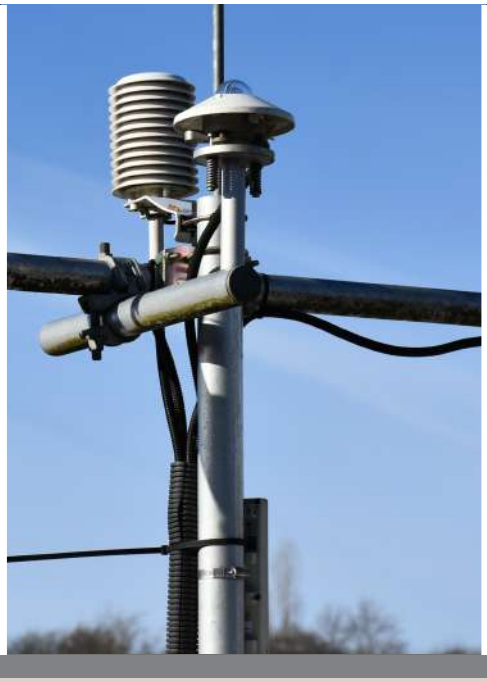




Publicación Especial **Nº75**
MAY 2025
ISSN 2346-9102

Publicación**especial**

Sección Agrometeorología

Caracterización agroclimática de localidades seleccionadas del pedemonte tucumano, provincia de Tucumán, Argentina

Pensando hacia ADELANTE

EEAOC
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROINDUSTRIAL OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina

Autoridades

Presidente
Ing. Agr. Roberto Sánchez Loria

Vicepresidente
Lic. Sebastián Budeguer

Vocales
Ing. Agr. José Ignacio Lobo Viaña
Ing. Agr. Francisco Estrada
Dn. Luis Fernando Umana
Dn. Pablo José Padilla
Dn. Juan Carlos Crovella
Dn. José Antonio Linares
Mg. Lic. Catalina Rocchia Ferro
Ing. Bernabé Oscar Alzabé

Director Técnico
Dr. Hernán Salas López

Directores Asistentes

Tecnología Agropecuaria
Dr. Santiago Ostengo

Tecnología Industrial
Ing. Qco. R. Marcelo Ruiz

Administración y Servicios
C.P.N. Mariana Barraquero

Director de RRHH
Lic. José Daniel
Rodríguez Domato

Autores
Obs. Met. Jorge D. Forciniti,
Ing. Zoot. María L. Soulé Gómez,
Obs. Met. José M. Medina,
Ing. Elec. Ángel M. Leal

Sección
Agrometeorología

Contacto
agrometeorologia@eeaoc.org.ar

Editor Responsable
Dr. Hernán Salas López

Comisión Publicaciones y Difusión
Ing. Agr. Daniela Pérez
Ing. Agr. Victoria González
D.G. Silvio Cesar Salmoiraghi

Arte, diseño y diagramación
Lic. Andrés E. Navas

Corrección
Prof. en Letras Ernesto Klass

Av. William Cross 3150 | T4101XAC | Las Talitas | Tucumán | Argentina
Tel: (+54 381) 452 1000 | Fax: (+54 381) 452 1008 | direcc@eeaoc.org.ar
www.eeaoc.gob.ar

Indice

4 Introducción
5 Descripción del área de estudio
6 Información agrometeorológica de base
7 Clima
7 Régimen de radiación solar global
8 Radiación solar global mensual
10 Radiación solar global diaria
12 Evolución de la radiación solar global por campaña
14 Régimen Térmico
14 Temperatura del aire
14 Temperaturas medias
16 Temperaturas máximas medias
20 Temperaturas máximas absolutas
24 Temperaturas mínimas medias
28 Temperaturas mínimas absolutas
32 Temperaturas diarias
40 Amplitud térmica
41 Heladas meteorológicas
46 Régimen Hídrico
46 Régimen de precipitaciones
46 Precipitaciones en La Cruz (1990-2023)
49 Precipitaciones en El Sunchal (1990-2023)
52 Precipitaciones en Santa Isabel (1998-2023)
55 Precipitaciones en El Colmenar (1990-2023)
58 Precipitaciones en Monte Grande (1998-2023)

61 Precipitaciones en Pueblo Viejo (2006-2023)
64 Precipitaciones en Monte Bello (1990-2022)
67 Precipitaciones en Santa Ana (1990-2023)
70 Precipitaciones Diarias
80 Evapotranspiración de referencia
81 Balance de Agua
86 Humedad de hoja
93 Tendencias
97 El fenómeno El Niño
100 Conclusiones
102 Bibliografía citada

Introducción

Gran parte de la producción agrícola en la provincia de Tucumán se concentra en la zona conocida como “pedemonte tucumano”, la cual se extiende desde el noreste al suroeste de la provincia. Esta región abarca principalmente los departamentos de Burruyacú, Tafí Viejo, Yerba Buena, Lules, Famaillá, Monteros, Chicligasta, Río Chico, Alberdi y La Cocha.

El clima es el factor ecológico que más influye en los sistemas de producción agropecuaria. Comprender la importancia de las condiciones climáticas, mediante su caracterización espacial y temporal, permite evaluar el potencial de los elementos climáticos disponibles, identificar sus limitaciones y prever posibles efectos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por ello, es fundamental estudiar la variabilidad histórica de los parámetros climáticos más relevantes, como la temperatura del aire, la precipitación, la evapotranspiración de referencia y la radiación solar. Asimismo, es esencial complementar la información climatológica con el análisis del régimen hídrico a través de modelos de balance hídrico de suelos, lo que permite comprender la disponibilidad de agua durante la campaña agrícola.

En este contexto, durante más de 40 años, la Sección Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) ha trabajado de manera ininterrumpida en el desarrollo de una red de estaciones meteorológicas automáticas, la consolidación de una red pluviométrica y la creación de un sitio web especializado para la transferencia de información.

Actualmente, la red de estaciones meteorológicas automáticas cuenta con más de 40 estaciones, las cuales generan datos de forma automática desde 1994. A partir de 2006, se implementó un sistema de telesupervisión que permite obtener información en tiempo real sobre diversas variables meteorológicas, como lluvia, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, humedad foliar y cálculos de evapotranspiración, entre otros. Los datos de 46 estaciones están disponibles en el sitio web de la Sección Agrometeorología (http://agromet.eeaoc.gob.ar), de las cuales aproximadamente la mitad se ubican en la zona de estudio.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y evaluar las condiciones agroclimáticas en el área de estudio, con especial énfasis en el análisis de la disponibilidad y variabilidad de los recursos climáticos. Para ello, se emplearon series climáticas correspondientes al período 2006-2023, obtenidas de estaciones meteorológicas automáticas ubicadas en la región pedemontana de la provincia de Tucumán, junto con series pluviométricas de un período más extenso.

Los resultados de este estudio pueden proporcionar herramientas técnicas de información para los diversos usuarios y tomadores de decisiones involucrados en este sector.

Descripción del área de estudio

El área mencionada se ubica entre los 26° y los 28° de latitud sur, en una delgada franja que va desde el noreste al suroeste tucumano al pie de las sierras de Medina y Aconquija. La altura promedio va desde los 350 y a los 650 msnm.

En la Figura 1 se puede observar un mapa de la provincia de Tucumán, en la cual se delimita la zona pedemontana (Fandos *et al*., 2022), junto con la ubicación de las estaciones seleccionadas e identificadas como representativas de la zona de estudio, que van desde la estación meteorológica situada en la localidad de Huasa Pampa Sur, al sur del departamento La Cocha, hasta la localidad de La Cruz, en el departamento Burruyacú.



Figura 1. Área pedemontana (polígonos amarillos) de la provincia de Tucumán, Argentina y ubicación de estaciones meteorológicas (círculos rojos).

Información agrometeorológica de base

Para el presente análisis se utilizaron datos de radiación solar, temperatura del aire, precipitaciones y evapotranspiración de referencia calculada mediante el método de Penman-Monteith. Estas, fueron generadas por estaciones meteorológicas automáticas (en el período 2006-2023) y/o puestos pluviométricos instalados en las siguientes localidades.

- ***La Cruz (26°38'6.00"S 64°50'6.00"W 493 msnm).***
- ***El Sunchal (26°36'23.54"S 65°03'31.18"W 765 msnm).***
- ***Santa Isabel (26°45'5.85"S 65°06'57.77"W 501 msnm).***
- ***El Colmenar (26°47'14.19"S 65°11'44.1"W 481 msnm).***
- ***Monte Grande (26°59'56.36"S 65°24'46.24"W 397 msnm).***
- ***Pueblo Viejo (27°12'10.11"S 65°37'14.5"W 433 msnm).***
- ***Monte Bello (27°22'28.47"S 65°44'51.43"W 525 msnm).***
- ***Santa Ana (27°28'28.19"S 65°40'34.1"W 389 msnm).***
- ***Huasa Pampa Sur (27°52'17.40"S 65°33'12.6"W 471 msnm).***

La información pluviométrica, en todos los casos, abarca un período de datos más extenso que el considerado para las demás variables, y en algunos casos, proviene además de pluviómetros convencionales instalados en los mismos sitios que las estaciones automáticas.

Clima

En esta sección se describe el comportamiento promedio de la radiación solar, temperatura del aire, precipitación y evapotranspiración referencial; en las estaciones seleccionadas para el estudio.

De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite, el tipo climático de la zona pedemontana se identifica como C2B'3ra', correspondiente a un clima subhúmedo-húmedo (C2), mesotermal con una evapotranspiración que oscila entre 997 mm y 855 mm (B'3), con poca o ninguna deficiencia de agua (r) y una concentración estival de la eficiencia termal inferior al 48% (a') (Torres Bruchmann, 1978).

Régimen de radiación solar global

La medición de la radiación solar global se realizó mediante solarímetros foto voltaicos con sensores de fotodiodo de silicio (Grossi Gallegos et al., 2007), sensibles en la banda espectral 300-1100 nm. Esto permite registrar parte de la radiación ultravioleta (UV) hasta los 400 nm, la visible (PAR) que va de 400 a 700 nm, y la infrarroja cercana (NIR) que se extiende de 700 a 1100 nm. Sin embargo, no cubre la totalidad del espectro de la radiación solar, ya que no mide la ultravioleta extrema (UV-C), que se encuentra entre 100 y 280 nm, ni parte de la ultravioleta B (UV-B), que abarca de 280 a 315 nm, ni la infrarroja media y lejana (IR), que está por encima de los 1100 nm. Aunque estas porciones del espectro son importantes para ciertos fenómenos físicos y climáticos, representan una fracción menor de la radiación solar total que llega a la superficie terrestre.

Estos sensores están incorporados en estaciones meteorológicas automáticas Davis Vantage Pro-2. Según las especificaciones proporcionadas por el fabricante, tienen una resolución de 1 W/m² y una precisión del 5% a plena escala. Además, se realiza periódicamente la limpieza y el control del estado de funcionamiento de los sensores para garantizar la precisión y la fiabilidad de los datos recopilados.

Para el análisis de la radiación solar global, se utilizaron los datos registrados entre 2006 y 2023 por cuatro estaciones ubicadas en el área de estudio: Huasa Pampa Sur, Pueblo Viejo, El Colmenar y La Cruz. Estas estaciones fueron seleccionadas por presentar la menor cantidad de datos faltantes para esta variable meteorológica. Aunque la serie abarca solo 18 años y debe considerarse provisoria, ya permite observar con mayor precisión la variabilidad de este fenómeno a lo largo de los meses y el año.

Radiación solar global mensual

La tabla 1 muestra los valores medios mensuales de radiación solar global, así como su rango de variación dado por el promedio más alto y el más bajo, para todos los meses del año en las localidades seleccionadas.

En promedio, las radiaciones más altas se dan en el extremo norte, donde La Cruz tiene un promedio anual de 187,8 W/m2, y el extremo sur de la provincia con una media anual para Huasa Pampa Sur de 182,3 W/m2. En la zona central, representada por las localidades de Pueblo Viejo y El Colmenar los valores medios anuales son de 162,4 W/m2 y 174,6 W/m2. Puede verse que el período con valores de radiación por encima de los promedios anuales se extiende desde septiembre hasta marzo, salvo el caso de Pueblo Viejo, donde este período va de septiembre a febrero. Los meses con mayor goce de radiación son diciembre y enero, mientras que el de menor se da en junio.

Tabla 1. Valor menor, medio y mayor de la radiación solar global media mensual, expresada en W/m^2, en el período 2006-2023 para las localidades de Huasa Pampa Sur, Pueblo Viejo, El Colmenar y La Cruz.

La Cruz

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	207,8	254,0	283,0
Febrero	203,6	232,8	272,6
Marzo	154,0	193,7	234,7
Abril	115,4	153,5	191,7
Mayo	89,4	121,9	154,8
Junio	95,7	114,1	138,9
Julio	104,9	127,1	146,6
Agosto	140,9	162,0	180,4
Septiembre	159,7	190,8	212,5
Octubre	163,6	216,0	244,7
Noviembre	191,3	239,6	286,2
Diciembre	214,0	248,5	283,8
Año	**89,4**	**187,8**	**286,2**

El Colmenar

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	193,5	233,1	264,7
Febrero	169,4	209,0	239,3
Marzo	139,6	174,9	214,0
Abril	117,8	143,4	178,3
Mayo	84,5	115,7	143,3
Junio	87,4	107,6	131,3
Julio	87,2	118,2	137,9
Agosto	114,8	152,2	171,5
Septiembre	139,0	179,4	206,3
Octubre	154,3	202,7	235,5
Noviembre	177,7	226,6	275,3
Diciembre	196,7	232,2	272,0
Año	**84,5**	**174,6**	**275,3**

Pueblo Viejo

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	181,0	219,0	259,3
Febrero	155,9	193,2	230,3
Marzo	121,7	160,1	198,7
Abril	103,3	131,1	164,9
Mayo	69,1	106,1	136,1
Junio	85,1	102,0	118,1
Julio	90,7	110,9	125,9
Agosto	124,6	140,6	162,6
Septiembre	145,2	163,9	193,3
Octubre	134,6	187,5	235,3
Noviembre	156,0	213,5	266,5
Diciembre	170,4	221,2	261,5
Año	**69,1**	**162,4**	**266,5**

Huasa Pampa Sur

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	216,9	248,9	278,9
Febrero	184,9	229,0	269,1
Marzo	160,0	192,2	229,6
Abril	109,0	140,6	176,2
Mayo	75,2	110,6	142,0
Junio	90,2	105,1	124,4
Julio	102,0	117,1	135,3
Agosto	131,2	152,3	170,0
Septiembre	163,5	190,6	212,6
Octubre	160,3	216,4	251,1
Noviembre	190,4	238,9	286,6
Diciembre	203,3	246,3	285,7
Año	**75,2**	**182,3**	**286,6**

Radiación solar global diaria

Las Figuras 2 a 5 muestran la marcha diaria media de la radiación solar global para las localidades seleccionadas. A partir de los datos diarios se calculó el promedio correspondiente a cada día del año y se los representó desde el 1 de septiembre hasta el 31 de agosto. Se eligió este período porque, en general, coincide con el fin de la temporada de heladas. Los factores principales que interactúan son la latitud, que determina la duración del día y la nubosidad que determina los desvíos respecto de la marcha estacional. Se constata que el período con radiación diaria media superior al promedio anual coincide con la fotofase positiva y va desde mediados de septiembre a mediados de marzo. En esta etapa una gran parte de los días disponen entre 150 W/m^2 y 300 W/m^2.

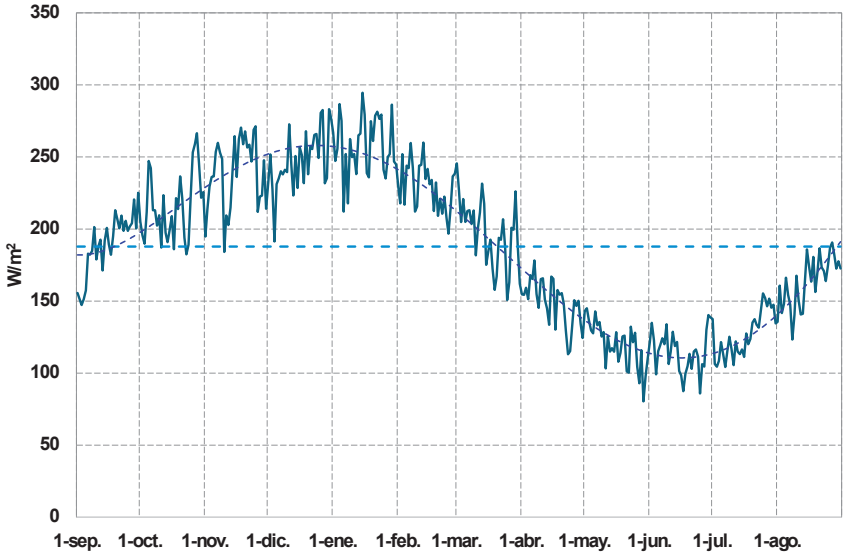


Figura 2. Marcha diaria media de la radiación solar global, expresada en W/m^2, en la localidad de La Cruz durante el período comprendido entre 2006 y 2023.

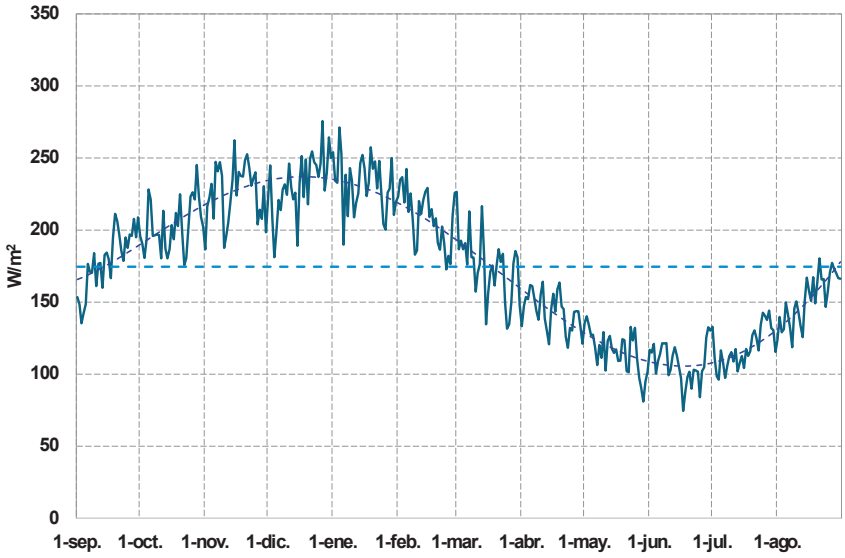


Figura 3. Marcha diaria media de la radiación solar global, expresada en W/m², en la localidad de El Colmenar durante el período comprendido entre 2006 y 2023.

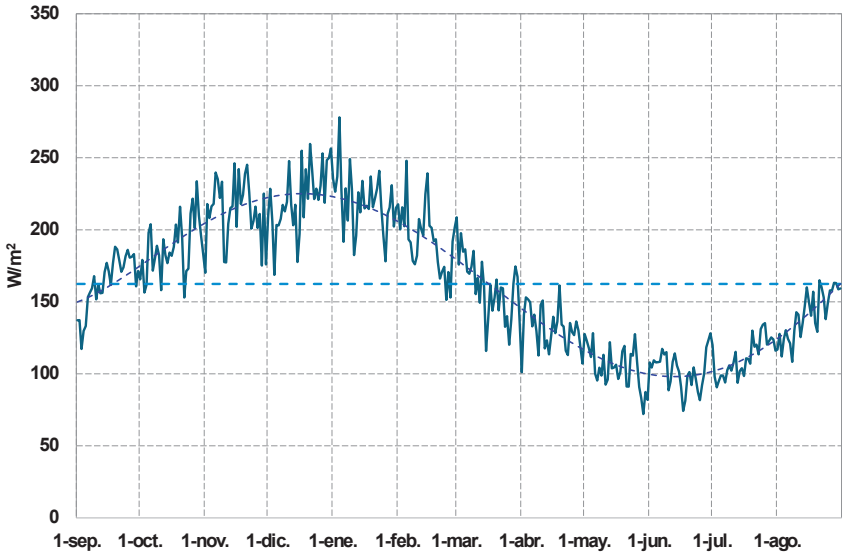


Figura 4. Marcha diaria media de la radiación solar global, expresada en W/m², en la localidad de Pueblo Viejo durante el período comprendido entre 2006 y 2023.

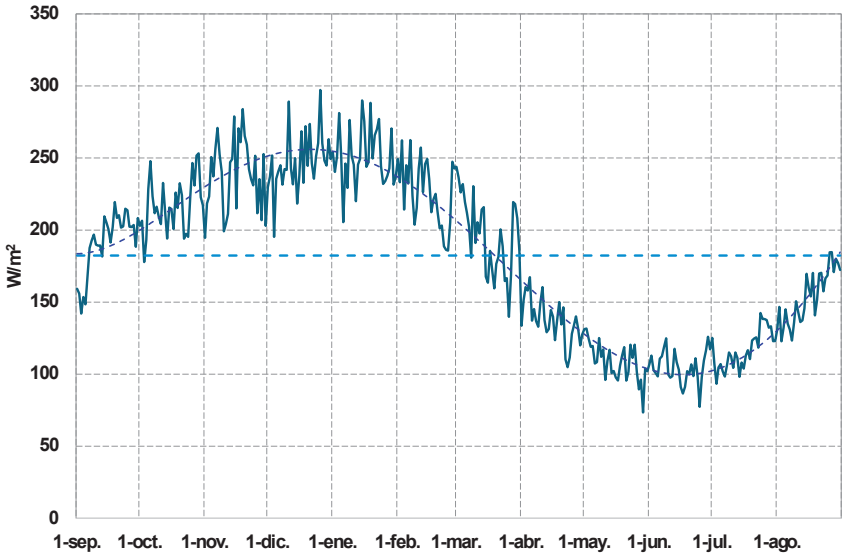


Figura 5. Marcha diaria media de la radiación solar global, expresada en W/m², en la localidad de Huasa Pampa Sur durante el período comprendido entre 2006 y 2023.

Evolución de la radiación solar global por campaña

En la Figura 6 se presenta la radiación solar global promedio para el período septiembre-agosto, abarcando las campañas comprendidas entre 2006-2007 y 2022-2023. Se destacan las de 2008-2009 y 2022-2023, en las cuales se experimentó una alta radiación solar media anual en las cuatro localidades seleccionadas. Por otro lado, las campañas 2015-2016 y 2018-2019 registraron los valores más bajos de radiación solar promedio.

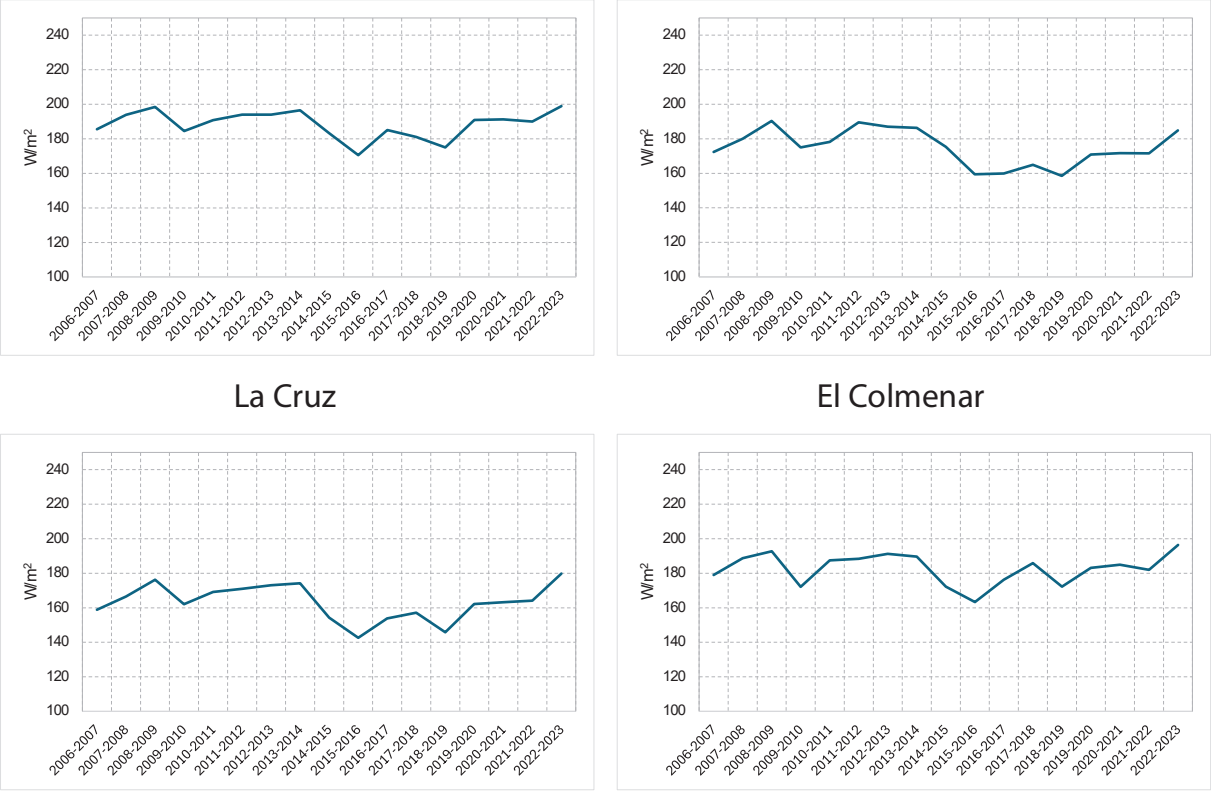


Figura 6. Evolución de la radiación solar global media por campaña, expresada en W/m² en las localidades seleccionadas del área pedemontana, para las campañas comprendidas entre 2006-2007 y 2022-2023.

Régimen Térmico

Temperatura del aire

La temperatura es uno de los factores climático de mayor influencia. Su condición poco modificable confiere al clima su carácter limitativo para los cultivos.

La medición de la temperatura se realizó mediante sensores de Diodo de silicona de unión PN, protegidos mediante una carcasa de PVC resistente a los rayos UV, incorporados en estaciones meteorológicas automáticas Davis Vantage Pro-2. Según las especificaciones proporcionadas por el fabricante, estos sensores tienen una resolución de 0,1ºC y una precisión de +/- 0,3ºC, en un rango que va de -40ºC a 65ºC.

A continuación, se presentan los valores climáticos de las temperaturas del aire medias, máximas y mínimas para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo y Huasa Pampa Sur.

Los datos, correspondientes al período 2006-2023, fueron obtenidos a través de estaciones meteorológicas automáticas y abarcan un total de 18 años.

Temperaturas medias

En la Tabla 2 se pueden apreciar las temperaturas medias mensuales y anual. Enero se destaca como el mes más cálido, mientras que julio es el mes más fresco. Desde octubre hasta abril, los valores superan el promedio anual de cada localidad, el cual ronda los 20ºC.

En términos de temperaturas medias mensuales, enero es el mes con los valores más altos, fluctuando entre 25,5ºC y 26,5ºC. En contraste, julio se identifica como el mes más fresco, con valores que oscilan entre 12,5ºC y 13,5ºC.

Tabla 2. Valores de temperaturas medias mensuales y anual, expresadas en 0C, para las localidades de Huasa Pampa Sur, Pueblo Viejo, El Colmenar y La Cruz, en el período 2006-2023.

Mes	La Cruz	El Colmenar	Pueblo Viejo	Huasa Pampa Sur
Enero	25,8	25,8	25,4	26,3
Febrero	24,4	24,9	24,5	24,8
Marzo	22,3	22,9	22,6	22,7
Abril	20,1	20,3	20,1	20,3
Mayo	16,1	16,4	16,2	16,4
Junio	13,2	13,4	13,1	13,3
Julio	12,7	13,2	12,9	12,9
Agosto	14,9	15,8	15,1	15,2
Septiembre	18,0	18,9	18,0	18,4
Octubre	21,7	22,0	21,0	21,7
Noviembre	24,1	24,1	23,1	24,1
Diciembre	25,7	25,3	24,7	25,6
Año	19,9	20,3	19,7	20,1

La evolución de las temperaturas medias anuales revela un incremento notable en los últimos años (Figura 7). Para las cuatro localidades analizadas, 2023 fue el año más cálido, mientras que 2007 fue el más fresco. Esta tendencia creciente en las temperaturas anuales es consistente con los patrones observados a nivel global, sugiriendo posibles impactos del cambio climático (Servicio Meteorológico Nacional, 2023). La localidad de Pueblo Viejo, sin embargo, muestra la menor variabilidad interanual, lo que podría indicar una mayor estabilidad climática o la influencia de factores locales específicos que moderan las fluctuaciones de temperatura.

