

CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN AGROCLIMÁTICO DE HELADAS PARA LA PROVINCIA DE SANTA FE DURANTE EL PERÍODO 1979-2004

MARÍA SOLEDAD GARCÍA¹; E. LEVA PERLA¹ y SILVIA E. VALTORTA^{1,2}

Recibido: 20/09/07

Aceptado: 23/04/08

RESUMEN

El conocimiento del régimen de las temperaturas consideradas limitantes para los cultivos, es indispensable para la toma de decisiones respecto al calendario agrícola de una región. Con datos de temperatura mínima diaria de seis localidades de la provincia de Santa Fe, donde existen estaciones del SMN (período 1979-2004) se caracterizó el régimen agroclimático de heladas meteorológicas y agronómicas. Se determinaron las fechas medias de primeras y últimas heladas, las respectivas fechas extremas, el período libre de heladas, y los índices de peligrosidad. Por medio de estadísticos simples se analizó las frecuencias de días con heladas mensuales y anuales. Las fechas medias de primeras y últimas heladas meteorológicas están comprendidas entre 27 de junio y el 2 de septiembre. El período medio con heladas meteorológicas en ningún caso supera los 90 días. Las heladas agronómicas comienzan en mayo y terminan en septiembre. El período medio con heladas agronómicas aumenta hasta 150 días en el SE de la provincia.

Palabras clave. Régimen, heladas, temperaturas mínimas.

AGROCLIMATIC FROST REGIME CHARACTERIZATION OF SANTA FE PROVINCE FOR THE PERIOD 1979-2004

SUMMARY

Knowing the regime of temperatures that could limit crops, is essential as a tool for the agricultural decision making process in any region. Thus, the meteorological and agronomical frosts regime was characterized for Santa Fe province, on the basis of daily minimum temperature data obtained from stations belonging to the National Meteorological Service (record 1979-2004). Average and extreme dates of first and last frost, frost-free period and damage indexes were calculated. Monthly and annual frost days frequencies were analyzed by means of simple statistics. Average dates of first and last yearly frosts are between June 27 and September 2nd. The frost-period is never higher than 90 days. Agronomic frosts start in May and end in September. The average period presenting agronomic frosts increases up to 150 days in the southeastern area of the province.

Key words. Regime, frost, minimum temperature.

¹Facultad de Ciencias Agrarias. UNL. Cátedra de Agrometeorología. msgarcia@arnet.com.ar.
P. Kreder 2805. (3080) Esperanza Santa Fe

²Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

INTRODUCCIÓN

En Climatología, el vocablo régimen, significa forma o manera de ocurrir u ordenarse las cosas. Así, el régimen agroclimático de heladas se refiere al estudio de las características de intensidad, frecuencia, duración, tipo, época de ocurrencia y peligrosidad de las temperaturas mínimas conocidas como “helada”, a fin de presentar valores climáticos representativos (Burgos, 1963).

Las heladas ocasionan graves daños a la agricultura y fruti-horticultura, determinando modificaciones en los calendarios agrícolas y pérdidas significativas que podrían evitarse si se contara con un adecuado conocimiento del fenómeno (Monterubbiansi y Cendoya, 2001).

En la actualidad, esto ha cobrado aún más interés, ya que los cambios tecnológicos, la variabilidad climática y las nuevas opciones de variedades de los cultivos obligan a los distintos sectores a requerir mayor información (Fernández Long *et al.*, 2001).

En este contexto, el conocimiento del régimen agroclimático de heladas es fundamental para prever su posibilidad de ocurrencia y poder alterar o adecuar los métodos de defensa.

Las estaciones meteorológicas comunes no proporcionan la información necesaria para un exhaustivo estudio del régimen agroclimático de heladas (RAH). No obstante las observaciones realizadas en la Argentina, permiten un adecuado conocimiento del RAH en lo concerniente a época de ocurrencia e intensidad. Según la época en que ocurren fríos dañinos para los vegetales, se pueden diferenciar las heladas en primaverales, otoñales, estivales e invernales. Las tres primeras deben caracterizarse más por su época de ocurrencia que por su intensidad (Burgos, 1963). En el régimen de heladas invernales, por el contrario, interesa más la intensidad.

