

Síntesis agrometeorológica de 25 de Mayo, La Pampa

Período 1971-2007

AUTORES

Aumassanne, Carolina ¹

Fontanella, Dardo ¹

¹ INTA AER 25 de Mayo, La Pampa



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA
Centro Regional La Pampa-San Luis

Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"

Diseño Gráfico

Dis. Gráf. Francisco Etchart

Impresión

Gustavo J. Moyano

Impreso en los talleres gráficos de la EEA INTA Anguil

“Ing. Agr. Guillermo Covas”

Tirada de 500 ejemplares

Julio de 2020



EDICIONES INTA

Centro Regional La Pampa-San Luis

EEA INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”

RN N°5 Km 580, CP 6326, Anguil, La Pampa, Argentina

Prólogo

Este trabajo es la síntesis de más de 40 años de trabajo institucional del Ente Provincial del Río Colorado abordando la caracterización climática de la zona de 25 de Mayo en provincia de La Pampa. El clima en la ribera del río Colorado se considera templado, con variaciones diarias de temperatura acentuadas. Las precipitaciones no son abundantes. La mencionada variación diaria de temperatura trae aparejada además la posibilidad de heladas primaverales tardías u otoñales tempranas, con un período libre de heladas que posibilita el desarrollo de cultivos de verano. Los vientos son más frecuentes en primavera, con orientación oeste y sudoeste, originados en el anticiclón del Pacífico. Estas características climáticas generan un déficit hídrico importante, que se cubre a partir de la implementación de la práctica de riego con el uso del agua del río Colorado.

El Ente Provincial del Río Colorado, organismo del gobierno de La Pampa, fue creado el 28 de junio de 1962, como organismo autárquico con capacidad de derecho público y privado, siendo su objetivo la promoción y aprovechamiento integral del río Colorado en jurisdicción de esta provincia comprendida en su zona de influencia, en los aspectos tecnológicos, económicos y sociales. El Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado en 25 de Mayo está diseñado en cinco secciones de riego. En la sección I funcionó la

Estación Experimental Agropecuaria donde se estableció una estación meteorológica. En dicha estación se registraron por más 30 años, datos climáticos diarios, los cuales constituyen la fuente de información de este trabajo. Existen en la zona importantes antecedentes anteriores a la creación del Ente Provincial del Río Colorado. En particular, en 1833 expediciones con la visión de aprovechamiento del río Colorado para riego y, en 1896 el gobierno nacional le ordena al ingeniero César Cipolletti los estudios a los ríos Negro y Colorado para su utilización en el desarrollo como fuente de activación económica. Desde la institución, es importante destacar el compromiso y dedicación del personal que acompañó el proceso de desarrollo de la zona bajo riego y la importante obra pública ejecutada por el gobierno provincial en la zona.

En la última década se instala una Agencia de Extensión Rural de INTA en 25 de Mayo, donde se comenzó a trabajar sobre tecnologías de riego e investigación adaptativa de cultivos factibles para la zona. Las articulaciones interinstitucionales permiten generar información y avances en el área bajo riego de La Pampa para productores actuales y futuros inversores.

Dr. Enrique Schmidt

Presidente Ente Provincial del Río Colorado

Introducción

La Agrometeorología es una ciencia aplicada que usa el conocimiento y los datos meteorológicos para resolver las problemáticas de las explotaciones agropecuarias de manera práctica. La actividad agropecuaria demanda del conocimiento del clima para planificar y ejecutar modelos de producción sustentables. El clima determina la factibilidad de la adaptación de diferentes cultivos y el potencial agropecuario de una región. La relación y el análisis de registros climáticos y respuestas biológicas, en términos de calidad y cantidad de producción permite visualizar y predecir los efectos meteorológicos sobre los cultivos.

La estimación de las necesidades hídricas de los cultivos, constituye un dato básico para el diseño de un proyecto y planificación de estrategias de riego. Para determinar la cantidad de agua necesaria que tiene que ser aplicada en el riego, es esencial conocer los requerimientos del cultivo (evapotranspiración) así como la cantidad de agua de lluvia aportada durante el periodo de crecimiento. La evapotranspiración (ET) es definida como la combinación de dos procesos físicos muy similares a través de los cuales el agua se pierde a la atmósfera, por un lado, desde la superficie del suelo por evaporación y, por otro, desde el cultivo por el proceso de transpiración (Allen et al., 1998). La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por ET del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo. A pesar de que los valores de la ET del cultivo y de las necesidades de agua del cultivo son idénticos, sus definiciones conceptuales son diferentes. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la ET del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la ET.

La información procesada y sintetizada en el presente documento corresponde a la serie 1971-2007, es propiedad del Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa) y ha sido registrada en la estación meteorológica instalada en la Chacra Experimental, en la Sección I del Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado de 25 de Mayo.

Los factores climáticos predominantes de la región condicionan el desarrollo de los cultivos e influyen directamente sobre la calidad de la producción. El objetivo de este trabajo es proveer información agrometeorológica al sector agropecuario del área bajo riego de 25 de Mayo La Pampa a través del análisis de las principales variables climáticas, de esta forma contribuir al conocimiento de las condiciones climáticas regionales, el riesgo productivo asociado, la vulnerabilidad de los sistemas productivos y con ello aportar una herramienta más para la toma de decisiones. En el presente trabajo se presenta el análisis temporal de las principales variables meteorológicas (temperatura, precipitación, viento, heliofanía).

Según el estudio realizado por Interconsul S. A., Franklin Consultora S. A. y ADE S.A. (1982), el clima de la zona 25 de Mayo puede definirse como templado continental y árido, caracterizado por su altitud, latitud, distancia a las masas oceánicas y régimen de circulación del aire. Con una variación anual de las temperaturas medias mensuales no muy marcada, pero con una importante amplitud térmica diaria, que podrá atemperarse por efectos de cultivos bajo riego y la implantación de cortinas rompe vientos (efecto oasis).

Material y Métodos

La estación meteorológica del Ente Provincial del Río Colorado se ubicaba (37° 51.732' S y 67° 39.958' O, con una elevación de 344 msnm) en la sección I del Sistema de Aprovechamiento Múltiple del Río Colorado en 25 de Mayo, La Pampa. A partir de las observaciones diarias realizadas, se obtuvieron los datos medios mensuales para el período 1971 a 2007. Se registró información de temperatura del aire, precipitación, velocidad y dirección del viento, humedad atmosférica y heliofanía. Respecto a las heladas: a partir de los registros de temperaturas mínimas se calcularon: la frecuencia de heladas meteorológicas y agrometeorológicas, considerando los registros iguales o inferiores a 0°C. Se calcularon la fecha media de primera y última helada. Se obtuvieron las estadísticas de registros medios y extremos, y totales mensuales y anuales para los elementos meteorológicos analizados.

A partir de los registros históricos de información climática se aplicó la metodología propuesta por FAO (Allen *et al.*, 2006), mediante la aplicación del programa ETo calculator (Raes, 2012) para la estimación de la evapotranspiración de los cultivos. Debido a la dificultad de obtener mediciones de campo precisas, ET se calcula comúnmente con datos meteorológicos. El programa ETo calculator utiliza el método de Penman-Monteith para la estimación de la tasa de ET del cultivo estándar de referencia (ETo). Por otra parte, se utilizará la relación ETc/ETo, conocida como Coeficiente del Cultivo (Kc), para relacionar ETc a ETo de manera que ETc = Kc x ETo. Dado el mejor comportamiento y consistencia del método FAO Penman-Monteith en el ámbito global, este es el único que se recomienda como método estándar de cálculo. Esto se debe a que existe una elevada probabilidad de que este método prediga

correctamente los valores de ETo en una amplia gama geográfica y climática, y cuenta con previsiones para su uso en situaciones de falta de datos (Allen *et al.*, 2006).

Evapotranspiración de referencia (ETo):

ETo expresa el poder de evaporación de la atmósfera en un lugar y tiempo específico del año y no tiene en cuenta las características del cultivo y los factores del suelo (Allen *et al.*, 1998). Para su determinación se utilizaron datos climáticos de la serie antes mencionada y se corrió el programa ETo calculator el cual requiere datos de temperatura del aire máxima, mínima y media, humedad atmosférica relativa máxima, mínima y media, radiación y velocidad del viento, por defecto estima datos de radiación extraterrestre, solar y neta y horas de luz.

Ecuación FAO Penman-Monteith a partir de la ecuación original de Penman-Monteith y de las ecuaciones de resistencias aerodinámica y de cultivo, para el cálculo de ETo:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_N - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 \mu_2)}$$

ETo Evapotranspiración de referencia (mm día-1)
Rn Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)
G Flujo de calor en el suelo (MJ m-2 día-1)
T Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u2 Velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)
es Presión de vapor de saturación (kPa)
ea Presión real de vapor (kPa)
es - ea Déficit de presión de vapor del aire (kPa)
Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor de saturación (kPa °C-1)
γ: Constante psicométrica (kPa °C-1)

Coeficiente del cultivo (Kc):

Se define Kc como la diferencia de evaporación y transpiración entre el cultivo de campo (ETc) y el cultivo de referencia (ETo).

$$Kc = ETc - ETo$$

Algunos factores que afectan el valor de Kc son: tipo de cultivo (características de estomas, hojas, altura, propiedades aerodinámicas, espaciamiento de plantación); clima (velocidad del viento y humedad relativa); evaporación del suelo (nivel de cobertura); etapas de crecimiento del cultivo durante el desarrollo (inicial, de desarrollo, mediados de temporada y final de temporada). El valor de Kc será mayor en condiciones de aridez, en los casos en que el cultivo agrícola posea una mayor área foliar y una mayor rugosidad que el cultivo de referencia. Se determinaron los Kc de los principales cultivos de la zona, maíz, alfalfa y vid.

Evapotranspiración del cultivo (ETc):

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, para el cálculo, se considera que no existen limitaciones en el desarrollo del cultivo debido a estrés hídrico o salino, densidad del cultivo, plagas y enfermedades, presencia de malezas o baja fertilidad. El valor de ETc es calculado a través del enfoque del coeficiente del cultivo, donde los efectos de las condiciones del tiempo atmosférico son incorporados en ETo y las características del cultivo son incorporadas en el coeficiente Kc.

$$ETc = ETo \times Kc$$

Información agrometeorológica

• Régimen térmico

En términos físicos la temperatura es una propiedad de fácil medición que nos indica la presencia de calor. La temperatura del aire nos permite observar la dinámica del calor recibido desde el sol, que es absorbido y emitido por la superficie terrestre. Desde el punto de vista biológico es un factor ambiental regulador del crecimiento y desarrollo vegetal y animal.

Temperaturas medias

Del análisis de estos 36 años se obtiene un valor medio anual de temperatura del aire de 15.3 °C. El mes que acusa mayores valores de temperatura media es enero con 23.2 °C y el menor valor corresponde al mes de julio con 6.7 °C (Tabla 1). En coincidencia con el estudio de Interconsul S. A., Franklin Consultora S. A. y ADE S.A. del año 1982.

El período más cálido con temperaturas medias mayores a la temperatura media comprende los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. En el trimestre de junio a agosto se registran las temperaturas más frías, con valores de 7,0, 6,7 y 8,8 °C respectivamente (Figura 1).

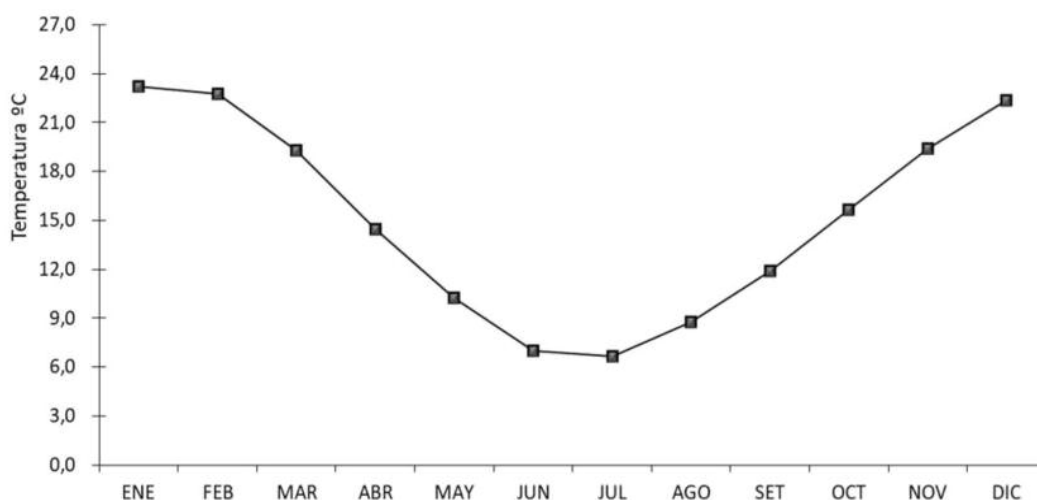


Figura 1. Régimen anual de temperatura media mensual para el período 1971 – 2007.