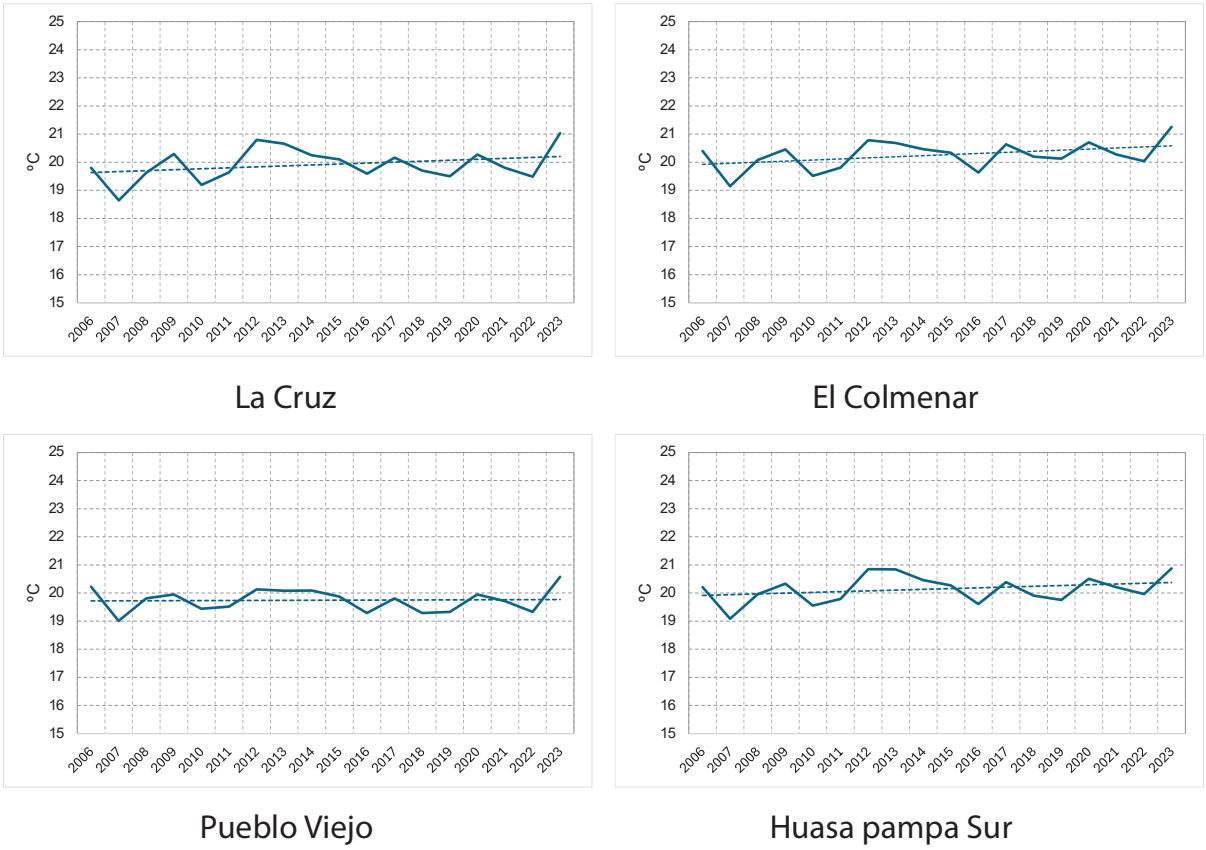


Figura 7. Evolución de la temperatura media anual en las localidades seleccionadas para el período 2006-2023.

Temperaturas máximas medias

La temperatura máxima media mensual se define como el promedio mensual de las temperaturas máximas diarias. Las Tablas 4, 5, 6 y 7 presentan los valores climáticos de las temperaturas máximas medias del aire para las localidades seleccionadas. En estas tablas se detallan los valores menores, medios y mayores registrados durante el período de referencia para cada uno de los meses y para el año en su totalidad. Estos datos nos proporcionan una visión del rango de variación de esta variable para cada mes a lo largo del período analizado. Se procesaron datos correspondientes a 18 años, abarcando el período comprendido entre 2006 y 2023.

El período más cálido del año se extiende desde octubre hasta marzo. Durante estos meses, la temperatura máxima media supera el promedio anual correspondiente en todas las localidades de referencia. En general, durante este período, los valores térmicos son propicios para el desarrollo óptimo de cultivos que requieren altas

temperaturas. El mes con valores más elevados es enero, a excepción de La Cruz, donde diciembre registra una temperatura tres décimas por encima de enero. Por otro lado, junio es el mes en el que se registran los valores promedio más bajos del año.

En el caso de La Cruz (Tabla 3), las temperaturas máximas medias mensuales promedian 26,7ºC a lo largo del año. El rango de variación del mes más cálido, que corresponde a diciembre, oscila entre 30,3ºC y 36,0ºC, con un valor promedio esperado de 32,3ºC. Por otro lado, junio es el mes más frío en términos de esta variable, y su rango de variación se sitúa entre 17,0ºC y 21,9ºC, con un valor esperable promedio de 19,7ºC.

Tabla 3. Valores de temperaturas máximas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de La Cruz.

La Cruz

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	29,6	32,0	35,1
Febrero	26,9	29,9	33,0
Marzo	24,9	27,7	34,6
Abril	23,8	25,8	28,8
Mayo	19,2	22,1	24,1
Junio	17,0	19,7	21,9
Julio	16,9	20,1	23,0
Agosto	19,3	23,5	26,1
Septiembre	23,7	26,4	29,2
Octubre	25,5	29,3	32,9
Noviembre	27,8	31,3	33,9
Diciembre	30,3	32,3	36,0
Año	**16,9**	**26,7**	**36,0**

Por su parte, en El Colmenar (Tabla 4), las temperaturas máximas medias mensuales promedian los 25,8ºC a lo largo del año. En enero, el mes más cálido, el rango de variación oscila entre 29,3ºC y 33,3ºC, con un valor promedio esperado de 31,2ºC. Mientras tanto, junio también se posiciona como el mes más frío, con un rango entre 15,6ºC y 20,6ºC, y un valor esperado promedio de 18,5ºC.

Tabla 4. Valores de temperaturas máximas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de El Colmenar.

El Colmenar

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	29,3	31,2	33,3
Febrero	27,1	29,7	32,0
Marzo	25,1	27,5	32,7
Abril	22,5	24,8	27,1
Mayo	17,5	21,0	23,0
Junio	15,6	18,5	20,6
Julio	16,3	19,2	21,8
Agosto	19,1	22,8	25,0
Septiembre	23,1	25,7	28,6
Octubre	24,6	28,3	31,1
Noviembre	26,4	30,1	32,7
Diciembre	28,6	30,8	34,6
Año	**15,6**	**25,8**	**34,6**

En cuanto a Pueblo Viejo, puede observarse en la Tabla 5, que sus temperaturas máximas medias mensuales promedian los 25,7ºC a lo largo del año. Enero, el mes más cálido, presenta un rango de variación que oscila entre 29,2ºC y 33,6ºC, con un valor promedio esperado de 31,0ºC. Por otro lado, junio se presenta como el mes más frío, fluctuando entre 16,2ºC y 21,2ºC, con un valor esperado promedio de 18,9ºC.

Tabla 5. Valores de temperaturas máximas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Pueblo Viejo.

Pueblo Viejo

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	29,2	31,0	33,6
Febrero	27,2	29,6	31,3
Marzo	24,9	27,3	32,3
Abril	23,2	24,7	27,2
Mayo	17,2	21,0	23,2
Junio	16,2	18,9	21,2
Julio	16,6	19,6	22,6
Agosto	19,1	22,9	25,4
Septiembre	22,6	25,6	28,1
Octubre	23,5	27,8	30,1
Noviembre	25,7	29,5	32,5
Diciembre	28,4	30,5	34,1
Año	**16,2**	**25,7**	**34,1**

Por último, en Huasa Pampa Sur (Tabla 6) las temperaturas máximas medias mensuales promedian los 26,2ºC a lo largo del año. En enero, el mes más cálido, el rango de variación oscila entre 29,9ºC y 35,0ºC, con un valor promedio esperado de 32,2ºC. Por otro lado, al igual que en las otras localidades de estudio, junio aparece como el mes más frío con un rango entre 16,3ºC y 21,6ºC, y un valor esperado promedio de 19,3ºC.

Tabla 6. Valores de temperaturas máximas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Huasa Pampa Sur.

Huasa Pampa Sur

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	29,9	32,2	35,0
Febrero	27,6	30,0	32,2
Marzo	25,0	27,6	32,1
Abril	23,1	25,1	27,3
Mayo	17,5	21,5	23,8
Junio	16,3	19,0	21,6
Julio	16,4	19,3	22,9
Agosto	18,5	22,6	24,5
Septiembre	23,1	25,7	28,7
Octubre	24,7	28,5	31,0
Noviembre	27,3	30,7	33,0
Diciembre	29,7	31,8	36,0
Año	**16,3**	**26,2**	**36,0**

Temperaturas máximas absolutas

La temperatura máxima absoluta se define como la temperatura máxima diaria más alta del mes. En las siguientes tablas se representan tanto su valor promedio como el valor más bajo y alto registrados en la serie.

En la localidad de La Cruz (Tabla 7), promedian los 35,1°C a lo largo del año. El rango de variación del mes más cálido, diciembre, se sitúa entre 37,5°C y 44,1°C, con un valor promedio esperado de 41,0°C. Sin embargo, es importante destacar que el valor más alto de la serie se registró en noviembre de 2023, alcanzando los 44,9°C. En junio, que es el mes más frío en términos de temperaturas máximas absolutas, se observa un rango de variación entre 22,9°C y 33,1°C, con un valor promedio de 27,4°C.

De acuerdo con los datos analizados, se evidencia que superan los 30°C desde el mes de agosto hasta marzo, y pueden llegar a sobrepasar los 40°C desde septiembre hasta marzo.

Tabla 7. Valores de temperaturas máximas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de La Cruz.

La Cruz

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	36,6	39,6	43,6
Febrero	32,1	36,2	40,2
Marzo	31,2	34,4	38,8
Abril	29,4	32,7	35,6
Mayo	24,8	29,1	32,3
Junio	22,9	27,4	33,1
Julio	23,7	29,2	37,6
Agosto	30,6	34,6	37,6
Septiembre	33,4	36,6	41,0
Octubre	35,8	39,6	44,2
Noviembre	36,4	40,4	44,9
Diciembre	37,5	41,0	44,1
Año	**22,9**	**35,1**	**44,9**

En la Tabla 8 se presentan las temperaturas máximas absolutas mensuales registradas en El Colmenar. Estas temperaturas promedian alrededor de los 33,3ºC a lo largo del año. El rango de variación del mes más cálido, diciembre, se sitúa entre 34,9ºC y 42,3ºC, con un valor promedio esperado de 38,4ºC. En octubre de 2009 se registró la temperatura diaria más alta de la serie, alcanzando los 43,7ºC. Respecto a junio, el mes más frío en términos de temperaturas máximas absolutas, se observa un rango de variación entre 20,6ºC y 29,2ºC, con un valor promedio de 24,6ºC.

Basado en los datos analizados, se observa que exceden los 30ºC desde septiembre hasta marzo, alcanzando su punto máximo entre octubre y enero, cuando pueden incluso superar los 40ºC.

Tabla 8. Valores de temperaturas máximas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de El Colmenar.

El Colmenar

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	35,8	38,1	42,2
Febrero	31,8	35,8	38,3
Marzo	31,2	33,9	37,1
Abril	28,6	31,1	34,1
Mayo	22,6	27,2	30,0
Junio	20,6	24,6	29,2
Julio	23,1	27,4	36,2
Agosto	29,1	32,8	37,7
Septiembre	32,0	34,9	38,8
Octubre	33,9	37,9	43,7
Noviembre	34,2	37,8	42,4
Diciembre	34,9	38,4	42,3
Año	**20,6**	**33,3**	**43,7**

En la Tabla 9, que corresponde a las temperaturas máximas absolutas mensuales registradas en la localidad de Pueblo Viejo, se destaca que estas temperaturas promedian alrededor de los 33,8ºC durante todo el año. En el mes más cálido, diciembre, el rango de variación oscila entre 36,1ºC y 41,7ºC, con un valor promedio esperado de 38,8ºC. Además, el registro más alto de temperatura diaria se alcanzó en octubre de 2009, alcanzando los 42,8ºC.

Por otro lado, junio se presenta como el mes más frío en términos de temperaturas máximas absolutas, con un rango de variación entre 21,6ºC y 29,7ºC, y un promedio de 25,8ºC. Los datos analizados muestran que superan los 30ºC desde septiembre hasta marzo, y pueden incluso superar los 40ºC desde octubre hasta enero.

Tabla 9. Valores de temperaturas máximas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Pueblo Viejo.

Pueblo Viejo

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	35,2	37,9	41,8
Febrero	31,1	35,8	38,4
Marzo	32,3	34,1	36,2
Abril	28,9	31,5	32,9
Mayo	23,2	28,6	31,7
Junio	21,6	25,8	29,7
Julio	23,8	27,8	32,3
Agosto	29,7	33,6	37,1
Septiembre	32,6	35,4	38,6
Octubre	32,8	38,4	42,8
Noviembre	34,0	37,9	42,5
Diciembre	36,1	38,8	41,7
Año	**21,6**	**33,8**	**42,8**

En la Tabla 10, que corresponde a las temperaturas máximas absolutas mensuales registradas en la localidad de Huasa Pampa Sur, se observa que estas temperaturas promedian alrededor de los 34,2°C a lo largo del año. Para el mes más cálido, diciembre, el rango de variación fluctúa entre 37,6°C y 43,7°C, con un valor promedio esperado de 40,1°C. Es interesante destacar que tanto en noviembre de 2009 como en diciembre de 2022 se registró el mismo valor máximo de temperatura diaria, alcanzando los 43,7°C.

En contraste, junio, considerado el mes más frío en términos de temperaturas máximas absolutas, muestra un rango de variación entre 21,7°C y 29,2°C, con un promedio de 26,0°C. Estos datos reflejan que superan los 30°C desde septiembre hasta marzo y pueden alcanzar incluso los 40°C desde octubre hasta febrero.

Tabla 10. Valores de temperaturas máximas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Huasa Pampa Sur.

Huasa Pampa Sur

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	36,0	39,1	42,7
Febrero	32,3	36,5	40,4
Marzo	31,9	34,2	37,3
Abril	27,6	31,8	33,7
Mayo	23,5	29,1	33,2
Junio	21,7	26,0	29,2
Julio	23,8	27,5	32,5
Agosto	29,8	32,9	37,3
Septiembre	32,4	35,4	39,7
Octubre	33,2	39,1	42,4
Noviembre	34,2	39,2	43,7
Diciembre	37,6	40,1	43,7
Año	**21,7**	**34,2**	**43,7**

Temperaturas mínimas medias

La temperatura mínima media mensual se define como el promedio mensual de las temperaturas mínimas diarias. Las tablas siguientes muestran los datos climáticos de las temperaturas mínimas medias del aire para las localidades seleccionadas. En las tablas 11 a 14, se detallan los valores menores, medios y mayores registrados durante el período de referencia para cada mes y para el año en su conjunto. Estos datos ofrecen una visión completa del rango de variación de esta variable en cada mes a lo largo del período analizado. Los datos corresponden a 18 años, abarcando desde 2006 hasta 2023.

El período más fresco del año abarca desde mayo hasta septiembre. Durante estos meses, la temperatura mínima media está por debajo del promedio anual correspondiente en todas las localidades consideradas. Enero destaca como el mes con valores más elevados, mientras que julio registra los más bajos del año.

Para La Cruz (Tabla 11), las temperaturas mínimas medias mensuales rondan los 13,2°C a lo largo del año. En el mes más fresco, julio, el rango de variación oscila entre 2,0°C y 8,2°C, con un valor promedio esperado de 5,4°C. Por otro lado, en enero, el mes más cálido en términos de esta variable, el rango de variación se sitúa entre 17,9°C y 20,2°C, con un valor promedio esperado de 19,5°C.

Tabla 11. Valores de temperaturas mínimas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de La Cruz.

La Cruz

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	17,9	19,5	20,2
Febrero	17,1	18,8	20,8
Marzo	14,9	17,0	19,6
Abril	12,9	14,5	17,0
Mayo	7,6	10,2	12,4
Junio	4,1	6,7	9,0
Julio	2,0	5,4	8,2
Agosto	2,1	6,4	9,5
Septiembre	7,2	9,7	12,4
Octubre	12,1	14,0	17,2
Noviembre	14,8	17,0	19,9
Diciembre	17,8	19,0	21,5
Año	**2,0**	**13,2**	**21,5**

En El Colmenar (Tabla 12), las temperaturas mínimas medias mensuales promedian alrededor de los 14,7°C a lo largo del año. Durante el mes más fresco, julio, el rango de variación oscila entre 4,6°C y 10,2°C, con un valor promedio de 7,3°C. Mientras tanto, en enero, el mes más cálido, el rango de variación se encuentra entre 18,9°C y 21,7°C, con un valor promedio esperado de 20,5°C.

Tabla 12. Valores de temperaturas mínimas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de El Colmenar.

El Colmenar

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	18,9	20,5	21,7
Febrero	19,0	20,1	21,9
Marzo	16,5	18,4	22,1
Abril	13,8	15,8	18,1
Mayo	9,1	11,8	13,9
Junio	6,0	8,2	10,3
Julio	4,6	7,3	10,2
Agosto	5,8	8,9	11,3
Septiembre	9,9	12,0	14,7
Octubre	14,0	15,7	18,3
Noviembre	16,0	18,0	20,2
Diciembre	18,6	19,8	21,8
Año	**4,6**	**14,7**	**22,1**

Para Pueblo Viejo (Tabla 13), las temperaturas mínimas medias mensuales promedian alrededor de los 13,7°C a lo largo del año. Durante julio, el mes más fresco, el rango de variación oscila entre 3,5°C y 9,6°C, con un valor promedio esperado de 6,2°C. En contraste, enero, el mes más cálido, el rango de variación se sitúa entre 18,4°C y 21,0°C, con un valor medio de 19,9°C.

Tabla 13. Valores de temperaturas mínimas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Pueblo Viejo.

Pueblo Viejo

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	18,4	19,9	21,0
Febrero	18,4	19,5	21,0
Marzo	15,6	17,8	20,6
Abril	13,4	15,5	17,7
Mayo	9,4	11,3	13,4
Junio	4,7	7,4	10,1
Julio	3,5	6,2	9,6
Agosto	4,6	7,3	10,7
Septiembre	7,4	10,5	12,6
Octubre	11,6	14,2	16,8
Noviembre	14,9	16,8	19,2
Diciembre	18,0	18,9	20,6
Año	**3,5**	**13,7**	**21,0**

Por último, en Huasa Pampa Sur (Tabla 14), las temperaturas mínimas medias mensuales promedian alrededor de los 14,1ºC a lo largo del año. Durante julio, el mes más fresco, el rango de variación oscila entre 2,9ºC y 9,2ºC, con un valor promedio de 6,5ºC. Mientras tanto, enero, el mes más cálido, el rango de variación se encuentra entre 18,8ºC y 21,7ºC, con un valor promedio esperado de 20,4ºC.

Tabla 14. Valores de temperaturas mínimas medias expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Huasa Pampa Sur.

Huasa Pampa Sur

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	18,8	20,4	21,7
Febrero	18,4	19,6	21,4
Marzo	15,8	17,9	20,3
Abril	13,5	15,5	18,2
Mayo	9,1	11,3	13,6
Junio	4,4	7,6	9,9
Julio	2,9	6,5	9,2
Agosto	4,1	7,8	10,9
Septiembre	8,3	11,0	13,7
Octubre	13,1	14,8	17,1
Noviembre	15,5	17,4	20,0
Diciembre	18,5	19,5	22,0
Año	**2,9**	**14,1**	**22,0**

Temperaturas mínimas absolutas

La temperatura mínima absoluta se define como la temperatura mínima diaria más baja del mes. En las siguientes tablas (15 a 18) se representan tanto su valor promedio como el valor más bajo y alto registrados en la serie.

En la localidad de La Cruz (Tabla 15), las temperaturas mínimas absolutas mensuales promedian alrededor de 6,8ºC a lo largo del año. El rango de variación en el mes más frío, julio, oscila entre -5,3ºC y 3,2ºC, con un valor promedio de -1,3ºC. Es relevante mencionar que el valor más bajo de la serie se registró en julio de 2007, alcanzando -5,3ºC. Por otro lado, enero, siendo el mes más cálido tomando como referencia esta variable, muestra un rango de variación entre 13,0ºC y 17,6ºC, con un valor promedio de 14,9ºC. Según los datos analizados, se espera que las heladas ocurran principalmente en los meses de julio y agosto, pudiendo ser severas. Además, el período de heladas puede extenderse desde mayo hasta septiembre, tema que se desarrolla en detalle más adelante.

Tabla 15. Valores de temperaturas mínimas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de La Cruz.

La Cruz

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	13,0	14,9	17,6
Febrero	8,9	13,9	17,4
Marzo	4,9	11,7	16,9
Abril	3,8	7,9	13,4
Mayo	-2,1	3,5	7,2
Junio	-2,3	0,4	2,8
Julio	-5,3	-1,3	3,2
Agosto	-4,3	-0,3	2,9
Septiembre	-2,3	1,4	4,7
Octubre	2,2	6,1	9,3
Noviembre	3,1	10,3	14,9
Diciembre	8,7	13,7	18,2
Año	**-5,3**	**6,8**	**18,2**

En El Colmenar (Tabla 16), las temperaturas mínimas absolutas mensuales promedian alrededor de 8,7°C a lo largo del año. En julio, el mes más frío, el rango de variación está entre -2,8°C y 5,0°C, con un valor promedio de 1,0°C. El valor más bajo de la serie se registró en julio de 2013, alcanzando -2,8°C. En enero, el mes más cálido, el rango de variación se sitúa entre 12,5°C y 18,6°C, con un valor promedio de 15,7°C. De acuerdo con los datos, las heladas no son comunes en promedio, pero cuando ocurren, se presentan entre junio y agosto, siendo moderadas en julio.

Tabla 16. Valores de temperaturas mínimas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de El Colmenar.

El Colmenar

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	12,5	15,7	18,6
Febrero	11,1	15,0	18,0
Marzo	8,2	13,3	16,8
Abril	5,0	9,8	13,6
Mayo	0,7	5,6	8,9
Junio	-0,3	2,6	4,7
Julio	-2,8	1,0	5,0
Agosto	-1,0	2,3	6,1
Septiembre	1,1	4,6	7,8
Octubre	2,9	8,5	11,7
Noviembre	5,2	11,9	15,2
Diciembre	9,7	14,4	19,2
Año	**-2,8**	**8,7**	**19,2**

En la localidad de Pueblo Viejo (Tabla 17), las temperaturas mínimas absolutas mensuales promedian alrededor de 7,7°C a lo largo del año. En julio, el mes más frío, el rango de variación oscila entre -4,1°C y 4,0°C, con un valor promedio de -0,4°C. El valor más bajo de la serie también se registró en julio de 2013, con -4,1°C. En enero, el mes más cálido, el rango de variación se encuentra entre 13,3°C y 18,3°C, con un valor promedio de 15,7°C. Los datos muestran que las heladas son esperables en julio y pueden ser severas. El período de heladas puede extenderse desde mayo hasta septiembre.

Tabla 17. Valores de temperaturas mínimas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Pueblo Viejo.

Pueblo Viejo

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	13,3	15,7	18,3
Febrero	10,1	14,8	17,1
Marzo	7,2	13,1	17,5
Abril	5,8	9,2	14,1
Mayo	-0,9	4,5	8,7
Junio	-1,9	1,1	5,1
Julio	-4,1	-0,4	4,0
Agosto	-1,8	0,4	3,3
Septiembre	-1,5	2,4	6,9
Octubre	1,8	7,0	11,8
Noviembre	2,8	10,7	15,3
Diciembre	8,5	13,8	18,8
Año	**-4,1**	**7,7**	**18,8**

Finalmente, en Huasa Pampa Sur (Tabla 18), las temperaturas mínimas absolutas mensuales promedian alrededor de 7,8ºC a lo largo del año. En julio, el rango de variación de la temperatura mínima absoluta está entre -2,9ºC y 4,7ºC, con un valor promedio de 0,0ºC. El valor más bajo de la serie se registró en julio de 2013, con -2,9ºC. En enero, varían entre 11,8ºC y 17,9ºC, con un valor promedio de 15,5ºC. Los datos indican que las heladas son esperables en julio, siendo generalmente moderadas. El período de heladas puede extenderse desde mayo hasta septiembre.

Tabla 18. Valores de temperaturas mínimas absolutas mensuales expresadas en °C para el período 2006-2023 en la localidad de Huasa Pampa Sur.

Huasa Pampa Sur

Mes	Menor	Medio	Mayor
Enero	11,8	15,5	17,9
Febrero	9,6	14,7	17,2
Marzo	5,5	12,6	16,7
Abril	4,7	8,7	13,4
Mayo	-1,5	4,7	8,0
Junio	-1,4	1,6	4,7
Julio	-2,9	0,0	4,7
Agosto	-1,3	1,2	4,0
Septiembre	-0,1	2,9	5,6
Octubre	4,7	7,4	11,1
Noviembre	5,1	10,6	15,8
Diciembre	8,6	14,2	18,8
Año	**-2,9**	**7,8**	**18,8**

Temperaturas diarias

Las siguientes Figuras muestran la evolución, para el año completo, de las temperaturas máximas y mínimas diarias para las cuatro localidades seleccionadas. Para elaborar los gráficos se procesaron los datos de temperaturas extremas diarias de 18 años, de manera de obtener las “máximas medias” (promedio diario de las máximas), las “máximas menores” (menor valor diario de máximas), y las “máximas absolutas” (mayor valor de máximas diarias). Con el mismo criterio se procesaron los datos de mínimas.

Es posible apreciar con mayor detalle la evolución de las temperaturas extremas y poner de manifiesto situaciones no mostradas por los valores mensuales que usualmente se utilizan para describir el clima de un lugar.

El comportamiento de la temperatura máxima media en La Cruz indica que se registraron valores mayores a 30°C desde el 20 de octubre al 13 de febrero (Figura 8). Las temperaturas máximas absolutas superaron los 35°C entre agosto y marzo, aunque un evento excepcional el día 10 de julio de 2022 registró un valor máximo de 37,6°C. No se registraron temperaturas máximas absolutas superiores a los 40°C entre mediados de febrero y mediados de septiembre.

En cuanto a las máximas menores, se observó que entre el 20 de abril y el 15 de octubre hubo máximas diarias inferiores a 15°C, llegando incluso a estar por debajo de 5°C en julio, como ocurrió el día 9 de 2007 y los días 16 y 17 de 2010.

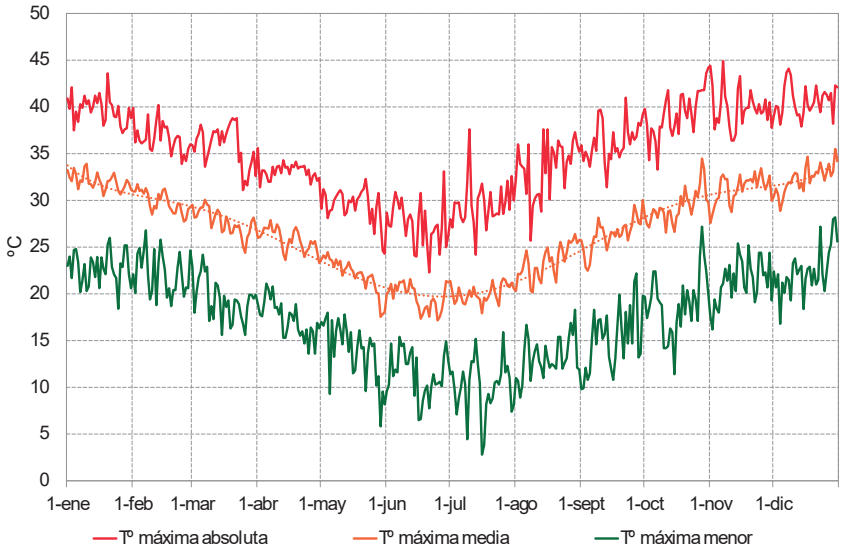


Figura 8. Evolución de las temperaturas máximas medias diarias, máximas absolutas y máximas menores, expresada en °C, para la localidad de La Cruz en el período 2006-2023.

En lo que respecta a las temperaturas mínimas (Figura 9), se puede evaluar el período en el cual es posible la acumulación de frío . Se utilizan con mayor frecuencia el umbral de 7°C y el de 10°C para los cultivos y cultivares menos exigentes en frío. En promedio, en La Cruz el período con mínimas por debajo de los 10°C abarcó desde 15 de mayo hasta el 20 de septiembre, mientras que el período con mínimas inferiores a 7°C se extendió entre el 11 de junio y el 23 de agosto.

Las mínimas más altas no superaron los 20°C desde el 01 de mayo hasta el 12 de septiembre, e incluso no alcanzaron los 25°C entre el 20 de febrero y el 19 de octubre. Las mínimas absolutas indican que se registraron temperaturas por debajo de 15°C durante todo el año y el período con heladas se extendió aproximadamente desde el 30 de mayo hasta el 24 de septiembre, con heladas que llegaron a valores inferiores a -5°C el día 11 de julio de 2007.