Hirschhorn (1952/1958) analizó el régimen de las temperaturas mínimas con las observaciones disponibles hasta 1948, y publicó el Atlas Agroclimático Argentino que reprodujo Burgos (1963) en su libro sobre las heladas en la Argentina. Más tarde, Damario *et al.* (1996) realizaron las cartas climáticas de fechas de primera y última helada para el período 1961-1990 con datos estimados según la metodología propuesta por Papadakis (1952) y modificada por Damario y Pascale (1984, 1993/94).

También existen publicaciones que caracterizan las heladas con datos observados para lugares específicos, como por ejemplo: Balcarce (Monterubbiansi y Cendoya, 2001), Villa Mercedes (Orta y Federighi, 1996) Chaco (Costa y Abregú, 2002), Azul (Navarro *et al.*, 2003) y la Ciudad de Buenos Aires y conurbano Bonaerense (Fernández Long *et al.*, 2001).

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el RAH de la provincia de Santa Fe, utilizando la metodología de Burgos (1963), aplicada a los registros de temperaturas a partir de la década del '80.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio del RAH de la provincia se utilizaron las series históricas de datos diarios de temperaturas mínimas obtenidas en las distintas estaciones meteorológicas convencionales de la provincia de Santa Fe, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para el período 1979-2004. En el Cuadro 1 puede apreciarse la ubicación geográfica de las localidades incluidas en el estudio: Reconquista (Rq), Ceres (Cr), Sauce Viejo (SV), Rafaela (Rf), Zavalla (Zv) y Rosario (Rs).

Se definió como helada meteorológica (HM) a la ocurrencia de una temperatura mínima diaria de 0 °C o inferior a 1,5 m de altura en abrigo meteorológico y como helada agrometeorológica (HA) a la ocurrencia de una temperatura mínima diaria no superior a 3,1 °C bajo las mismas condiciones. Según Hirschhorn (1952/1958), cuando se registran 3 °C en el abrigo, la temperatura puede alcanzar el nivel de 0 °C en superficie, y así afectar los cultivos.

De acuerdo con el criterio utilizado por Pascale y Damario (2004) se consideraron heladas tempranas, a aquellas

CUADRO 1. Ubicación geográfica de los observatorios pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, en la provincia de Santa Fe.

Localidad	Latitud	Longitud
Reconquista	29° 11' s	59° 42' w
Ceres	29° 53' s	61° 57' w
Sauce Viejo	31° 42' s	60° 40' w
Rafaela	31° 11' s	61° 33' w
Zavalla	33° 01' s	60° 53' w
Rosario	32° 55' s	60° 47' w

ocurridas antes del 15 de julio y tardías, a las ocurridas después de esa fecha.

Para caracterizar el régimen de heladas se calcularon los siguientes parámetros: frecuencia mensual de días con heladas, fechas media y extrema de primera y última helada, período medio con y sin heladas, intensidad y peligrosidad.

El número de días con heladas por mes se caracterizó mediante estadísticos descriptivos.

Para el cálculo de la fecha media de primera (FMP) y última heladas (FMU) se registraron las fechas en que se produjeron anualmente la primera y última temperatura mínima de 0 °C o inferior para las HM y de 3 °C o menos para HA. Las distribuciones se describieron por medio de índices estadísticos. El ajuste a una distribución normal se analizó mediante la prueba de Shapiro-Wilks (Infostat, 2006).

Para evaluar la intensidad de las heladas, se calculó la temperatura mínima absoluta anual media para cada localidad.

La peligrosidad del fenómeno se evaluó mediante el índice crikindinoscópico (ICK) (Burgos, 1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Heladas meteorológicas (HM)

En el Cuadro 2 se presentan los estadísticos descriptivos del número de HM por localidad. Se puede observar que en (Rq) y en (SV) no todos los años presentaron temperaturas de cero grado o inferiores. El porcentaje de años con HM para Rq fue de 69% y para SV 92%.

El año 1988 presentó el mayor número de días con HM para 4 de las 6 localidades analizadas (Rq, Rf, Rs

y Zv). Para esas mismas localidades se observó una tendencia a disminuir el número de días con HM. Para SV la mayor frecuencia anual de días con HM ocurrió en los años 1979, 1993 y 1996 y para Cr en el año 1996. Estas localidades, en contraposición a las anteriores, presentaron una la tendencia al aumento en el número de días con heladas.

