índice en la categoría de estrés moderado y severo, durante la tercera década del mes.

La asignación de las categorías clasificatorias es relativamente arbitraria ya que el estrés por calor va a depender no solamente de la combinación de los parámetros meteorológicos, sino también de las prácticas empleadas para manejar el estrés en los animales, las que establecen microclimas puntuales, así como también de la raza del animal (que determina cuán adaptado esté al clima de una región) y de su estado fisiológico⁶¹, que hace a la susceptibilidad individual del animal⁶².

⁵⁸ 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.

⁵⁹ Referencias: "T" (temperatura en grados centígrados), "HR" (humedad relativa en porcentaje).

⁶⁰ 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.

⁶¹ 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.

⁶² Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(s2), s431-s444.

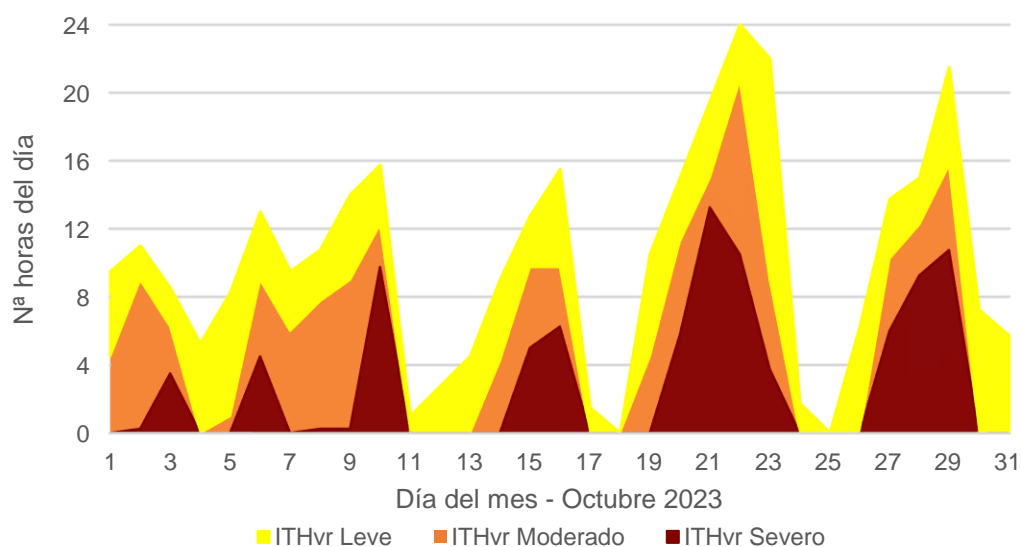


Figura 17. Duración horaria diaria para cada categoría del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de octubre de 2023.

En la Figura 18⁶³ 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 octubre.

Todos los recuadros grises de la Figura 18 indican valores del índice menores a 75, definido con un color totalmente diferente para facilitar la visualización de aquellas horas en el que el índice tomó valores iguales o superiores a 75, siendo el color naranja el valor de 79 a partir del cual se considera estrés moderado. Se calculó un valor máximo de 96 el día 29, entre las 14:00h y 15:00h aproximadamente.

⁶³ Adaptado de: MacKintosh J. 2020. The hourly heatmap with ggplot2. <https://gist.github.com/johnmackintosh/520643a1f82a0c7df00cf949ba98a4e9>