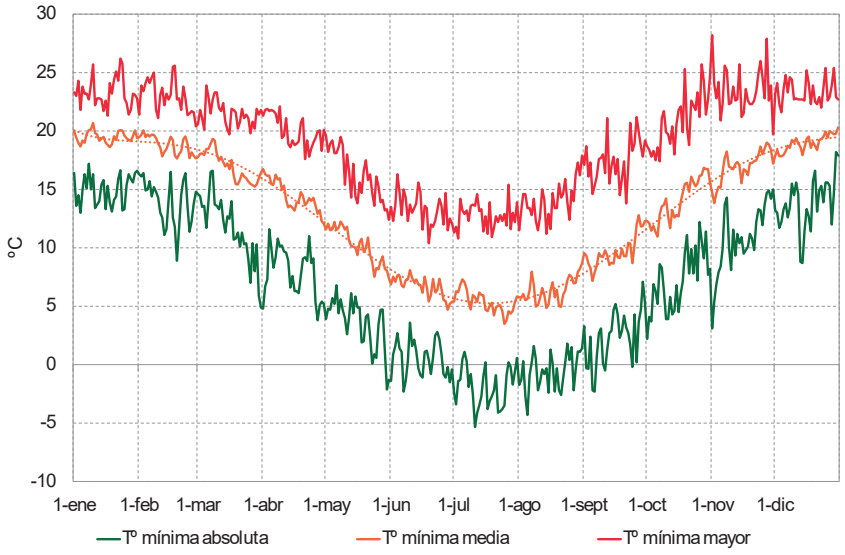


Figura 9. Evolución de las temperaturas mínimas medias diarias, mínimas absolutas y mínimas mayores, expresada en °C, registradas para la localidad de La Cruz en el período 2006-2023.

En la localidad de El Colmenar, la evolución de la temperatura máxima media muestra que el período con valores mayores a 30°C abarcó desde el 18 de noviembre hasta el 13 de febrero (Figura 10). En cuanto a las máximas menores, se registraron valores por debajo del umbral de 15°C desde el 13 de abril hasta el 15 de octubre. Respecto de las máximas absolutas, el período en el que se registraron valores superiores a 35°C se extendió, desde el 19 de agosto al 22 de marzo. Al igual que en el análisis de La Cruz, es importante señalar un evento excepcional el 10 de julio de 2022, cuando se registró una temperatura máxima de 36,2°C. También se determinó que entre el 18 de octubre y el 25 de enero se superaron en varias ocasiones los 40°C.

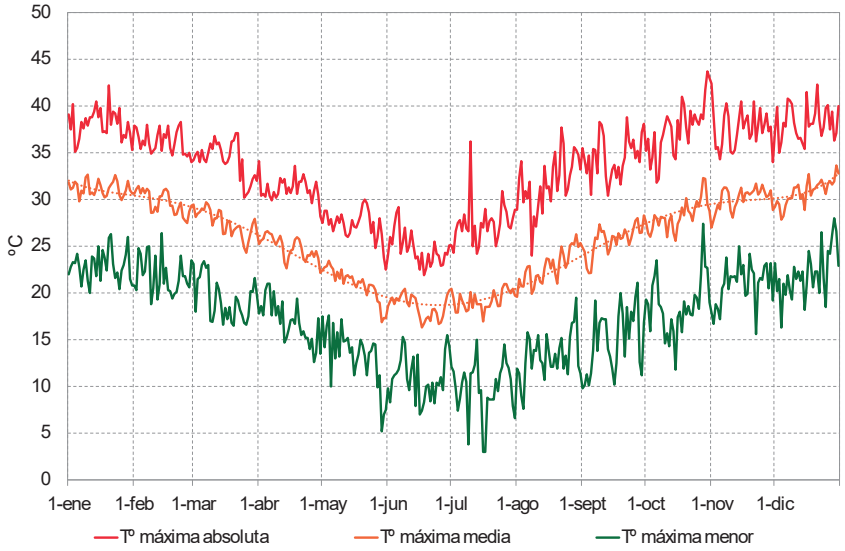


Figura 10. Evolución de las temperaturas máximas medias diarias, máximas absolutas y máximas menores, expresadas en °C, registradas para la localidad de El Colmenar en el período 2006-2023.

En el análisis de las temperaturas mínimas diarias en El Colmenar (Figura 11), se puede identificar el período en el cual es posible la acumulación de frío. En promedio, el período con mínimas por debajo de los 10ºC se extendió desde el 28 de mayo hasta el 29 de agosto. A lo largo de todo el año, las mínimas estuvieron por encima de los 7ºC. Las mínimas absolutas muestran que se registraron temperaturas inferiores a 15ºC durante todo el año, y valores por debajo de 5ºC ocurrieron entre el 18 de mayo y el 01 de octubre, y los valores por debajo de 0ºC ocurrieron entre el 27 de junio y el 06 de agosto. Los valores más bajos, por debajo de -2ºC, se registraron los días 2 de julio del 2011, 11 de julio de 2007 y 22 de julio de 2013, respectivamente.

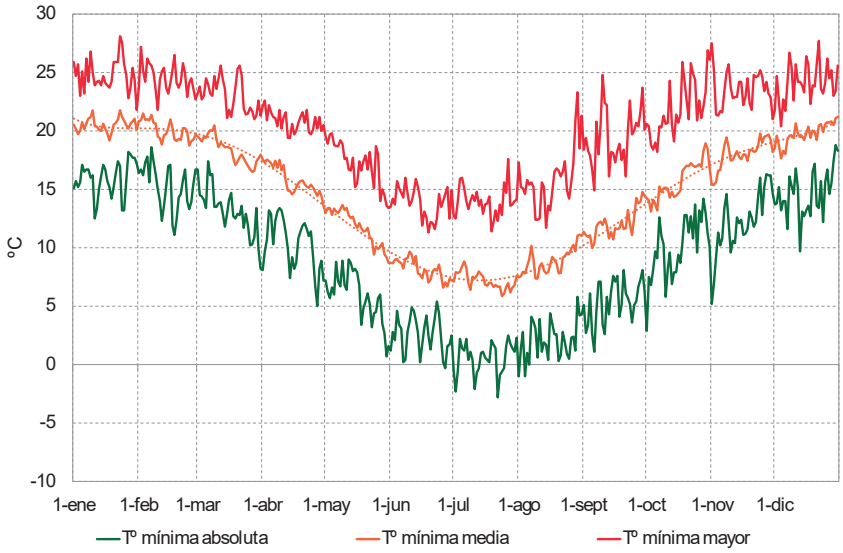


Figura 11. Evolución de las temperaturas mínimas medias diarias, mínimas absolutas y mínimas mayores, expresadas en °C, registradas para la localidad de El Colmenar en el período 2006-2023.

En la localidad de Pueblo Viejo, la evolución de la temperatura máxima media diaria revela que el período con valores superiores a 30°C se extiende desde el 10 de diciembre hasta el 9 de febrero (Figura 12). Durante este período, no se registraron valores medios superiores a 35°C, como así tampoco a 40°C. En cuanto a las temperaturas máximas más bajas, se observó que, entre el 10 de marzo y el 18 de octubre, las máximas diarias se mantuvieron por debajo del umbral de los 15°C.

En relación con las temperaturas máximas absolutas, el período en el que se registraron valores superiores a 35°C abarcó desde el 3 de agosto hasta el 22 de marzo. Por otro lado, el umbral de los 40°C solo se superó en el intervalo comprendido entre el 16 de octubre y el 20 de enero.

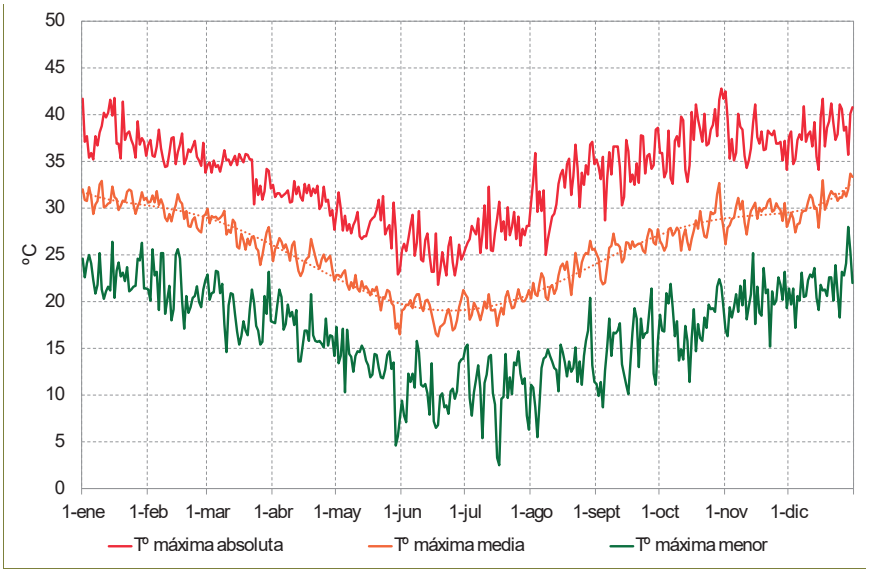


Figura 12. Evolución de las temperaturas máximas medias diarias, temperaturas máximas absolutas y máximas menores, expresadas en °C, registradas para la localidad de Pueblo Viejo en el período 2006-2023.

El período en el que es posible la acumulación de frío, según las temperaturas mínimas registradas en Pueblo Viejo (Figura 13), con valores inferiores a 10°C, abarcó desde el 25 de mayo hasta el 13 de septiembre. En promedio, las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de los 7°C entre el 27 de junio y el 8 de agosto. Las temperaturas mínimas absolutas muestran que, a lo largo de todo el año, se registraron valores por debajo de 15°C. Además, se observó que las temperaturas cayeron por debajo de los 5°C entre el 18 de mayo y el 3 de noviembre, y que los valores inferiores a 0°C se presentaron entre el 30 de mayo y el 6 de septiembre, alcanzando una mínima de -4°C el 23 de julio de 2013.

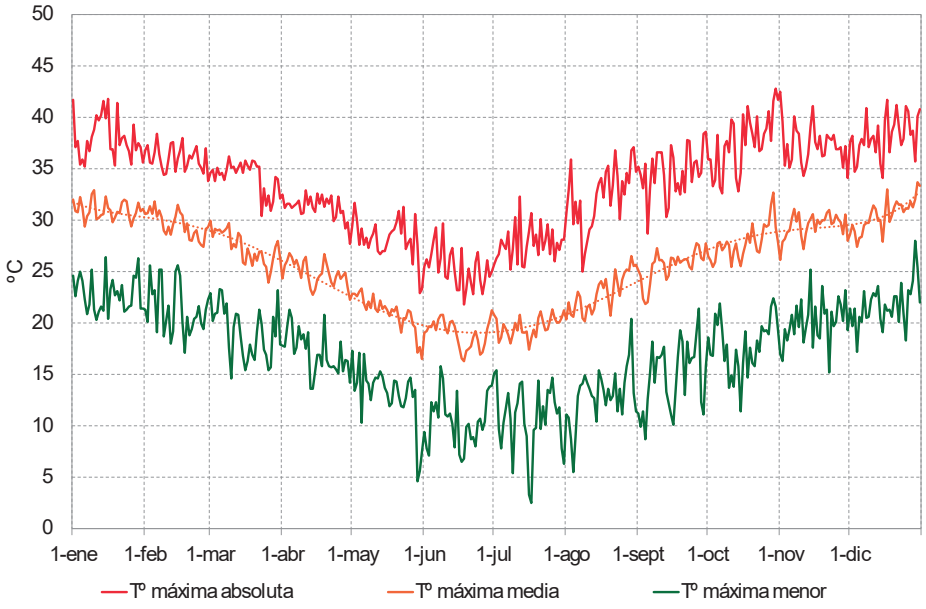


Figura 13. Evolución de las temperaturas mínimas medias diarias, mínimas absolutas y mínimas mayores registradas para la localidad de Pueblo Viejo en el período 2006-2023, expresada en °C.

Por último, en la localidad de Huasa Pampa Sur, la marcha de la temperatura máxima media diaria muestra que, en promedio, el período con valores mayores a 30°C abarca desde el 01 de noviembre al 16 de febrero (Figura 14) sin que se registren valores medios superiores a 35°C o 40°C. Al considerar las temperaturas máximas menores, observamos que, desde el 26 de marzo hasta el 15 de octubre se registraron máximas diarias por debajo del umbral de los 15°C.

De acuerdo con las máximas absolutas se aprecia que se dieron valores mayores a 35°C desde el 22 de agosto al 21 de marzo. También se observa que el umbral de los 40°C fue superado en el período que va desde el 11 de octubre y el 01 de febrero.

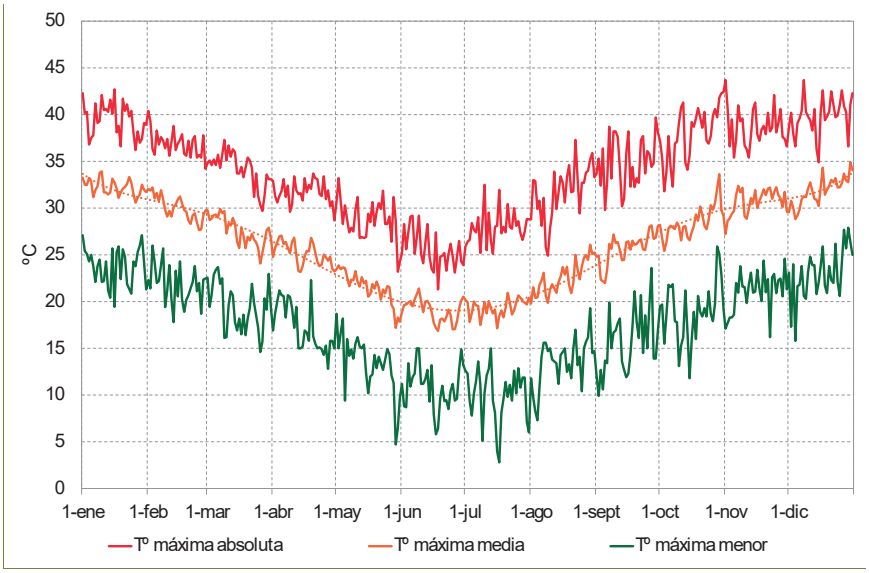


Figura 14. Evolución de las temperaturas máximas medias diarias, así como también temperaturas máximas absolutas y máximas menores registradas para la localidad de Huasa Pampa Sur en el período 2006-2023, expresada en °C.

El período en el cual es posible la acumulación de frío, según las temperaturas mínimas registradas en Huasa Pampa Sur (Figura 15), con valores por debajo de 10°C, se extendió desde el 25 de mayo hasta el 8 de septiembre. En promedio, las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de 7°C durante todo el mes de julio. Las temperaturas mínimas absolutas muestran que se registraron valores por debajo de 15°C a lo largo de todo el año, mientras que valores inferiores a 5°C se dieron entre el 27 de abril y el 2 de octubre. Además, las temperaturas por debajo de 0°C ocurrieron entre el 30 de mayo y el 6 de septiembre, alcanzando casi -4°C el 22 de julio de 2013.

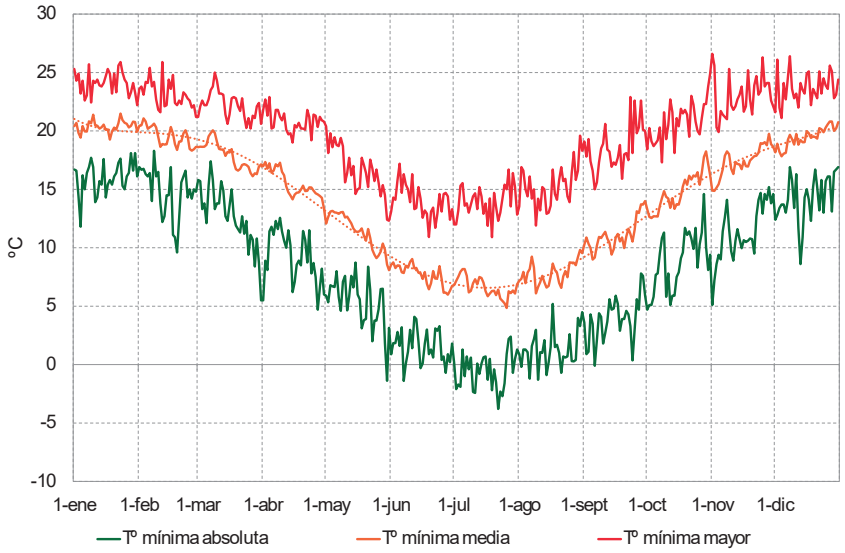


Figura 15. Evolución de las temperaturas mínimas medias diarias, mínimas absolutas y mínimas mayores expresadas en °C, registradas para la localidad de Huasa Pampa Sur en el período 2006-2023.

Amplitud térmica

La amplitud térmica es la diferencia entre la temperatura máxima y mínima en un día. La Figura 16 muestra la evolución de la amplitud térmica media diaria para las cuatro localidades seleccionadas. Se observa que, a lo largo del año, las cuatro localidades siguen un patrón interanual similar, condicionado por el régimen pluviométrico y la humedad del aire.

En general las mayores amplitudes corresponden a los meses más secos del año, caracterizados por la escasez de lluvias y la baja humedad del aire, siendo el pico más alto en los primeros días de septiembre. Por el contrario, las amplitudes más bajas se registran entre marzo y abril.

Al comparar las cuatro localidades, se observa que las mayores amplitudes térmicas ocurren en La Cruz, donde, entre finales de invierno y principios de la primavera, generalmente se superan los 16,0ºC. En Pueblo Viejo y Huasa Pampa Sur, durante el mismo período, las amplitudes alcanzan valores cercanos a los 15ºC, mientras que en El Colmenar, hacia mediados de septiembre, se alcanza la máxima amplitud con 14,0ºC.

Los valores más bajos de amplitud térmica media en La Cruz rondan los 11,0ºC hacia mediados de marzo, mientras que en El Colmenar y Pueblo Viejo se acercan a los 9ºC. En Huasa Pampa Sur, las amplitudes más bajas se sitúan en 9,5ºC. Estas tres últimas localidades registran los menores valores en los primeros 10 días de abril.

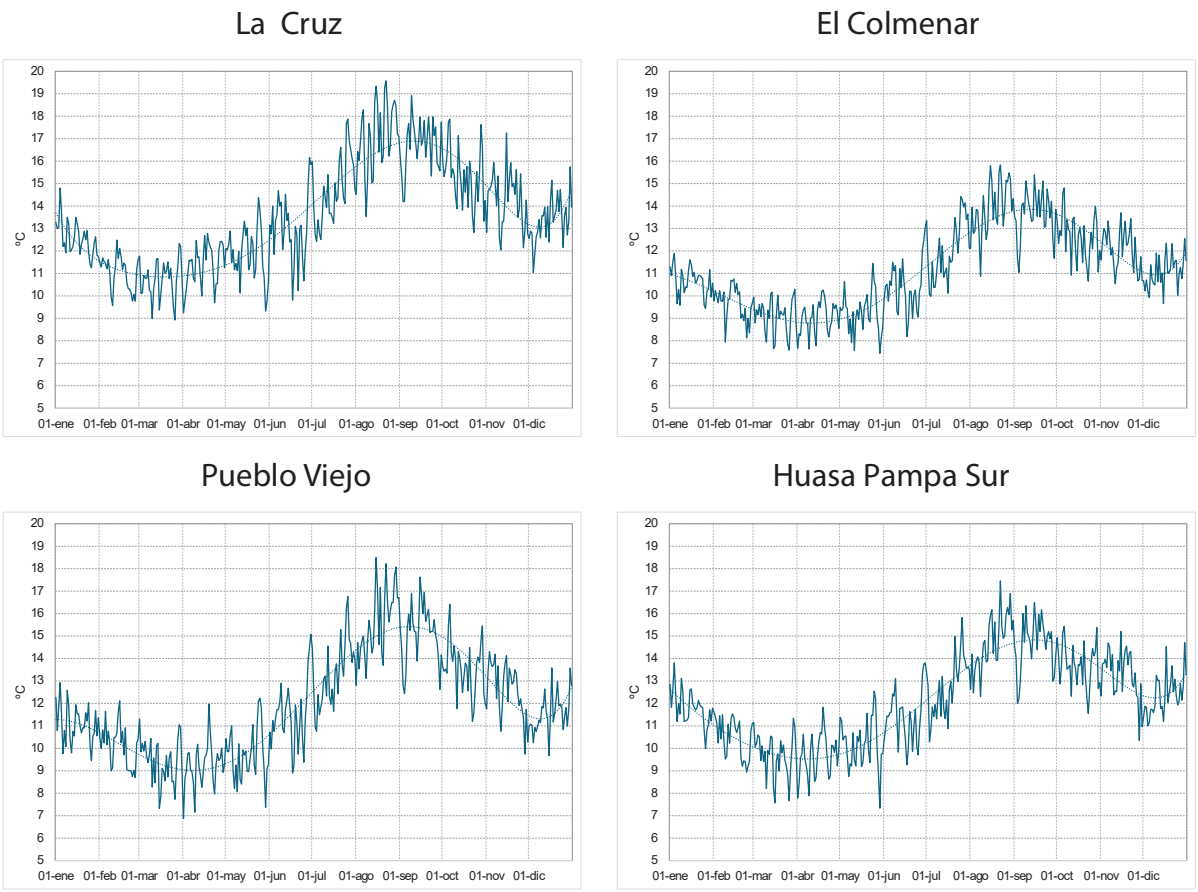


Figura 16. Evolución de las amplitudes térmicas diarias, expresada en °C, para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo y Huasa Pampa Sur en el período 2006-2023.

Heladas meteorológicas

Para el estudio del régimen de heladas meteorológicas se utilizó la serie de temperaturas mínimas diarias, medidas en abrigo meteorológico a 1,5 m sobre la superficie del suelo. Se consideró como helada a todos los valores que fueran iguales o inferiores a 0°C. Nuevamente se tomaron como referencia las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur. El período considerado para el análisis fue el de los últimos 18 años (2006-2023).

En la Tabla 19 se muestran los estadísticos correspondientes a fechas medias y extremas de primeras y últimas heladas y los períodos medios y extremos con y sin heladas para las cuatro localidades. Además, se aportan indicadores de variabilidad para las fechas y períodos indicados y el porcentaje de años con heladas.

Tabla 19. Fechas de ocurrencia, duración de períodos con y sin heladas y frecuencia de años con heladas, para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur (2006-2023).

	La Cruz	El Colmenar	Pueblo Viejo	Santa Ana	Huasa Pampa Sur
Fecha Media PH	03-jul	21 jul	07 jul	27-jun	09-jul
Desv ío Estándar PH (Días)	20,3	13,4	16,7	26.3	23,5
Fecha Media UH	19-ago	25 jul	11 ago	13-ago	03-ago
Desv ío Estándar UH (días)	19,4	11,4	16,9	21.2	17,5
Fecha más anticipada PH	30-may	27 jun	30 may	23-may	30-may
Fecha más atrasada PH	11-ago	06 ago	26 jul	06-sep	21-ago
Fecha más anticipada UH	15-jul	03 jul	17 jul	16-jun	08-jul
Fecha más atrasada UH	24-sep	06 ago	06 sep	07-sep	06-sep
Período Medio CH (Días)	48	6	36	48	26
Desv ío Estándar PCH (Días)	28,52	8,77	30,10	35.40	30,94
PCH Mayor (Días)	100	25	100	103	100
PCH Menor (Días)	1	1	1	1	1
Período Medio SH (Días)	317	359	329	317	339
Desv ío Estándar PSH (Días)	28,52	8,77	30,10	35.40	30,94
PSH Mayor (Días)	364	364	364	364	364
PSH Menor (Días)	265	340	265	262	265
Años con heladas (%)	88,89	38,89	77,78	94.44	66,67
Años sin heladas (%)	11,11	61,11	22,22	5,56	33,33
PH= Primera helada; UH= Última helada; PCH= Período con heladas; PSH= Período sin heladas.					

La frecuencia media de heladas fue calculada para varias localidades, considerando tanto los años con heladas como aquellos sin heladas. La Tabla 20 muestra las frecuencias de heladas anuales.

En La Cruz, se registró una frecuencia media anual de 6,2 heladas (incluyendo ceros), que asciende a 7 si se excluyen los años sin heladas. El valor más alto fue de 17 heladas, mientras que el mínimo fue de 1 helada, con un desvío estándar de 4,4, lo que indica una considerable variabilidad en la frecuencia anual de heladas.

En El Colmenar, la frecuencia media de heladas fue mucho más baja, con un promedio de 0,9 heladas anuales (incluyendo ceros), y 2,3 heladas si se excluyen los años sin heladas. El valor máximo de heladas fue de 4, y el mínimo de 1, con un desvío estándar de 1,4, lo que indica una menor variabilidad en la frecuencia de heladas comparado con otras localidades.

Pueblo Viejo presentó una frecuencia media de 3,3 heladas anuales (incluyendo ceros), y 4,3 heladas si se excluyen los años sin heladas. El valor máximo registrado fue de 8 heladas y el mínimo de 1, con un desvío estándar de 3, mostrando una variabilidad moderada.

En Santa Ana, la frecuencia de heladas fue la más alta entre las localidades analizadas, con una media de 9,2 heladas por año (incluyendo ceros), y 9,8 cuando se excluyen los años sin heladas. El máximo registrado fue de 20 heladas, y el mínimo de 1. El desvío estándar de 6,6 indica una alta variabilidad en la frecuencia de heladas en esta localidad. Por último, en Huasa Pampa Sur, se registró una frecuencia media de heladas de 1,9 por año (incluyendo ceros), y 2,9 si se excluyen los años sin heladas. El máximo observado fue de 6 heladas, y el mínimo de 1, con un desvío estándar de 2,1, lo que señala una variabilidad moderada en la frecuencia anual de heladas.

Tabla 20. Frecuencia de heladas anuales para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur (2006-2023).

Anual	La Cruz	El Colmenar	Pueblo Viejo	Santa Ana	Huasa Pampa Sur
Frecuencia media heladas (incluye ceros)	6,2	0,9	3,3	9,2	1,9
Frecuencia media heladas	7,0	2,3	4,3	9,8	2,9
Desvío estándar heladas	4,4	1,4	3,0	6,6	2,1
Frecuencia máxima heladas	17	4	8	20	6
Frecuencia mínima heladas	1	1	1	1	1
Frecuencia mínima heladas (incluye ceros)	0	0	0	0	0

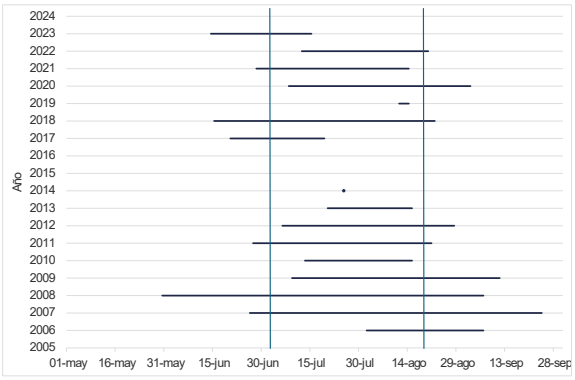
La Tabla 21 muestra los valores extremos de las temperaturas mínimas durante los diferentes meses del período con heladas, destacándose especialmente los registros de julio en todas las localidades, mes en el cual se produjeron las heladas más intensas de toda la serie.

La Cruz y Santa Ana comparten las temperaturas mínimas más severas de la serie, alcanzando -5,3°C. En contraposición, El Colmenar presentó las temperaturas mínimas menos extremas con -2,8°C.

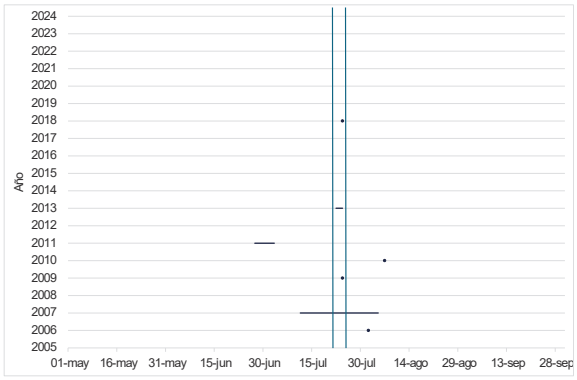
Tabla 21. Temperaturas mínimas absolutas mensual-anual, expresadas en °C para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur (2006-2023).

	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	AÑO
La Cruz	-2.1	-2.3	-5.3	-4.3	-2.3	-5,3
El Colmenar		-0,3	-2,8	-1,0		-2,8
Pueblo Viejo	-0,9	-1,9	-4,1	-1,8	-1,5	-4,1
Santa Ana	-1,9	-3,3	-5,3	-3,7	-2,2	-5,3
Huasa Pampa Sur	-1,4	-1,4	-3,8	-1,3	-0,1	-3,8

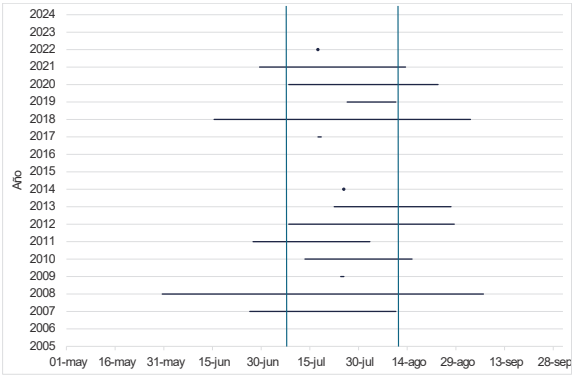
La Figura 17 muestra la evolución temporal del período con heladas para las localidades seleccionadas entre los años 2006-2023. Además, se incluyen como referencia las líneas que indican la fecha media de primera y última helada para cada localidad. Se destaca que El Colmenar es la localidad con menor ocurrencia de heladas meteorológicas a lo largo del período analizado.