Los estadísticos descriptivos para el número de HM por mes y localidad, se presentan en el Cuadro 3 a y b. Se puede apreciar que, en la mayoría de los casos, no siempre se produjeron heladas en los meses de invierno (junio, julio y agosto). En Rq el 31% de los años no se registraron HM en el mes de julio. Por otro lado, en Zv ese porcentaje alcanzó el 3,8%. Rosario fue la única localidad en la que se registraron heladas todos los años en los meses invernales (Cuadro 3 b)

Los meses invernales que presentaron el mayor porcentaje de días con HM son en orden decreciente julio, junio y agosto. La concentración de ocurrencia de HM en el mes de julio disminuye latitudinalmente (Cuadro 4).

Para caracterizar el rigor del frío invernal se utilizó la temperatura mínima anual absoluta (TMA). Los estadísticos utilizados para describirla, se presentan en el Cuadro 5. Las localidades ubicadas más al este de la provincia (Rq y SV) presentaron años con temperatura mínimas absolutas por encima de cero grado. Esto podría obedecer a la acción reguladora de la presencia de una gran masa de agua ubicada al este de la provincia.

Las temperaturas mínimas absolutas más bajas registradas en este período siempre se produjeron en los meses invernales (junio y julio). Los cereales que se desarrollan en esta provincia son preferentemente trigo y maíz. Ninguno de ellos sufriría importantes daños por HM. El trigo se siembra entre junio y principios de agosto y, por lo tanto, su fase crítica no coincide con la ocurrencia HM. El maíz se siembra normalmente en septiembre u octubre y hasta la fase V5 es tolerante a las bajas temperaturas (Andrade, *et al.*, 1996). En cuanto a los frutales de carozo, durante el período con heladas severas se encuentran en dormición. Además, las temperaturas que normalmente se registran están dentro de su rango de tolerancia. (Garioglio *et al.*, 2007). En el caso de los citrus (limonero, naranjo y mandarino) temperaturas de -2 °C producen

CUADRO 2. Estadísticos descriptivos de heladas meteorológicas-Período 1979-2004.

Localidad	Media DE	Mín	Máx	Mediana
Reconquista	2,54±2,61	0	10	2
Ceres	9,12±6,34	1	26	8
Rafaela	10,38±5,48	1	25	11
Sauce Viejo	7,19±4,18	0	14	7
Rosario	16,62±7,19	5	30	14
Zavalla	14,5±7,93	2	37	14

CUADRO 3 a y b. Estadísticos descriptivos para el número de días con heladas en el período 1979-2004, clasificados por meses y localidad.

a)

	Reconquista (Rq)			Ceres (Cr)			Rafaela (Rf)		
	Media DE	Min.	Max.	Media DE	Min.	Max.	Media DE	Min.	Max.
Abril							0,12±0,33	0	1
Mayo	0,04±0,2	0	1	0,38±0,75	0	3	0,62±1,27	0	5
Junio	0,62±1,13	0	4	2,38±3,09	0	14	3,00±2,24	0	8
Julio	1,42±1,94	0	6	3,88±3,08	0	10	4,81±3,69	0	15
Agosto	0,42±0,81	0	3	2,08±2,31	0	9	2,00±2,04	0	6
septiembre	0,04±0,2	0	1	0,38±0,57	0	2	0,85±0,88	0	3

b)

	Sauce Viejo (Sv)			Rosario (Rs)			Zavalla (Zv)		
	Media DE	Min	Max	Media DE	Min	Max	Media DE	Min	Max
Abril							0,08±0,27	0	1
Mayo	0,31±0,47	0	1	1,08±1,44	0	5	1,04±1,59	0	7
Junio	2,12±2,27	0	8	4,62±3,58	0	14	3,65±2,77	0	10
Julio	3,12±2,3	0	7	6,38±2,99	1	13	5,50±3,33	0	12
Agosto	1,23±1,9	0	7	3,19±2,81	0	10	3,08±2,65	0	10
Septiembre	0,42±0,7	0	2	1,27±1,4	0	4	1,23±1,39	0	5

CUADRO 4. Porcentaje mensual de días con heladas clasificadas según localidad (1979-2004.)