Índice "ITHvr" horario, octubre 2023

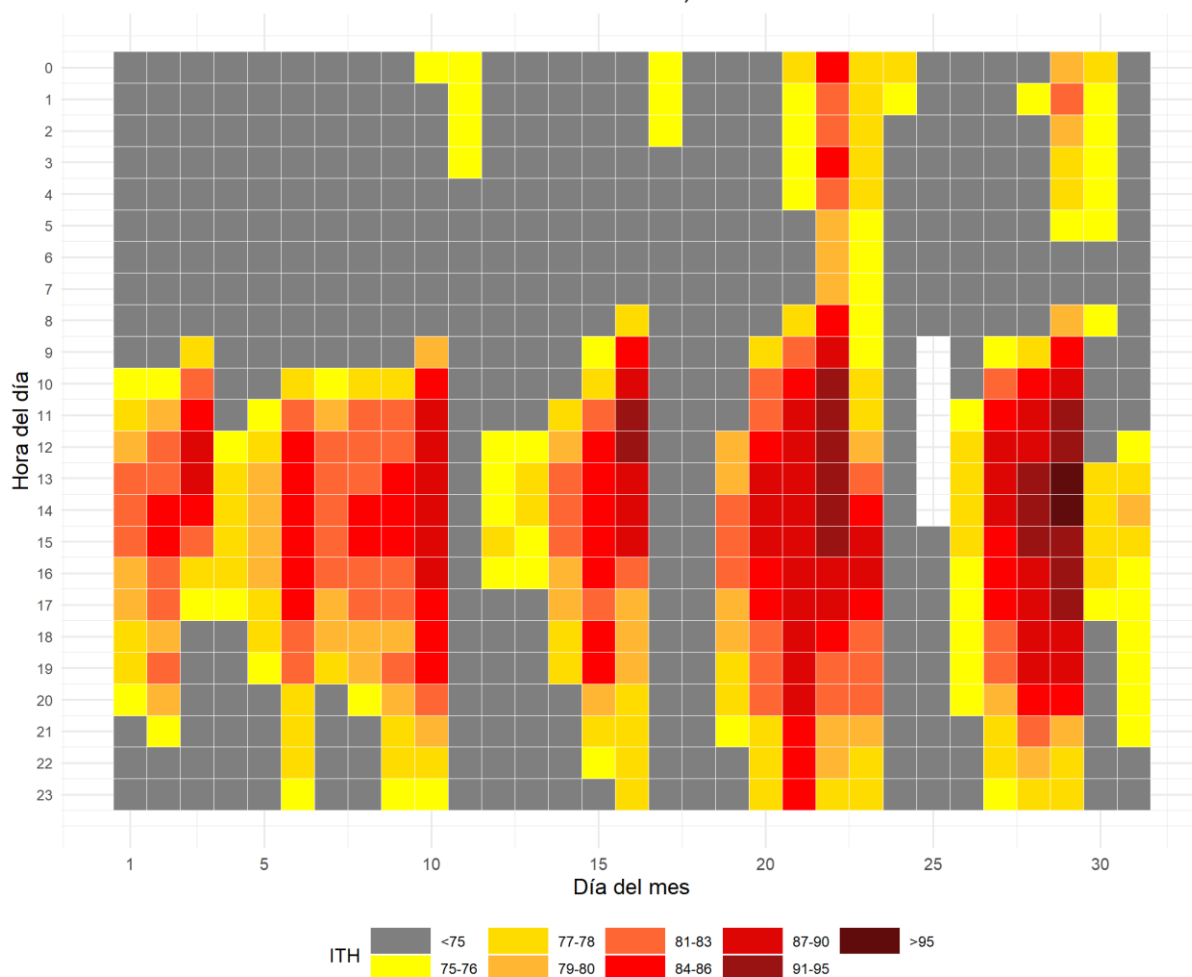


Figura 18. Distribución horaria diaria para cada valor del ITHvr calculado en base al registro de la estación automática para el mes de octubre de 2023.

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 animal⁵⁰. Acciones tácticas son requeridas ante los primeros signos del estrés por calor para prevenir o minimizar las pérdidas del rendimiento⁵⁴. 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 productores⁶². Revise el pronóstico a corto plazo del índice "ITH", sin ajustar, en: <https://siga.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 raíces⁶⁴. 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 trihorario⁶⁵ 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).