Tabla 1. Temperaturas medias mensuales (°C) período 1971-2007.

| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|---------------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 1971 | 22,0 | 23,6 | 21,5 | 13,1 | 10,3 | 6,2 | 8,5 | 9,7 | 14,4 | 18,3 | 22,1 | 22,5 |
| 1972 | 27,0 | 25,2 | 16,1 | 15,9 | 11,3 | 8,5 | 8,1 | 8,1 | 13,3 | 15,0 | 20,2 | 25,0 |
| 1973 | 25,0 | 24,5 | 21,6 | 15,6 | 10,8 | 9,7 | 5,7 | 10,6 | 12,1 | 16,2 | 18,7 | 23,7 |
| 1974 | 23,7 | 23,0 | 21,8 | 16,3 | 12,3 | 7,5 | 6,9 | 9,1 | 11,7 | 17,1 | 20,5 | 21,6 |
| 1975 | 24,3 | 24,0 | 18,7 | 14,7 | 11,4 | 9,1 | 6,3 | 8,8 | 12,9 | 16,5 | 19,7 | 23,9 |
| 1976 | 24,9 | 23,6 | 19,3 | 14,1 | 10,8 | 7,1 | 6,5 | 9,0 | 13,3 | 16,5 | 21,8 | 24,2 |
| 1977 | 25,8 | 23,7 | 20,5 | 15,7 | 9,7 | 7,7 | 7,2 | 9,2 | 15,3 | 18,8 | 21,2 | 23,8 |
| 1978 | 25,0 | 23,2 | 19,4 | 16,0 | 10,7 | 6,5 | 8,7 | 7,2 | 12,7 | 14,8 | 19,2 | 25,6 |
| 1979 | 24,4 | 25,3 | 19,4 | 15,5 | 12,0 | 6,7 | 7,7 | 10,7 | 11,1 | 15,0 | 17,9 | 21,8 |
| 1980 | 26,3 | 22,8 | 21,4 | 12,8 | 10,3 | 6,6 | 6,5 | 9,2 | 13,1 | 16,2 | 18,6 | 22,6 |
| 1981 | 22,6 | 23,3 | 19,6 | 14,6 | 11,2 | 7,0 | 6,5 | 9,6 | 11,0 | 15,6 | 19,1 | 22,5 |
| 1982 | 24,2 | 21,3 | 19,8 | 16,1 | 12,0 | 5,9 | 5,7 | 9,3 | 11,9 | 15,1 | 18,1 | 23,8 |
| 1983 | 22,9 | 23,0 | 19,5 | 14,1 | 8,3 | 4,2 | 5,8 | 7,7 | 11,4 | 16,5 | 21,2 | 24,3 |
| 1984 | 25,1 | 22,1 | 18,4 | 13,6 | 8,9 | 3,6 | 5,1 | 7,4 | 11,4 | 16,1 | 17,8 | 19,9 |
| 1985 | 22,5 | 21,7 | 18,7 | 13,9 | 10,7 | 7,8 | 6,9 | 9,2 | 12,6 | 14,6 | 21,2 | 23,0 |
| 1986 | 22,6 | 22,2 | 18,6 | 14,3 | 10,0 | 7,0 | 7,2 | 8,0 | 11,2 | 16,8 | 18,7 | 22,4 |
| 1987 | 24,5 | 24,7 | 18,5 | 15,1 | 7,8 | 9,2 | 7,9 | 7,8 | 10,4 | 16,5 | 20,5 | 21,1 |
| 1988 | 23,0 | 23,8 | 19,6 | 13,8 | 8,7 | S/D | 4,1 | 7,7 | 11,4 | 14,4 | 20,7 | 23,1 |
| 1989 | 24,3 | 24,4 | 19,2 | 14,9 | 9,1 | 8,9 | 6,3 | 8,7 | 10,9 | 16,5 | 20,9 | 24,2 |
| 1990 | 23,5 | 21,8 | 17,3 | 13,6 | 9,9 | 8,1 | 7,3 | 11,3 | 11,3 | 16,9 | 20,4 | 22,8 |
| 1991 | 23,1 | 22,8 | 20,5 | 15,5 | 10,7 | 6,7 | 6,4 | 6,8 | 12,4 | 14,1 | 19,4 | 20,8 |
| 1992 | 24,4 | 22,5 | 20,7 | 13,0 | 9,4 | 7,7 | 7,2 | 10,3 | 11,3 | 15,9 | 21,3 | 20,2 |
| 1993 | 25,0 | 20,8 | 18,7 | 17,2 | 13,1 | 6,3 | 5,5 | 8,6 | 10,7 | 14,8 | 18,8 | 22,3 |
| 1994 | 23,9 | 23,2 | 22,2 | 19,8 | 13,1 | 6,3 | 5,0 | 7,4 | 9,4 | 10,2 | 17,1 | 20,0 |
| 1995 | 25,7 | 21,6 | 18,3 | 12,0 | 10,4 | 8,3 | 8,4 | 8,8 | 12,6 | 16,0 | 19,7 | 25,3 |
| 1996 | 22,4 | 20,6 | 19,5 | 13,0 | 10,1 | 4,0 | 5,6 | 10,2 | 12,6 | 15,5 | 20,6 | 20,8 |
| 1997 | 23,0 | 20,6 | 19,0 | 15,8 | 10,3 | 7,8 | 7,6 | 9,0 | 11,5 | 13,5 | 17,7 | 20,6 |
| 1998 | 22,6 | 21,6 | 18,1 | 13,3 | 10,9 | 7,0 | 7,9 | 8,6 | 10,2 | 17,8 | 19,4 | 23,2 |
| 1999 | 23,9 | 23,2 | 17,1 | 11,9 | 9,3 | 5,5 | 5,8 | 9,1 | 12,7 | 15,6 | 18,7 | 21,3 |
| 2000 | 22,4 | 19,6 | 17,9 | 14,9 | 9,2 | 7,0 | 5,8 | 7,2 | 9,9 | 14,1 | 16,0 | 20,6 |
| 2001 | 0,0 | 24,8 | 18,1 | 13,1 | 8,9 | 6,3 | 5,8 | 9,3 | 10,6 | 15,4 | 16,3 | 22,0 |
| 2002 | 22,4 | 21,9 | 17,4 | 12,4 | 9,7 | 4,4 | 6,8 | 6,8 | 11,6 | 15,3 | 18,7 | 21,6 |
| 2003 | 23,0 | 21,6 | 20,0 | 13,1 | 10,2 | 8,6 | 6,2 | 8,6 | 13,0 | 17,0 | 19,7 | 20,0 |
| 2004 | 25,1 | 21,8 | 20,9 | 14,4 | 8,2 | 8,7 | 7,0 | 8,4 | 12,8 | 15,3 | 18,5 | 22,2 |
| 2005 | 21,6 | 22,9 | 18,3 | 12,3 | 8,8 | 6,1 | 6,2 | 8,3 | 11,5 | 14,9 | 19,8 | 21,1 |
| 2006 | 23,6 | 22,6 | 18,2 | 14,2 | 9,6 | 8,0 | 7,4 | 9,3 | 11,9 | 15,2 | 18,2 | 21,4 |
| 2007 | 23,1 | 20,3 | 18,8 | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D |
| Media Mensual | 23,2 | 22,8 | 19,3 | 14,4 | 10,2 | 7,0 | 6,7 | 8,8 | 11,9 | 15,7 | 19,4 | 22,4 |

Temperaturas máximas y mínimas

Las temperaturas máximas medias mensuales se muestran en la Tabla 2, tanto que en la Tabla 3, se puede observar los valores de temperaturas mínimas medias mensuales, ambas para el período

do bajo análisis. El rango de temperaturas máximas medias es de 14,1 °C a 30,6 °C. El valor más alto de temperatura máxima absoluta registrado ha sido de 33,9 °C, en enero de 1980 y diciembre de 1995. Durante el período primavera-estival los

valores absolutos de temperatura máxima sobrepasan el valor de temperatura media máximo.

El mes más frío es julio con -0,4 °C de tempera-

tura mínima media, junio con 0,6 °C y agosto 1,1 °C. La temperatura más baja registrada en el período 1971-2007 fue en julio de 1990, con -7,0 °C.

Tabla 2. Temperaturas máximas medias mensuales (°C) período 1971-2007.

| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1971 | 29,0 | 28,0 | 28,5 | 21,2 | 18,2 | 11,4 | 15,3 | 16,4 | 20,7 | 24,6 | 29,1 | 28,7 |
| 1972 | 33,0 | 31,1 | 24,1 | 23,1 | 16,6 | 13,5 | 15,1 | 13,7 | 19,5 | 20,1 | 25,9 | 31,0 |
| 1973 | 31,4 | 31,0 | 26,6 | 22,0 | 16,7 | 14,6 | 12,1 | 18,3 | 19,3 | 22,2 | 25,8 | 31,2 |
| 1974 | 30,1 | 28,1 | 27,3 | 22,6 | 17,6 | 13,6 | 14,8 | 16,2 | 18,5 | 23,7 | 28,0 | 27,1 |
| 1975 | 31,1 | 31,0 | 24,6 | 22,5 | 17,0 | 15,0 | 12,4 | 16,5 | 19,7 | 23,6 | 25,5 | 31,5 |
| 1976 | 32,7 | 30,7 | 26,5 | 20,7 | 17,6 | 13,7 | 14,4 | 15,4 | 18,3 | 22,8 | 29,0 | 29,9 |
| 1977 | 31,7 | 30,3 | 28,4 | 24,4 | 16,9 | 14,7 | 13,9 | 15,9 | 21,9 | 23,3 | 26,8 | 21,8 |
| 1978 | 31,1 | 30,6 | 26,2 | 24,0 | 17,6 | 13,9 | 14,6 | 15,2 | 19,0 | 21,3 | 26,1 | 30,7 |
| 1979 | 33,1 | 32,0 | 26,7 | 23,1 | 19,5 | 16,0 | 14,4 | 18,3 | 18,3 | 22,7 | 25,3 | 29,3 |
| 1980 | 33,9 | 30,9 | 30,3 | 19,2 | 16,9 | 13,7 | 14,4 | 18,1 | 22,0 | 24,2 | 26,6 | 30,6 |
| 1981 | 30,8 | 32,0 | 27,9 | 20,2 | 17,9 | 13,2 | 13,9 | 16,7 | 19,7 | 23,7 | 27,3 | 30,8 |
| 1982 | 32,9 | 29,2 | 28,2 | 22,9 | 19,0 | 11,1 | 11,2 | 17,2 | 18,8 | 23,0 | 25,8 | 32,9 |
| 1983 | 30,4 | 31,2 | 27,4 | 22,0 | 15,9 | 11,0 | 13,8 | 15,8 | 19,6 | 23,9 | 28,5 | 31,2 |
| 1984 | 33,3 | 30,8 | 25,5 | 20,8 | 16,1 | 9,5 | 10,7 | 15,1 | 17,7 | 23,9 | 24,2 | 27,2 |
| 1985 | 30,5 | 29,6 | 26,3 | 22,1 | 18,6 | 14,3 | 13,1 | 17,8 | 20,1 | 21,4 | 28,8 | 30,8 |
| 1986 | 30,4 | 30,7 | 27,1 | 22,1 | 18,0 | 14,5 | 16,4 | 16,7 | 19,6 | 24,2 | 26,9 | 31,3 |
| 1987 | 33,2 | 32,5 | 26,5 | 23,6 | 15,6 | 18,7 | 14,9 | 14,1 | 18,9 | 23,5 | 27,6 | 28,5 |
| 1988 | 31,2 | 31,3 | 27,0 | 22,0 | 16,9 | 17,1 | 12,9 | 15,0 | 19,0 | 22,2 | 29,0 | 31,7 |
| 1989 | 32,7 | 31,6 | 28,8 | 23,9 | 17,5 | 15,4 | 14,4 | 16,2 | 19,9 | 24,1 | 29,3 | 31,7 |
| 1990 | 31,9 | 28,7 | 25,7 | 22,1 | 18,2 | 16,3 | 15,1 | 20,4 | 19,6 | 25,9 | 29,2 | 31,5 |
| 1991 | 31,8 | 31,3 | 27,4 | 23,0 | 18,7 | 13,9 | 13,6 | 16,8 | 19,8 | 21,9 | 27,4 | 27,6 |
| 1992 | 31,2 | 29,2 | 26,9 | 23,7 | 18,5 | 13,5 | 14,9 | 19,1 | 19,5 | 24,3 | 28,0 | 28,1 |
| 1993 | 32,3 | 30,0 | 29,1 | 23,2 | 22,2 | 12,2 | 10,3 | 16,8 | 17,9 | 23,5 | 24,7 | 31,7 |
| 1994 | 30,3 | 28,9 | 28,2 | 25,0 | 19,5 | 10,9 | 11,3 | 13,2 | 15,7 | 17,1 | 23,4 | 27,5 |
| 1995 | 27,6 | 28,7 | 25,8 | 20,0 | 18,6 | 15,7 | 16,0 | 17,8 | 21,4 | 24,0 | 28,2 | 33,9 |
| 1996 | 30,6 | 29,9 | 29,6 | 21,8 | 20,2 | 12,9 | 15,5 | 18,3 | 21,4 | 23,9 | 29,0 | 28,1 |
| 1997 | 31,5 | 30,0 | 26,3 | 25,2 | 18,7 | 14,5 | 15,2 | 16,6 | 19,2 | 20,6 | 24,9 | 27,6 |
| 1998 | 30,3 | 28,7 | 26,1 | 19,1 | 16,8 | 13,7 | 17,1 | 18,5 | 18,8 | 25,7 | 27,1 | 30,6 |
| 1999 | 31,0 | 31,5 | 23,4 | 18,2 | 15,5 | 18,2 | 13,7 | 16,9 | 19,8 | 22,2 | 26,2 | 29,9 |
| 2000 | 31,8 | 29,0 | 26,1 | 23,7 | 16,2 | 13,8 | 13,5 | 15,3 | 17,2 | 22,0 | 25,1 | 31,0 |
| 2001 | 0,0 | 38,2 | 26,5 | 21,4 | 14,8 | 15,0 | 13,2 | 18,2 | 18,4 | 22,1 | 23,2 | 30,1 |
| 2002 | 31,0 | 30,2 | 26,0 | 23,0 | 18,5 | 13,1 | 15,2 | 16,1 | 20,5 | 23,7 | 26,9 | 29,8 |
| 2003 | 31,6 | 30,8 | 29,1 | 21,4 | 19,1 | 17,0 | 15,0 | 17,8 | 22,0 | 26,3 | 28,1 | 28,2 |
| 2004 | 32,2 | 28,5 | 27,9 | 21,9 | 14,5 | 16,3 | 13,0 | 16,2 | 21,2 | 22,3 | 25,6 | 29,7 |
| 2005 | 30,7 | 30,9 | 27,7 | 24,1 | 17,8 | 13,2 | 15,6 | 15,8 | 20,3 | 23,2 | 28,1 | 28,7 |
| 2006 | 32,2 | 29,9 | 27,8 | 24,5 | 18,0 | 14,6 | 15,2 | 18,2 | 20,9 | 23,2 | 27,2 | 29,5 |
| 2007 | 30,9 | 28,7 | 27,1 | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D |
| Media Mensual | 30,6 | 30,5 | 27,0 | 22,3 | 17,7 | 14,2 | 14,1 | 16,7 | 19,6 | 23,1 | 26,9 | 29,8 |

Tabla 3. Temperaturas mínimas medias mensuales (°C) período 1971-2007.

| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|---------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|
| 1971 | 12,1 | 18,2 | 8,9 | 2,8 | 1,8 | 1,2 | 2,7 | 3,6 | 5,6 | 8,8 | 10,2 | 12,5 |
| 1972 | 14,4 | 12,8 | 6,9 | 6,1 | 4,3 | 2,5 | 0,0 | 1,8 | 4,1 | 5,6 | 6,6 | 13,9 |
| 1973 | 12,1 | 12,7 | 12,9 | 6,2 | 2,7 | 2,0 | -5,0 | 0,0 | 0,7 | 6,2 | 8,7 | 11,6 |
| 1974 | 11,9 | 12,9 | 12,6 | 3,9 | 4,1 | 0,6 | -0,9 | 1,6 | 2,1 | 6,9 | 9,7 | 13,2 |
| 1975 | 16,4 | 12,7 | 9,8 | 6,5 | 4,1 | 1,6 | -0,9 | -0,5 | 3,6 | 5,9 | 9,1 | 12,9 |
| 1976 | 12,9 | 15,3 | 9,0 | 4,8 | 2,7 | -0,1 | -2,2 | 2,9 | 3,8 | 5,9 | 9,0 | 11,4 |
| 1977 | 13,4 | 13,1 | 10,2 | 6,7 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 3,6 | 9,9 | 14,6 | 14,7 | 20,0 |
| 1978 | 13,0 | 14,2 | 11,2 | 6,5 | 4,1 | 0,1 | 3,7 | -0,9 | 5,7 | 7,2 | 11,1 | 15,8 |
| 1979 | 14,3 | 12,9 | 10,6 | 5,5 | 3,0 | -4,0 | 1,9 | 2,2 | 2,3 | 6,1 | 8,2 | 13,5 |
| 1980 | 16,3 | 14,4 | 12,8 | 7,6 | 4,0 | 0,6 | -0,8 | 1,1 | 3,9 | 8,0 | 9,6 | 13,5 |
| 1981 | 14,7 | 15,1 | 12,4 | 10,4 | 5,9 | 1,6 | -0,1 | 1,2 | 2,8 | 7,3 | 9,9 | 12,9 |
| 1982 | 15,9 | 12,8 | 11,2 | 9,8 | 5,7 | 1,2 | 0,9 | 2,2 | 5,5 | 5,6 | 9,4 | 14,5 |
| 1983 | 15,7 | 13,7 | 11,4 | 6,7 | 2,1 | -1,2 | -1,5 | 0,7 | 2,9 | 8,3 | 12,9 | 16,5 |
| 1984 | 15,9 | 13,0 | 12,4 | 7,1 | 1,5 | -1,9 | -0,3 | 0,0 | 5,4 | 7,0 | 10,1 | 12,5 |
| 1985 | 15,1 | 13,2 | 10,5 | 4,9 | 2,1 | 1,1 | 0,6 | 0,1 | 4,3 | 7,1 | 12,9 | 14,8 |
| 1986 | 13,5 | 13,3 | 9,2 | 5,7 | 2,2 | 0,6 | 0,0 | 0,4 | 3,2 | 8,4 | 9,5 | 14,2 |
| 1987 | 12,5 | 11,5 | 6,6 | 5,9 | 0,3 | 0,5 | 0,0 | 0,2 | 1,4 | 7,3 | 11,5 | 12,1 |
| 1988 | 12,4 | 13,4 | 10,2 | 3,7 | 0,0 | 1,4 | -4,0 | 0,0 | 4,9 | 8,1 | 11,1 | 13,8 |
| 1989 | 15,4 | 14,4 | 11,0 | 5,9 | 3,3 | 2,3 | -1,2 | -1,2 | 2,2 | 7,4 | 10,4 | 13,2 |
| 1990 | 14,6 | 13,9 | 9,0 | 3,8 | 0,8 | -0,4 | -7,0 | 1,3 | 2,0 | 6,9 | 9,4 | 12,9 |
| 1991 | 11,9 | 11,4 | 9,6 | 4,8 | 4,4 | 1,2 | 0,1 | 0,3 | 4,6 | 6,1 | 11,4 | 12,1 |
| 1992 | 15,4 | 13,2 | 8,7 | 4,2 | 1,7 | 0,9 | 1,3 | 2,0 | 4,4 | 8,7 | 10,2 | 12,6 |
| 1993 | 14,3 | 12,2 | 11,5 | 11,0 | 7,3 | 3,4 | 1,1 | 2,7 | 5,5 | 8,2 | 9,9 | 13,8 |
| 1994 | 14,4 | 12,1 | 12,4 | 11,0 | 9,1 | 2,4 | 1,1 | 1,7 | 3,3 | 6,9 | 9,9 | 12,8 |
| 1995 | 13,6 | 11,8 | 9,9 | 3,1 | 1,5 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 3,4 | 6,9 | 10,2 | 15,9 |
| 1996 | 12,0 | 10,1 | 9,6 | 4,8 | 1,2 | -3,3 | -2,5 | 0,9 | 3,0 | 6,7 | 10,2 | 11,8 |
| 1997 | 13,1 | 9,9 | 12,3 | 6,7 | 3,2 | 1,3 | 0,7 | 1,8 | 3,7 | 6,3 | 9,8 | 13,0 |
| 1998 | 13,9 | 12,3 | 10,3 | 7,7 | 5,3 | 1,6 | 0,3 | -0,2 | 1,4 | 7,9 | 10,8 | 14,3 |
| 1999 | 15,7 | 14,1 | 11,5 | 6,2 | 3,8 | 0,3 | -0,6 | 1,6 | 5,7 | 8,8 | 11,5 | 11,3 |
| 2000 | 13,2 | 12,1 | 8,8 | 6,1 | 2,2 | 0,4 | -1,6 | -0,4 | 3,0 | 6,4 | 7,1 | 10,1 |
| 2001 | 0,0 | 12,7 | 9,9 | 5,0 | 3,9 | -1,2 | -1,0 | 1,5 | 2,5 | 8,7 | 7,9 | 8,9 |
| 2002 | 12,5 | 12,6 | 8,8 | 2,6 | 2,7 | -3,3 | -0,3 | 2,3 | 2,3 | 5,8 | 8,6 | 12,7 |
| 2003 | 13,3 | 10,7 | 10,8 | 5,5 | 2,8 | 0,8 | -0,9 | -0,3 | 4,1 | 6,1 | 9,7 | 10,2 |
| 2004 | 16,8 | 14,6 | 13,9 | 8,1 | 3,0 | 2,4 | 1,3 | 1,8 | 4,0 | 7,8 | 11,0 | 13,8 |
| 2005 | 11,4 | 15,3 | 8,6 | 1,5 | 0,1 | 0,7 | -1,5 | 1,2 | 2,7 | 6,1 | 11,3 | 12,6 |
| 2006 | 13,6 | 14,6 | 8,0 | 5,1 | 2,5 | 2,4 | 0,5 | 0,5 | 2,6 | 6,5 | 9,1 | 12,0 |
| 2007 | 14,9 | 11,8 | 11,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Media Mensual | 13,5 | 13,1 | 10,4 | 5,9 | 3,1 | 0,6 | -0,4 | 1,1 | 3,7 | 7,3 | 10,1 | 13,2 |

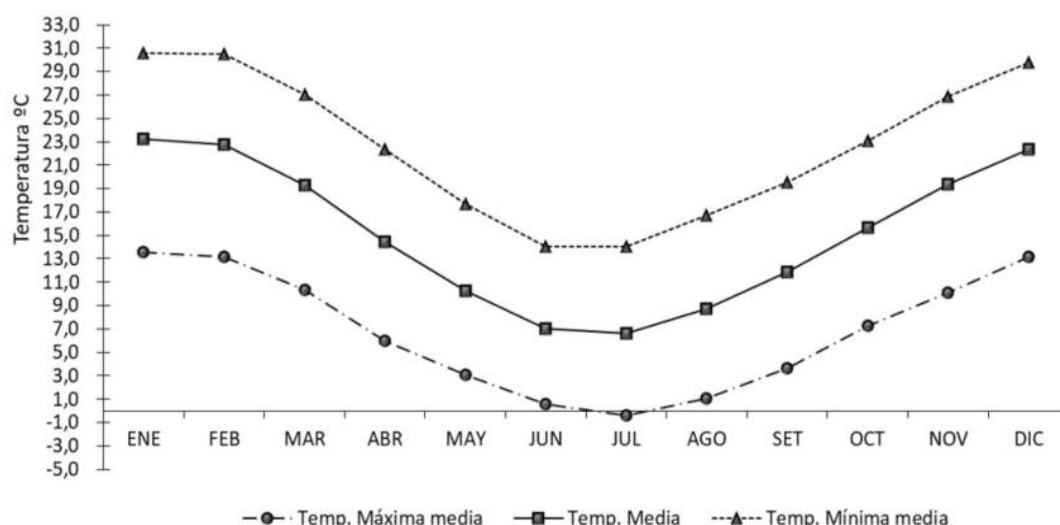


Figura 2. Régimen anual de temperaturas máximas medias, mínimas medias y medias mensuales para el período 1971 – 2007.