Localidad	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)	Julio (%)	Agosto (%)	Septiembre (%)
Reconquista		1,50	24,22	56,10	16,71	1,50
Ceres		4,20	26,20	42,62	22,82	4,21
Rafaela	1,00	5,50	26,61	42,71	17,72	7,53
Sauce Viejo		4,31	29,41	43,33	17,11	5,92
Rosario	0,50	6,52	27,92	38,61	19,30	7,71
Zavalla		7,11	25,13	38,10	21,20	8,52

CUADRO 5. Estadísticos de la temperatura mínima absoluta anual por localidad (1979-2004).

Localidad	Media	Mín,	Máx,	Mediana
Reconquista	-1,00 ±1,97	-4,60	2,53	-1,10
Ceres	-3,76 ±1,8	-6,63	0,0	-4,21
Rafaela	-3,90 ±1,84	-8,31	-1,12	-4,10
Sauce Viejo	-2,68 ±1,84	-6,02	0,83	-2,52
Rosario	-4,50 ±1,52	-7,83	-1,82	-4,51
Zavalla	-4,04 ±1,56	-7,71	-0,83	-3,92

daños parciales por congelamiento de los tejidos (Garriglio *et al.*, 2007).

El rigor invernal, representado por las temperaturas mínimas absolutas medias no obstaculizaría la producción ganadera y tambera en forma directa. Indirectamente afectaría la disponibilidad de forraje (Infoagro, 2006).

En la caracterización del régimen de HM es importante ubicar los momentos de ocurrencia de las primeras y últimas HM. En la serie estudiada algunas localidades no presentaron heladas tempranas: Rq (12,5%), Rf (11,5%) y SV (4%). Fernández Long, *et al.* (2001) informan una disminución en el porcentaje de heladas tempranas para la Región Pampeana.

Las FMU para las HM se produjeron en la segunda quincena de agosto en todas las localidades.

Damario *et al.* (1996) realizaron las cartas climáticas de fechas de primera y última helada para el período 1961-1990 con datos estimados según la metodología propuesta por Papadakis (1952) y luego modificada por Damario y Pascale (1984, 1993/94). En dichas cartas se puede observar que las fechas de comienzo de temperaturas de cero o inferiores, para la zona de Santa Fe, coincide con lo presentado en el Cuadro 6 y las isolíneas muestran una disminución en sentido NW-SE, que también se puede apreciar en el Cuadro 6. Fernández Long, *et al.* (2001), encontraron un atraso en la ocurrencia de las FMP para toda la zona pampeana de aproxi-

CUADRO 6. Régimen Agroclimático de heladas meteorológicas para el período 1979-2004.

a)			
Parámetros	Reconquista	Ceres	Rafaela
% Años con heladas	69	100	100
Fecha media primera helada	27 junio±13,00	20 junio±31,50 d	9 junio±28,02
Fecha extrema primera helada	31 de mayo	5 de mayo	21 de abril
Fecha media última helada	3 agosto±13,71	20 agosto±22,10	2 septiembre±14,04
Fecha extrema última helada	21 de septiembre	22 de septiembre	24 de septiembre
Período medio con heladas	37 días	62	84 días
Período medio libre de heladas	328 días	303 días	281 días
ICK primeras heladas	14,41 °C	15,41 °C	15,02 °C
ICK últimas heladas	14,90 °C	15,72 °C	15,01 °C
ICK invernales anuales	-3,12 °C	-5,02 °C	-5,40 °C
ICK invernales perennes	-4,1 °C	-6,4 °C	-6,8 °C
b)			
Parámetros	Sauce	Rosario	Zavalla
% Años con heladas	92	100	100
Fecha media primera helada	17 junio±22,61	3 junio±17,11 d	5 junio±22,05 d
Fecha extrema primera helada	13 de mayo	5 de abril	29 de abril
Fecha media última helada	13 agosto±23,72	31 de agosto±17,9	1 sep±15,82 d
Fecha extrema última helada	20 de septiembre	21 de septiembre	24 de septiembre
Período medio con heladas	59 días	90 días	89 días
Período medio libre de heladas	306 días	275 días	276 días
ICK primeras heladas	14,70 °C	14,81 °C	13,41 °C
ICK últimas heladas	15,31 °C	14,40 °C	13,02 °C
ICK invernales anuales	-4,02 °C	-5,80 °C	-5,31 °C
ICK invernales perennes	-5,21 °C	-7,01 °C	-6,60 °C