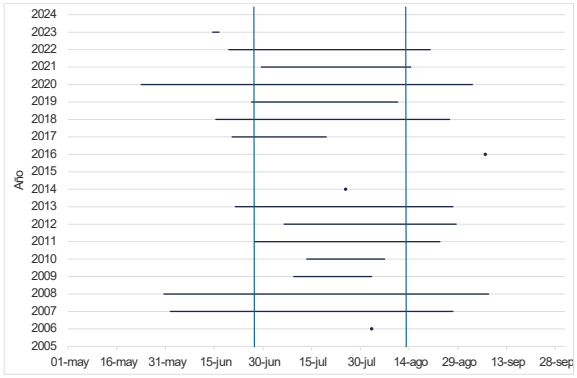
La Cruz



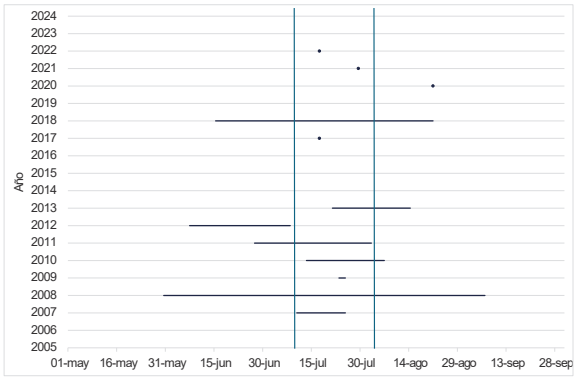
El Colmenar



Pueblo Viejo



Santa Ana



Huasa Pampa Sur

Figura 17. Evolución temporal del período con heladas para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur durante el período 2006-2023. Las dos líneas verticales indican la fecha promedio de primera y última helada en cada localidad.

Régimen Hídrico

Régimen de precipitaciones

En Tucumán el régimen de precipitaciones dominante es subtropical, con una alta concentración de la precipitación en el período octubre - marzo, donde se concentran más del 80 % de las lluvias anuales. El período lluvioso coincide con la estación monzónica en América del Sur. Los factores determinantes en la generación de precipitaciones son la depresión continental con gran influencia en los procesos de transporte-convergencia de humedad hacia el continente, el calentamiento continental y el régimen estacional de la presión atmosférica (Bazzano *et al*, 2019).

Precipitaciones en La Cruz (1990-2023)

La Tabla 22 muestra las precipitaciones medias, máximas y mínimas mensuales/anuales y otros niveles de probabilidad de ocurrencia de interés agroclimático para la localidad de La Cruz. En el semestre cálido (octubre-marzo) se acumula el 85% del total anual (994,2 mm). Las Figuras 18 y 19 muestran la distribución de lluvias para los periodos de octubre a marzo y de abril a septiembre, respectivamente. El mes con mayor precipitación es enero (224,5 mm), mientras que julio es el más seco (6,0 mm). En la Figura 20 se muestran los totales anuales desde 1990 a 2023. En el año más húmedo, las precipitaciones superaron el promedio en un 70%, mientras que en el más seco hubo una disminución del 36%. Con respecto a los totales mensuales máximos, en La Cruz se superaron los 200 mm en noviembre y diciembre; más de 350 mm en marzo; más de 450 mm en febrero y más de 500 mm en enero, lo que aumenta el riesgo de erosión hídrica por lluvias intensas.

Tabla 22. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales (en mm) para la localidad de La Cruz en el período 1990 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	224,5	163,1	161,7	77,7	29,9	12,3	6,0	7,6	15,6	50,7	99,0	146,0	994,2
DESV.STAN.	116,3	106,1	82,7	46,2	27,5	11,4	7,7	16,5	16,5	36,0	45,6	59,3	234,3
COEF.VARIA.	51,8	65,1	51,2	59,4	92,0	92,7	127,7	217,8	105,4	71,0	46,1	40,6	23,6
AÑOS	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
MINIMO	44,3	41,8	23,4	4,0	2,1	0,6	0,0	0,0	0,0	1,5	34,5	19,6	622,0
P = 0,01	53,8	44,8	26,9	7,6	2,4	0,7	0,0	0,0	0,0	2,4	36,9	28,3	624,0
P = 0,05	75,0	53,3	41,0	15,8	3,1	1,3	0,0	0,0	0,0	8,0	46,1	54,4	642,9
P = 0,10	88,6	63,1	68,5	22,8	5,5	2,3	0,0	0,0	0,1	14,0	56,4	74,8	670,1
P = 0,20	118,1	82,7	105,4	37,1	8,1	3,6	0,0	0,0	2,8	24,4	64,9	87,0	767,8
P = 0,30	137,8	95,0	120,3	51,8	13,9	5,9	0,0	0,0	4,0	30,9	69,5	105,1	911,2
P = 0,40	175,2	112,6	138,7	58,9	16,3	7,0	2,0	0,3	7,9	38,3	75,1	125,0	945,4
MEDIANA	226,3	134,7	149,5	64,5	21,1	8,3	3,3	1,1	9,1	42,4	81,9	155,3	975,9
P = 0,60	249,0	154,2	163,7	90,6	29,1	9,7	5,7	2,4	13,8	45,9	99,0	168,7	1050,2
P = 0,70	265,8	191,3	195,2	104,7	34,7	13,7	7,2	4,2	19,1	61,1	123,1	186,3	1101,5
P = 0,80	305,6	226,4	213,4	116,8	45,4	18,2	9,8	7,8	24,6	84,1	131,0	207,8	1170,3
P = 0,90	378,9	301,9	274,2	128,9	64,1	30,4	15,8	20,4	42,2	94,2	160,3	218,8	1234,4
P = 0,95	422,2	369,3	314,4	157,3	72,1	36,0	20,1	35,6	50,1	110,4	181,8	223,5	1325,1
P = 0,99	499,0	460,1	363,0	182,5	114,7	40,8	30,0	70,5	57,2	151,1	213,1	237,8	1581,7
MAXIMO	523,0	466,0	373,9	183,7	131,0	43,0	33,0	78,0	60,7	164,0	216,0	243,3	1665,5

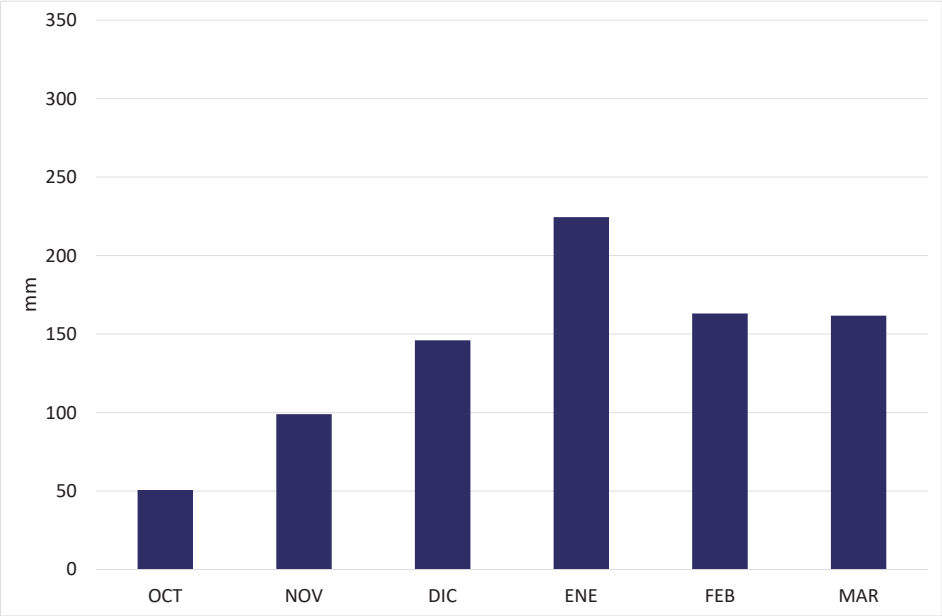


Figura 18. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de La Cruz. Período 1990 – 2023.

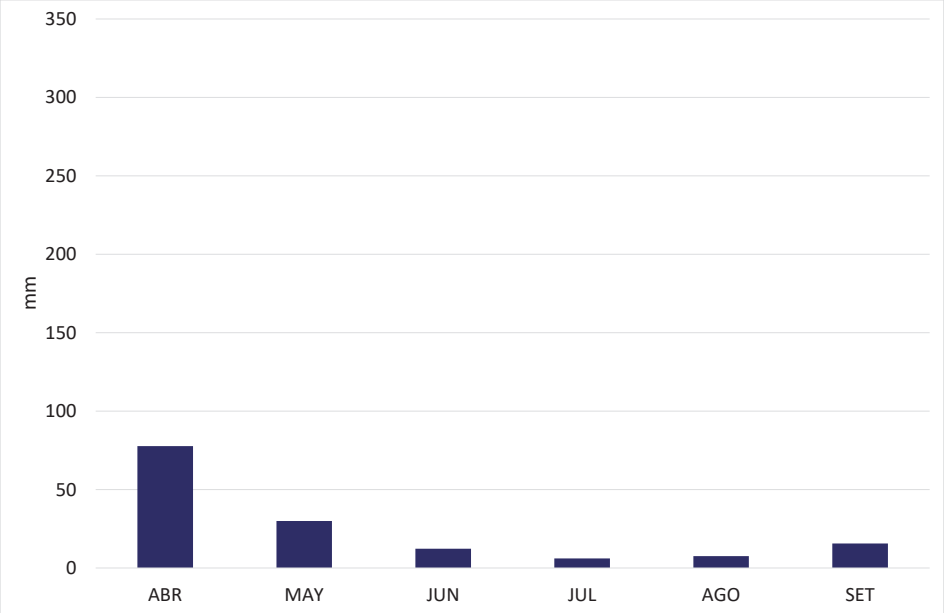


Figura 19. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de La Cruz. Período 1990 – 2023.

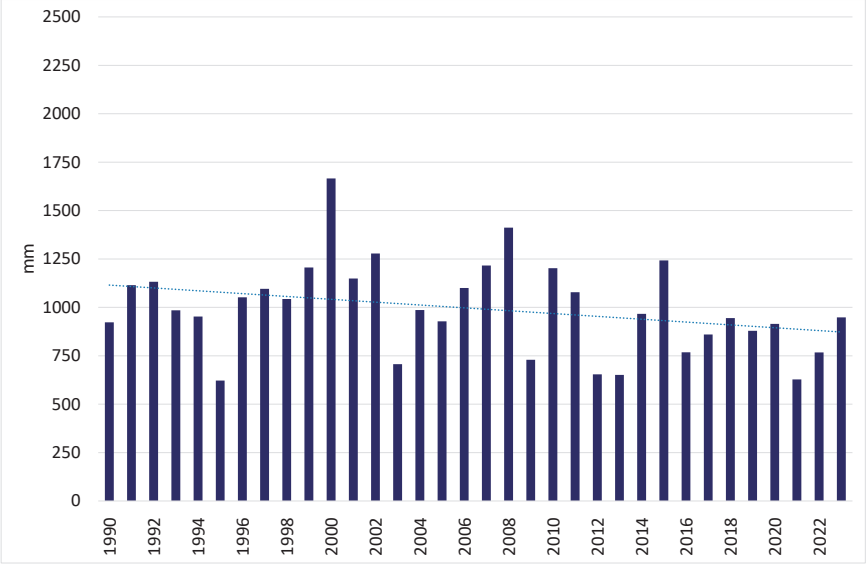


Figura 20. Totales anuales de precipitación en la localidad de La Cruz. Período 1990 – 2023.

Precipitaciones en El Sunchal (1990-2023)

La Tabla 23 presenta un procesamiento de datos similar para la localidad de El Sunchal. En este caso, el 82% del total anual (1081,0 mm) se concentra en el semestre cálido. Las Figuras 21 y 22 muestran la distribución de lluvias en los periodos que van de octubre a marzo y de abril a septiembre, con enero como el mes más lluvioso (238,0 mm) y agosto como el más seco (6,8 mm). La Figura 23 refleja los totales anuales desde 1990 hasta 2023, con un aumento del 32% en el año más húmedo y una reducción del 38% en el más seco. Los máximos mensuales en esta localidad superaron los 200 mm en diciembre, marzo y abril, y los 400 mm en enero y febrero.

Tabla 23. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales para la localidad de El Sunchal en el período 1990 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	238.0	182.2	152.2	95.7	40.7	18.1	8.7	6.8	22.0	62.5	103.6	150.3	1081.0
DESV.STAN.	109.8	90.3	57.7	63.4	30.0	14.3	7.0	13.3	17.1	38.6	41.6	70.1	197.0
COEF.VARIA.	46.1	49.6	37.9	66.2	73.7	79.0	80.4	195.5	77.9	61.8	40.2	46.6	18.2
AÑOS	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
MINIMO	78.0	57.0	23.0	2.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	23.3	18.0	668.2
P = 0,01	81.0	61.0	35.5	7.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	28.2	26.1	676.9
P = 0,05	90.9	70.6	66.9	22.2	5.6	1.4	0.0	0.0	2.0	14.7	47.1	42.8	767.8
P = 0,10	106.3	80.8	84.1	30.7	10.2	3.8	0.0	0.0	4.3	18.2	56.1	50.4	857.7
P = 0,20	149.6	112.0	102.9	48.0	15.6	7.3	3.2	0.0	5.6	26.6	65.6	93.2	921.2
P = 0,30	170.4	124.5	114.6	59.8	20.3	9.0	4.4	0.0	8.0	33.9	80.0	107.3	975.2
P = 0,40	201.0	145.4	141.3	68.2	32.6	10.2	5.6	0.4	14.6	46.0	84.2	123.3	1037.6
MEDIANA	210.0	168.5	155.0	82.0	38.0	14.8	6.5	2.4	17.3	58.0	98.5	159.8	1064.4
P = 0,60	228.8	178.4	171.4	102.4	44.3	17.7	9.4	4.0	21.8	69.1	118.3	169.7	1121.3
P = 0,70	283.5	196.1	178.9	116.9	47.2	22.1	11.1	5.1	28.1	80.5	127.1	190.2	1188.1
P = 0,80	334.4	250.5	197.5	138.6	53.9	28.5	15.4	10.2	39.0	97.4	142.3	207.2	1272.0
P = 0,90	397.9	309.1	216.8	164.5	74.8	37.2	19.1	15.8	49.3	111.1	155.7	240.8	1331.4
P = 0,95	427.4	353.0	241.4	179.0	93.1	48.4	21.6	23.7	53.7	125.8	167.5	260.1	1377.4
P = 0,99	478.5	407.9	272.2	280.3	128.6	54.4	24.3	57.6	55.0	151.1	190.8	287.1	1421.3
MAXIMO	490.5	428.0	287.0	330.0	140.5	56.0	25.0	70.0	55.0	161.0	199.0	293.0	1426.1

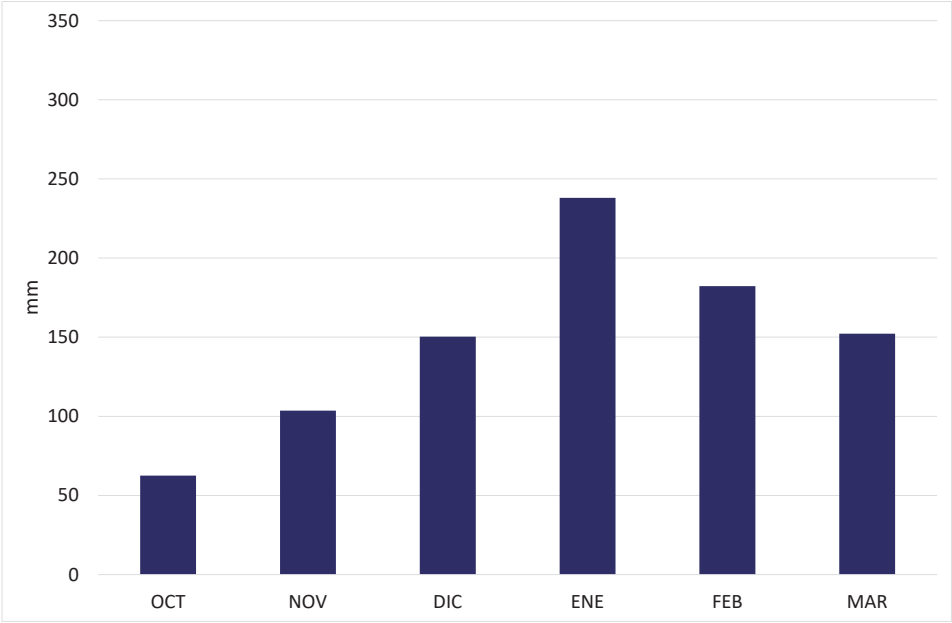


Figura 21. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de El Sunchal. Período 1990 – 2023.

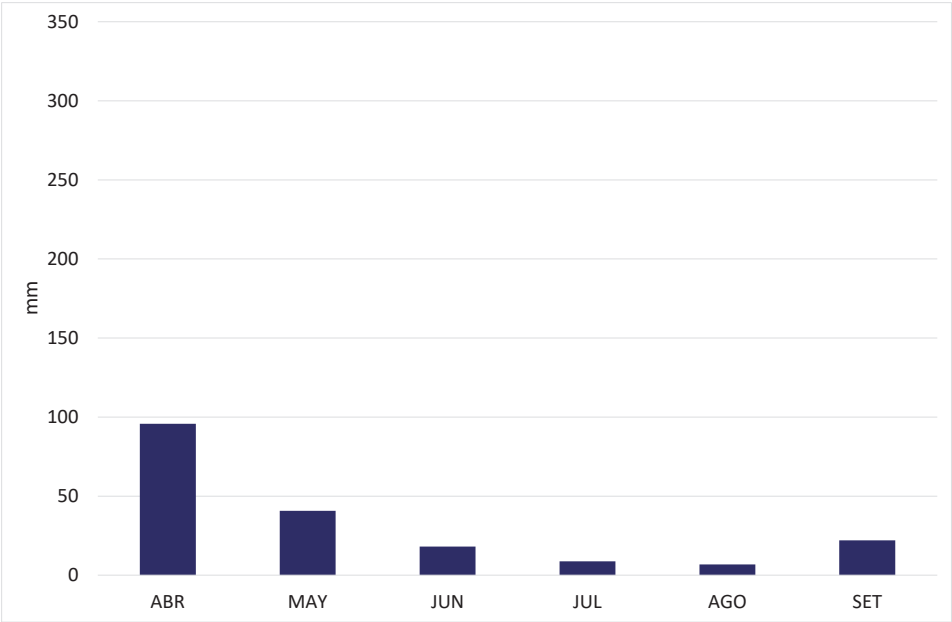


Figura 22. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de El Sunchal. Período 1990 – 2023.

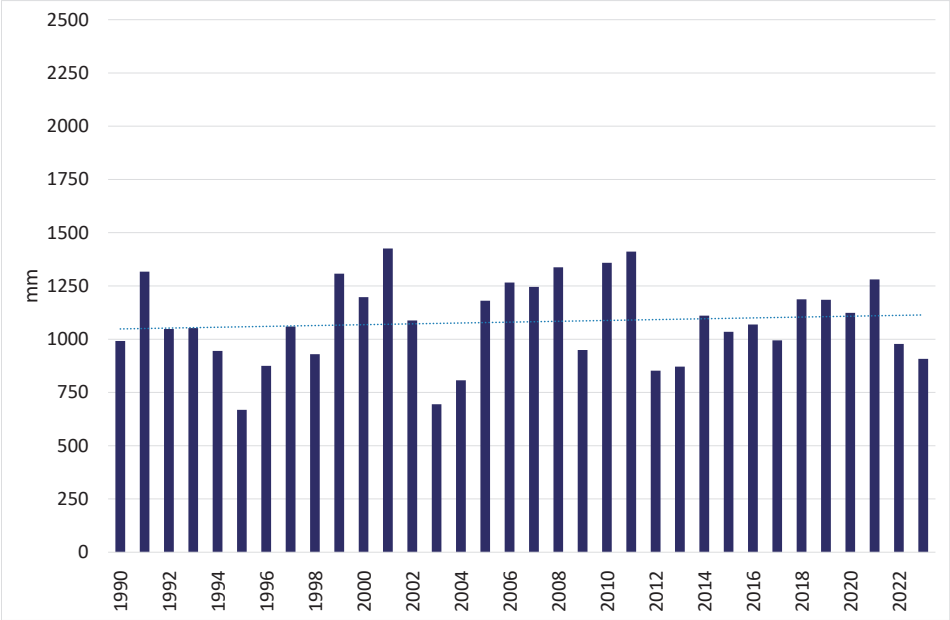


Figura 23. Totales anuales de precipitación en la localidad de El Sunchal para el período 1990 – 2023. En línea de puntos la tendencia lineal.

Precipitaciones en Santa Isabel (1998-2023)

La Tabla 24 resume las precipitaciones para Santa Isabel donde el 83% del total anual (1023,3 mm) se acumula en el semestre cálido. La distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre se muestra en las Figuras 24 y 25 respectivamente, siendo enero el mes con mayor precipitación (223,9 mm) y agosto el más seco (5,8 mm). A su vez la Figura 26 exhibe los totales anuales desde 1998 a 2023, con un incremento del 36% en el año más húmedo y una disminución del 28% en el más seco. Los máximos mensuales, en esta localidad, superaron los 200 mm en diciembre, marzo y abril, los 350 mm en febrero y los 400 mm en enero.

Tabla 24. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales (en mm) para la localidad de Santa Isabel en el período 1998 - 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	223,9	181,0	143,4	87,4	33,6	18,2	8,3	5,8	18,7	50,2	103,4	149,4	1023,3
DESV.STAN.	91,8	75,0	60,3	53,2	24,6	16,0	8,4	12,6	15,7	38,6	49,4	53,6	173,3
COEF.VARIA.	41,0	41,5	42,1	60,9	73,2	88,0	101,9	217,7	83,9	76,9	47,7	35,8	16,9
AÑOS	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
MINIMO	60,5	72,4	49,5	26,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	50,0	734,5
P = 0,01	66,4	77,2	51,6	26,9	3,7	0,5	0,0	0,0	0,0	2,5	22,7	52,9	740,9
P = 0,05	88,9	92,5	60,6	28,9	5,0	2,1	0,0	0,0	0,6	11,4	25,2	69,3	765,3
P = 0,10	117,0	103,8	73,3	34,8	6,5	3,0	0,0	0,0	2,5	16,0	32,5	94,0	783,3
P = 0,20	155,0	130,0	96,0	47,0	15,0	7,0	0,5	0,0	5,0	22,5	53,0	102,5	892,5
P = 0,30	179,3	138,8	104,8	51,8	18,5	8,3	2,0	0,0	5,3	25,8	71,4	108,3	904,4
P = 0,40	200,0	146,0	121,5	57,0	21,0	10,5	4,5	0,5	11,0	30,0	101,0	119,5	957,5
MEDIANA	217,2	154,3	131,0	65,8	28,3	12,0	6,5	0,8	14,5	35,8	112,5	163,0	1022,5
P = 0,60	241,5	182,0	153,0	82,0	35,0	17,0	8,0	3,0	21,0	48,5	124,5	169,5	1090,0
P = 0,70	257,0	204,0	164,5	112,9	40,5	21,3	10,0	5,8	26,5	55,5	136,8	173,0	1120,7
P = 0,80	273,0	215,5	194,5	129,5	53,0	26,5	15,1	6,0	32,5	85,0	140,0	190,5	1173,0
P = 0,90	335,5	299,0	214,8	168,3	65,8	44,3	20,0	9,3	42,5	102,8	160,8	217,9	1210,3
P = 0,95	405,8	315,4	239,3	178,2	82,4	52,3	24,4	27,5	47,5	113,1	167,1	239,8	1289,4
P = 0,99	427,8	348,1	281,5	209,7	92,0	56,5	28,1	51,8	50,6	150,9	183,6	247,3	1369,1
MAXIMO	429,0	359,0	293,0	220,0	94,0	57,5	29,0	58,0	51,5	163,0	188,5	249,0	1387,0

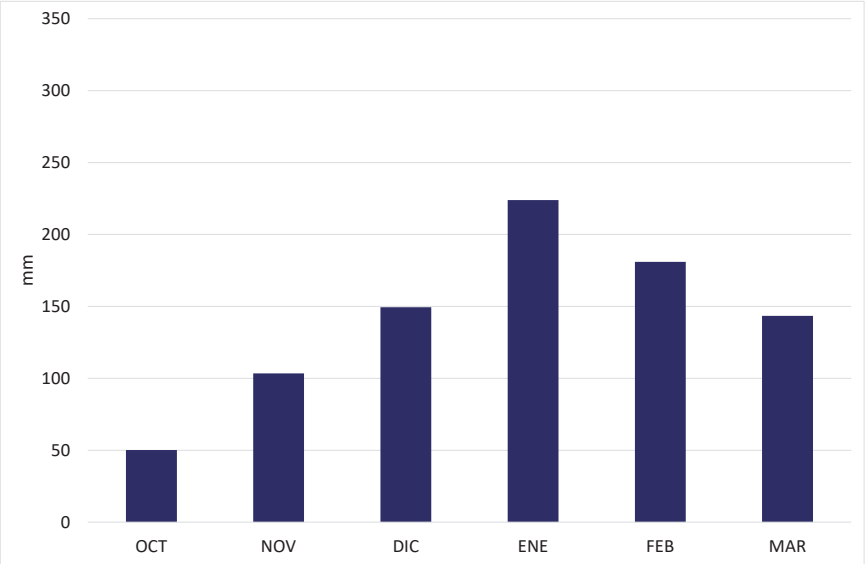


Figura 24. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de Santa Isabel. Período 1998 – 2023.

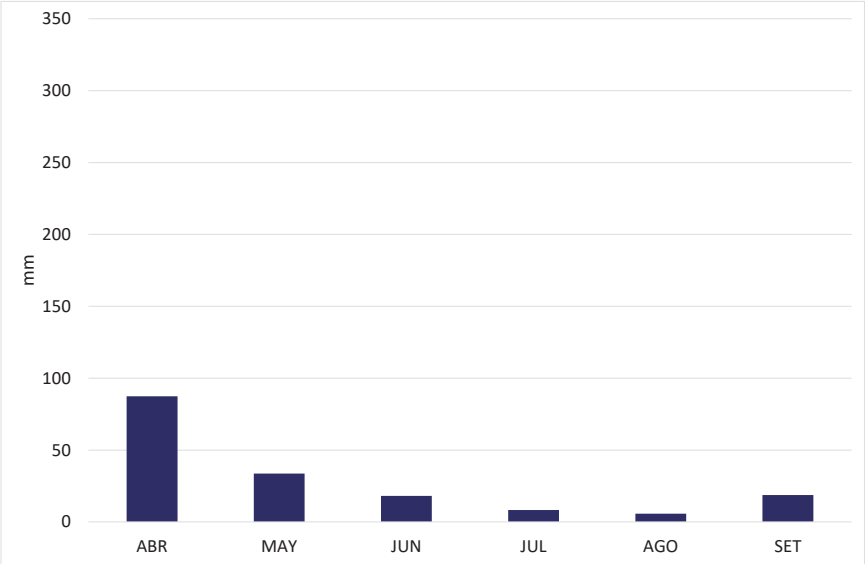


Figura 25. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de Santa Isabel. Período 1998 – 2023.

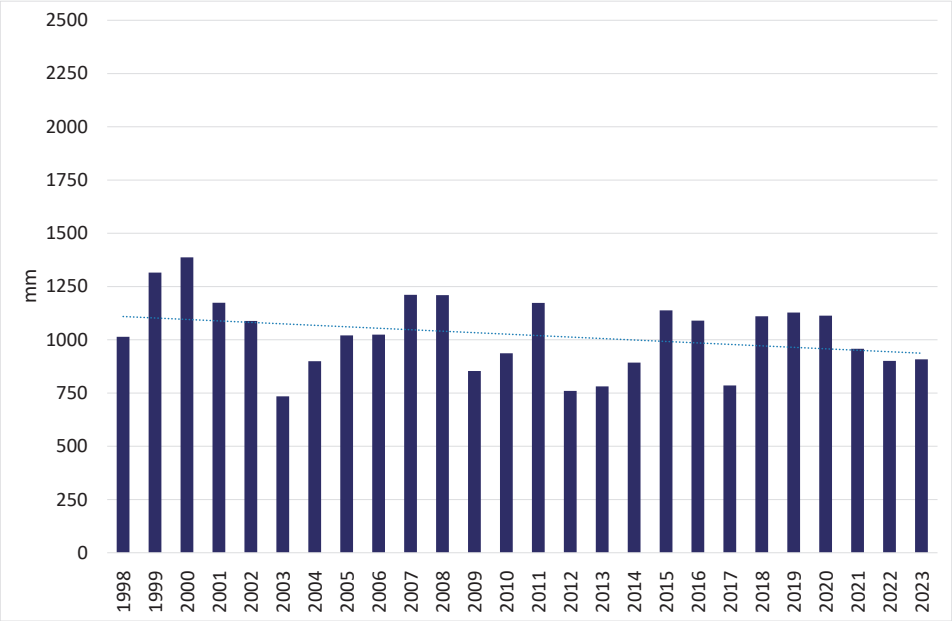


Figura 26. Totales anuales de precipitación en la localidad de Santa Isabel. Período 1998 – 2023.