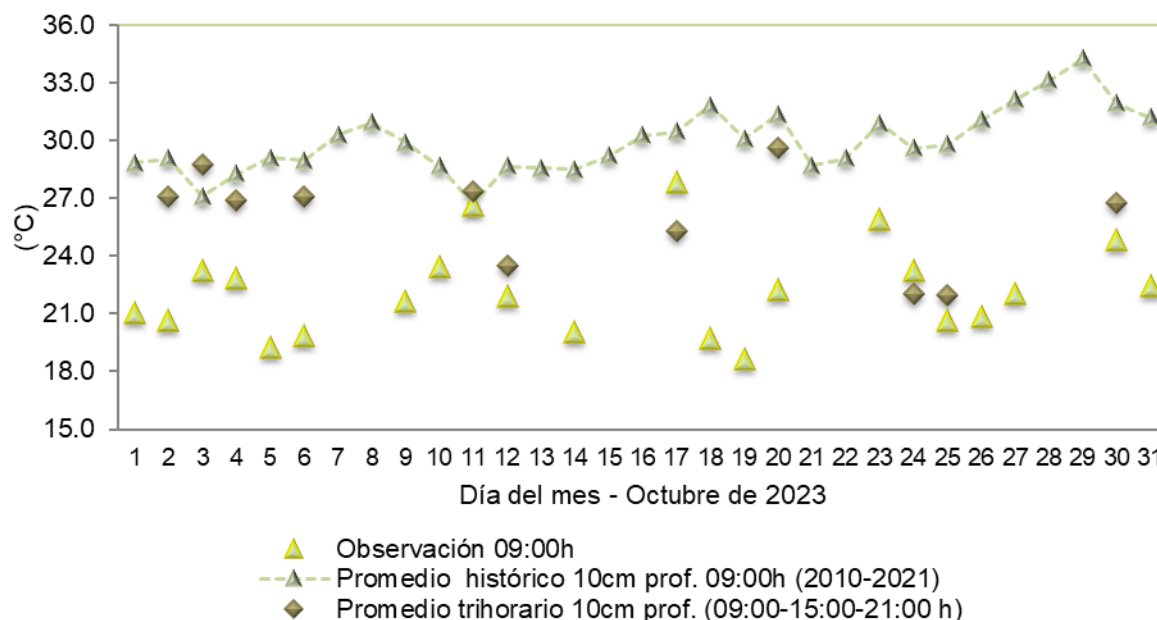


Figura 19. Valor de temperatura de suelo a las 09:00h suelo a 10cm bajo la superficie, valores medios trihorarios de temperatura de suelo a 10cm bajo la superficie. S/D: sin dato.

Evapotranspiración

Evapotranspiración potencial es un parámetro climático que expresa el poder de evaporación de la atmósfera. Los principales parámetros meteorológicos que afectan a la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para evaluar la tasa de evaporación a partir de estos parámetros, expresándose mediante la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀)⁶⁶.

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 123,2mm en este mes (Figura 20).

⁶⁴ 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.

⁶⁵ 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).

⁶⁶ 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.

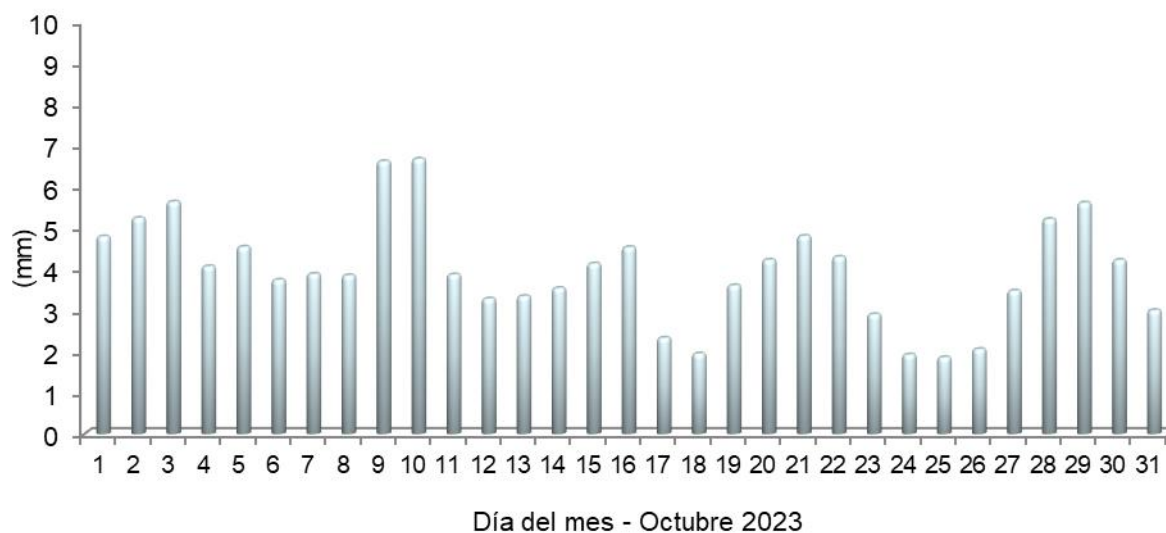


Figura 20. Valores diarios de evapotranspiración. Método Fao-Penman Monteith

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.

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 22), así como también un mapa mostrando la anomalía porcentual de la precipitación (figura 23). El mismo análisis se realizó para el período correspondiente a los tres últimos meses en conjunto (figuras 24 y 25).