madamente 10 días, para el decenio 1994-2003 en relación a la normal (1964-1993). En este trabajo se analizaron los últimos 26 años (1979-2004) y se puede apreciar un atraso en la ocurrencia de la FMP de aproximadamente 16 días en Rq y 8 días en Rs.

En relación a las fechas de últimas HM, los datos del Cuadro 6 son también coincidentes con los descriptores por Damario *et al.* (1996). Sus isolíneas muestran una disminución de la ocurrencia en sentido latitudinal (N-S) más notoria en el centro oeste de la provincia tomando luego una orientación NW-SE hacia el norte. Fernández Long, *et al.* (2001) observaron un atraso en la ocurrencia de la fecha media de última helada más notoria para el centro oeste santafesino, en coincidencia con lo que se observa en este trabajo.

Realizada la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks) para la fecha de primera y última HM, solamente en la localidad de Cr se rechaza la hipótesis de distribución normal ($p < 0,0001$). Si bien en las otras localidades se acepta el supuesto de normalidad esto no implica que las distribuciones de las fechas se ajusten exactamente a dicha distribución. En la mayoría existe una leve asimetría.

En las localidades en estudio la duración del período medio con HM no es una limitante para el desarrollo de los cultivos de interés agronómico si se adopta el criterio de Burgos. En ningún caso el número de días supera los tres meses. La duración del período medio con HM varía en forma latitudinal desde 37 (Rq) a 90 días (Rs) y desde 59 (SV) a 84 días (Rf) en forma longitudinal.

La duración del período medio libre de HM es de 328 días para la localidad de Rq y 275 días para la localidad de Rs.

La peligrosidad de las HM se estima por el **Índice Criokindinoscópico (ICK)** (Burgos, 1963). Se calculan para las primeras y últimas HM y para las HM invernales. Estas últimas se calculan para cultivos perennes y anuales.

Cuanto más negativo sea el valor del ICK invernal mayor sería su peligrosidad. En el Cuadro 6, a y b, se pueden observar valores de ICK para cultivos anuales. Estas temperaturas no son dañinas para los cultivos que se desarrollan en época invernal

El mayor ICK invernal para cultivos perennes (-7°C) no es limitante para cultivos forrajeros como la alfalfa

que tolera temperatura hasta -10°C (Infoagra, 2006), ni para los frutales que se desarrollan en la zona, sobre todo en la zona centro oeste de la provincia (Gariglio, *et al.*, 2007).

Los ICK para primeras y últimas HM representan mas peligro cuanto mayor sea el valor alcanzado.

Se puede apreciar que los ICK de primeras HM están comprendidos entre $13,4^{\circ}\text{C}$ (Zv) y $15,4^{\circ}\text{C}$ (Cr). En cuanto al ICK de últimas HM, se encuentran valores que van desde $14,9^{\circ}\text{C}$ en Rq a 13°C en Zv.

Con fines comparativos, en el Cuadro 7, a y b, se reproduce el régimen agroclimático de HM, realizado por el Ing. Burgos (1963) para las localidades de Cr, Rf, SV y Rs.

Comparando los regímenes de HM de los Cuadros 6 y 7, se puede apreciar que los valores de los índices no presentan similar comportamiento en ambas series para todas las localidades. Para Cr se observa un atraso de 9 días en la ocurrencia de la fecha media de primera HM y un adelanto de 4 días en la de fecha media de última HM. Por otro lado, para Rf se aprecia un adelanto en la ocurrencia de la fecha de primera HM (2 días) y un atraso en la fecha media de última HM (5 días). Para SV el período medio con heladas se mantuvo estable, pero las FMP y FMU, sufrieron un atraso de 6 días. En el caso de Rs no se observa variaciones en las fechas media HM. En relación con los ICK de Cr así como de Rs, se observa disminuciones especialmente en el último donde el ICK de últimas HM disminuyó, $1,2^{\circ}\text{C}$. Para Rf el ICK de primeras HM se incremento en 1°C . Por otro lado, para SV el ICK de últimas HM aumento $0,6^{\circ}\text{C}$ y el ICK de heladas invernales para cultivos perennes disminuyó en 1°C .