Precipitaciones en El Colmenar (1990-2023)

La Tabla 25 detalla los datos de El Colmenar, donde el 84% del total anual (1062,8 mm) se concentra en el semestre cálido (octubre-marzo). Las Figuras 27 y 28 muestran la distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre, destacándose enero como el mes más lluvioso (234,4 mm) y agosto como el más seco (7,2 mm). La Figura 29 expone los totales anuales desde 1990 a 2023, con un aumento del 35% en el año más húmedo y una reducción del 34% en el más seco. Los máximos mensuales superaron los 200 mm en noviembre y diciembre, los 300 mm en febrero y marzo, y los 450 mm en enero.

Tabla 25. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales (en mm) para la localidad de El Colmenar en el período 1990 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	234,4	180,7	146,4	78,2	39,2	19,0	8,7	7,2	18,4	65,0	103,9	161,9	1062,8
DESV.STAN.	89,1	82,8	66,8	52,2	29,9	12,9	8,4	13,3	15,6	43,3	46,2	52,8	190,2
COEF.VARIA.	38,0	45,9	45,6	66,8	76,3	67,8	96,2	185,4	84,9	66,7	44,5	32,7	17,9
AÑOS	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
MINIMO	57,1	60,8	50,2	2,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	20,1	18,3	700,7
P = 0,01	61,9	62,2	50,7	6,9	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,5	23,2	35,7	708,7
P = 0,05	97,2	81,8	55,9	15,7	5,3	2,4	0,0	0,0	0,6	10,1	37,0	83,8	746,1
P = 0,10	129,8	92,9	72,2	27,9	6,7	5,6	0,3	0,0	2,8	18,3	48,6	106,1	790,2
P = 0,20	179,9	112,0	90,2	34,0	14,3	7,9	0,9	0,1	4,6	29,0	65,4	132,2	894,0
P = 0,30	193,6	129,5	106,8	44,7	20,6	10,9	2,6	0,9	8,4	39,7	79,4	136,5	983,1
P = 0,40	209,3	147,0	116,2	49,5	29,4	13,1	3,6	1,5	10,0	46,5	87,5	145,9	1032,9
MEDIANA	232,6	160,8	127,3	61,1	30,9	16,9	5,6	2,5	15,4	54,4	99,9	162,0	1068,2
P = 0,60	240,2	178,0	154,8	76,7	41,8	20,6	9,1	3,2	20,5	69,7	109,2	171,3	1098,9
P = 0,70	256,7	223,4	181,2	108,2	48,3	24,8	11,5	6,0	23,2	83,5	125,5	182,5	1157,3
P = 0,80	300,1	252,2	202,9	132,1	60,8	28,9	16,9	7,2	28,2	102,1	136,2	197,5	1232,9
P = 0,90	354,2	270,2	223,3	156,4	75,5	35,7	21,1	14,3	38,0	116,2	163,1	223,9	1295,7
P = 0,95	364,4	355,3	271,9	179,3	89,9	37,6	24,1	41,0	47,0	139,2	187,8	246,5	1351,3
P = 0,99	443,7	371,9	301,6	182,5	124,1	51,8	27,0	53,1	60,9	172,9	198,9	274,1	1425,7
MAXIMO	476,7	379,9	306,0	183,9	134,4	57,5	27,9	56,0	65,0	173,0	203,9	275,6	1432,0

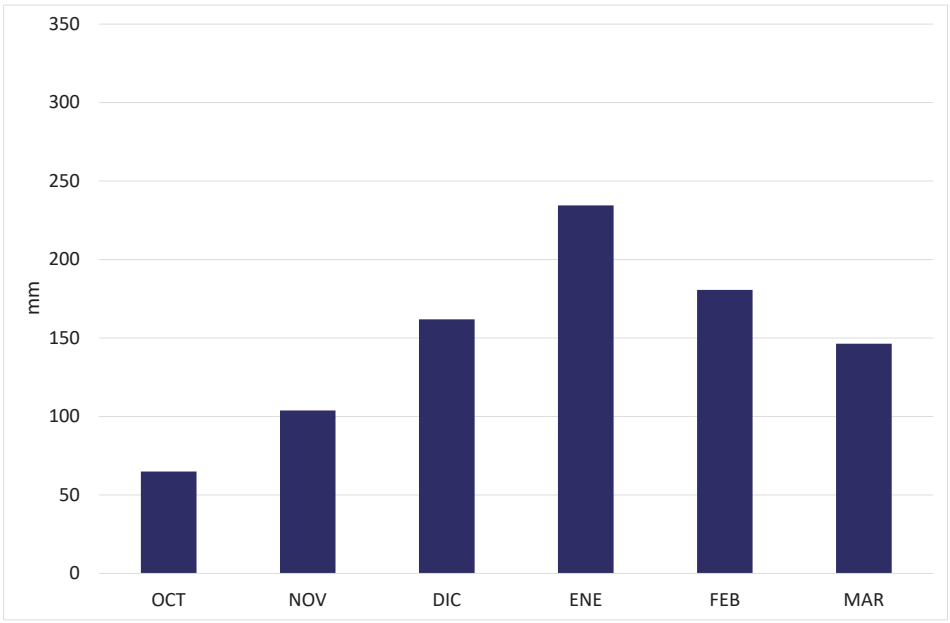


Figura 27. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de El Colmenar. Período 1990 – 2023.

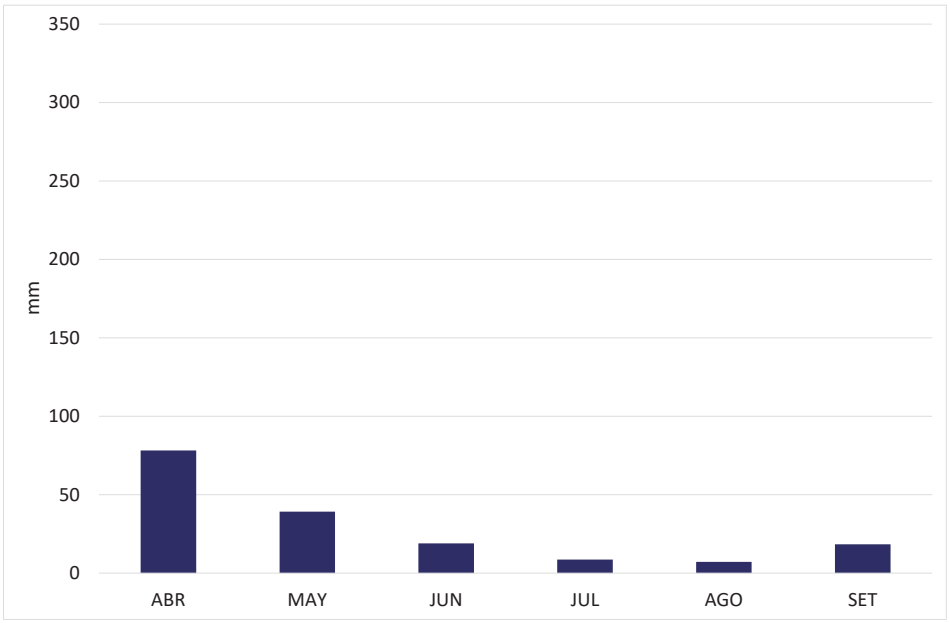


Figura 28. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de El Colmenar. Período 1990 – 2023.

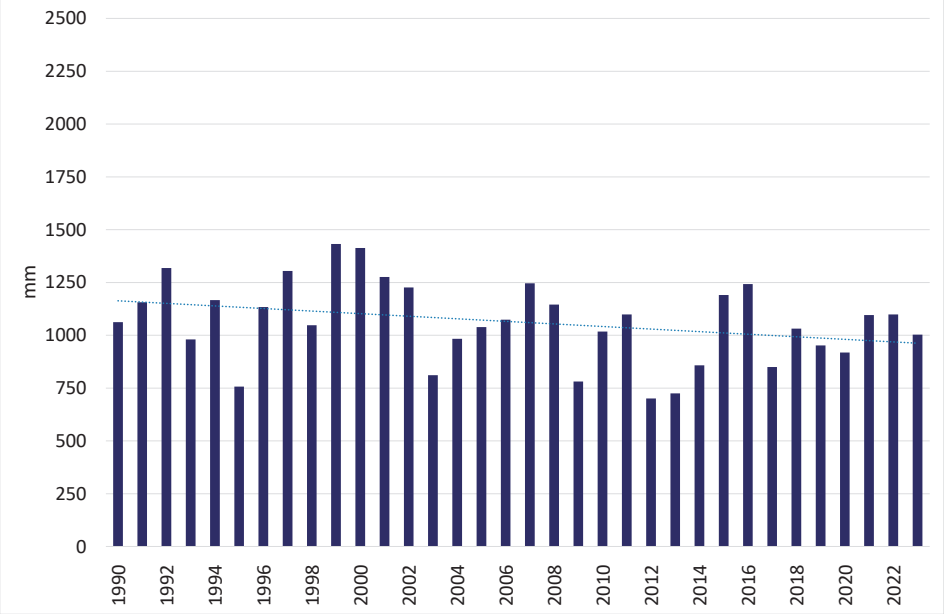


Figura 29. Totales anuales de precipitación en la localidad de El Colmenar. Período 1990 – 2023.

Precipitaciones en Monte Grande (1998-2023)

La Tabla 26 muestra las precipitaciones para Monte Grande. En el semestre cálido (octubre-marzo) se acumula el 82% del total anual (1443,0 mm). Las Figuras 30 y 31 muestran la distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre. Se destaca enero como el mes más lluvioso (288,9 mm) y agosto como el más seco (6,9 mm). La Figura 32 presenta los totales anuales desde 1998 a 2023, con un incremento del 23% en el año más húmedo y una disminución del 30% en el más seco. Respecto de los máximos mensuales, en esta localidad, se superaron los 250 mm en noviembre y abril; los 350 mm en marzo; los 400 mm en diciembre y febrero; y los 550 mm en enero.

Tabla 26. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales para la localidad de Monte Grande en el período 1998 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	288,9	238,4	221,0	137,3	52,9	25,7	11,1	6,9	20,8	69,3	152,4	217,3	1443,0
DESV.STAN.	118,1	108,4	87,7	67,8	31,9	19,3	9,4	16,7	18,3	42,9	67,4	73,2	221,4
COEF.VARIA.	40,9	45,5	39,7	49,4	60,3	75,3	84,7	242,7	88,2	61,9	44,2	33,7	15,3
AÑOS	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	26,0	26,0	26,0	26,0	25,0
MINIMO	98,0	81,0	112,0	41,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	110,0	1012,5
P = 0,01	105,6	90,0	113,1	44,5	12,0	0,5	0,0	0,0	0,0	1,3	31,1	115,3	1021,3
P = 0,05	131,8	118,7	117,8	57,5	12,2	2,6	0,1	0,0	0,3	5,1	53,0	134,4	1066,4
P = 0,10	144,6	120,3	126,6	67,3	16,2	5,2	0,7	0,0	1,0	17,8	68,0	147,8	1145,8
P = 0,20	183,1	128,8	140,1	85,5	23,9	8,0	1,9	0,0	6,0	35,0	94,0	168,0	1238,6
P = 0,30	220,6	150,6	168,9	90,5	29,1	10,1	4,2	0,0	8,0	46,8	106,0	181,3	1316,3
P = 0,40	250,3	211,4	183,5	113,9	42,4	16,8	7,8	0,6	12,0	57,0	134,0	190,0	1427,3
MEDIANA	303,0	227,0	192,0	119,5	49,5	22,0	8,5	1,0	20,3	70,3	158,3	201,5	1472,5
P = 0,60	312,2	243,6	223,6	132,3	61,4	30,5	11,6	3,0	23,0	74,0	169,5	220,5	1520,7
P = 0,70	339,9	296,4	251,6	169,3	62,0	35,4	15,4	3,8	27,0	82,5	183,8	232,8	1585,6
P = 0,80	386,8	321,5	305,4	183,0	73,2	41,3	20,1	6,0	34,5	108,0	217,0	270,5	1633,2
P = 0,90	434,3	396,8	358,3	224,1	94,8	51,8	25,0	8,6	40,5	115,3	238,0	283,5	1706,3
P = 0,95	470,9	439,4	381,3	272,3	113,0	55,2	26,8	40,4	43,3	129,5	257,6	360,5	1716,3
P = 0,99	547,8	456,5	393,3	291,2	126,0	67,4	30,0	67,0	71,0	173,0	265,9	422,6	1765,6
MAXIMO	571,0	461,5	396,5	294,0	129,5	71,0	31,0	73,0	80,0	186,0	267,5	436,0	1780,5

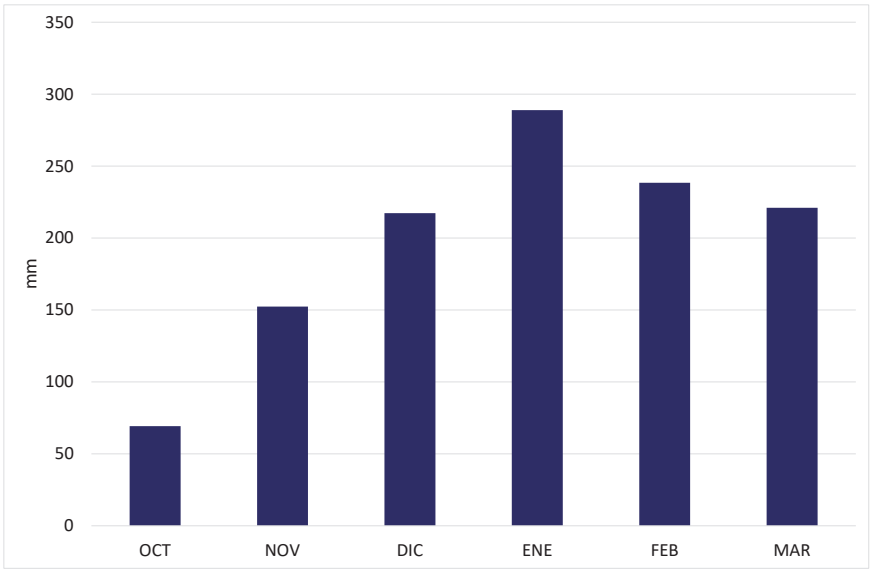


Figura 30. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de Monte Grande. Período 1998 – 2023.

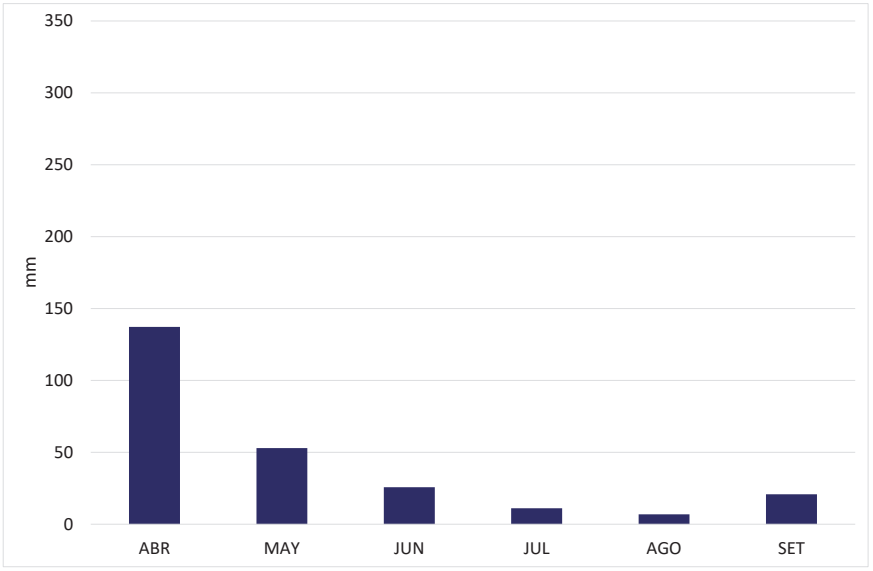


Figura 31. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de Monte Grande. Período 1998 – 2023.

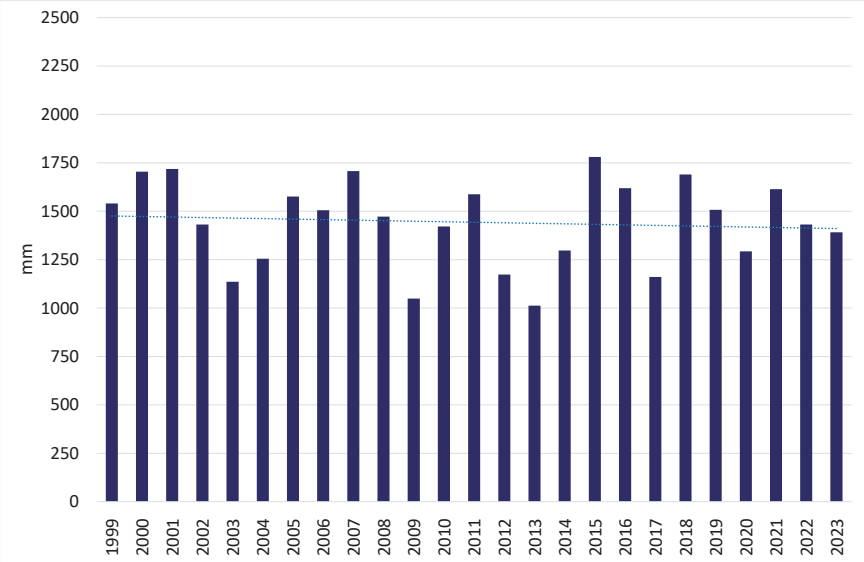


Figura 32. Totales anuales de precipitación en la localidad de Monte Grande. Período 1999 – 2023.

Precipitaciones en Pueblo Viejo (2006-2023)

La Tabla 27 muestra los datos para la localidad de Pueblo Viejo, donde en el semestre cálido (octubre-marzo) se acumula el 82% del total anual (1454,0 mm). Las Figuras 33 y 34 muestran la distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre. Enero fue el mes con mayor precipitación (300,1 mm) mientras que el más seco fue agosto (10,4 mm). La Figura 35 muestra los totales anuales desde 2006 a 2023, con un aumento del 48% en el año más húmedo y una reducción del 33% en el más seco. Los totales máximos mensuales superaron los 250 mm en abril; los 300 mm en diciembre y marzo; los 400 mm en noviembre; y los 500 mm en enero y febrero.

Tabla 27. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales (en mm) para la localidad de Pueblo Viejo en el período 2006 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	300,1	237,8	223,8	133,5	60,3	22,4	13,5	10,4	23,9	70,1	150,7	207,6	1454,0
DESV.STAN.	130,7	109,0	60,8	69,9	49,9	17,0	13,4	24,8	22,4	46,6	77,0	65,4	336,1
COEF.VARIA.	43,5	45,8	27,2	52,4	82,8	76,2	99,5	237,4	93,6	66,5	51,1	31,5	23,1
AÑOS	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
MINIMO	91,3	114,3	112,5	46,3	20,1	2,1	0,0	0,0	0,0	5,3	54,8	98,6	973,7
P = 0,01	97,4	114,8	119,4	47,1	20,4	2,4	0,1	0,0	0,1	6,3	57,6	101,2	988,2
P = 0,05	121,9	116,5	147,2	50,3	21,5	3,5	0,3	0,0	0,3	10,1	68,7	111,5	1046,3
P = 0,10	147,1	140,6	155,0	55,3	22,3	7,2	1,0	0,0	0,8	20,4	83,8	130,2	1070,2
P = 0,20	197,5	159,8	165,0	87,9	23,0	9,1	2,0	0,0	3,7	37,7	108,0	149,6	1193,7
P = 0,30	214,7	179,8	185,6	96,6	35,1	9,6	4,0	0,0	9,2	44,0	111,9	165,5	1274,4
P = 0,40	237,6	183,5	215,3	101,3	38,6	12,8	7,7	0,4	17,4	55,6	118,3	182,4	1313,5
MEDIANA	281,6	219,8	235,5	109,9	40,8	17,1	9,6	2,8	20,5	60,7	139,5	219,2	1367,1
P = 0,60	328,7	230,9	237,7	124,1	47,4	25,7	13,2	5,0	22,9	71,8	155,4	231,5	1437,2
P = 0,70	369,0	250,4	253,9	151,4	56,8	29,4	16,4	5,8	27,7	82,7	167,7	233,0	1578,3
P = 0,80	443,8	268,9	262,3	194,2	83,0	33,6	23,1	6,1	35,3	87,8	176,5	264,2	1754,4
P = 0,90	464,2	401,1	297,9	227,1	120,2	42,6	28,3	19,5	55,8	145,3	197,5	295,5	1893,6
P = 0,95	486,6	464,9	327,8	248,7	176,5	47,6	32,6	50,8	67,5	157,1	254,1	304,9	2034,5
P = 0,99	522,8	498,6	334,3	288,8	188,0	63,4	47,8	91,7	75,5	169,0	375,5	314,6	2133,5
MAXIMO	531,8	507,0	335,9	298,8	190,9	67,3	51,6	101,9	77,5	172,0	405,9	317,0	2158,3

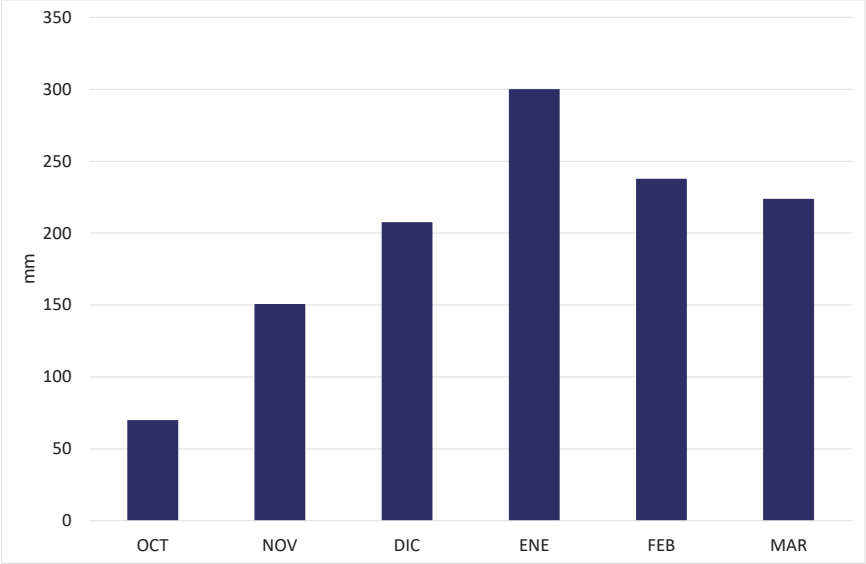


Figura 33. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de Pueblo Viejo. Período 2006 – 2023.

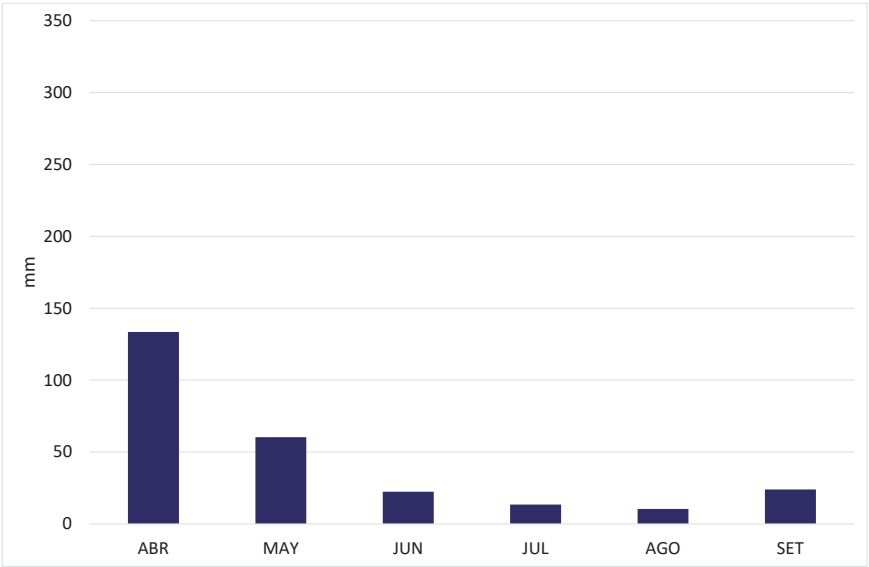


Figura 34. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de Pueblo Viejo. Período 2006 – 2023.

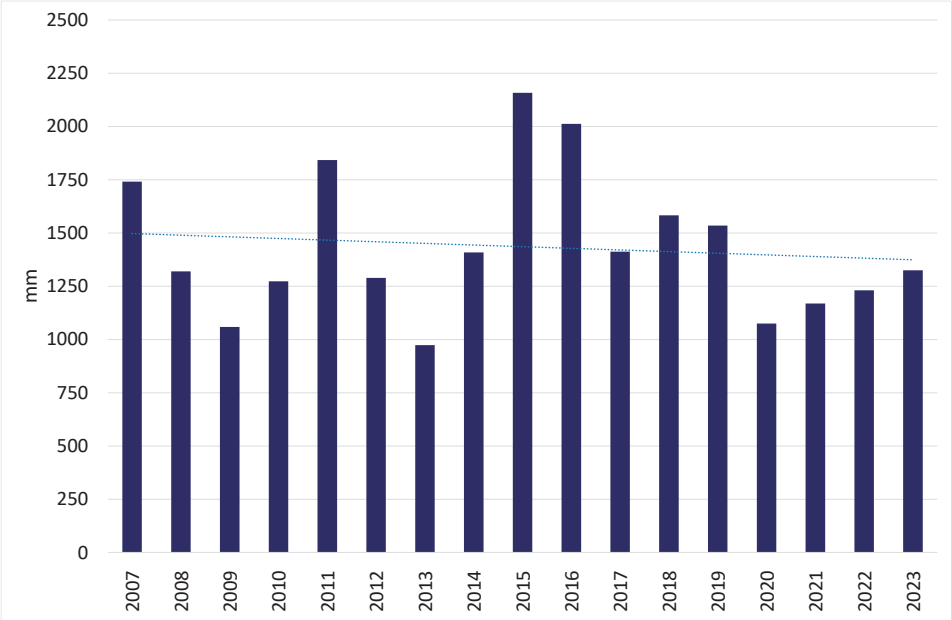


Figura 35. Totales anuales de precipitación en la localidad de Pueblo Viejo. Período 2006 – 2023.

Precipitaciones en Monte Bello (1990-2022)

La Tabla 28 muestra las precipitaciones para Monte Bello. En el semestre cálido (octubre-marzo) se acumula el 79% del total anual (1448,0 mm). Las Figuras 36 y 37 muestran la distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre. Se destaca enero como el mes más lluvioso (243,4 mm) y agosto como el más seco (11,6 mm). La Figura 38 presenta los totales anuales desde 1990 a 2022, con un incremento del 51% en el año más húmedo y una disminución del 33% en el más seco. Respecto de los máximos mensuales, en esta localidad, se superaron los 250 mm en octubre, noviembre y abril; los 350 mm en diciembre; los 400 mm en enero y marzo; y los 550 mm en febrero.