Amplitud térmica

La amplitud térmica anual expresa la magnitud de la variabilidad de la temperatura en el año. Se obtiene como la diferencia entre la temperatura media del aire del mes más caluroso y la del mes más frío. Para esta zona, el valor de amplitud térmica anual es de 17,2 °C.

Régimen de heladas

En este caso se cuenta con registros de primera y última helada, desde al año 1971 al 2002. Del análisis de la serie, se obtiene el 18 de abril como fecha media de ocurrencia de la primera helada y el 29 de septiembre como fecha media de la última helada, en coincidencia con estimaciones realizadas para la zona por Burgos (2011) y Pascale y Damario (2004). En el 50 % de los años que comprenden la serie, 16 años, la fecha de la primera helada se adelanta a la fecha media. Con respecto a la última helada, el 41 % de los años evalúan presentan una fecha posterior al valor medio.

La fecha extrema de la primera helada es el 4 de abril de los años 1985 y 1997 y la fecha extrema de la última helada el 14 de noviembre del año 2000 (Tabla 4).

• Humedad atmosférica

Se denomina humedad atmosférica a la presencia de vapor de agua en el aire. Desde el punto de vista agronómico interesa porque:

- a) Influye en el balance térmico de la atmósfera.
- b) Regula el proceso de transpiración de la vegetación.
- c) Regula la velocidad de pérdida de agua desde el suelo.
- d) Es limitante de la aparición de determinadas plagas y enfermedades.

Una de las formas en que se expresa el contenido de humedad atmosférica es la humedad relativa medida en porcentaje. La misma está dada por la cantidad de vapor de agua contenido en el aire con respecto al máximo que puede contener a determinada temperatura.

La precipitación, el viento y la temperatura condicionan los valores de humedad. Existe una variabilidad diaria asociada a la temperatura del aire por lo cual los valores más altos generalmente ocurren por la noche y primeras horas del día.

La humedad relativa media anual para el período 1971- 2000 es de 59 %, donde más de la mitad de los años presentan valores anuales por encima del valor medio. Cabe aclarar que hubo una interrupción en el registro durante los años 1997 y 1998. Los valores medios más altos de humedad relativa se registran durante los meses de mayo, junio y julio, alcanzando valores medios mensuales de 68 % para el mes de mayo y julio (Tabla 5). Sin embargo, los valores medios más bajos se obtienen en el período primavera-estival (de octubre a marzo) que coincide con el creci-

| AÑO | PRIMERA HELADA | | ÚLTIMA HELADA | |
|------|----------------|------|---------------|------|
| | Fecha | °C | Fecha | °C |
| 1971 | 16-abr | -2,4 | 18-ago | -2,2 |
| 1972 | 25-mar | -3,5 | 20-sep | -2,5 |
| 1973 | 14-abr | -2,0 | 13-oct | -0,2 |
| 1974 | 17-abr | -0,4 | 22-sep | -1,2 |
| 1975 | 29-abr | -3,0 | 21-sep | -0,8 |
| 1976 | 08-abr | -0,5 | 19-oct | -2,7 |
| 1977 | 31-mar | -1,1 | 17-ago | -3,9 |
| 1978 | 20-may | -0,1 | 18-sep | -1,3 |
| 1979 | 04-abr | -3,0 | 08-nov | -0,8 |
| 1980 | 30-abr | -1,2 | 05-oct | -2,5 |
| 1981 | 20-may | -1,0 | 05-oct | -1,5 |
| 1982 | 14-may | -0,3 | 05-sep | -1,0 |
| 1983 | 30-abr | -1,3 | 12-oct | -2,2 |
| 1984 | 10-may | -4,3 | 26-sep | -0,4 |
| 1985 | 04-abr | -0,5 | 07-oct | -0,5 |
| 1986 | 10-may | -2,0 | 22-sep | -0,8 |
| 1987 | 09-mar | -1,0 | 23-sep | -1,0 |
| 1988 | 19-abr | -1,0 | 02-sep | -6,0 |
| 1989 | 28-abr | -1,8 | 24-sep | -2,0 |
| 1990 | 11-abr | -0,7 | 23-sep | -5,5 |
| 1991 | 18-abr | -1,0 | 28-sep | -3,0 |
| 1992 | 25-abr | -1,5 | 04-nov | -0,6 |
| 1993 | 21-abr | -0,4 | 02-oct | -0,4 |
| 1994 | 29-mar | -2,0 | 26-sep | -0,5 |
| 1995 | 09-abr | -4,0 | 13-oct | -1,0 |
| 1996 | 21-abr | -0,2 | 05-oct | -0,6 |
| 1997 | 04-abr | -2,2 | 25-sep | -1,5 |
| 1998 | 01-jun | -0,4 | 19-sep | -1,5 |
| 1999 | 15-abr | -1,1 | 22-ago | -0,9 |
| 2000 | 28-mar | -2,0 | 14-nov | -1,5 |
| 2001 | 24-abr | -2,5 | 19-sep | -2,8 |
| 2002 | 31-mar | -1,2 | 08-oct | -1,6 |

Tabla 4. Fechas de primera y última helada período 1971-2002.

Tabla 5. Humedad relativa media mensual (%) período 1971-2000.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Media |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1971 | 37 | 39 | 46 | 66 | 74 | 61 | 58 | 63 | 54 | 52 | 44 | 35 | 52 |
| 1972 | 36 | 43 | 60 | 62 | 77 | 85 | 71 | 65 | 60 | 53 | 58 | 56 | 61 |
| 1973 | 53 | 55 | 73 | 74 | 77 | 76 | 80 | 65 | 61 | 63 | 61 | 61 | 67 |
| 1974 | 68 | 74 | 70 | 64 | 83 | 70 | 68 | 64 | 61 | 63 | 50 | 61 | 66 |
| 1975 | 56 | 60 | 71 | 71 | 78 | 77 | 72 | 64 | 56 | 55 | 64 | 58 | 65 |
| 1976 | 58 | 59 | 62 | 68 | 73 | 70 | 67 | 70 | 62 | 52 | 45 | 39 | 60 |
| 1977 | 43 | 45 | 54 | 60 | 72 | 78 | 68 | 68 | 52 | 60 | 53 | 64 | 60 |
| 1978 | 58 | 68 | 72 | 70 | 76 | 79 | 81 | 67 | 66 | 61 | 54 | 51 | 67 |
| 1979 | 61 | 50 | 62 | 57 | 56 | 58 | 69 | 57 | 45 | 49 | 51 | 56 | 56 |
| 1980 | 52 | 60 | 60 | 75 | 73 | 71 | 68 | 59 | 51 | 55 | 57 | 57 | 62 |
| 1981 | 57 | 59 | 67 | 82 | 75 | 78 | 77 | 65 | 55 | 54 | 48 | 52 | 64 |
| 1982 | 56 | 54 | 62 | 74 | 74 | 79 | 84 | 63 | 72 | 53 | 52 | 49 | 64 |
| 1983 | 59 | 51 | 62 | 71 | 81 | 83 | 71 | 69 | 55 | 62 | 53 | 55 | 64 |
| 1984 | 75 | 75 | 49 | 55 | 40 | 32 | 29 | 45 | 37 | 53 | 51 | 59 | 50 |
| 1985 | 61 | 62 | 62 | 62 | 66 | 79 | 77 | 63 | 62 | 58 | 53 | 52 | 63 |
| 1986 | 53 | 53 | 59 | 67 | 68 | 70 | 63 | 59 | 52 | 45 | 33 | 37 | 55 |
| 1987 | 39 | 49 | 66 | 57 | 62 | 51 | 65 | 64 | 52 | 49 | 46 | 45 | 54 |
| 1988 | 39 | 49 | 66 | 57 | 62 | 51 | 65 | 64 | 52 | 49 | 46 | 45 | 54 |
| 1989 | 66 | 64 | 69 | 60 | 41 | 29 | 43 | 45 | 62 | S/D | S/D | S/D | 53 |
| 1990 | 40 | 57 | 51 | 52 | 52 | 52 | 63 | 53 | 48 | 39 | 37 | 42 | 49 |
| 1991 | 43 | 43 | 49 | 59 | 64 | 69 | 71 | 65 | 62 | 55 | 56 | 55 | 58 |
| 1992 | 62 | 52 | 49 | 54 | 58 | 62 | 55 | 49 | 52 | 55 | 57 | 56 | 55 |
| 1993 | 54 | 57 | 61 | 66 | 58 | 44 | 77 | 66 | 50 | 47 | 58 | 47 | 57 |
| 1994 | 51 | 47 | 55 | 43 | 65 | 77 | 89 | 75 | 67 | 58 | 52 | 60 | 62 |
| 1995 | 27 | 47 | 51 | 56 | 55 | 50 | 61 | 50 | 35 | 38 | 40 | 35 | 45 |
| 1996 | 52 | 44 | 52 | 60 | 62 | 73 | 68 | 59 | 40 | 49 | 37 | 49 | 54 |
| 1999 | 40 | 44 | 69 | 52 | 87 | 88 | 79 | 61 | 67 | 67 | 61 | 52 | 64 |
| 2000 | 67 | 69 | 70 | 71 | 83 | 78 | 73 | 73 | 72 | 69 | 63 | 59 | 71 |
| Media Mensual | 52 | 55 | 61 | 63 | 68 | 67 | 68 | 62 | 56 | 54 | 51 | 51 | 59 |

miento vegetativo y desarrollo de los cultivos, afectando la tasa de transpiración y balance hídrico del cultivo.

• Precipitaciones

El régimen pluviométrico de la zona no permite cultivos de secano, por lo cual se han desarrollado técnicas de sistematización, distribución y manejo del agua para riego gravitacional y presurizado. La precipitación media anual (Figura 3, Tabla 6) de los 36 años analizados es de 261,2

mm. El 61 % de los años tienen precipitaciones por debajo del valor medio. El año que acusa mayor precipitación es 2004 con 434,4 mm.

En el ciclo anual, los promedios de precipitación de la serie, muestran que la distribución mensual presenta dos momentos con picos máximos de precipitación. El primero se detecta entre los meses de septiembre y diciembre y el segundo en los meses de febrero y abril. En términos generales durante la estación otoñal y primaveral se registra la mayor cantidad de milímetros acumulados (Figura 4).

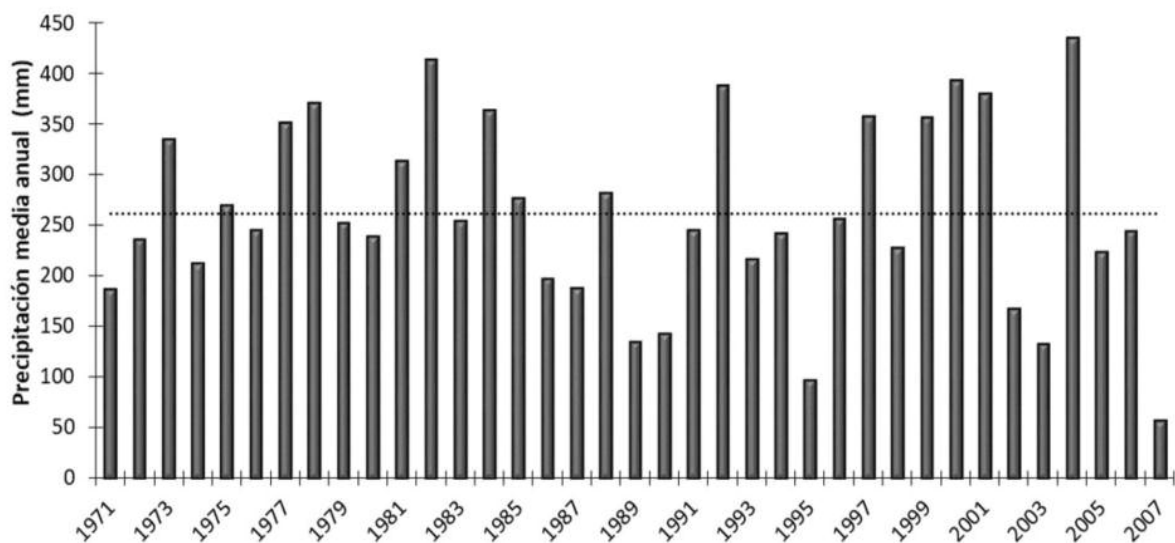


Figura 3. Precipitaciones anuales, período 1970-2007.