Heladas agronómicas

Para las actividades agropecuarias no sólo es importante conocer el régimen agroclimático de HM, sino también el régimen agroclimático de HA.

En el Cuadro 8 se presentan los estadísticos descriptivos de las HA. La ocurrencia del número de días con HA se incrementa en sentido latitudinal (Rq a Zv) y disminuye en forma longitudinal (Rf a S). La variación longitudinal pone de manifiesto la importancia reguladora de la gran masa de agua del Río Paraná.

CUADRO 7. Régimen Agroclimático de HM para la RA realizada según Burgos (1963).

a)

Parámetros	Ceres (1901-1948)	Rafaela (1936-1948)
% Años con heladas	100	100
Fecha media primera helada	11 junio±27,5	11 junio±23,4
Fecha media última helada	20 agosto±22,1	26 agosto±24,6
Período medio con heladas	70 días	76 días
Período medio libre de heladas	289 días	289 días
ICK primeras heladas	15,20 °C	14,01 °C
ICK últimas heladas	15,71 °C	15,02 °C
ICK invernales anuales	-5,62 °C	-5,41 °C
ICK invernales perennes	-7,01 °C	-6,80 °C

b)

Parámetros	Sauce Viejo (1896-1926)	Rosario (1911-1948)
% Años con heladas	76%	95
Fecha media primera helada	11 junio±24,6	11 junio±25,4
Fecha media última helada	8 agosto±35,1	31 agosto±34,4
Período medio con heladas	59 días	81 días
Período medio libre de heladas	307 días	275 días
ICK primeras heladas	14,50 °C	14,01 °C
ICK últimas heladas	14,70 °C	15,61 °C
ICK invernales anuales	-4,50 °C	-6,10 °C
ICK invernales perennes	-6,21 °C	-8,11 °C

CUADRO 8. Estadísticos descriptivos de las heladas agronómicas por localidad.

Localidad	Total	Media DE	Mín	Máx	Mediana
Reconquista	248	9,54±5,37	1	24	9,5
Ceres	229	17,81±5,8	6	32	17,5
Rafaela	613	23,58±7,53	8	40	23,5
Sauce Viejo	353	13,58±5,38	3	29	14,0
Rosario	623	23,96±4,59	16	31	23,5
Zavalla	665	25,58±5,95	9	35	26,5

En el Cuadro 9 a y b, se presentan los estadísticos descriptivos para el número de HA por mes y localidad.

En la mayoría de las localidades las HA comienzan en el mes de abril y se extienden hasta el mes de octu-

bre. Las localidades de Zv y Rf registran HA desde marzo hasta noviembre. La probabilidad de que ocurran HA en el mes de noviembre tanto en Rf como en Zv es del 5%. Durante el mes octubre, el trigo, uno de

los cultivos invernales más importantes, puede encontrarse en un subperíodo no tolerante a descensos térmicos. La probabilidad de ocurrencia de HA es del 10%, en ese mes en Rf, y del 25% en Rs.

La probabilidad de ocurrencia de HA en septiembre, aumenta desde un 75% en Rf hasta un 95% en Rs y Zv.

En este mes comienza la siembra de cereales de verano y la fase reproductiva de los cereales de invierno. En ambos casos su tolerancia a las bajas temperaturas disminuye.

La determinación de las fechas medias de primeras y últimas HA es muy importante en toda caracterización de su régimen.

Realizadas las pruebas de normalidad para las fechas de primeras y últimas HA, no existen evidencias para rechazar la hipótesis de normalidad. En el Cuadro 10 a y b se presentan los índices utilizados para estudiar el comportamiento de las HA. Como puede apreciarse todas las localidades presentan HA en el 100% de los años.