Tabla 28. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales para la localidad de Monte Bello en el período 1990 – 2022.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	243,4	228,9	252,5	145,5	69,6	33,3	16,1	11,6	30,2	91,9	136,4	188,5	1448,0
DESV.STAN.	93,4	113,9	92,2	73,9	43,9	24,5	14,8	19,2	23,8	63,5	65,6	99,2	277,9
COEF.VARIA.	38,4	49,7	36,5	50,8	63,1	73,7	92,0	165,9	78,9	69,1	48,1	52,6	19,2
AÑOS	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
MINIMO	80,0	70,0	83,0	24,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	20,5	32,0	970,0
P = 0,01	87,4	71,4	91,6	29,4	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	32,0	38,7	986,5
P = 0,05	115,0	77,2	119,0	44,0	14,6	1,2	0,0	0,0	0,0	10,4	56,8	68,6	1030,2
P = 0,10	131,8	111,4	137,2	48,0	21,0	4,2	0,2	0,0	1,0	18,8	60,2	83,2	1123,9
P = 0,20	160,8	131,2	179,6	90,0	30,8	10,4	5,0	0,0	10,0	35,8	83,1	102,7	1202,8
P = 0,30	176,3	169,3	205,8	104,8	45,6	16,6	5,6	1,0	15,0	51,8	98,4	125,2	1294,8
P = 0,40	219,6	195,2	219,0	119,8	54,0	27,4	9,4	2,0	21,0	59,8	114,8	139,2	1356,4
MEDIANA	231,0	211,0	236,0	138,5	62,0	35,0	11,0	3,0	31,0	96,0	119,0	166,0	1454,0
P = 0,60	269,0	229,4	264,9	153,2	78,6	37,6	13,2	5,0	32,2	105,4	134,0	218,2	1536,4
P = 0,70	291,0	264,8	302,0	168,6	86,2	41,0	20,4	8,8	35,8	114,4	171,8	236,8	1611,6
P = 0,80	315,8	277,8	330,2	196,6	94,4	47,0	28,8	16,2	46,1	137,6	194,2	264,9	1648,4
P = 0,90	358,8	362,2	395,6	251,2	114,9	62,6	41,6	34,2	59,6	160,4	236,0	325,8	1740,1
P = 0,95	415,5	435,8	411,2	269,0	150,0	80,8	44,4	52,0	70,6	187,2	256,0	390,4	1863,3
P = 0,99	441,4	549,0	423,5	304,7	187,2	91,2	48,4	75,3	93,2	266,7	267,6	393,7	2118,7
MAXIMO	443,0	582,0	427,0	314,5	199,0	92,0	50,0	82,0	97,0	292,0	273,0	395,0	2184,0

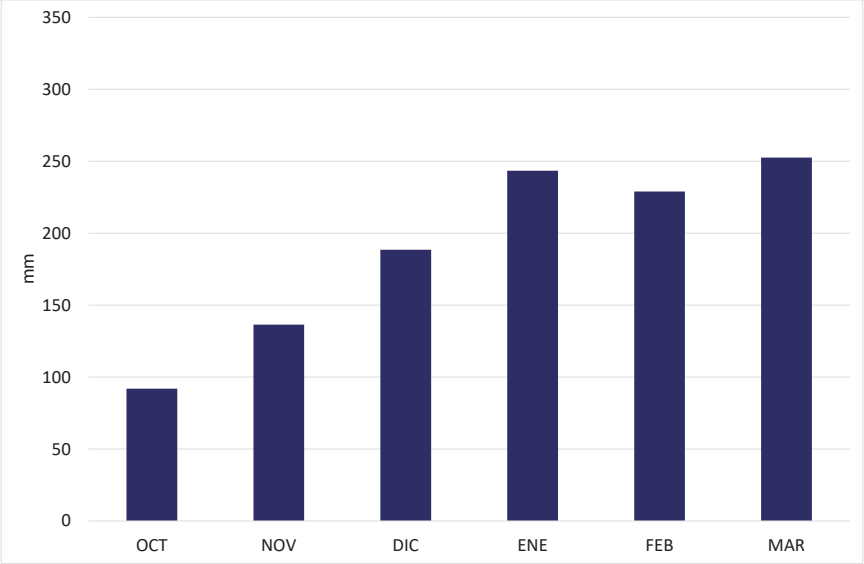


Figura 36. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de Monte Grande. Período 1998 – 2023.

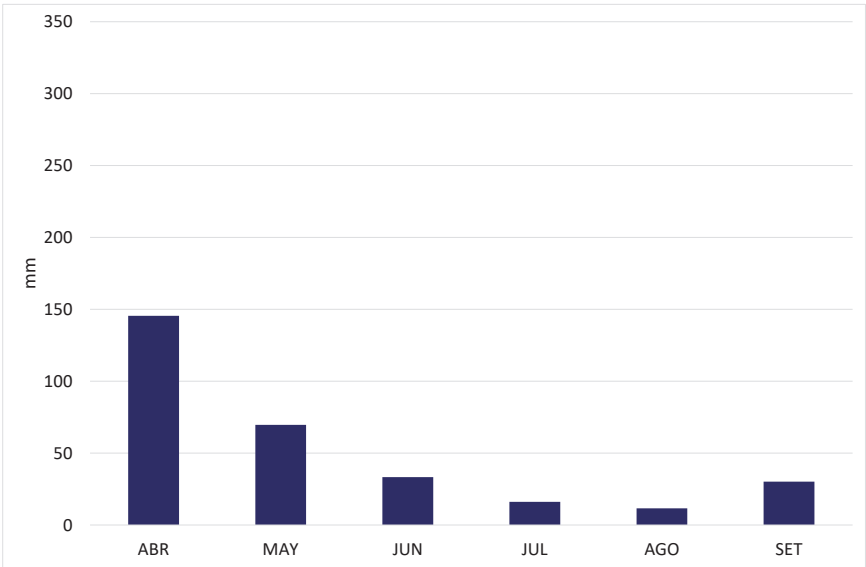


Figura 37. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de Monte Grande. Período 1998 – 2023.

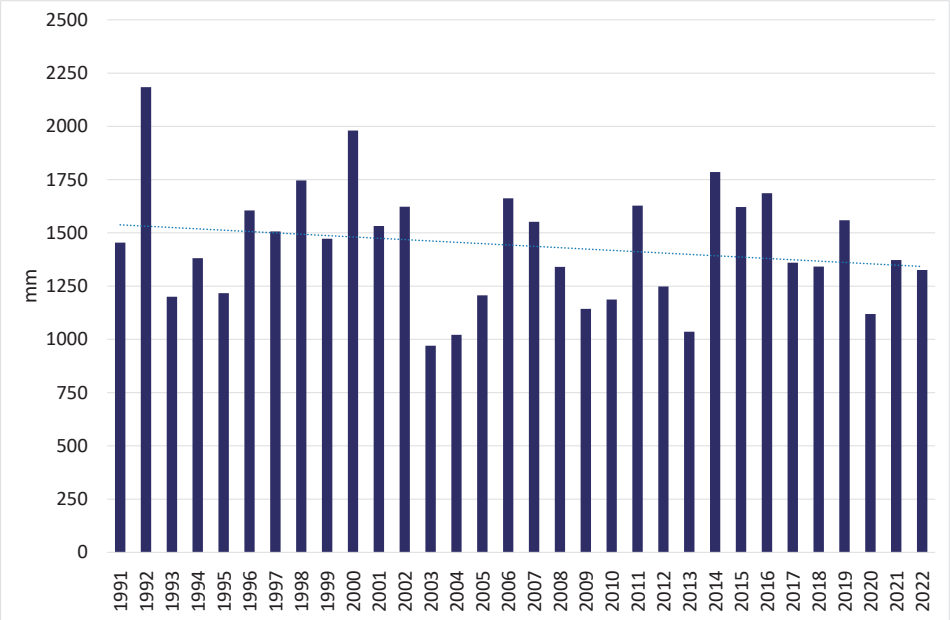


Figura 38. Totales anuales de precipitación en la localidad de Monte Grande. Período 1999 – 2023.

Precipitaciones en Santa Ana (1990-2023)

Finalmente, la Tabla 29 muestra las precipitaciones para Santa Ana, donde el 79% del total anual (1108,0 mm) se acumula en el semestre cálido. Las Figuras 39 y 40 reflejan la distribución de las lluvias de octubre a marzo y de abril a setiembre, siendo enero el mes más lluvioso (201,6 mm) y agosto el más seco (6,6 mm). A su vez la Figura 41 muestra los totales anuales desde 1990 a 2023. En el año más húmedo, la ganancia con respecto al promedio fue del 49 y mostró una disminución del 42% en el más seco. En cuanto a los totales mensuales máximos, en esta localidad, se superaron los 200 mm en noviembre, los 300 mm en octubre, diciembre, enero y abril y los 450 mm en febrero y marzo.

Tabla 29. Estadísticas de precipitaciones mensuales/anuales (mm) para la localidad de Santa Ana en el período 1990 – 2023.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
MEDIA	201,6	187,6	167,9	113,8	51,7	23,6	10,6	6,6	21,0	66,8	111,3	145,5	1108,0
DESV.STAN.	77,8	104,3	87,3	69,8	40,4	18,2	9,9	15,6	25,7	57,7	52,6	77,4	254,5
COEF.VAR.	38,6	55,6	52,0	61,3	78,2	77,2	93,8	236,0	122,3	86,4	47,2	53,2	23,0
AÑOS	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
MINIMO	74,5	25,5	31,6	9,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	8,5	31,0	641,4
P = 0,01	76,2	42,0	35,8	12,2	4,6	0,3	0,0	0,0	0,0	5,0	18,9	40,6	681,2
P = 0,05	84,1	76,6	51,9	20,2	9,3	2,5	0,0	0,0	0,0	6,7	45,2	63,6	768,6
P = 0,10	97,5	82,7	92,0	29,6	13,8	5,4	0,0	0,0	2,3	13,7	51,9	72,9	779,7
P = 0,20	136,5	90,8	96,7	53,3	20,0	9,2	1,8	0,0	5,9	28,4	64,9	83,5	848,7
P = 0,30	148,9	120,9	128,4	79,3	30,2	12,8	3,1	0,0	8,0	34,3	72,4	95,2	949,2
P = 0,40	181,1	138,9	138,3	89,0	32,1	14,7	4,7	0,8	9,2	47,2	94,9	104,7	1038,7
MEDIANA	205,8	167,3	168,8	100,0	38,5	18,3	7,2	1,5	15,0	57,0	107,5	114,7	1109,1
P = 0,60	220,0	203,4	182,3	128,1	42,8	24,0	11,7	2,9	19,2	62,6	120,1	149,0	1160,9
P = 0,70	239,8	227,8	189,1	152,7	62,7	27,6	13,0	4,3	23,6	73,0	127,1	175,6	1253,7
P = 0,80	263,7	251,3	215,2	163,8	76,2	36,0	21,1	7,0	26,1	89,2	158,4	215,3	1294,0
P = 0,90	308,1	318,5	241,8	179,7	95,4	50,6	25,2	11,5	37,2	131,7	193,7	260,8	1465,3
P = 0,95	323,2	380,2	308,0	202,5	123,8	59,5	27,8	29,4	71,8	140,2	202,5	290,0	1519,8
P = 0,99	357,0	463,8	437,9	306,8	172,2	69,5	31,8	68,9	113,0	255,8	205,0	324,4	1627,3
MAXIMO	373,0	471,0	454,7	344,7	174,7	71,0	32,5	82,5	123,0	312,6	205,7	334,9	1648,7

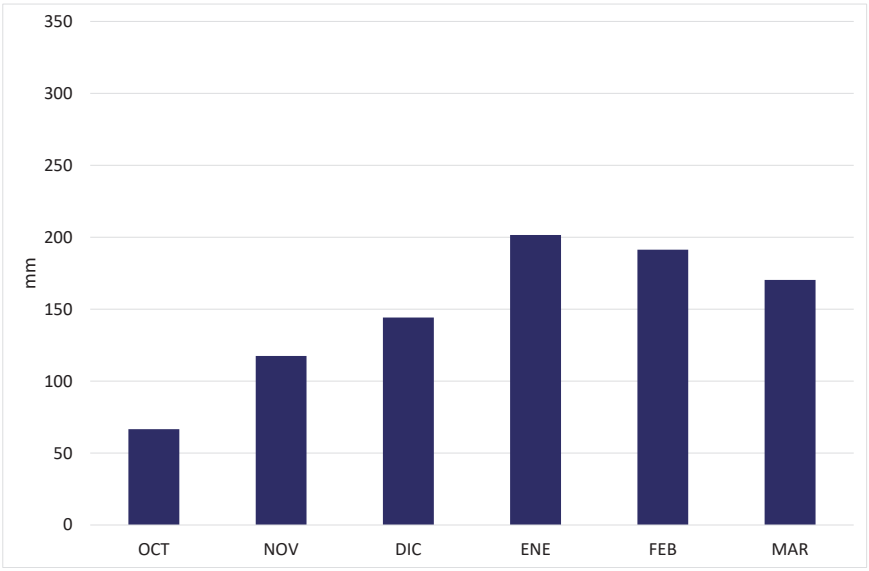


Figura 39. Precipitaciones octubre - marzo en la localidad de Santa Ana. Período 1990 – 2023.

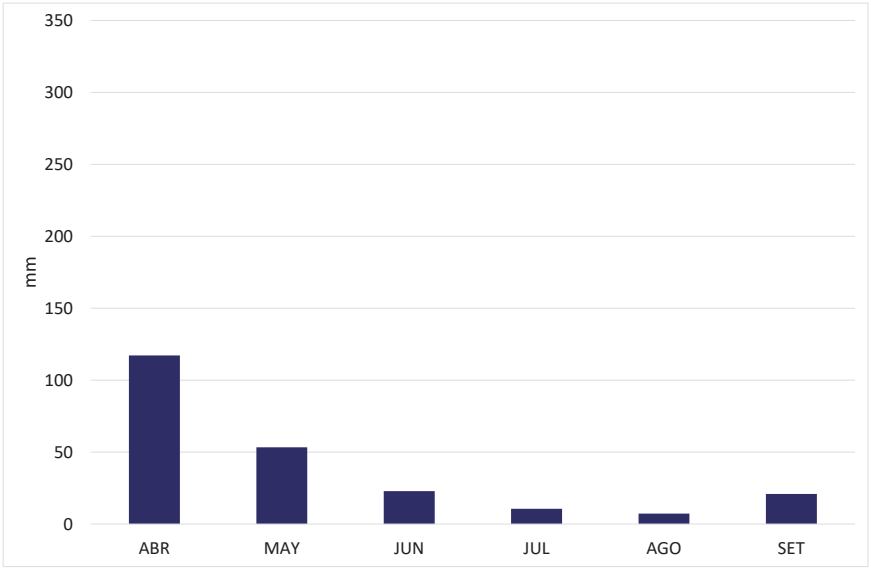


Figura 40. Precipitaciones abril - septiembre en la localidad de Santa Ana. Período 1990 – 2023.

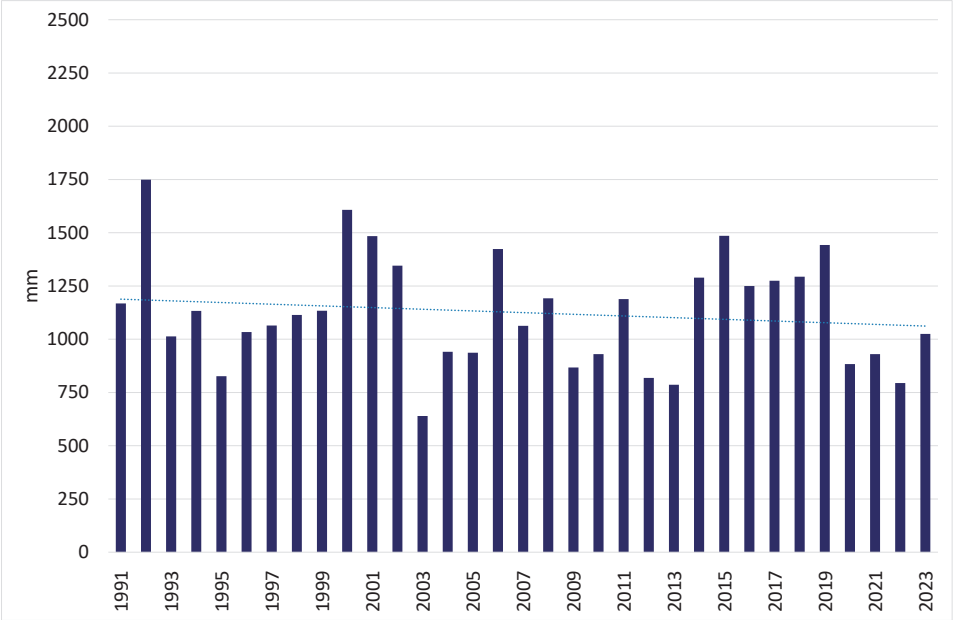


Figura 41. Totales anuales de precipitación en la localidad de Santa Ana. Período 1990 – 2023.

Precipitaciones Diarias

Con el fin de estudiar la evolución de las precipitaciones durante la campaña (del 1 de septiembre al 31 de octubre), se optó por analizar el acumulado de lluvias utilizando una media móvil de 5 días que abarca toda la serie de datos. Esta metodología permitió graficar, para cada día del año, tanto el valor promedio como el valor máximo acumulado desde dos días antes hasta dos días después. De esta manera, se logra observar con mayor detalle la variabilidad de las precipitaciones en cada una de las localidades seleccionadas.

Este enfoque proporciona una herramienta eficaz para comprender cómo varían las lluvias a lo largo de la campaña agrícola, ofreciendo una perspectiva sobre la distribución temporal y la intensidad de las precipitaciones en cada región específica.
La Figura 42 presenta el promedio de lluvias acumuladas en períodos de 5 días para la localidad de La Cruz. En promedio, se observa que desde principios de noviembre hasta mediados de abril, las lluvias acumuladas superan los 10 mm. Durante el periodo comprendido entre enero y los primeros diez días de marzo, se registran acumulados superiores a los 30 mm.

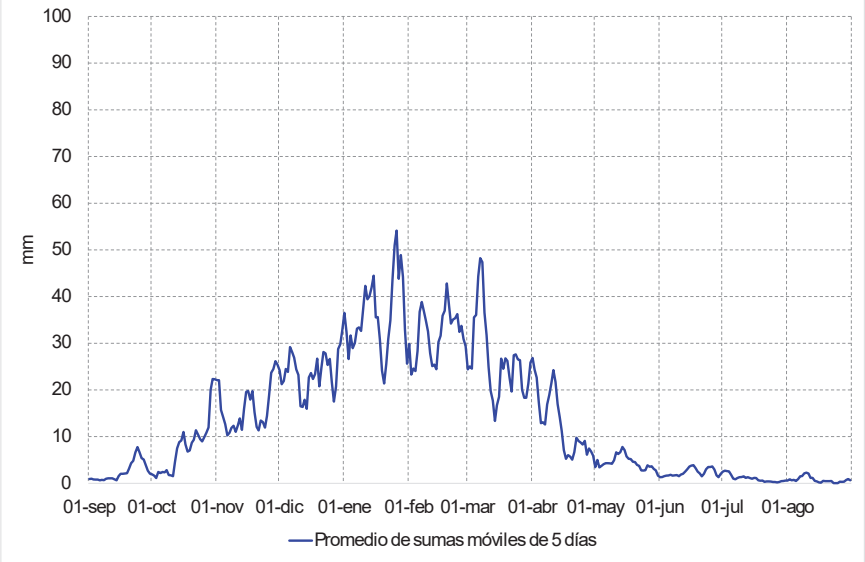


Figura 42. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones en la localidad de La Cruz. Período 1996-2023.

A su vez, la Figura 43 muestra las máximas acumulaciones pentádicas para La Cruz entre 1996 y 2023. Desde noviembre hasta principios de abril, los acumulados superaron los 150 mm, siendo más frecuentes entre enero y principios de marzo. Un descenso significativo se registra a mediados de abril, donde la mayoría de los acumulados caen por debajo de los 50 mm.

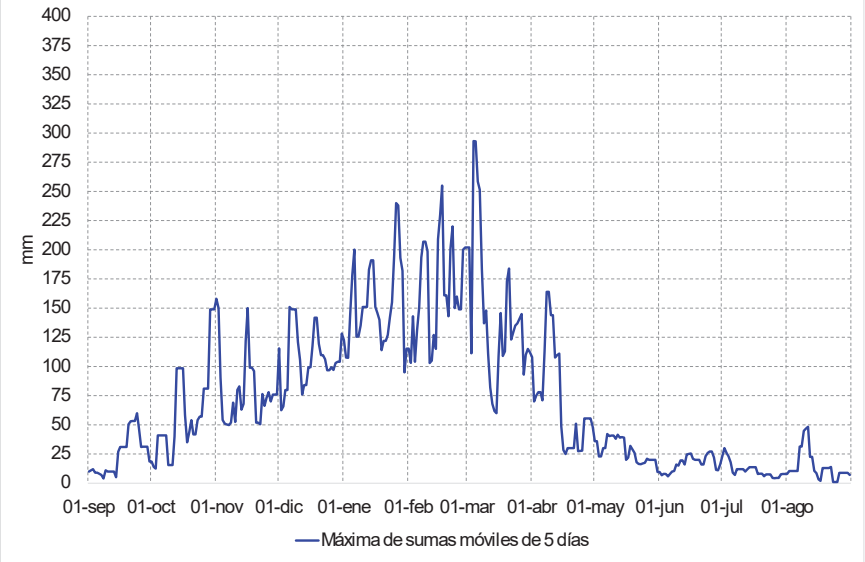


Figura 43. Máxima suma móvil de 5 días para precipitaciones en la localidad de La Cruz. Período 1996-2023.

La Figura 44 ilustra el promedio de lluvias acumuladas en períodos de 5 días para El Colmenar. Aquí, se pueden esperar acumulados superiores a los 10 mm desde mediados de octubre hasta mediados de abril. Entre finales de diciembre y los primeros días de marzo, los acumulados suelen superar los 30 mm.

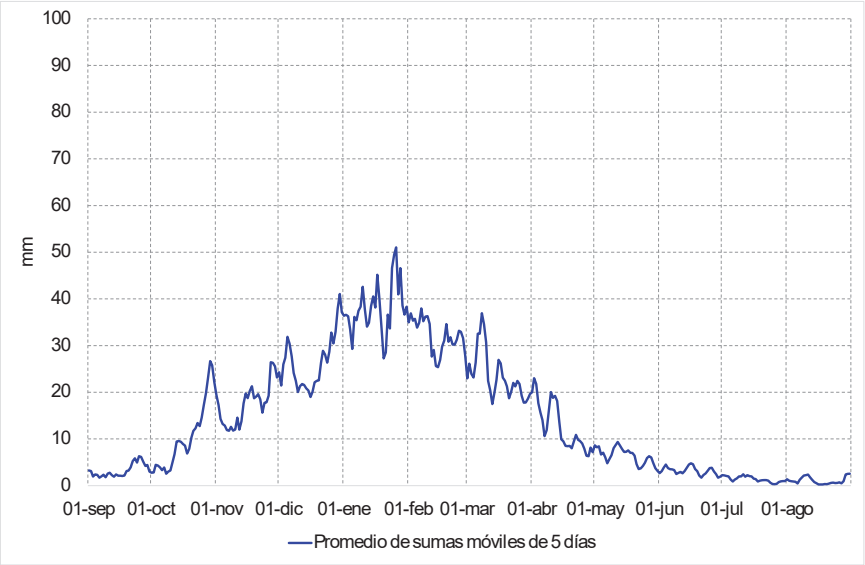


Figura 44. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones en la localidad de El Colmenar. Período 1990-2023.

La Figura 45, correspondiente a las máximas acumulaciones pentádicas en El Colmenar durante 1990-2023, revela acumulados superiores a los 150 mm desde finales de diciembre hasta mediados de abril, con picos entre el 10 de enero y mediados de febrero. Desde el 10 de mayo hasta el 20 de septiembre, los acumulados generalmente caen por debajo de los 50 mm.

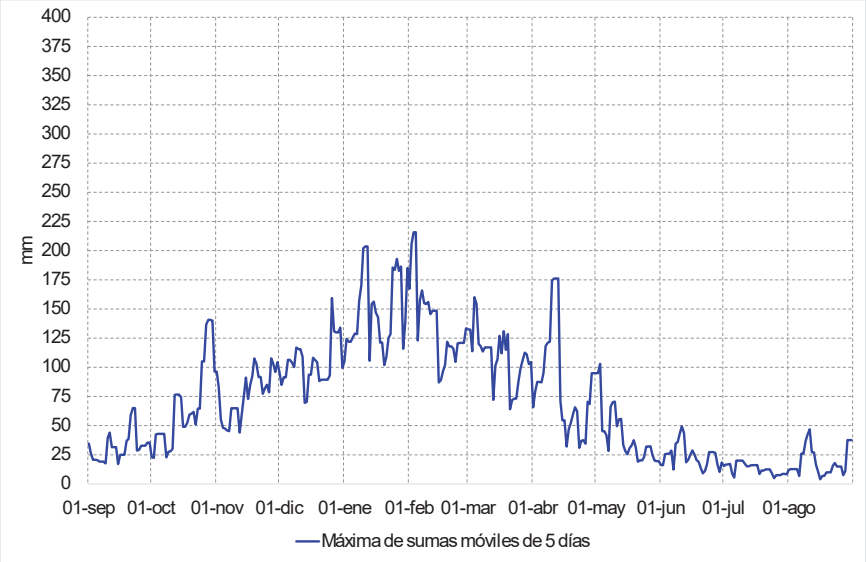


Figura 45. Máxima suma móvil de 5 días para precipitaciones en la localidad de El Colmenar. Período 1990-2023.

Para Monte Grande, la Figura 46 muestra el promedio de lluvias acumuladas en períodos de 5 días. Los acumulados superan los 10 mm desde mediados de octubre hasta fines de abril, y los 30 mm desde diciembre hasta mediados de abril. Eventos acumulados superiores a 50 mm se registran en enero y febrero.

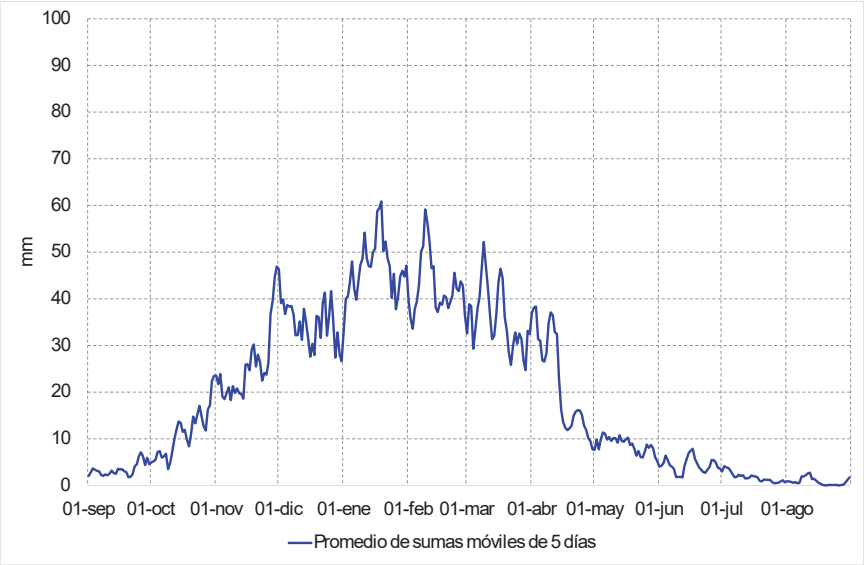


Figura 46. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones en la localidad de Monte Grande. Período 1998-2023.

En la Figura 47 se observan las máximas acumulaciones pentádicas en Monte Grande entre 1998 y 2023. Acumulados superiores a 150 mm se registran desde mediados de noviembre hasta mediados de abril, con mayor frecuencia entre mediados de diciembre y mediados de abril. Desde finales de mayo hasta principios de octubre, los acumulados son, en su mayoría, inferiores a 50 mm.

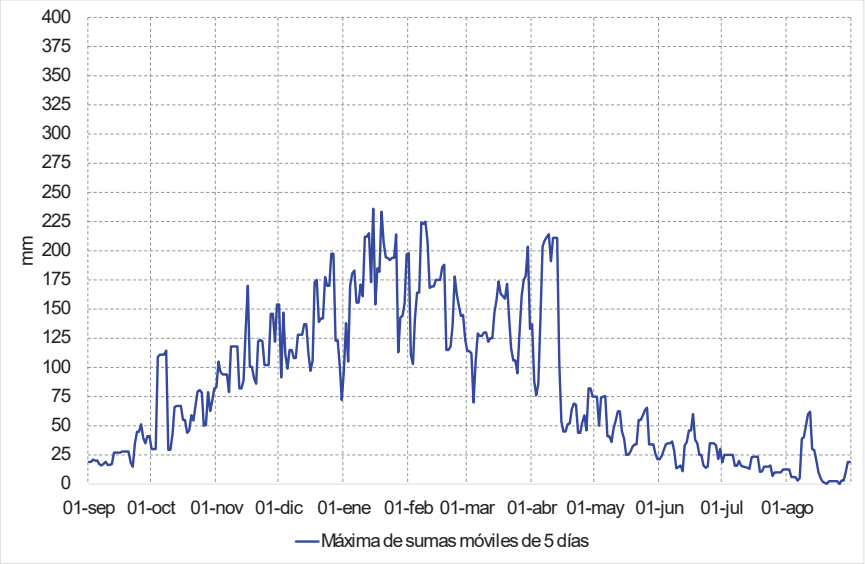


Figura 47. Máxima suma móvil de 5 días para precipitaciones en la localidad de Monte Grande. Período 1998-2023.

La Figura 48 para Monte Bello muestra que, en promedio, los acumulados superan los 10 mm desde el 10 de octubre hasta mediados de mayo. Acumulados superiores a los 30 mm se esperan desde el 20 de noviembre hasta mediados de abril.