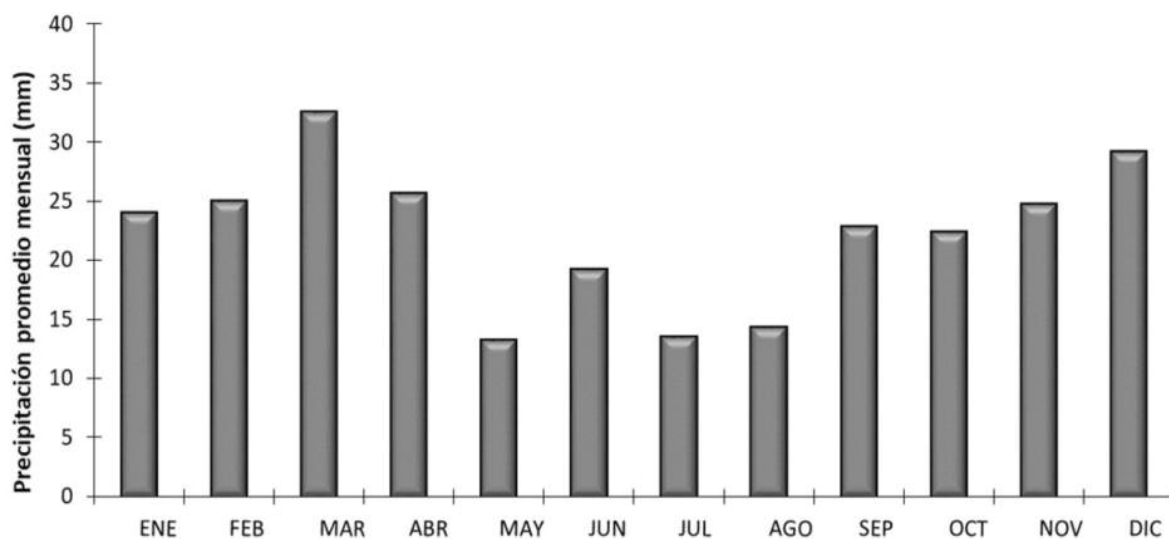


Figura 4. Régimen anual de la precipitación media mensual en milímetros.

Tabla 6. Precipitación mensual y anual período 1971-2007.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL ANUAL |
|---------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------------|
| 1971 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | 11,8 | 1,5 | 44,0 | 3,5 | 81,0 | 30,0 | 0,0 | 5,0 | 0,0 | 186,3 |
| 1972 | 3,5 | 0,0 | 11,5 | 22,0 | 20,0 | 20,3 | 0,0 | 16,0 | 13,0 | 27,0 | 45,0 | 57,0 | 235,3 |
| 1973 | 30,0 | 14,0 | 89,5 | 58,5 | 12,0 | 5,0 | 10,5 | 0,0 | 6,0 | 62,0 | 30,0 | 17,0 | 334,5 |
| 1974 | 19,0 | 43,1 | 28,0 | 0,0 | 22,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 30,0 | 7,0 | 2,0 | 59,0 | 212,1 |
| 1975 | 33,5 | 5,0 | 85,0 | 20,5 | 16,0 | 13,0 | 10,5 | 26,5 | 47,0 | 0,0 | 12,0 | 0,0 | 269,0 |
| 1976 | 8,0 | 0,0 | 86,0 | 20,5 | 4,0 | 2,0 | 0,5 | 46,0 | 18,0 | 17,0 | 31,0 | 12,0 | 245,0 |
| 1977 | 85,0 | 14,0 | 24,0 | 16,5 | 15,5 | 14,0 | 16,0 | 0,0 | 0,0 | 29,0 | 0,0 | 136,5 | 350,5 |
| 1978 | 16,5 | 105,5 | 51,0 | 0,0 | 16,5 | 4,0 | 50,0 | 0,0 | 70,0 | 13,6 | 5,5 | 38,0 | 370,6 |
| 1979 | 41,5 | 10,0 | 17,0 | 0,0 | 1,0 | 10,0 | 17,9 | 8,0 | 17,5 | 52,0 | 35,1 | 41,5 | 251,5 |
| 1980 | 13,3 | 7,6 | 12,0 | 57,7 | 11,2 | 3,5 | 14,5 | 0,0 | 5,5 | 21,3 | 55,5 | 36,1 | 238,2 |
| 1981 | 29,0 | 26,0 | 55,6 | 125,6 | 3,3 | 20,6 | 3,9 | 9,5 | 0,0 | 26,1 | 13,8 | 0,0 | 313,4 |
| 1982 | 46,0 | 47,5 | 10,7 | 29,0 | 7,9 | 133,6 | 45,1 | 2,1 | 45,7 | 3,4 | 5,9 | 36,3 | 413,2 |
| 1983 | 33,9 | 2,3 | 56,6 | 12,8 | 17,8 | 31,0 | 0,0 | 16,8 | 0,0 | 9,2 | 3,0 | 70,5 | 253,9 |
| 1984 | 0,0 | 0,0 | 64,9 | 80,8 | 7,3 | 39,1 | 7,6 | 2,3 | 72,0 | 2,5 | 57,4 | 29,2 | 363,1 |
| 1985 | 70,8 | 32,8 | 7,6 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 39,5 | 0,0 | 16,5 | 23,0 | 23,3 | 61,5 | 276,5 |
| 1986 | 64,0 | 0,0 | 22,5 | 7,8 | 7,9 | 40,0 | 0,5 | 10,5 | 3,1 | 0,7 | 8,7 | 30,4 | 196,1 |
| 1987 | 17,9 | 3,0 | 73,0 | 4,0 | 1,2 | 2,9 | 11,0 | 14,7 | 5,0 | 10,5 | 18,3 | 25,4 | 186,9 |
| 1988 | 0,0 | 26,9 | 52,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 9,1 | 171,0 | 13,5 | 0,0 | 4,5 | 281,2 |
| 1989 | 4,0 | 17,7 | 13,4 | 6,0 | 7,4 | 13,1 | 1,5 | 29,5 | 1,0 | 24,4 | 1,0 | 15,1 | 134,1 |
| 1990 | 0,0 | 48,0 | 21,8 | 5,0 | 8,1 | 0,0 | 7,0 | 24,0 | 13,9 | 7,3 | 0,0 | 7,0 | 142,1 |
| 1991 | 40,8 | 5,0 | 1,8 | 42,1 | 11,2 | 5,0 | 32,0 | 8,0 | 3,9 | 28,0 | 41,1 | 26,0 | 244,9 |
| 1992 | 93,1 | 67,0 | 5,5 | 52,3 | 6,4 | 55,0 | 2,4 | 4,0 | 9,0 | 0,0 | 31,2 | 61,5 | 387,4 |
| 1993 | 0,0 | 8,0 | 20,7 | 4,5 | 16,0 | 32,0 | 0,2 | 14,2 | 13,5 | 35,0 | 71,5 | 0,0 | 215,6 |
| 1994 | 1,7 | 29,9 | 40,3 | 12,7 | 15,0 | 8,1 | 65,3 | 6,0 | 0,0 | 45,0 | 5,8 | 12,0 | 241,8 |
| 1995 | 0,0 | 20,3 | 2,0 | 0,2 | 1,0 | 6,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 52,8 | 9,4 | 4,2 | 96,7 |
| 1996 | 6,4 | 21,8 | 5,6 | 29,8 | 7,2 | 30,4 | 2,6 | 38,6 | 0,0 | 41,6 | 6,2 | 66,0 | 256,2 |
| 1997 | 38,9 | 40,0 | 81,0 | 7,2 | 0,5 | 9,0 | 29,4 | 0,7 | 1,5 | 33,0 | 55,0 | 60,5 | 356,7 |
| 1998 | 13,0 | 25,5 | 37,0 | 59,4 | 8,0 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 80,5 | 0,0 | 226,9 |
| 1999 | 6,5 | 13,5 | 71,0 | 71,0 | 14,5 | 21,9 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 27,5 | 89,0 | 27,0 | 355,9 |
| 2000 | 32,7 | 60,5 | 39,0 | 21,4 | 93,1 | 12,5 | 17,0 | 30,0 | 15,3 | 52,0 | 17,4 | 2,0 | 392,9 |
| 2001 | 0,0 | 0,0 | 23,0 | 14,1 | 40,0 | 12,0 | 14,5 | 19,0 | 199,1 | 15,5 | 42,5 | 0,0 | 379,7 |
| 2002 | 7,5 | 7,5 | 14,0 | 3,5 | 21,3 | 18,5 | 5,5 | 33,5 | 5,0 | 36,0 | 2,3 | 12,0 | 166,6 |
| 2003 | 44,0 | 4,5 | 10,0 | 18,0 | 21,0 | 0,0 | 8,5 | 3,0 | 3,0 | 0,0 | 20,5 | 0,0 | 132,5 |
| 2004 | 16,5 | 91,5 | 20,9 | 106,2 | 36,5 | 2,5 | 49,5 | 1,9 | 0,0 | 40,5 | 31,6 | 36,8 | 434,4 |
| 2005 | 13,0 | 47,5 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 51,5 | 0,0 | 51,0 | 3,0 | 16,3 | 9,8 | 26,0 | 223,1 |
| 2006 | 26,0 | 56,0 | 15,0 | 0,0 | 0,8 | 26,4 | 13,7 | 7,1 | 1,3 | 32,8 | 25,0 | 39,6 | 243,7 |
| 2007 | 14,2 | 30,2 | 12,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 56,6 |
| Media mensual | 24,0 | 25,1 | 32,5 | 25,6 | 13,3 | 19,3 | 13,6 | 14,4 | 22,9 | 22,4 | 24,8 | 29,2 | 261,2 |

• Viento

El viento es en la zona un factor meteorológico de importancia, afecta a los cultivos directa e indirectamente. Las velocidades alcanzadas producen aumento en la evapotranspiración, que acompañado de altas temperaturas provoca condiciones de estrés hídrico y en consecuencia dismi-

nución de la tasa de crecimiento.

El viento se presenta durante todo el año, adquiriendo velocidades medias anuales (serie 1971-2006) entre 2,9 y 8,1 km.hora⁻¹. El valor medio anual a 2 mts., es de 6,3 km.hora⁻¹ (Tablas 7 y 8).