Todos fueron generados mediante software libre QGIS®⁶⁷, 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. Puig⁶⁸ 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>

⁶⁷ QGIS Development Team (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

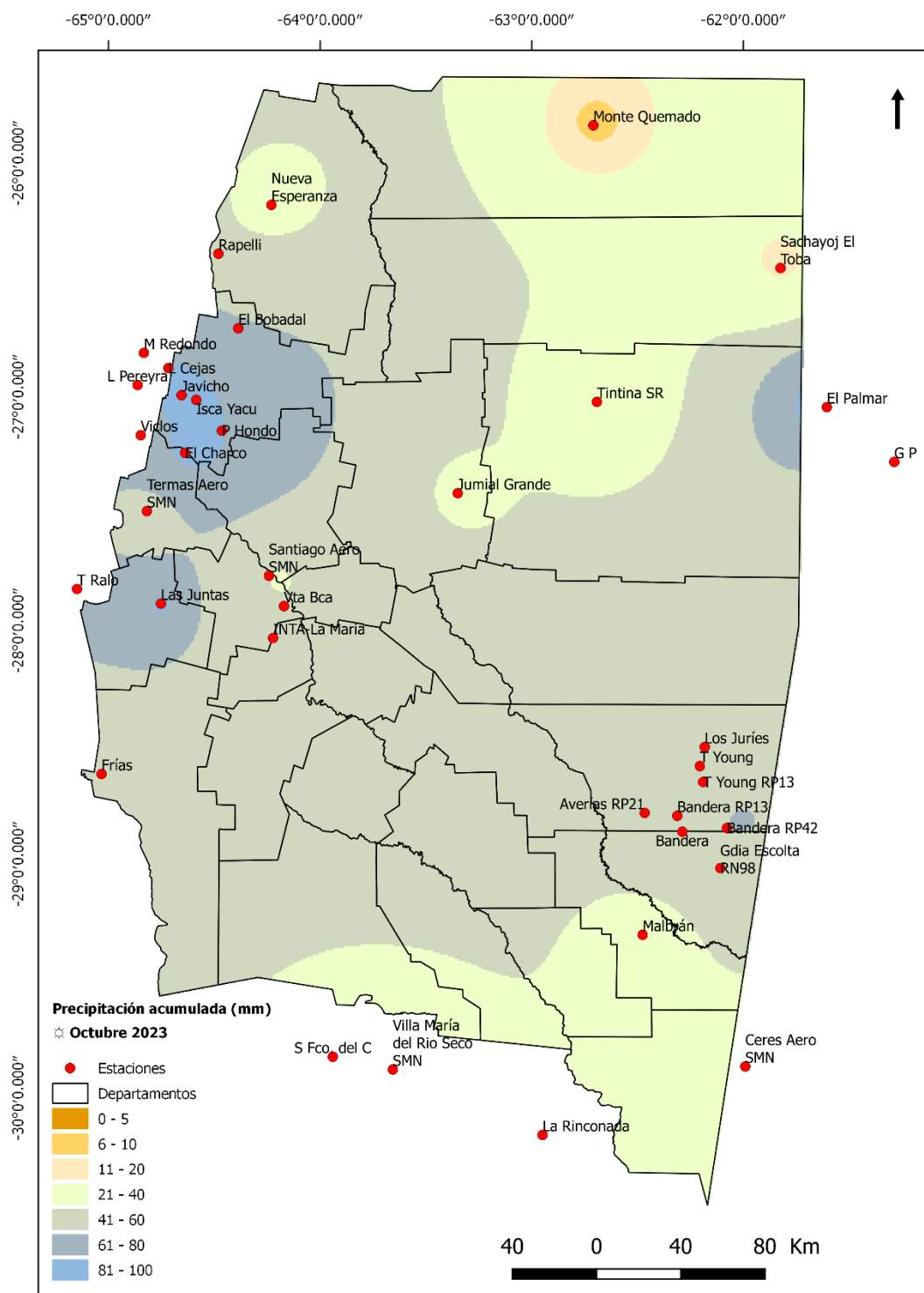
⁶⁸ Conforman la red las seis agencias de extensión de la EEA Quimilí, productores, empresas, instituciones y organizaciones de las diferentes zonas, aportando en forma remota los registros de cada evento para la carga de una base datos para su posterior análisis, y construcción de mapas para la interpretación de distribución y de anomalías pluviométricas. Ver más en:

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

En base a los datos de las estaciones o puntos pluviométricos confiables a los que se accedió, las precipitaciones variaron desde 3,3mm en cercanías de Monte Quemado hasta poco más de 100mm en El Charco. En la ciudad Capital se contabilizaron alrededor de 30mm, mientras que se alcanzaron 49,2mm en La Abrita y 45,0mm en Vta. de la Barranca. En el noroeste, varió entre 21mm y lo indicado para El Charco (Figura 21). En el centro, Jumial Grande acumuló 30mm y 17mm en Tintina. En el Noreste “Sachayoj El Toba” sumó 8,8mm. En el Sudeste Malbrán acumuló 26,2mm, Bandera 47mm, “Bandera RP42” 76mm. Hacia el oeste, la estación automática cercana a la ciudad de Frías registro 43,4mm y 85,8mm se contabilizó en Las Juntas. El valor más alto empleado en la interpolación corresponde al punto El Palmar en la provincia de Chaco con 120,4mm.

Si lo analizamos como anomalía porcentual (Figura 22), durante el mes de octubre, los déficits marcados se evidenciaron en la porción noreste del territorio provincial representando entre un 15% y 30% de lo esperado. Hacia el sudeste provincial las anomalías negativas representaron entre el 25% y el 50%. Solamente por la influencia de la estación en la provincia del Chaco se observa una anomalía positiva en el este del territorio. Las estaciones de lado de la provincia de Córdoba y Nueva Esperanza dentro del territorio también muestran anomalías negativas. Por otro lado, en el resto del territorio de acuerdo con los valores registrados los acumulados representaron acumulados por encima del promedio alcanzando una anomalía positiva de hasta un 140% en la zona de El Charco. Los registros fueron variables con zonas que registraron escasa precipitaciones dentro de esta zona interpolada con anomalías positivas.

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 (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