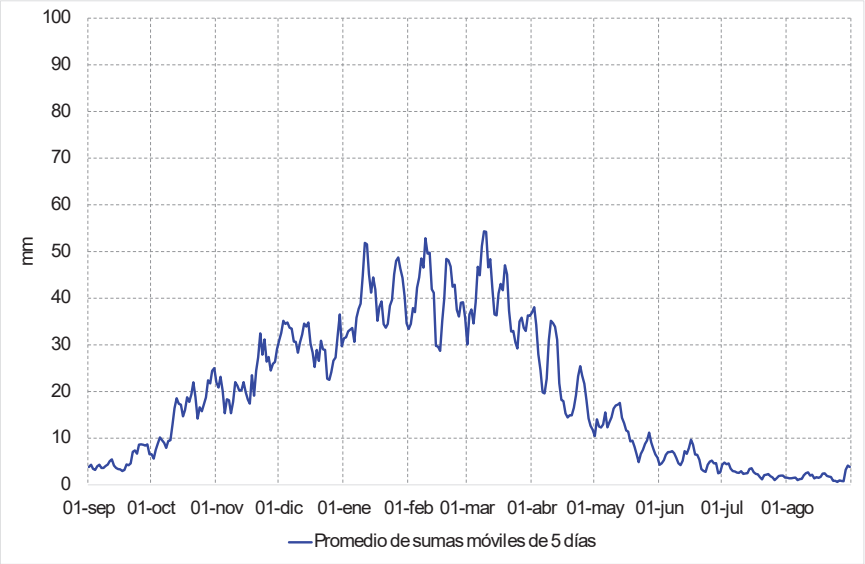


Figura 48. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones en la localidad de Monte Bello. Período 1990-2023.

La Figura 49, para las máximas acumulaciones pentádicas en Monte Bello durante 1990-2023, revela acumulados superiores a los 150 mm desde mediados de octubre hasta fines de marzo, con mayor frecuencia entre el 10 de enero y fines de marzo. Desde mediados de mayo hasta principios de octubre, la mayoría de los acumulados están por debajo de los 50 mm.

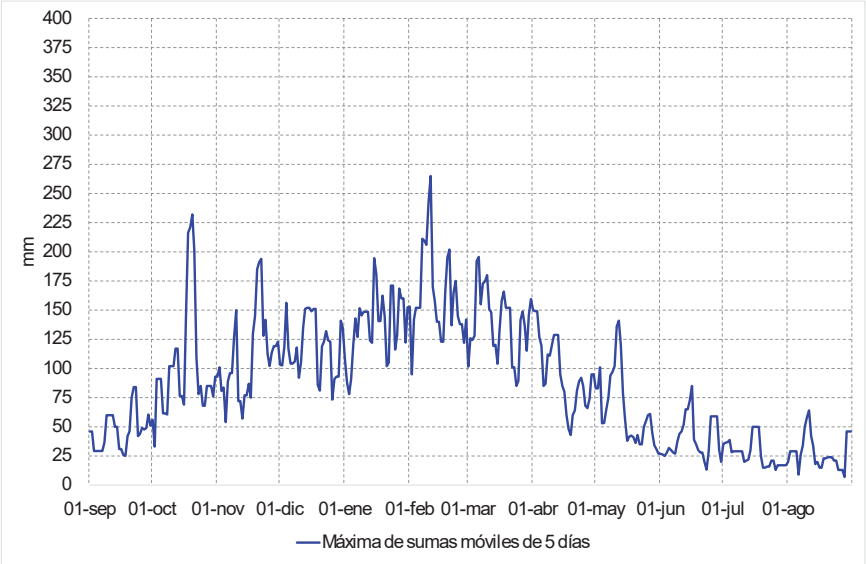


Figura 49. Máxima suma móvil de 5 días para precipitaciones en la localidad de Monte Bello. Período 1990-2023.

Por último, la Figura 50 para Santa Ana, muestra que los acumulados superan los 10 mm desde el 10 de octubre hasta el 20 de mayo. Acumulados superiores a los 30 mm se observan desde el 10 de enero hasta mediados de marzo.

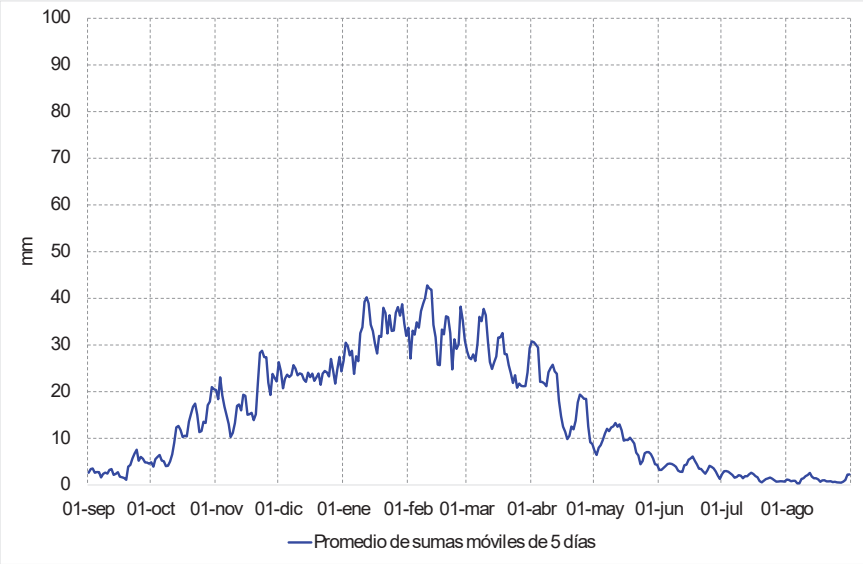


Figura 50. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones en la localidad de Santa Ana. Período 1990-2023.

La Figura 51 para las máximas acumulaciones pentádicas en Santa Ana entre 1990 y 2023, muestra acumulados superiores a los 150 mm desde mediados de octubre hasta principios de abril. Precipitaciones extremas de más de 250 mm se registran en torno a los días 20 de octubre, 10 de febrero, 7 de marzo y 2 de abril. Desde fines de mayo hasta mediados de septiembre, los acumulados suelen ser inferiores a 50 mm.

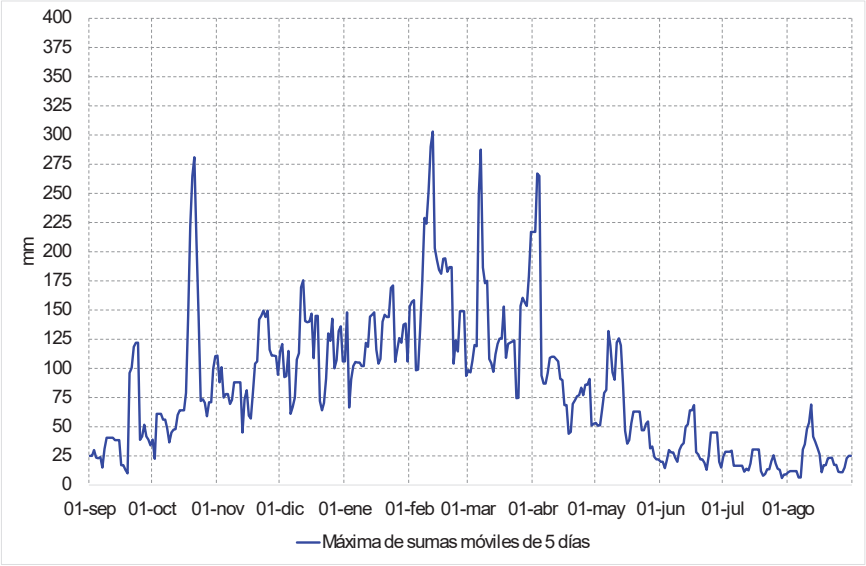


Figura 51. Máxima suma móvil de 5 días para precipitaciones en la localidad de Santa Ana. Período 1990-2023.

Evapotranspiración de referencia

Algunas de las estaciones meteorológicas automáticas calculan, con una periodicidad horaria, la evapotranspiración de referencia (ET0) mediante el método de Penman modificado, implementado por el Sistema de Información de Gestión de Riego de California (CIMIS). Para la estimación se utilizan datos de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad promedio del viento y radiación solar.

Se procesaron 18 años de datos obtenidos de estaciones meteorológicas automáticas, abarcando el período de 2006 a 2023. Con los datos colectados, se elaboró la Tabla 30, que contiene los valores de ET0 para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo y Santa Ana.

Tabla 30. Estadísticas de evapotranspiración de referencia mensuales/anuales, para las localidades de La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo y Santa Ana en el período 2006 – 2023.

Mes	La Cruz	El Colmenar	Pueblo Viejo	Santa Ana
Enero	148.0	137.7	117.7	121.2
Febrero	111.7	107.9	91.8	97.2
Marzo	97.8	97.0	81.4	87.5
Abril	75.8	73.8	62.6	63.6
Mayo	62.3	59.9	49.2	49.6
Junio	55.6	52.7	44.6	42.0
Julio	69.0	64.1	52.2	49.0
Agosto	98.1	92.7	73.6	65.3
Septiembre	116.8	110.9	86.5	83.5
Octubre	137.8	131.0	102.4	105.6
Noviembre	147.3	137.1	111.9	114.3
Diciembre	151.3	140.0	118.8	122.4
Año	1271.7	1204.8	992.7	1001.2

Puede apreciarse la diferencia de ET0 entre las estaciones ubicadas al norte del área en estudio respecto de las del sur, que en el total anual tienen valores por debajo de aquellas en aproximadamente 250 mm. También se observa que el mes con valores más altos es enero, mientras que el mes donde ET_0 es mínimo es junio.

Balance de Agua

La precipitación es un dato de entrada fundamental para todos los modelos de agua en el suelo. Al aumentar la resolución espacial en la estimación del agua del suelo, las precipitaciones representan el principal desafío cuando no se cuenta con una alta densidad de estaciones meteorológicas. Los errores en la estimación de las precipitaciones se deben, principalmente, a la gran discontinuidad y variabilidad de las lluvias.

La evapotranspiración es otro componente clave del balance hídrico. Su variabilidad espacial y temporal no es tan pronunciada como la de las precipitaciones. Sin embargo, es difícil cuantificar los errores asociados con la evapotranspiración, debido a la escasez de conjuntos de datos observacionales para su validación. Estas observaciones se realizan generalmente en pequeña escala, lo que hace inadecuada su extrapolación para validar estimaciones a gran escala.

El balance de agua en el suelo, como cualquier balance, se basa en los aportes y las pérdidas de agua (Ecuación 1):

$$\textit{Agua almacenada en el suelo} = \textit{Agua recibida} - \textit{Agua perdida}$$

El agua recibida incluye a las precipitaciones y/o el riego, mientras que el agua perdida comprende a la evapotranspiración, el escurrimiento superficial y la percolación en profundidad (Murphy *et al*., 2007).

Las Figuras siguientes muestran la marcha anual de las precipitaciones, descritas previamente, y la evapotranspiración de referencia (ET0) diaria, consideradas como variables clave en el balance hídrico en la región. Se aplicaron medias móviles de 5 días para analizar estas variables a lo largo de toda la serie de datos, que abarca las localidades de La Cruz, El Colmenar, Monte Grande y Santa Ana. En el caso específico de Monte Grande, se utilizó la ET0 de Pueblo Viejo, ubicado a 30 km al sur de esta localidad.

Para La Cruz, se observó que hay un período del año, comprendido aproximadamente entre el 15 de abril y el 27 de noviembre, durante el cual la evapotranspiración supera significativamente las precipitaciones, definiendo así el período seco del año (Figura 52). Posteriormente a esta etapa, las lluvias comienzan a incrementarse y hasta finales de diciembre se alternan periodos con lluvias por encima o por debajo de la evaporación. Desde principios de enero hasta mediados de abril, predominan las situaciones con lluvias superiores a la demanda de agua.

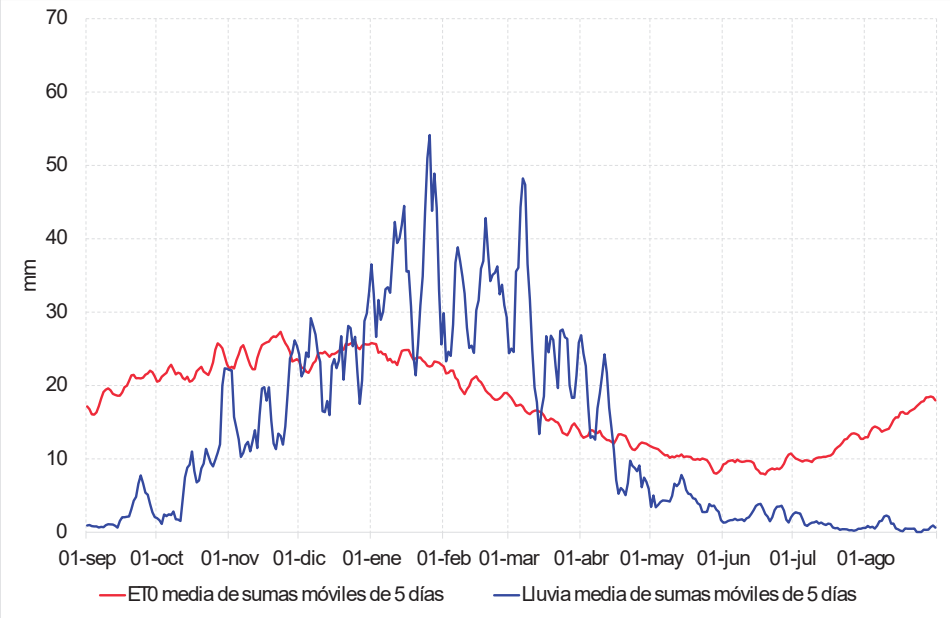


Figura 52. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones (en línea azul para el período 1996-2023) y para ET0 (en línea roja para el periodo 2006-2023) para la localidad de La Cruz.

De forma similar, en El Colmenar se identificó un período seco análogo, que se extiende desde aproximadamente el 15 de abril hasta el 27 de noviembre (Figura 53). Después de esta etapa, las lluvias también aumentan y hasta finales de diciembre se presentan fases con lluvias tanto por encima como por debajo de la evaporación. Desde el 20 de diciembre hasta la primera década de abril, predominan las situaciones con lluvias superiores a la demanda hídrica.

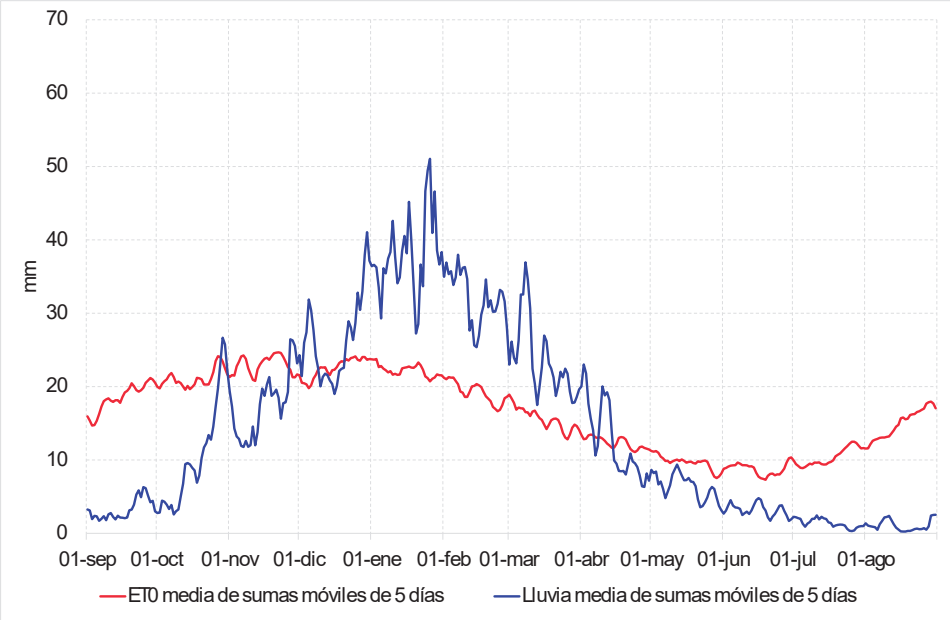


Figura 53. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones (en línea azul para el período 1990-2023) y para ET0 (en línea roja para el periodo 2006-2023) para la localidad de El Colmenar.

En Monte Grande, utilizando la ET_0 de Pueblo Viejo, el período seco se extiende desde alrededor del 20 de mayo hasta el 30 de octubre (Figura 54), mientras que el periodo con acumulados de precipitaciones superiores a la ET_0 abarca desde el 14 de noviembre hasta el 28 de abril. Durante este último periodo, se observan acumulados de precipitaciones significativamente superiores a los acumulados de ET_0.

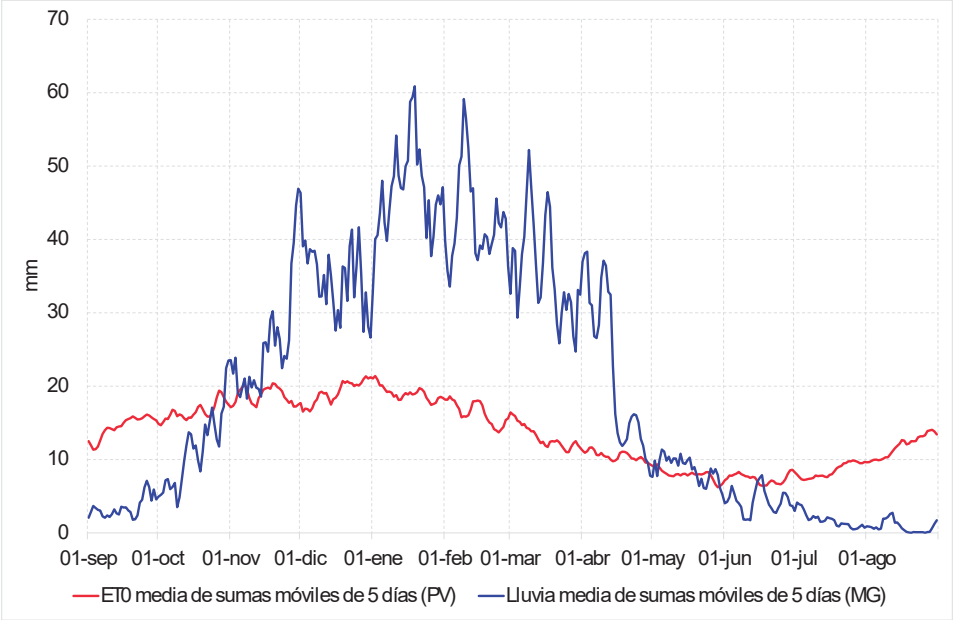


Figura 54. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones (en línea azul para Monte Grande en el período 1998-2023) y para ET0 (en línea roja para Pueblo Viejo en el periodo 2006-2023).

Finalmente, en Santa Ana se identifica un periodo seco que abarca desde el 21 de mayo hasta aproximadamente el 21 de noviembre (Figura 55). Después de este lapso, las lluvias superan a la ET0 y hasta el 18 de abril predominan situaciones con lluvias por encima de la demanda hídrica.

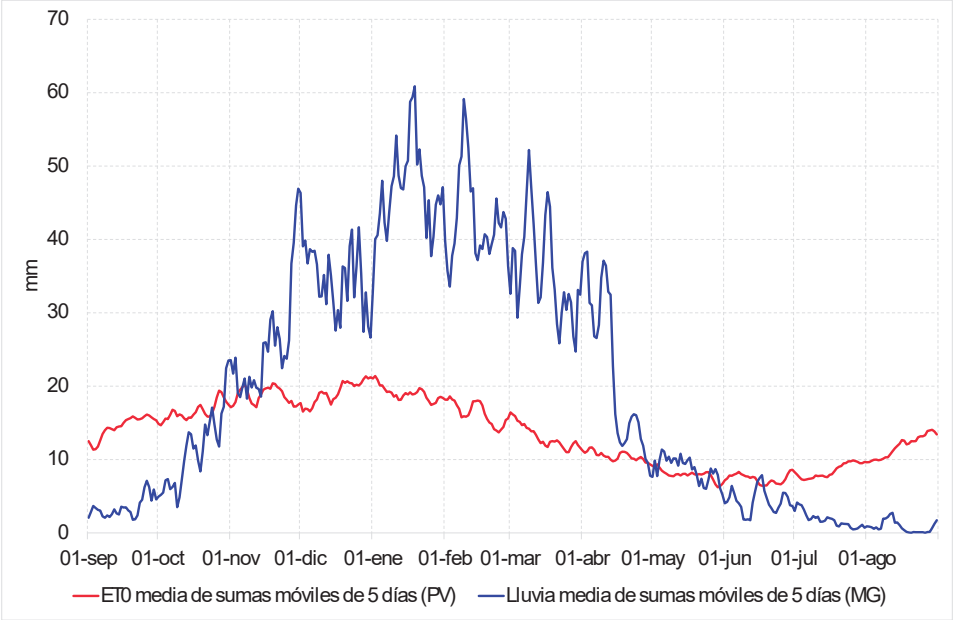


Figura 55. Promedio de sumas móviles de 5 días para precipitaciones (en línea azul para el período 1990-2023) y para ET0 (en línea roja para el periodo 2006-2023) para la localidad de Santa Ana.

Humedad de hoja

Varias de las estaciones meteorológicas automáticas que posee la EEAOC cuentan con sensores de humedad de hoja, incluyendo las ubicadas en La Cruz, El Colmenar, Pueblo Viejo, Santa Ana y Huasa Pampa Sur. Estos sensores utilizan tecnología de resistencia eléctrica de hoja artificial para detectar la presencia de humedad en la superficie de las hojas (ver Figura 56).

El sensor está compuesto por una rejilla de detección, un circuito de excitación bipolar de bajo voltaje y un circuito de detección de conductividad. Mide la conductividad a través de la rejilla y registra el resultado como un nivel de humedad, que está escalado de 0 a 15. Para los fines específicos de la investigación, se consideran valores iguales o superiores a 10 para indicar que la hoja está mojada.

Esta información es fundamental para comprender y controlar las condiciones que favorecen la aparición de enfermedades. Además, permite anticiparlas y prevenirlas, optimizar el riego y reducir la necesidad de utilizar agroquímicos, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible de los cultivos.



Figura 56. Sensor de humedad de hoja (DAVIS 6420) instalado en algunas estaciones meteorológicas automáticas del área citrícola. Web (https://davis-wetterstationen.de/6420-davis-blattfeuchte-sensor-leaf-wetness-sensor-p-122.html?sort=6sort_order).

En las siguientes figuras se representaron las horas con hoja mojada mediante una media móvil de 6 días y una polinómica de quinto grado, tanto para los valores medios como para los valores máximos, registrados en períodos que abarcan hasta 18 años.

Puede verse en la Figura 57 que en la localidad de La Cruz el período donde la cantidad de horas por debajo del promedio de referencia, cercano a las 4 horas, comenzó a mediados de julio y se extendió hasta principios de febrero. En cambio, el período que está por encima del promedio fue desde la primera década de febrero hasta principios de julio, con valores máximos que en ese periodo llegaron a alcanzar en promedio 16 a 19 horas y en algunos casos superaron estos valores.

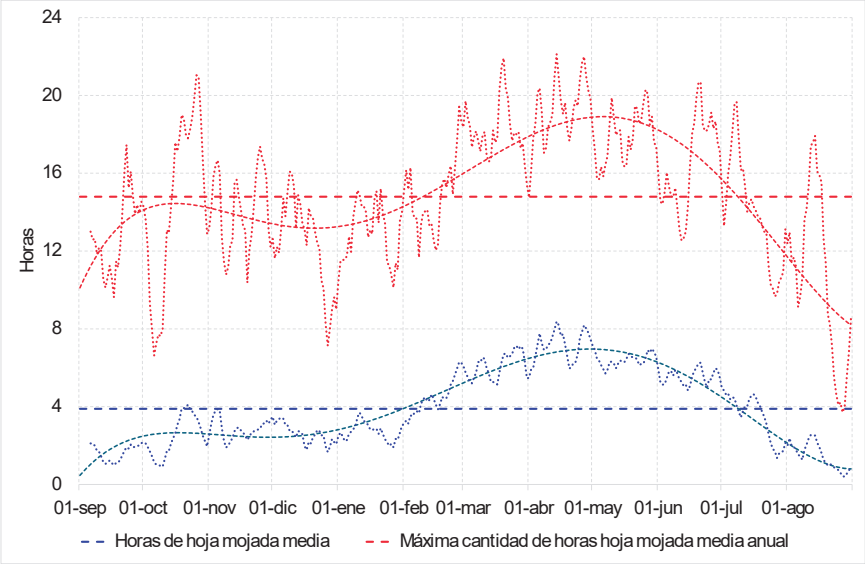


Figura 57. Cantidad de horas diarias con hoja mojada promedio (líneas azules) y máxima cantidad de horas diarias con hoja mojada (líneas rojas) en la localidad de La Cruz, para el periodo 2008-2023. En líneas de puntos se representa la media móvil de 6 días y en línea de guiones la polinómica de grado 5.

En El Colmenar (Figura 58), se encontró que el periodo con horas por debajo del promedio se extendió desde la última década de julio hasta finales de enero, con algunos picos que excedieron este promedio. La etapa por encima del promedio se registró desde mediados de febrero hasta la segunda década de julio, con valores promedio de 4 a 6 horas de hoja mojada y máximos alcanzando en promedio hasta 20 horas, superando estos valores en ocasiones.

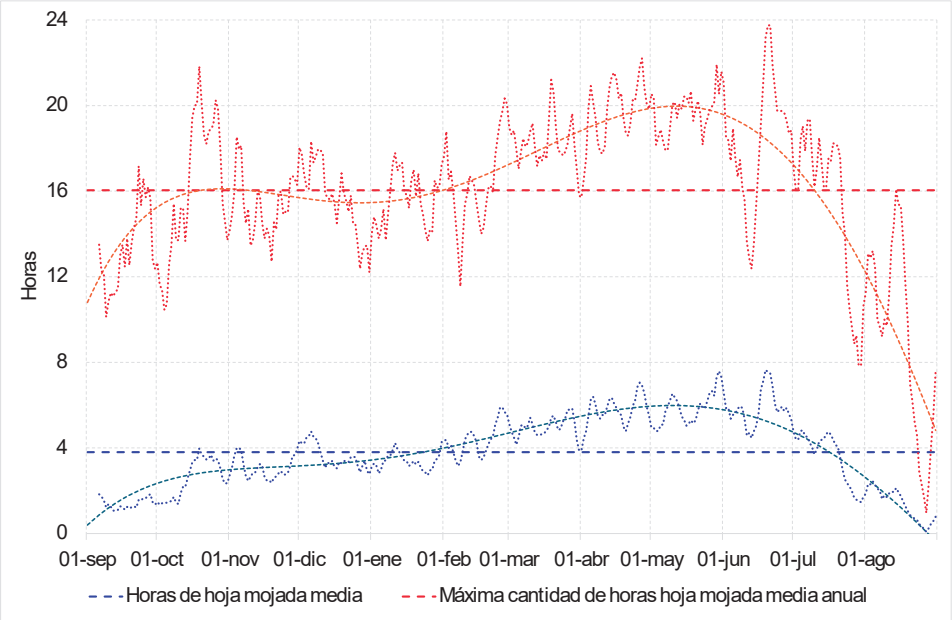


Figura 58. Cantidad de horas diarias con hoja mojada promedio (líneas azules) y máxima cantidad de horas diarias con hoja mojada (líneas rojas) en la localidad de El Colmenar, para el periodo 2008-2023. En líneas de puntos se representa la media móvil de 6 días y en línea de guiones la polinómica de grado 5.

Para Pueblo Viejo (Figura 59), se observa que el periodo con horas por debajo del promedio abarcó desde mediados de julio hasta principios de febrero, con picos que superaron este valor promedio. Por otro lado, la temporada por encima del promedio se extendió desde mediados de febrero hasta mediados de julio, con valores promedio de 4 a 7 horas de hoja mojada y máximos alcanzando en promedio hasta 21 horas, superando estos valores en algunos casos.

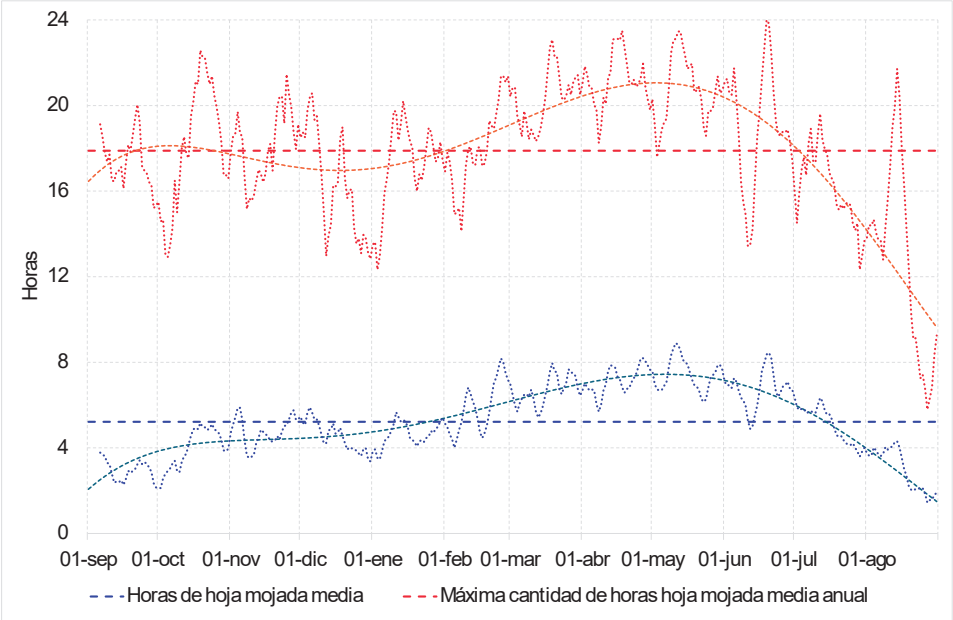


Figura 59. Cantidad de horas diarias con hoja mojada promedio (líneas azules) y máxima cantidad de horas diarias con hoja mojada (líneas rojas) en la localidad de Pueblo Viejo, para el periodo 2008-2023. En líneas de puntos se representa la media móvil de 6 días y en línea de guiones la polinómica de grado 5.