En los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero, registran velocidades medias superiores a la velocidad media. Siendo los

Tabla 7. Velocidad media mensual del viento (km.h⁻¹) período 1971-2006.

| AÑOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|----------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|
| 1971 | 11,1 | 12,4 | 8,2 | 6,8 | 3,1 | 7,0 | 4,5 | 7,7 | 6,6 | 8,1 | 8,9 | 11,6 |
| 1972 | 9,3 | 9,4 | 6,2 | 5,2 | 6,0 | 4,8 | 7,1 | 7,7 | 10,3 | 8,5 | 6,4 | 6,5 |
| 1973 | 8,7 | 8,5 | 7,3 | 3,5 | 5,0 | 7,7 | 6,0 | 6,5 | 8,5 | 8,8 | 8,6 | 9,3 |
| 1974 | 9,0 | 9,5 | 7,5 | 5,9 | 5,6 | 7,7 | 6,2 | 8,3 | 9,1 | 8,8 | 10,9 | 9,6 |
| 1975 | 8,4 | 8,1 | 7,5 | 6,8 | 4,9 | 6,4 | 8,9 | 7,8 | 8,7 | 8,4 | 11,1 | 10,5 |
| 1976 | 9,2 | 9,5 | 8,3 | 7,5 | 7,2 | 9,0 | 7,1 | 8,0 | 6,9 | 8,2 | 7,2 | 4,0 |
| 1977 | 4,7 | 7,2 | 6,7 | 5,8 | 5,9 | 7,0 | 7,3 | 6,9 | 8,5 | 8,2 | 11,2 | 9,0 |
| 1978 | 8,2 | 6,8 | 6,7 | 4,8 | 4,0 | 4,8 | 4,1 | 8,3 | 8,8 | 8,7 | 8,0 | 9,0 |
| 1979 | 8,3 | 7,3 | 7,9 | 7,2 | 7,9 | 5,8 | 6,3 | 8,0 | 9,6 | 9,7 | 8,7 | 8,6 |
| 1980 | 8,1 | 8,8 | 6,1 | 6,1 | 6,9 | 6,3 | 7,6 | 7,9 | 7,9 | 7,1 | 7,3 | 7,7 |
| 1981 | 7,7 | 8,6 | 6,6 | 5,7 | 6,6 | 6,1 | 4,6 | 6,4 | 8,3 | 7,3 | 7,8 | 8,2 |
| 1982 | 8,4 | 8,6 | 5,6 | 6,1 | 3,0 | 6,7 | 6,1 | 7,8 | 9,3 | 9,2 | 7,7 | 7,5 |
| 1983 | 5,8 | 6,9 | 7,0 | 5,6 | 5,7 | 5,2 | 4,5 | 6,7 | 7,3 | 7,0 | 7,5 | 7,0 |
| 1984 | 7,8 | 7,5 | 6,9 | 5,0 | 6,1 | 4,2 | 4,6 | 6,7 | 6,8 | 8,0 | 9,0 | 10,1 |
| 1985 | 6,9 | 5,8 | 6,6 | 6,7 | 5,4 | 4,2 | 5,7 | 5,8 | 7,6 | 8,1 | 8,5 | 7,6 |
| 1986 | 6,5 | 6,3 | 5,8 | 4,1 | 4,4 | 3,9 | 4,3 | 6,0 | 8,4 | 7,4 | 9,4 | 9,5 |
| 1987 | 8,0 | 7,8 | 7,1 | 6,0 | 5,5 | 5,6 | 4,9 | 6,7 | 7,2 | 7,0 | 7,2 | 7,7 |
| 1988 | 9,1 | 6,4 | 6,2 | 5,3 | 4,6 | S/D | 4,6 | 7,3 | 8,6 | 9,6 | 8,3 | 8,5 |
| 1989 | 8,7 | 6,0 | 5,9 | 4,3 | 4,7 | 4,9 | 6,6 | 6,7 | 6,7 | 9,5 | 8,2 | 7,5 |
| 1990 | 8,8 | 7,3 | 6,3 | 5,2 | 8,8 | 5,3 | 6,0 | 6,9 | 7,8 | 7,9 | 8,5 | 9,3 |
| 1991 | 7,1 | 7,2 | 6,4 | 4,8 | 4,2 | 4,3 | 4,9 | 5,8 | 7,9 | 6,7 | 7,0 | 6,9 |
| 1992 | 6,0 | 5,9 | 4,9 | 5,3 | 4,8 | 4,4 | 6,0 | 6,0 | 6,3 | 7,9 | 7,4 | 6,3 |
| 1993 | 5,9 | 5,5 | 6,0 | 5,9 | 4,8 | 5,9 | 4,4 | 9,5 | 6,8 | 9,0 | 7,2 | 7,8 |
| 1994 | 6,9 | 6,2 | 7,9 | 6,6 | 5,2 | 4,8 | 4,0 | 7,7 | 9,1 | 6,7 | 6,1 | 7,2 |
| 1995 | 5,8 | 4,6 | 6,4 | 7,5 | 5,6 | 7,7 | 4,4 | 5,9 | 3,9 | 6,3 | 7,0 | 7,3 |
| 1996 | 6,6 | 6,0 | 6,8 | 5,4 | 5,1 | 4,5 | 5,1 | 6,8 | 7,0 | 7,4 | 6,8 | 7,9 |
| 1997 | 6,9 | 5,3 | 7,2 | 7,5 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 3,8 | 7,3 | 6,6 | 11,4 | 11,6 |
| 1998 | 9,6 | 6,0 | 4,6 | 3,2 | 2,5 | 2,6 | 3,5 | 6,2 | 7,4 | 6,1 | 7,2 | 8,2 |
| 1999 | 7,4 | 5,0 | 3,6 | 3,8 | 3,5 | 6,3 | 3,4 | 4,7 | 6,8 | 5,5 | 7,8 | 5,0 |
| 2000 | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D | S/D |
| 2001 | S/D | 2,7 | 2,4 | 3,0 | 2,4 | 2,0 | 2,6 | 3,0 | 4,0 | 3,1 | 4,1 | 3,0 |
| 2003 | 3,7 | 3,5 | 2,6 | 1,7 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 3,9 | 4,8 | 4,2 | 3,5 | 4,9 |
| 2002 | 3,2 | 3,4 | 2,7 | 2,7 | 2,1 | 2,5 | 2,3 | 3,1 | 3,5 | 4,2 | 5,0 | 4,1 |
| 2004 | 6,0 | 6,8 | 5,5 | 4,9 | 4,1 | 5,4 | 6,2 | 3,9 | 7,7 | 7,6 | 5,9 | 5,7 |
| 2005 | 2,9 | 2,4 | 2,3 | 1,8 | 2,4 | 1,8 | 1,8 | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 3,8 | 3,6 |
| 2006 | 3,7 | 3,0 | 2,6 | 2,7 | 2,3 | 2,6 | 3,2 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,5 |
| Media mensual | 7,2 | 6,6 | 6,0 | 5,2 | 4,8 | 5,2 | 5,1 | 6,3 | 7,2 | 7,2 | 7,5 | 7,5 |

Tabla 8. Velocidad (km.h⁻¹) y dirección media anual del viento período 1971-2006.

| AÑO | Velocidad | Dirección |
|-------|-----------|-----------|
| 1971 | 8,0 | SW |
| 1972 | 7,3 | E |
| 1973 | 7,4 | SW |
| 1974 | 8,2 | SW |
| 1975 | 8,1 | SW |
| 1976 | 7,7 | SW |
| 1977 | 7,4 | SW |
| 1978 | 6,9 | SW |
| 1979 | 7,9 | NE |
| 1980 | 7,3 | SW |
| 1981 | 7,0 | SW |
| 1982 | 7,2 | N |
| 1983 | 6,4 | N |
| 1984 | 6,9 | SW |
| 1985 | 6,6 | SW |
| 1986 | 6,3 | SW |
| 1987 | 6,7 | SW |
| 1988 | 7,1 | SW |
| 1989 | 6,6 | SW |
| 1990 | 7,4 | SW |
| 1991 | 6,1 | SW |
| 1992 | 5,9 | SW |
| 1993 | 6,6 | SW |
| 1994 | 6,5 | SW |
| 1995 | 6,0 | SW |
| 1996 | 6,3 | SE |
| 1997 | 7,2 | S |
| 1998 | 5,6 | S |
| 1999 | 5,2 | SW |
| 2000 | S/D | S/D |
| 2001 | 2,9 | N |
| 2002 | 3,4 | SW |
| 2003 | 3,2 | N |
| 2004 | 5,8 | N |
| 2005 | 2,7 | N |
| 2006 | 3,0 | N |
| Media | 6,3 | SW |

meses de noviembre y diciembre los cuales presentan mayor velocidad media (Figura 5 y Tabla 7).

Las diferencias más importantes y que superan el valor medio anual de velocidad, se observan en

el período 1971-1990 y en los años 1993, 1994, 1996 y 1997. La dirección predominante para el período es suroeste.

Torres Ruiz (1983), sostiene que el viento suave produce efectos benéficos para la agricultura, por la renovación de la capa de aire que rodea a las plantas y como consecuencia el CO₂ necesario para la fotosíntesis y como producto de esta, la liberación de O₂. El viento influye apreciablemente en la evaporación de la humedad del suelo y la transpiración de las plantas, fenómeno denominado evapotranspiración. Cuando es cálido y seco somete a los cultivos a una fuerte transpiración que prolongada durante varios días produce una importante reducción del contenido de agua del suelo necesitando para restablecer los valores normales el aporte de agua de lluvia o riego. La erosión del suelo es otro factor perjudicial del viento, determinando empobrecimiento del recurso. Velocidades superiores a 18 km.h⁻¹ ya producen efectos nocivos para el sistema, frecuencias e intensidades para favorecer este proceso son sistemáticas en primavera en la zona.

Según el estudio realizado por Interconsul S.A., Franklin Consultora S.A. y ADE S.A. (1982) se podrá modificar los efectos inconvenientes del viento en las capas de aire adyacentes al suelo mediante una sistemática distribución de las cortinas forestales, con lo que se lograra disminuir su influencia sobre el intercambio turbulento, con la consiguiente disminución de la pérdida de agua por evaporación y la modificación favorable de otros elementos del microclima en el que se desarrollan los cultivos.

• Heliofanía

Se define a la heliofanía como la cantidad de horas solar que tiene un día. Varía de acuerdo a la posición geográfica (latitud) como también, de acuerdo a la época del año (estaciones). La heliofanía relativa expresada en porcentaje, indica la proporción de horas de radiación solar recibida con respecto a un valor teórico determinado para cada latitud. En la Tabla 9, se presenta la heliofanía relativa media mensual para el período 1971 – 1989. Se puede observar que en promedio, en los meses de marzo a agosto, se supera el valor de heliofanía relativa media.

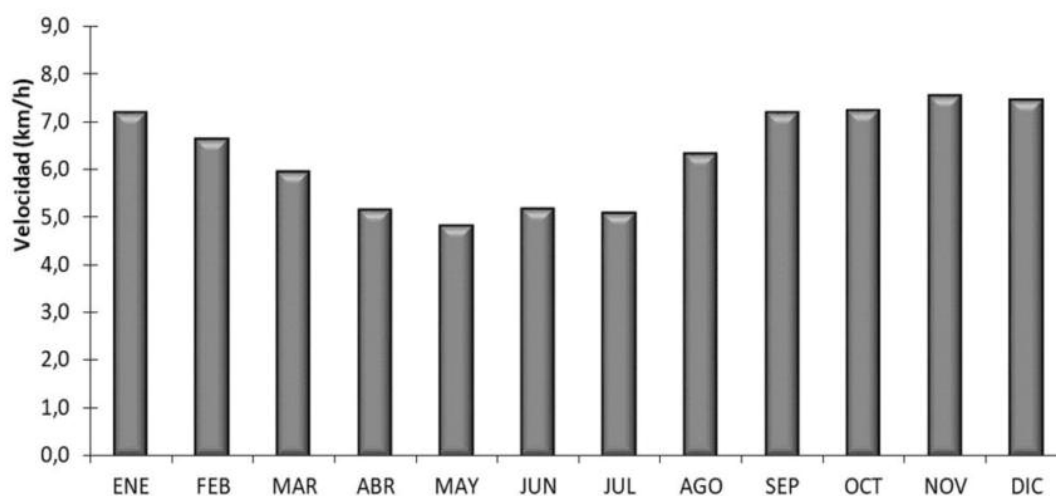


Figura 5. Velocidad media mensual de viento para el período 1971-2006.

Tabla 9. Heliofanía relativa media mensual (%) período 1971-1989.