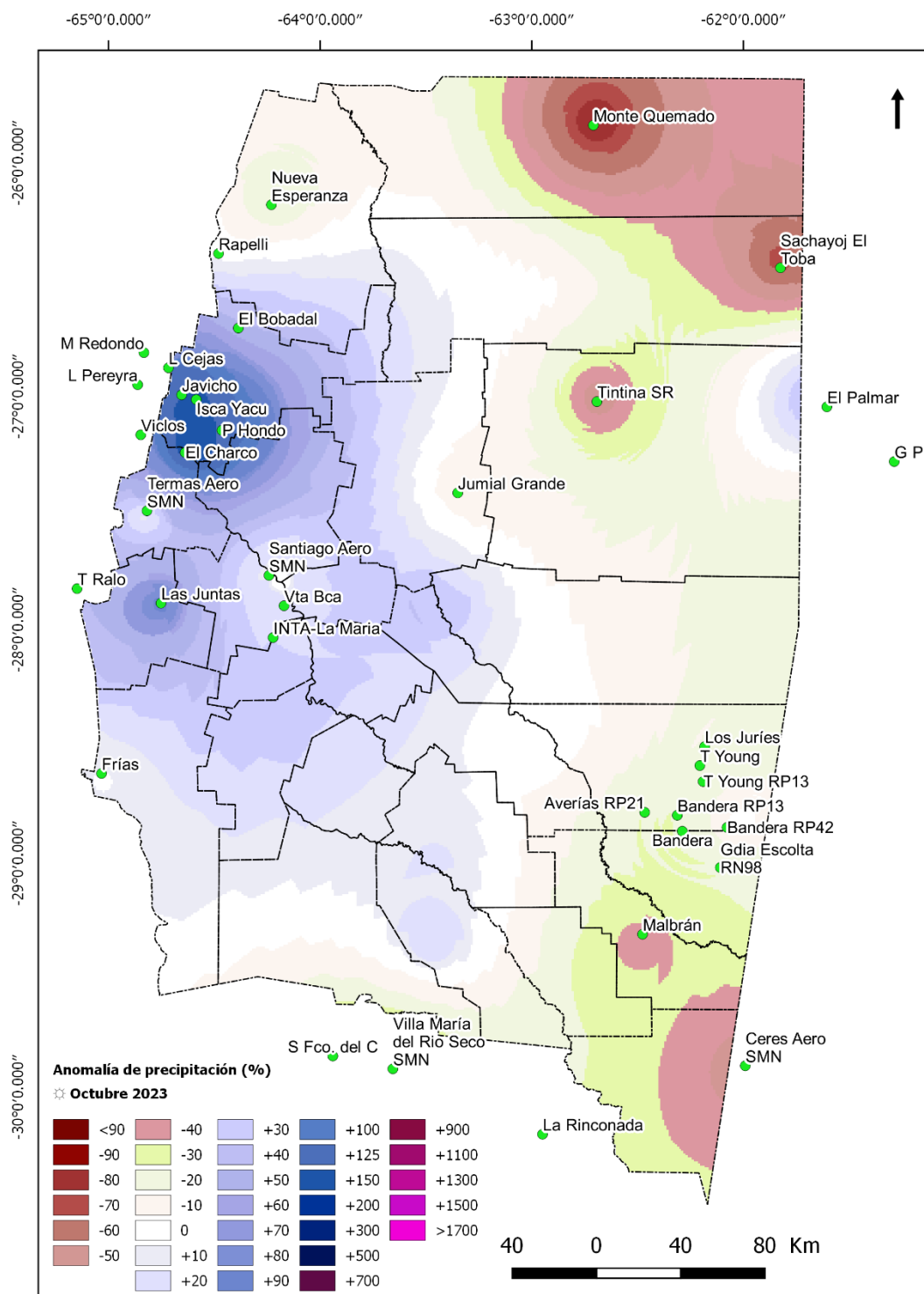


Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía Argentina

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

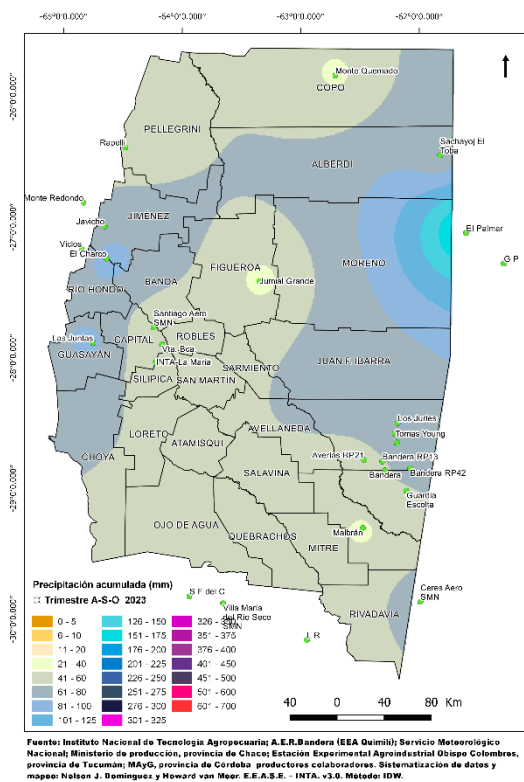


Figura 23. Precipitación acumulada (mm) entre agosto y octubre de 2023.

Las lluvias acumuladas durante el trimestre agosto-septiembre-octubre de 2023 (Figura 23) variaron desde los 27,4mm en Malbrán hasta poco más de 100mm en El Charco. En INTA-La María se contabilizaron 50,2mm, valor menor que el registrado en el aeródromo de la ciudad Capital. Hacia el sudeste los valores variaron entre el indicado para Malbrán y los 107,0mm acumulados en “Bandera RP42”. En el Noroeste se acumuló entre casi 40mm en Rapelli y lo indicado para El Charco. El punto empleado de mayor valor correspondió a El Palmar (Provincia del Chaco) con 214,2mm. No obstante, esto solo tiene en cuenta la interpolación a partir pocos puntos, es necesario contar con una mejor densidad de registros confiables que presenten continuidad en el tiempo para lograr una mayor representatividad de lo acontecido.