En Santa Ana (Figura 60), se observó que el periodo con horas inferiores al promedio se registró desde principios de agosto hasta principios de febrero, aunque se registraron algunos picos que excedieron el promedio. Por el contrario, entre la primera década de febrero y fines de julio, la región experimentó un periodo húmedo, con un promedio de 8 a 10 horas de hoja mojada diarias y máximos que, en ocasiones, superaron las 21 horas.

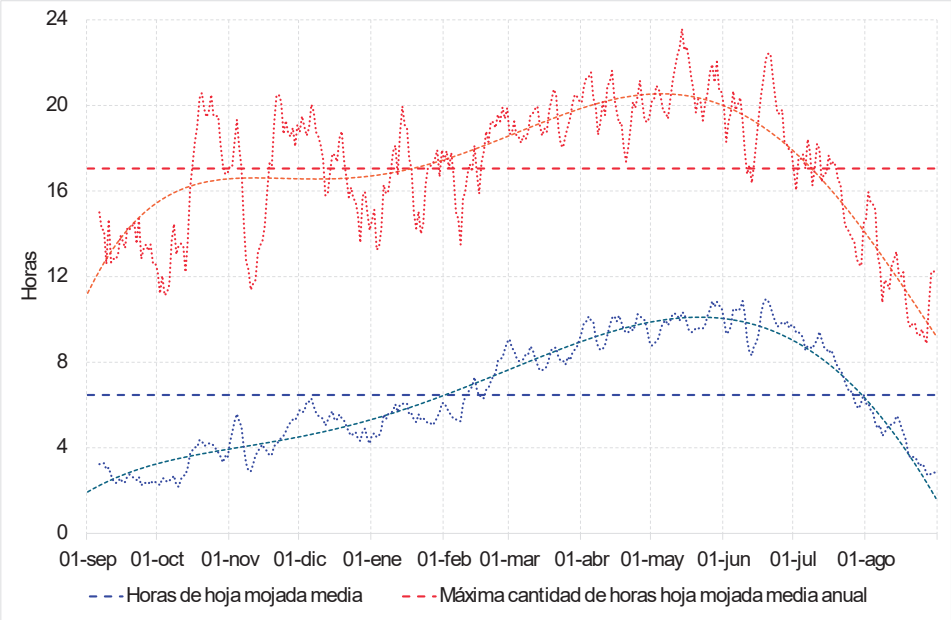


Figura 60. Cantidad de horas diarias con hoja mojada promedio (líneas azules) y máxima cantidad de horas diarias con hoja mojada (líneas rojas) en la localidad de Santa Ana, para el periodo 2008-2023. En líneas de puntos se representa la media móvil de 6 días y en línea de guiones la polinómica de grado 5.

En Huasa Pampa Sur (Figura 61), se identificaron dos periodos climáticos bien definidos. Entre finales de junio y principios de enero, predominó una estación seca, con pocas horas de hoja mojada, aunque se registraron algunos eventos de mayor humedad. A partir de mediados de febrero y hasta principios de junio, la región experimentó una estación húmeda, caracterizada por un promedio de 4 a 7 horas de hoja mojada diarias y picos, que en ocasiones, superaron las 18 horas.

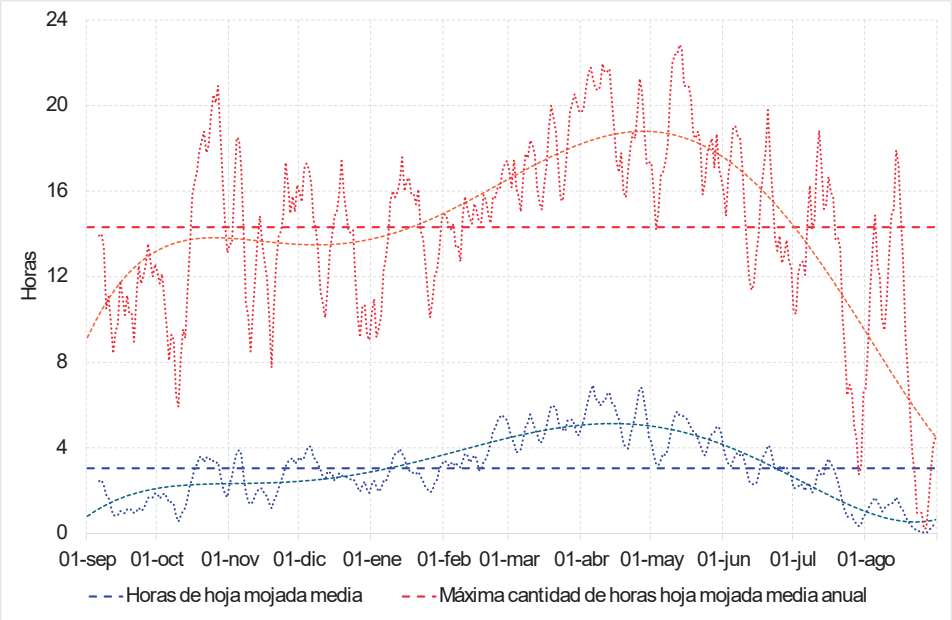


Figura 61. Cantidad de horas diarias con hoja mojada promedio (líneas azules) y máxima cantidad de horas diarias con hoja mojada (líneas rojas) en la localidad de Huasa Pampa Sur, para el periodo 2008-2023. En líneas de puntos se representa la media móvil de 6 días y en línea de guiones la polinómica de grado 5.

Tendencias

La EEAOC dispone, para la localidad de El Colmenar, de una serie de datos de temperaturas con más de 110 años de registros, los cuales se tomaron para este análisis. Un período con datos de temperaturas máximas y mínimas que abarca desde 1910 hasta 2023.

La Figura 62 muestra claramente un patrón interesante en el desvío de las temperaturas medias anuales a lo largo del tiempo. Se observa un período cálido que se prolongó desde alrededor de 1920 hasta 1955, marcado por un aumento significativo en las temperaturas promedio. Este período coincide con lo que se conoce como el "salto climático" (Minetti *et al*., 1989).

Posteriormente, se evidencia un cambio hacia un período fresco que se extendió hasta principios del año 2000, caracterizado por temperaturas más moderadas en comparación con el período anterior. Sin embargo, a partir de ese momento, se observa una nueva tendencia al alza en las temperaturas, iniciando otro período cálido que continúa hasta la actualidad.

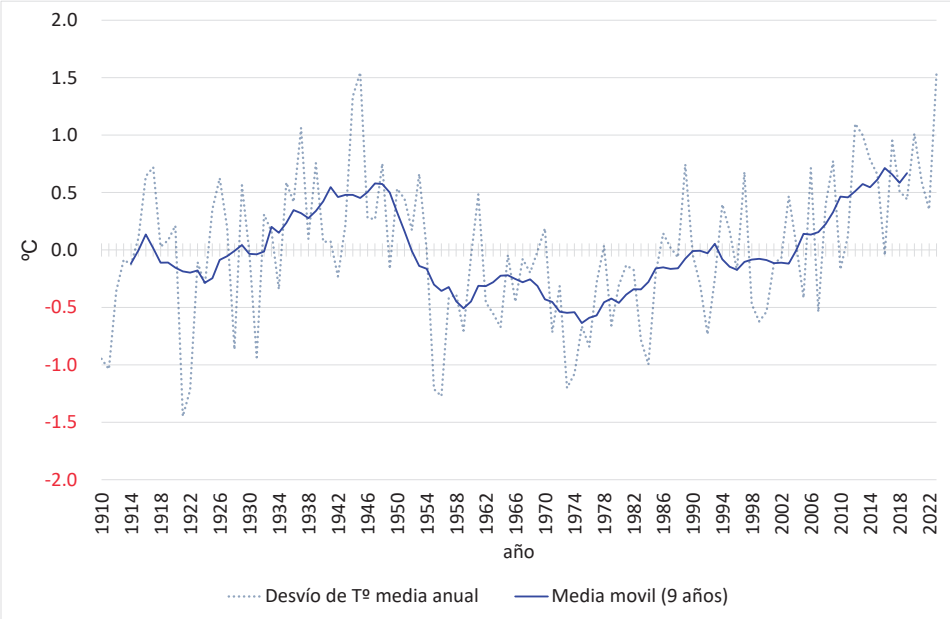


Figura 62. Desvío de la temperatura media anual respecto de su promedio de 114 años y media móvil de 9 años, ambos expresados en grados centígrados, para la localidad de El Colmenar en el período 1910 – 2023.

El análisis de las temperaturas máximas y mínimas medias anuales, revela fluctuaciones significativas a lo largo del tiempo.

Los datos (Figura 63), muestran un marcado aumento en las temperaturas máximas desde el inicio de la serie hasta mediados de la década de 1950, coincidiendo con el conocido salto climático. Sin embargo, a partir de entonces se observa un enfriamiento relativo, con temperaturas máximas más moderadas. Esta tendencia se revierte alrededor del año 2010, cuando las temperaturas máximas comienzan a aumentar nuevamente, indicando un retorno a condiciones más cálidas.

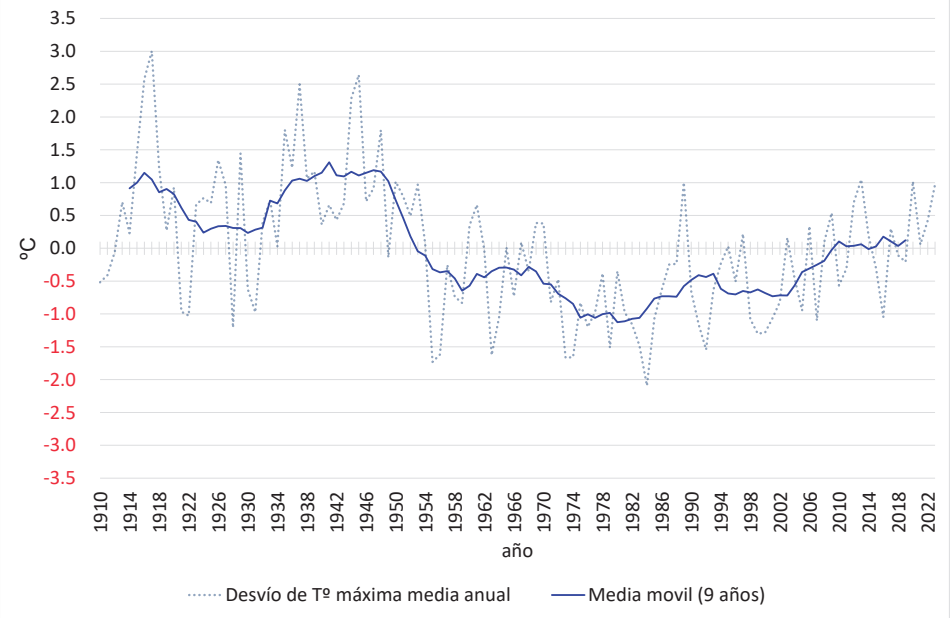


Figura 63. Desvío de la temperatura máxima media anual respecto de su promedio de 114 años y media móvil de 9 años, ambos expresados en grados centígrados, para la localidad de El Colmenar en el período 1910 – 2023.

En contraste con las temperaturas máximas, las temperaturas mínimas medias anuales mostraron un comportamiento ascendente a lo largo de todo el período de análisis (Figura 64). Los desvíos iniciales medios, que rondaban los -1°C, evolucionaron hacia valores que superaron en más de un grado los valores normales.

Este aumento progresivo significa que desde 1910 hasta la actualidad, la temperatura mínima media anual experimentó un incremento de más de 2°C. Este fenómeno indica un calentamiento significativo en las noches a lo largo del período considerado.

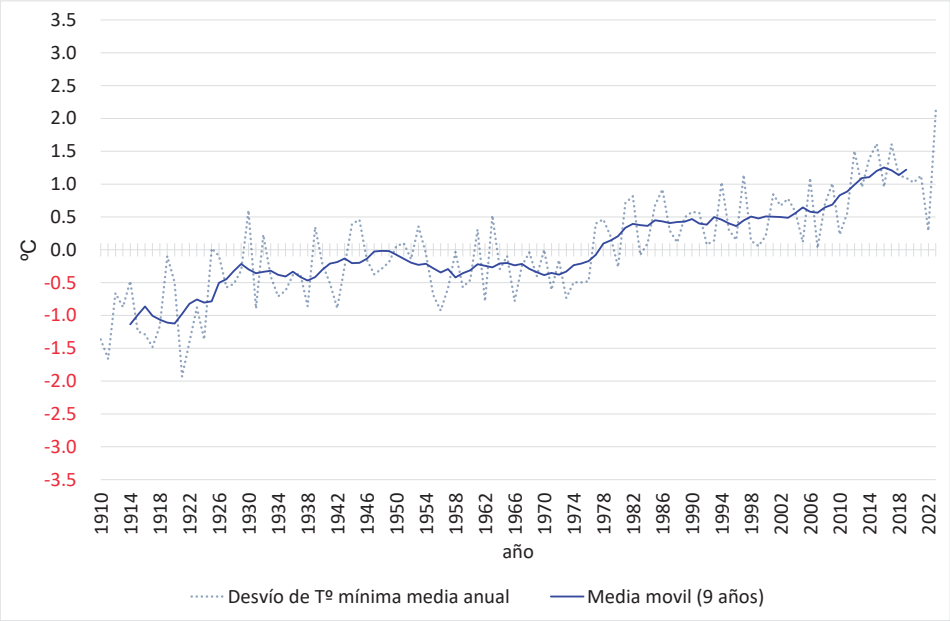


Figura 64. Desvío de la temperatura mínima media anual respecto de su promedio de 114 años y la tendencia de este desvío mediante una polinómica de grado 5 para la localidad de El Colmenar, en el periodo 1910 – 2023.

Como resultado del comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas, la amplitud térmica media anual experimentó una disminución sostenida a lo largo de todo el período (Figura 65). Es así como, hasta 1960, el desvío con respecto a la normal estuvo por encima de esta. Sin embargo, a partir de ese punto, comenzó un periodo con amplitudes térmicas que, en su mayoría, se sitúan por debajo de los valores normales hasta la actualidad.

Esta reducción en la amplitud térmica indica una disminución en la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas a lo largo del año.

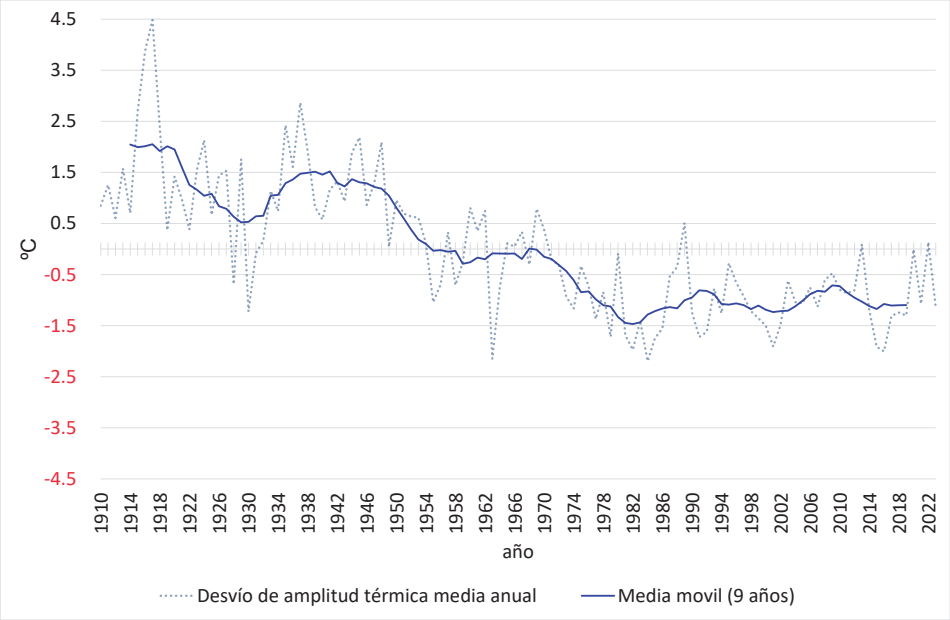


Figura 65. Desvío de la amplitud térmica media anual respecto de su promedio de 114 años y media móvil de 9 años, ambos expresados en grados centígrados, para la localidad de El Colmenar en el período 1910 – 2023.

En el caso de las lluvias (Figura 66), también tomamos como referencia las precipitaciones de El Colmenar. Se hizo un análisis de 140 años de datos (1884-2023) mediante él índice de precipitación estandarizado, el cual se calcula haciendo para cada año la diferencia entre el valor total anual de lluvia menos su promedio y a esta diferencia se la divide en el desvío estándar. Se puede apreciar un período que va desde principios del siglo pasado hasta mediados de la década de 1950 (momento donde se registra el salto climático) en donde tanto la media móvil de grado 9 de las precipitaciones como la tendencia polinómica de grado 3 estuvieron por debajo de los valores normales. Fue el período más seco de la serie. A partir de allí comienza un período húmedo donde, en su mayoría, las medias móviles estuvieron por encima de los valores normales, comportamiento que también tuvo la polinómica. En los últimos años, ambas tendencias comenzaron a decrecer.

Para tener una referencia del momento que atravesamos en el aspecto hídrico, es de destacar el aporte del destacado climatólogo argentino Ing. Agr. Eduardo Sierra, quien afirma que, “Ahora podemos decir que la fase seca comenzó en 2007 y probablemente dure hasta 2047-2050. Actualmente, estamos atravesando la parte más negativa, y es probable que tengamos varios años más con precipitaciones por debajo de lo normal. Solo en años de El Niño se registrarán buenas lluvias”[1].

[1] Declaraciones del Ing. Agr. Eduardo Sierra https://www.youtube.com/watch?v=XAb7VmpBCVM, recuperado el 14/11/2024.

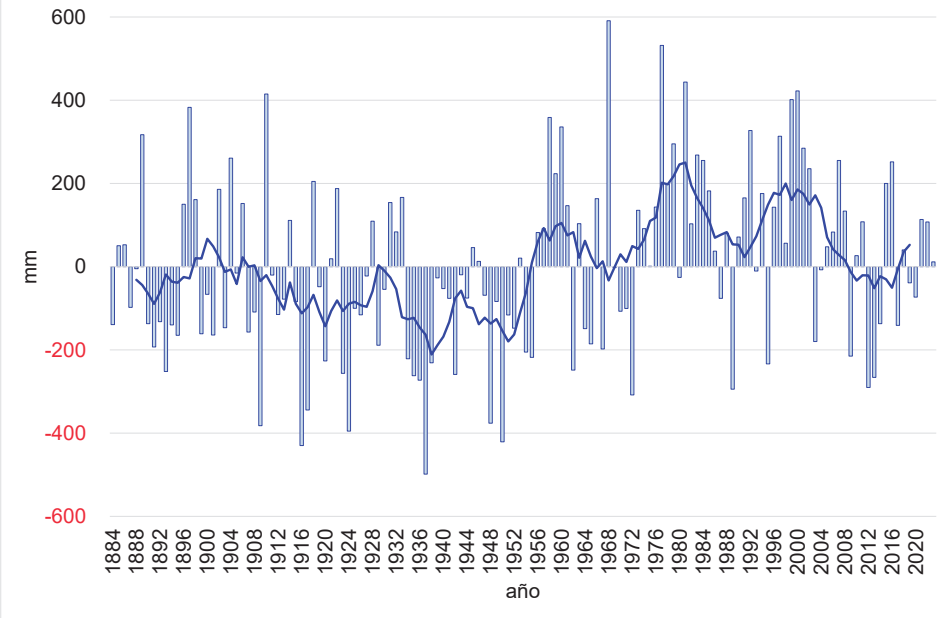


Figura 66. Desvío de totales anuales de precipitación para 140 años y su media móvil de 9 años para la localidad de El Colmenar, en el período 1884 – 2023.

El fenómeno El Niño

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) es el resultado de la interacción bidireccional entre el océano y la atmósfera en el océano Pacífico tropical. Este fenómeno comprende dos fases extremas: los eventos cálidos, conocidos como años de El Niño, y los eventos fríos, denominados años de La Niña; los años que no pertenecen a estas dos fases extremas se etiquetan como "neutrales". ENSO es la principal fuente de variabilidad climática a escala estacional e interanual en muchas regiones del mundo (Trenberth, 1997).

Recientes avances en la comprensión de las interacciones entre los océanos tropicales y la atmósfera, junto con mejoras en las capacidades de monitoreo de ambos, han hecho posible pronosticar eventos ENSO con una habilidad moderada y con meses, o incluso un año de antelación. Se suele asumir que los pronósticos climáticos relacionados con ENSO pueden beneficiar al sector agrícola, ya que permitirían a los agricultores mitigar los posibles efectos negativos de la variabilidad climática o, alternativamente, aprovechar los efectos potencialmente favorables (Podesta *et al*., 2002).

El Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés, Oceanic Niño Index) representa la desviación de la temperatura superficial del océano Pacífico respecto a su promedio, medida en la zona comprendida entre los 5°S - 5°N y 170°W - 120°W, conocida como la región El Niño 3.4. El ONI es la principal herramienta utilizada para monitorear y predecir el fenómeno ENSO, y se divide en tres fases[2]:

- El Niño, caracterizado por valores positivos del ONI iguales o superiores a +0,5°C durante tres meses consecutivos.
- La Niña, identificada por valores negativos del ONI iguales o inferiores a -0,5°C durante tres meses consecutivos.
- Fase Neutra, que presenta valores del ONI entre -0,5°C y +0,5°C.

Para este análisis se procesaron datos de precipitaciones comprendidos entre 1950 a 2020, junto con información publicada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sobre el ONI para el mismo período.

En la Tabla 31 se presenta el porcentaje de años con precipitaciones trimestrales por debajo de los valores normales, clasificados según las condiciones El Niño, La Niña o Neutro para la localidad de El Colmenar. Se observa que los porcentajes más altos de probabilidad de experimentar precipitaciones por debajo de lo normal ocurren en el trimestre junio-agosto y en los comprendidos entre septiembre y diciembre, los cuales superan el 70%.

Tabla 31. Porcentaje de años con precipitaciones trimestrales por debajo de los valores normales de acuerdo con su condición de Niño, Niña o Neutro para la localidad de El Colmenar.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
Niña	53,8	60,0	61,9	60,0	58,8	50,0	72,2	68,4	68,4	71,4	83,3	56,0
Niño	57,7	52,2	50,0	35,7	58,8	66,7	56,3	43,8	66,7	58,3	34,6	34,6
Neutro	52,6	52,2	47,1	52,4	56,8	48,6	59,5	61,1	41,9	42,3	42,9	65,0

[2] https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Por otro lado, la Tabla 32 muestra que, durante los eventos de La Niña, la localidad de Santa Ana, situada al sur de la zona pedemontana, registra porcentajes significativos de precipitaciones por debajo de lo normal en todos los trimestres móviles. Destacan los trimestres que abarcan desde septiembre hasta enero, con porcentajes que superan el 80%, lo que indica una alta probabilidad de lluvias inferiores a lo normal durante esos periodos.

Tabla 32. Porcentaje de años con precipitaciones trimestrales por debajo de los valores normales de acuerdo con su condición de Niño, Niña o Neutro para la localidad de Santa Ana.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
Niña	61,5	56,0	57,1	73,3	70,6	75,0	55,6	73,7	78,9	90,5	91,7	80,0
Niño	46,2	52,2	31,3	42,9	58,8	61,1	68,8	62,5	57,1	50,0	19,2	26,9
Neutro	57,9	56,5	64,7	61,9	40,5	54,1	56,8	52,8	48,4	53,8	52,4	55,0

Conclusiones

El estudio agroclimático realizado en la zona pedemontana de Tucumán, Argentina, proporciona una evaluación exhaustiva de las condiciones climáticas que caracterizan la región. A través del análisis de diferentes variables meteorológicas, se puede lograr una comprensión más profunda de los patrones climáticos que influyen en el desarrollo agrícola y en la dinámica ambiental de la zona. Este tipo de estudios resulta fundamental para la planificación de actividades productivas y la gestión sostenible de los recursos naturales. A continuación, algunas de las conclusiones más importantes que se pueden destacar:

- De acuerdo con los datos procesados, en el norte, en localidades como El Colmenar, se registra una mayor cantidad de radiación solar en comparación con el sur, representado por Santa Ana. Este patrón se mantiene consistente durante gran parte del año, desde septiembre hasta marzo, siendo enero el mes con mayor incidencia solar y junio el de menor.

- En cuanto a la temperatura, se observa que los valores medios corresponden a una región subtropical, caracterizada por veranos cálidos, inviernos templados y transiciones suaves entre estaciones. En estas localidades, la temperatura media anual oscila entre 19,5°C y 20,5ºC, basada en el promedio de los 18 años analizados. Se destaca que enero es el mes más cálido, mientras que julio es el más fresco. Entre octubre y abril, los valores medios mensuales superan los 20°C en toda la región, superando el promedio anual en todas las localidades. Las temperaturas mínimas han aumentado más de 2°C desde 1910, especialmente durante la noche, lo que ha reducido la amplitud térmica anual. Las temperaturas máximas también han mostrado una tendencia al alza desde 2010, con valores por encima de décadas anteriores.

- Las mayores amplitudes térmicas se registran en los meses más secos del año, cuando hay escasez de lluvias y baja humedad, específicamente desde mediados de julio hasta principios de noviembre. En contraste, las amplitudes más bajas ocurren entre principios de enero y mediados de abril.

- Las heladas son un riesgo para la producción citrícola, como se evidenció en 2013, cuando una helada severa produjo una importante reducción en la producción de limones. Las estaciones meteorológicas ofrecen datos precisos sobre las heladas, cruciales para la planificación agrícola. Se observa que julio y agosto son los meses con mayor intensidad y frecuencia de heladas, extendiéndose este fenómeno desde mayo hasta septiembre en la mayoría de las localidades estudiadas. Las regiones más afectadas son aquellas ubicadas en los extremos norte y sur, como La Cruz y Santa Ana, donde también se registra el mayor porcentaje de años con heladas.

- En cuanto a las precipitaciones, la región presenta un régimen monzónico, con un patrón caracterizado por lluvias más abundantes durante los meses cálidos y escasas durante los meses fríos. Los registros pluviométricos varían considerablemente a lo largo del área estudiada, con valores que oscilan entre 990 mm en el norte, aumentando hasta alcanzar los 1450 mm en el centro y luego disminuyendo nuevamente hacia el sur, con aproximadamente 1100 mm. Los totales de precipitaciones se ven influidos por las condiciones de El Niño y La Niña. Durante los eventos de La Niña, las precipitaciones en el sur tienden a ser inferiores a lo normal, afectando significativamente al cultivo.

- La evapotranspiración de referencia (ET0), calculada con el método de Penman-Monteith, es más alta en enero y más baja en junio. Desde mayo hasta noviembre, la evapotranspiración supera las precipitaciones, definiendo un periodo seco prolongado.

- Las temperaturas mínimas y máximas muestran un aumento sostenido, con una reducción en la amplitud térmica, lo que podría afectar la calidad de los frutos. La región también muestra una tendencia hacia un periodo seco prolongado, que podría durar hasta finales de la década de 2040.

Estos datos proporcionan una base sólida para comprender el impacto del clima en la producción agrícola en la región pedemontana de Tucumán, destacando la importancia de considerar factores como la radiación solar, la temperatura, las heladas y las precipitaciones al gestionar este tipo de cultivos.

Bibliografía citada

1. Bazzano, F., Heredia, T., Elías, A., Lamelas, C., & Forciniti, J. (2019). Tendencias en la precipitación en Tucumán bajo efecto del cambio climático. Meteorologica, 44(2), 1-14. Recuperado en 11 de febrero de 2025, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-468X2019000200001&lng=es&tlng=es.

2. Fandos, C., Soria, F., Scandaliaris, P. & Carreras Baldrés (2022). Zonificación del área cañera tucumana según niveles de producción y relación con las regiones agrológicas y el índice de productividad de los suelos. RIAT Tomo 99 (1): 21-27. ISSN 0370-5404.

3. Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Universidad Nacional de Luján y Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-9285-36-7.

4. Minetti, J. L., & Poblete, A. G. (1989). El salto climático de la década de 1950 en Tucumán: Análisis de diagnóstico y consecuencias. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, 66(1), 119-136.

5. Podesta, G., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R. A., Jones, J., & O'Brien, J. J. (2002). Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: A pilot experience. Agricultural Systems, 74(3), 371-392.
6. Servicio Meteorológico Nacional. (2023). *Reporte preliminar del estado del clima. Recuperado en noviembre de 2024.

7. Torres Bruchmann, E. (1978). Las clasificaciones climáticas de Köppen y Thornthwaite. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Serie didáctica Nº 48. ISSN 0325-2493.

8. Trenberth, K. E. (1997). Short-term climate variations: Recent accomplishments and issues for future progress. Bulletin of the American Meteorological Society, 78(6), 1081-1096.