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Media |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1971 | 37 | 39 | 46 | 66 | 74 | 61 | 58 | 63 | 54 | 52 | 44 | 35 | 52 |
| 1972 | 36 | 43 | 60 | 62 | 77 | 85 | 71 | 65 | 60 | 53 | 58 | 56 | 61 |
| 1973 | 53 | 55 | 73 | 74 | 77 | 76 | 80 | 65 | 61 | 63 | 61 | 61 | 67 |
| 1974 | 68 | 74 | 70 | 64 | 83 | 70 | 68 | 64 | 61 | 63 | 50 | 61 | 66 |
| 1975 | 56 | 60 | 71 | 71 | 78 | 77 | 72 | 64 | 56 | 55 | 64 | 58 | 65 |
| 1976 | 58 | 59 | 62 | 68 | 73 | 70 | 67 | 70 | 62 | 52 | 45 | 39 | 60 |
| 1977 | 43 | 45 | 54 | 60 | 72 | 78 | 68 | 68 | 52 | 60 | 53 | 64 | 60 |
| 1978 | 58 | 68 | 72 | 70 | 76 | 79 | 81 | 67 | 66 | 61 | 54 | 51 | 67 |
| 1979 | 61 | 50 | 62 | 57 | 56 | 58 | 69 | 57 | 45 | 49 | 51 | 56 | 56 |
| 1980 | 52 | 60 | 60 | 75 | 73 | 71 | 68 | 59 | 51 | 55 | 57 | 57 | 62 |
| 1981 | 57 | 59 | 67 | 82 | 75 | 78 | 77 | 65 | 55 | 54 | 48 | 52 | 64 |
| 1982 | 56 | 54 | 62 | 74 | 74 | 79 | 84 | 63 | 72 | 53 | 52 | 49 | 64 |
| 1983 | 59 | 51 | 62 | 71 | 81 | 83 | 71 | 69 | 55 | 62 | 53 | 55 | 64 |
| 1984 | 75 | 75 | 49 | 55 | 40 | 32 | 29 | 45 | 37 | 53 | 51 | 59 | 50 |
| 1985 | 61 | 62 | 62 | 62 | 66 | 79 | 77 | 63 | 62 | 58 | 53 | 52 | 63 |
| 1986 | 53 | 53 | 59 | 67 | 68 | 70 | 63 | 59 | 52 | 45 | 33 | 37 | 55 |
| 1987 | 39 | 49 | 66 | 57 | 62 | 51 | 65 | 64 | 52 | 49 | 46 | 45 | 54 |
| 1988 | 39 | 49 | 66 | 57 | 62 | 51 | 65 | 64 | 52 | 49 | 46 | 45 | 54 |
| 1989 | 66 | 64 | 69 | 60 | 41 | 29 | 43 | 45 | 62 | S/D | S/D | S/D | 53 |
| Media mensual | 54 | 56 | 63 | 66 | 69 | 67 | 67 | 62 | 56 | 55 | 51 | 52 | 60 |

Evapotranspiración del cultivo (ETc) y coeficiente del cultivo (Kc)

Los meses correspondientes a primavera-verano coincidentes con el período de riego de los cultivos, son los que mayor variación entre máxima, mínima y media mensual tienen, noviembre es el caso extremo (Figura 1).

La Figura 7 representa los cambios del coeficiente de cultivo para maíz, alfalfa y vid, a lo largo de su temporada de desarrollo. La forma de cada curva, representa las variaciones en la vegetación y el grado de cobertura del suelo durante el desarrollo de la planta y la maduración, los cuales afectan el cociente entre ETc y ETo. A partir de cada curva se puede derivar el valor del coeficiente Kc, y en consecuencia el valor de ETc, para cualquier período de la temporada de crecimiento.

De forma general, poco después de la plantación de cultivos anuales o poco después de la aparición de las hojas nuevas en el caso de los cultivos perennes, el valor de Kc es pequeño, con frecuencia menor a 0,4. El valor de Kc comienza a aumentar a partir de este valor inicial. A partir del rápido desarrollo de la planta, alcanza su valor máximo, Kc med, al momento del máximo desarrollo, o cercano al máximo, de la planta. Durante la etapa de final de temporada, a medida que las hojas comienzan a envejecer y se produce la senescencia debido a procesos naturales o prácticas culturales, el valor de Kc comienza a disminuir hasta alcanzar un valor mínimo al final de la temporada de crecimiento, Kc final. En el cultivo de alfalfa para corte (Figura 7 a) el ciclo de corte 1 es de mayor duración que los ciclos siguientes, debi-

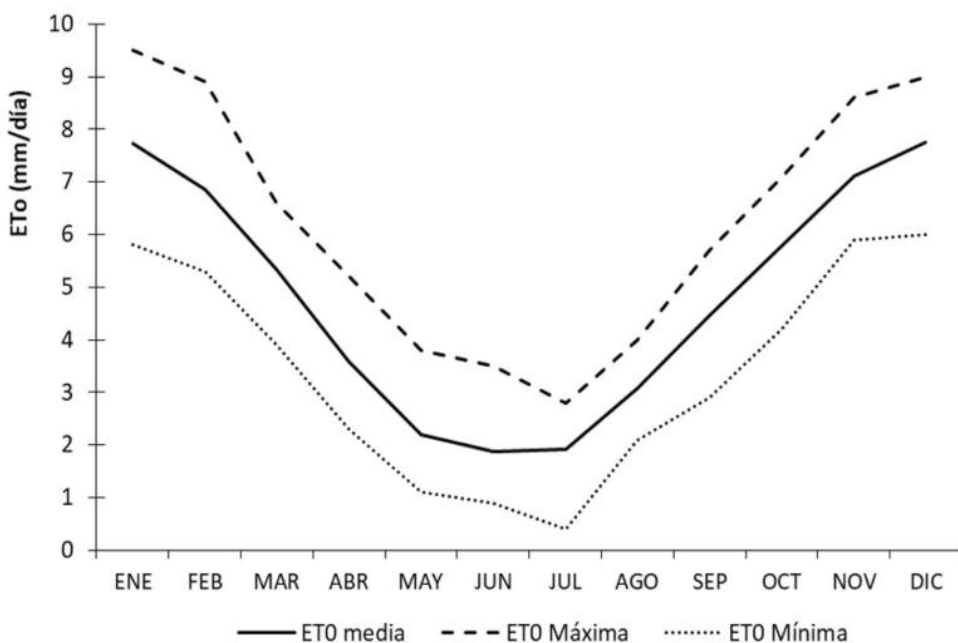


Figura 6. Evolución anual de ETo media, máxima y mínima.

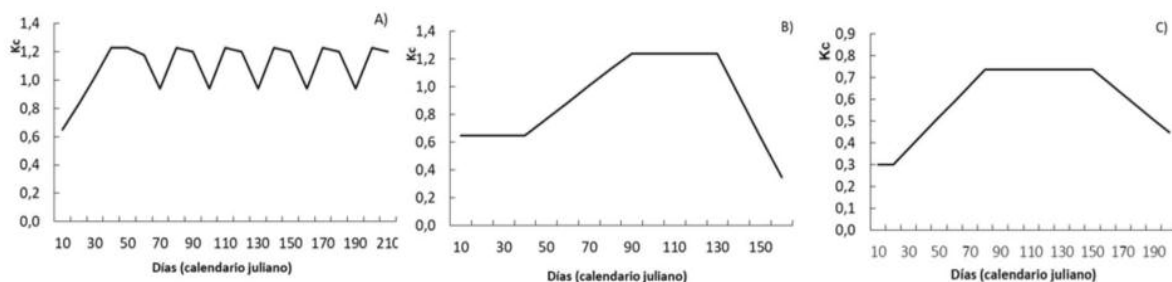


Figura 7. Coeficiente de cultivo (Kc) para maíz (a), alfalfa para corte (b) y vid para vinificar (c).

do a las menores temperaturas del aire, y del suelo durante ese período, las cuales reducen la tasa de crecimiento. Para la vid (Figura 7 c), se observa una curva más plana respecto a los otros dos cultivos por sus características de, manejo en espaldera donde cubre parcialmente la superficie del suelo, e inicia su etapa reproductiva en primavera temprana.

Los resultados de ETc para maíz de cosecha de grano fueron: ETc media diaria 6,4 mm.día⁻¹, ETc máx. 9,6 mm.día⁻¹ y ETc total 1016 mm. Para alfalfa con destino henificación (6 cortes/año) ETc media diaria 7,1 mm.día⁻¹, ETc máx. 9,5 mm.día⁻¹ y ETc total 1481 mm. Para el cultivo de vid para vinificar ETc media diaria 3,6 mm.día⁻¹, ETc máx. 5,7 mm.día⁻¹ y ETc total 758 mm. Enero es el mes de máxima demanda ambiental 277 y 164 mm para los cultivos de maíz y vid y diciembre 261 mm para la alfalfa.

• Cultivos

Las condiciones climáticas, ambientales y edafológicas de la cuenca del río Colorado, confieren aptitud para la producción de varios cultivos, siendo actualmente la alfalfa y el maíz, los más desarrollados en el área bajo estudio. Por tal motivo se expresarán los requerimientos de temperatura y fotoperíodo de dichas especies.

Maíz

El desarrollo del maíz está influido por el genotipo y por variables ambientales como la temperatura y el fotoperíodo (Figura 8) (Andrade *et al.*, 1996).

El tiempo real que transcurre hasta que el cultivo alcanza un estadio de desarrollo no es constante y, en general, los estadios se cumplen más rápidamente a medida que aumenta la temperatura. Sin embargo, la respuesta de la tasa de desarrollo a la temperatura es aproximadamente lineal dentro de un rango térmico, comprendido entre una temperatura base y una temperatura óptima. En maíz, la temperatura base se ubica en el rango de 6 a 12 °C según el genotipo, siendo aproximadamente 8 °C para los que se han estudiado en Argentina, en coincidencia con otros datos de maíces de regiones templadas (Satorre *et al.*, 2003).

Según Andrade *et al.* (1996), el requerimiento térmico para cumplir el período entre la emergen-

cia y el momento de cambio de estado del ápice (de vegetativo a reproductivo), resulta de 294 grados-día para el híbrido de ciclo más corto y 323 grados-día para el híbrido de ciclo más largo, hechos que ponen de manifiesto diferencias genotípicas en este carácter. La temperatura óptima por encima de la cual la velocidad de desarrollo deja de aumentar en forma lineal, se ubica entre 30 y 34 °C. Por otra parte, la temperatura máxima a la cual cesa el desarrollo en maíz se encuentra entre 40 y 44 °C. Diversas experiencias hallaron valores de requerimiento térmico por primordio entre 19 y 21 grados-día, para temperaturas base de alrededor de 8 °C, sin diferencias genotípicas evidentes.

La temperatura regula también la aparición de hojas en maíz. La velocidad de aparición de puntas de hojas (extremos foliares visibles en el cogollo formado por las últimas hojas en expansión) es constante a partir de la segunda hoja, en condiciones de temperatura uniforme y está en función de las unidades térmicas acumuladas, cuando se trabaja en condiciones de campo. La emergencia de cada punto visible de hoja requiere entre 36 y 40 grados-día (sobre la temperatura base de 8 °C) en la mayoría de los ambientes templados, desde la segunda hoja en adelante, aunque se han constatado diferencias entre 16 y 30% en el tiempo térmico requerido por hoja. Las primeras dos hojas demandan en conjunto aproximadamente 20 grados-día para aparecer, contando desde el momento de la emergencia del cultivo (Andrade *et al.*, 1996).

Los genotipos de maíz de ciclo más largo presentan mayor número total de hojas, debido a su mayor requerimiento térmico para completar el período hasta el cambio de ápice, durante el cual ocurre la producción de primordios foliares. Consecuentemente, tales genotipos tienen también un mayor requerimiento térmico total para desplegar sus hojas, incrementando la acumulación de grados-día necesaria para alcanzar la floración. En función del genotipo, el requerimiento térmico del período floración-madurez varía, aproximadamente entre 600 y 900 grados-día acumulados sobre una temperatura base de 8 °C. (Andrade *et al.*, 1996 y Satorre *et al.*, 2003). En siembras muy tardías en altitudes altas, el llenado puede verse interrumpido antes de alcanzar el tiempo térmico máximo. El requerimiento térmico

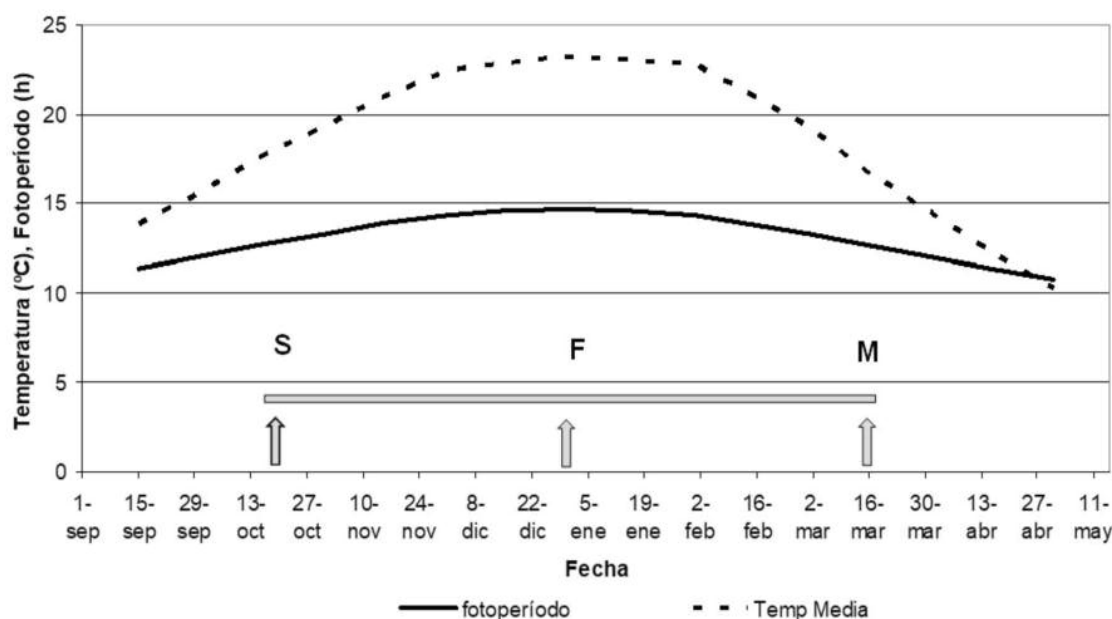


Figura 8. Evolución de los valores diarios de temperatura media del aire y fotoperíodo, durante la estación de crecimiento del maíz. La barra horizontal representan los eventos fenológicos de siembra (S), floración (F), y madurez fisiológica (M).

de la etapa inicial del período de llenado de granos (fase activa división celular) es de alrededor de 170 grados-día sobre una temperatura base de 8 °C, sin diferencias genotípicas importantes.