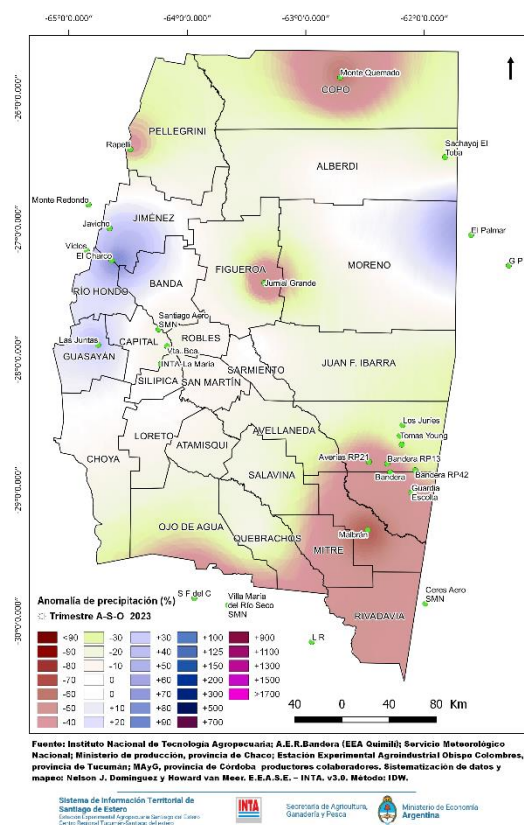


Figura 24. Anomalia de precipitación (%) entre agosto y octubre de 2023.

Si analizamos el valor acumulado trimestral con relación al valor promedio histórico para igual periodo de tiempo, podemos apreciar que se presentaron anomalías negativas que oscilaron entre un 60% en el norte y el sudeste del territorio y valores positivo sen el centro-oeste y en el extemo este influenciada por los valores acumulados por las estaciones de Chaco. En la zona de La Abrita también hay anomalías negativas de alrededor de un 10%. Las restantes áreas en que no se cuentan con fuente de datos en esas franjas, la confiabilidad de la representación es baja (Figura 24).

Índice de Vegetación Normalizado

Para determinar el grado de actividad vegetal de una porción de superficie se emplean índices de vegetación obtenidos del tratamiento de los datos generados por sensores remotos ubicados a bordo de satélites. Se emplea en este caso el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), producto⁶⁹ obtenido a partir del procesamiento de los datos recibidos por el sensor MODIS a bordo del satélite de órbita polar TERRA.

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

La anomalía relativa de este índice es obtenida comparando el valor del período del año en curso con el promedio del período de datos 2000-2022 (período operacional del satélite), y se calcula para cada punto del mapa, empleando el software QGIS®, mediante la fórmula:

$$\text{Anomalía relativa del NDVI} = \frac{\text{NDVI}_{2023} - \text{NDVI}_{\text{promedio}}}{\text{Desvío estándar}}$$

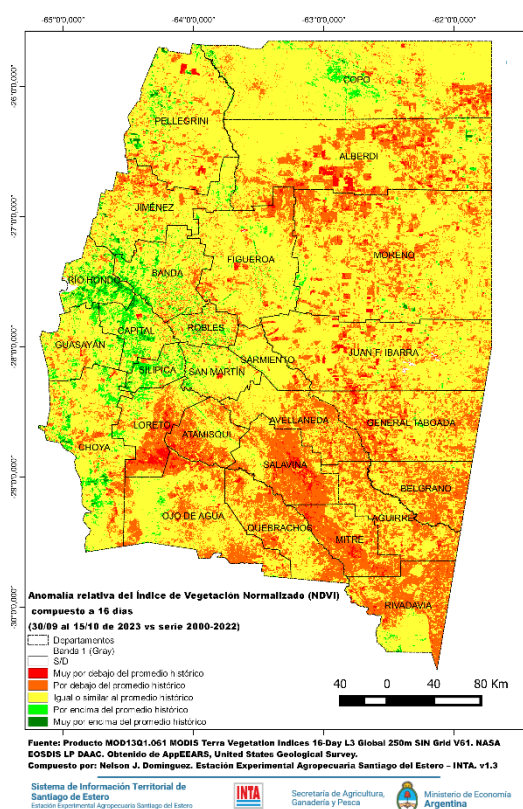


Figura 25. Anomalía relativa del NDVI del 30 de septiembre al 15 de octubre de 2023.

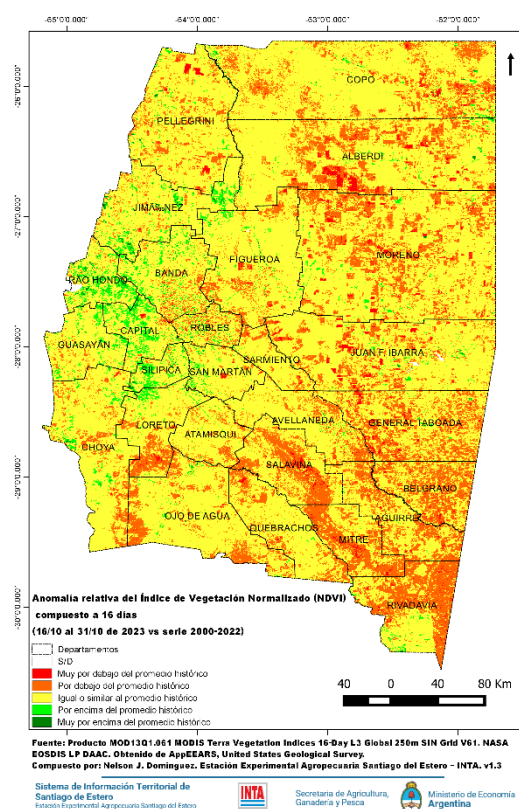


Figura 26. Anomalía relativa del NDVI del 16 de octubre al 31 de octubre de 2023.

⁶⁹ Didan, K. (2021). *MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V061*, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC, <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.061>. Accessed 2023-11-17.

En la Figura 25 se aprecian importantes áreas con valores por debajo del promedio, con una reducción de los valores “muy por encima del promedio histórico”.

Si se toma en cuenta la totalidad de los píxeles con datos de la provincia, en este periodo el 68,9% corresponden a la categoría estilizada con amarillo (el 65,0 del área provincial era el ocupado por esta categoría en el período anterior), el 3,6% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) (10,8% en el período anterior) y el 0,6% (3,5% en el período anterior) a la categoría de “muy por encima del promedio histórico” (verde oscuro). La cantidad de píxeles que representan áreas con sus anomalías relativas del NDVI por debajo del promedio histórico, alcanzan el 26,9% (20,7% de los píxeles se encontraban en esta categoría en el periodo anterior) del territorio provincial (24,6% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 2,3% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

En la Figura 26 se aprecia un incremento de las áreas con valores por debajo del promedio.

En este período, el 74,3% corresponde a la categoría de “igual o similar al promedio histórico” (amarillo), el 3,0% a la categoría de “por encima del promedio histórico” (verde claro) y, el 0,3 %, a la categoría de “muy por encima del promedio histórico” (verde oscuro). La cantidad de píxeles que representan áreas con sus anomalías relativas del NDVI por debajo del promedio histórico, alcanzan el 22,4% del territorio provincial del que se cuenta con datos (20,7% corresponden a la categoría “por debajo del promedio histórico” y un 1,7% a la categoría “muy por debajo del promedio histórico”).

Focos de Calor

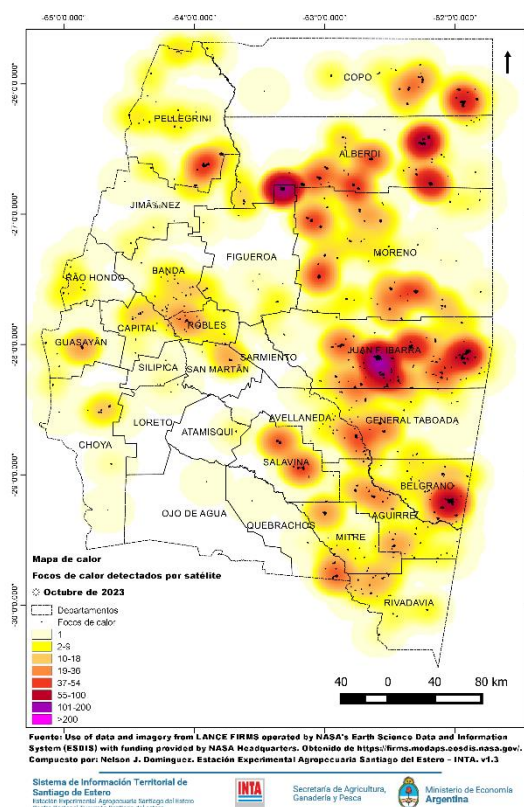


Figura 27. Focos de calor detectados por sensores satelitales y densidad de estos durante el mes de octubre de 2023.

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 octubre. Para ello se emplea el producto “Detección de Fuegos Activos”⁷⁰ 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 principalmente en el departamento Ibarra (Figura 27).

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

Para más información:

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

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

⁷⁰ 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/>