Duración de las horas de luz, puede determinar que los cultivos modifiquen la duración de su ciclo aun en términos de tiempo térmico. El maíz responde al fotoperíodo como una especie cuantitativa de días cortos, lo cual implica que su ciclo se alarga al alargarse la duración del día. Generalmente, esta respuesta se ve enmascarada por el efecto contrario de la temperatura, pero se pone de manifiesto cuando la fenología se expresa en tiempo térmico (Satorre *et al.*, 2003). La velocidad de progreso hacia la floración (inversa del tiempo hasta la floración) se reduce con incrementos en el largo del día cuando esa longitud excede un fotoperíodo crítico (o umbral fotoperiódico) de, generalmente, entre 12 y 13 horas (Andrade *et al.*, 1996).

El conocimiento de la influencia de los factores que determinan la fenología del cultivo, orienta la correcta elección del genotipo y de la fecha de siembra para adecuar los requerimientos del cultivo a la oferta ambiental existente en cada localidad.

La temperatura no afecta la duración de una etapa, sino que afecta la tasa de desarrollo (velo-

cidad con la que transcurren eventos de desarrollos determinados por unidad de tiempo calendario) y como consecuencia de este efecto la duración es alterada. La tasa de desarrollo fásico (la velocidad con las que transcurren eventos de desarrollo que conducen a la concreción de una etapa) pueden estimarse indirectamente como la inversa del tiempo que duró esa etapa. Así, a mayor temperatura habrá una tasa de desarrollo proporcionalmente mayor y se requerirán menos días para que transcurra la etapa.

En la zona no existen datos provenientes de ensayos experimentales respecto a la fecha de siembra óptima para el cultivo, siendo este dato factor determinante para lograr el potencial de rendimiento bajo las condiciones climáticas y de riego favorables en la zona.

Mediante el análisis de la serie de datos climáticos y la consulta de bibliografía especializada del cultivo, se determina la fecha de siembra teórica para la zona. Siendo la fecha media de la última helada el 29 de Septiembre, más un desvío estándar de 21 días resultan el 19 de Octubre como fecha teórica se siembra para maíz (Figura 6).

La Figura 6 muestra la marcha de registros de temperatura y fotoperíodo a lo largo de la estación de crecimiento para el cultivo de maíz. Las

consecuencias de la modificación del momento de implantación del cultivo sobre su crecimiento, resultan de la incidencia de dichos factores ambientales sobre la fenología, el desarrollo del área foliar y la acumulación de materia seca.

Alfalfa

Las condiciones y variabilidad del medio ambiente ejercen una influencia marcada sobre el cultivo (Latimori y Kloster, 2003). El clima y todos sus componentes, fundamentalmente temperaturas y precipitaciones, en combinación con el tipo de suelos, ejercen una interacción que va a determinar su producción y persistencia.

La temperatura y la humedad del suelo, conjuntamente con la heliofanía, son los factores que definen la época de siembra más adecuada en cada región (Hijano y Navarro, 1995). La alfalfa germina en un rango muy amplio de temperaturas, desde 5 a 35 °C, ubicándose el óptimo entre 19 y 35 °C. Es una especie que puede germinar a temperaturas (Satorre *et al.*, 2003) que son limitantes para su crecimiento posterior. Esta característica causa serios problemas en siembras tardías de otoño, debido a que la semilla puede germinar en épocas en que la temperatura del aire está muy cerca del mínimo requerido para el crecimiento de las plántulas (10 °C) y muy lejos del rango óptimo (20-25 °C).

Las siembras tempranas de otoño permiten a la planta alcanzar cierto crecimiento, con la consiguiente acumulación de reservas en raíces antes de la primera helada.

Considerando los requerimientos de temperatura y humedad para la germinación y desarrollo de la alfalfa, una época alternativa de siembra sería la primavera. No obstante, los procesos de crecimiento y desarrollo de las plántulas son muy distintos a los observados en las siembras de otoño (Hijano y Navarro, 1995). La temperatura y el largo del día son los factores que definen la relación entre el crecimiento de las partes aéreas y subterráneas de la planta. A medida que aumenta la temperatura y la cantidad de horas de luz, como sucede en la primavera, se incrementa el crecimiento de los tallos y la tasa de expansión de las hojas, reduciéndose el crecimiento radicular. Si el objetivo es lograr que la planta se establezca adecuadamente, un rápido desarrollo radicular es prioritario, lo que indudablemente se

alcanza con las siembras de otoño.

Las grandes diferencias de temperatura y humedad en el suelo y aire al momento de la siembra en distintas regiones del país, asociadas a los distintos requerimientos térmicos de las variedades según su grado de reposo invernal, hacen necesario determinar la fecha óptima de siembra para cada región y tipo de alfalfa.

Las siembras de otoño comprenden una época temprana, en el mes de marzo, y otra tardía, desde mediados de abril hasta los primeros días de mayo. De lo expuesto anteriormente se deduce que para la zona existe un amplio período para la siembra de alfalfa, por experiencias a campo, durante el otoño (marzo) se dan las condiciones climáticas óptimas para el normal establecimiento de la pastura.

Vid

Para el cultivo de *Vitis vinífera* se considera que las temperaturas medias anuales no deben ser inferiores a 9 °C, situándose el óptimo entre 11 y 18 °C, con máximos sensiblemente más elevados, que pueden llegar en valor absoluto a sobrepasar los 40 °C, e incluso circunstancialmente los 45 °C (Hidalgo, 2011). Como se expresó anteriormente, las temperaturas medias anuales de nuestra zona rondan los 15 °C, con temperaturas medias máximas para los meses de diciembre, enero y febrero próximas a 30 °C, encuadrándose dentro del óptimo para desarrollo de este cultivo.

En período de vegetación, la vid se hiel a los 1 a 1,5 °C bajo cero, resistiendo en el período de reposo invernal -12 °C para las yemas y -16 a -20 °C para la madera, dependiendo de la duración y del estado de maduración de la misma (Hidalgo, 2011).

Según Hidalgo (2011), es conveniente una diferencia marcada de temperaturas del invierno al verano, e incluso del día a la noche durante el período de maduración de las uvas, que debe ser lo más amplio posible, elevando de forma notable la síntesis de polifenoles en estas circunstancias. Es por ello que la amplitud térmica muy marcada que se presenta en esta zona, es un factor que beneficia la obtención de uvas de alta calidad. Una pluviometría que oscile entre 350 y 600 mm es adecuada para la producción de vinos de calidad. En nuestra zona, la precipitación media anual es de 261,2 mm por lo que se debe proveer de agua a través del riego para cubrir las necesidades mínimas.

Conclusiones

A través del análisis de la serie de registro histórica, se obtiene los valores medios representativos de las principales variables climáticas para la localidad de 25 de Mayo y sus alrededores. La zona se caracteriza por tener una temperatura media anual de 15,3 °C. El mes más caluroso es enero, con temperaturas medias de 23,2 °C y máximas medias de 30,6 °C. Durante el mes de julio la temperatura media es de 6,7 °C, con una máxima media de 14,1 °C. Se registran valores de amplitud térmica de 17,2 °C.

Por otra parte, se obtiene el 18 de abril como fecha media de ocurrencia de la primera helada y el 29 de septiembre como fecha media de la última helada. El viento es un factor climático de importancia en la zona, principalmente en los meses de septiembre a enero. El valor medio de velocidad de viento a 2 mts., es de 6,3 km.h⁻¹, siendo la dirección predominante del suroeste. La

heliofanía media relativa media acusa un valor promedio de 60, registrando valores superiores a dicha media, los meses desde marzo a agosto. Los sistemas de producción intensivos bajo riego de maíz y alfalfa en la zona, con las características climáticas analizadas en este informe, auguran altos y sostenidos niveles de producción.

Los altos valores de ET_c comparados con los de otras zonas indican una alta demanda ambiental (alta temperatura, baja humedad relativa, días diáfanos y vientos moderados) en área de regadío de 25 Mayo, esta característica determina, altos potenciales de rendimientos posibles de obtener. Los resultados obtenidos constituyen información de base para la determinación de la demanda hídrica mensual y anual en las diferentes zonas bajo riego. Asimismo, contribuye al ajuste de políticas hídricas actuales y futuras a fin de mejorar la distribución y optimizar el uso del recurso.

Bibliografía

- Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D. y Smith M. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper N 56. Rome, Italy.
- Allen R. G., Pereira, L. S., Raes D. y Smith. M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 56, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, 298 pp.
- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S., Otegui, M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial Médica Panamericana S.A. Buenos Aires, Argentina. 292 p.
- Aumassanne, C. M., Fontanella, D. R., Beget, M. E., Di Bella, C. M. 2016. Variación temporal de la evapotranspiración de referencia en el área bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa. XVI Reunión Argentina y VII Latinoamericana de Agrometeorología. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Burgos, J. J. 2011. Las heladas en Argentina. Orientación Gráfica Editora. Bs As. 464 p.
- Fontanella, D. y Aumassanne, C. 2015. Evapotranspiración de maíz, alfalfa y vid bajo riego, en la cuenca media del río Colorado. VII Jornadas de Riego y Fertilización. Necesidades de modernización e innovación en la gestión del agua frente a nuevos desafíos. Mendoza, Argentina.
- Interconsul S.A., Franklin Consultora S.A., ADE S.A. 1982. Estudio de revisión y actualización del sistema de aprovechamiento múltiple del Río Colorado en Colonia 25 de Mayo-La Pampa. Volumen II. Tomo I.
- Hidalgo Toghiani, J. 2011. Tratado de viticultura I. 4 edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – México. 1031 p.
- Hijano, E. H., Navarro, A. 1995. La alfalfa en Argentina. Subprograma alfalfa. Editar. 281p.
- Latimori, N. J., Kloster, A. M. 2003. Invernada bovina en zonas mixtas. Claves para una actividad más rentable y eficiente. INTA EEA Marcos Juárez. Ediciones INTA. 276 p.
- Pascale, A. J., Damario, E. A. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 550 p.
- Raes, D. 2012. The ETo Calculator, Reference Manual Version 3.2. Publication from Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division. Rome, Italy.
- Satorre, E. H., Benech Arnold, R. L., Slafer, G. A., B. de la Fuente, E., Miralles, D. J., Otegui, M. E., Savin, R. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial: Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 783 p.
- Torres Ruiz, E. 1983. Agrometeorología. Editorial Diana. México. 150 p.

Reconocimientos

Para los observadores meteorológicos de la estación meteorológica de la Chacra Experimental del Ente Provincial del Río Colorado, que durante los años 1970 a 2007 se dedicaron a la observación y el registro de datos: Eduardo Pérez, Humberto García, Mario Sosa, Raúl Atilio Méndez, Teresa Garro de Gutiérrez, Soto Rubencio, Alejandro Papeix.