CUADRO 9 a y b. Estadísticos descriptivos del número de días con heladas agronómicas en el período 1979-2004, clasificados por mes y localidad.

a)

	Reconquista (Rq)			Ceres (Cr)			Rafaela (Rf)		
	Media DE	Min	Max	Media DE	Min	Max	Media DE	Min	Max
Marzo							0,04±0,20	0	1
Abril				0,23±0,65	0	3	0,27±0,60	0	2
Mayo	0,54±0,99	0	4	1,50±1,61	0	6	2,92±2,37	0	9
Junio	2,62±2,51	0	11	4,38±2,93	1	14	5,96±2,99	2	12
Julio	3,77±2,61	0	9	5,65±2,68	1	12	6,50±3,01	1	13
Agosto	1,77±1,61	0	5	3,46±1,92	0	8	5,27±2,63	1	11
Septiembre	0,85±1,26	0	5	2,38±1,81	0	6	3,35±2,06	0	8
Octubre				0,19±0,49	0	2	0,27±0,67	0	20
Noviembre							0,04±0,20	0	1

b)

	Sauce Viejo (Sv)				Rosario (Rs)			Zavalla (Zv)		
	Media DE	DE	Min	Máx,	Media DE	Min	Máx,	Media DE	Min	Máx,
Marzo								0,04±0,20	0	1
Abril	0,23±0,51		0	2	0,50±0,71	0	3	0,65±0,85	0	3
Mayo	1,31±1,46		0	5	3,15±2,03	0	7	2,77±2,14	0	7
Junio	3,50±2,2		0	10	5,16±2,42	2	9	5,85±3,13	0	12
Julio	4,46±2,69		1	11	6,12±2,44	2	11	6,69±3,04	0	14
Agosto	2,65±1,98		0	7	4,92±2,23	1	9	5,54±2,58	0	10
Septiembre	1,38±1,39		0	4	3,54±1,82	1	8	3,46±1,96	0	8
Octubre	0,04±0,2		0	1	0,46±0,76	0	3	0,46±0,71	0	3
Noviembre								0,12±0,43	0	2

CUADRO 10 a y b. Caracterización del régimen agroclimático de HA.

a)

Parámetros	Reconquista	Ceres	Rafaela
% Años con heladas	100	100	100
Fecha media primera HA	16 de junio \pm 29,3	26 de mayo \pm 21,5	8 de mayo \pm 19,4
Fecha extrema primera helada	8 de mayo	5 de abril	27 de marzo
Fecha media última helada	26 de agosto \pm 19,2	16 de septiembre \pm 16,9	25 de septiembre \pm 5,5
Fecha extrema última helada	21 de septiembre	14 de octubre	10 de noviembre
Período medio con heladas	72 días	119 días	141 días
Período medio libre de heladas	293 días	247 días	224 días
ICK primeras heladas	16,8 °C	17,0 °C	17,8 °C
ICK últimas heladas	17,3 °C	18,2 °C	18,0 °C

b)

Parámetro	Sauce	Rosario	Zavalla
% Años con heladas	100	100	100
Fecha media primera helada	19 de mayo \pm 20,5	12 de mayo \pm 17,11	3 de mayo \pm 22,3
Fecha extrema primera helada	5 de abril	15 de abril	27 de marzo
Fecha media última helada	21 de septiembre \pm 20,2	27 de septiembre \pm 17,9	29 de septiembre \pm 17,8
Fecha extrema última helada	14 de octubre	10 de noviembre	5 de noviembre
Período medio con heladas	107 días	139 días	150 días
Período medio libre de heladas	258 días	226 días	214 días
ICK primeras heladas	17,5 °C	16,3 °C	17,7 °C
ICK últimas heladas	18,9 °C	17,7 °C	17,1 °C

CONCLUSIONES

En la provincia de Santa Fe las fechas medias de primera helada meteorológicas oscilan entre el 27 de junio en Reconquista, donde sólo el 49,5% de los años analizados presentaron heladas antes del 15 de julio, y el 3 de junio en Rosario, con el 100% de años con ocurrencia de heladas meteorológicas.

Las fechas medias de últimas heladas varían del 3 de agosto en Reconquista hasta el 2 de septiembre en Rafaela, con un 62 y 100% de años con ocurrencia de heladas meteorológicas, respectivamente.

El período medio libre de heladas meteorológicas fluctúa entre 328 y 303 días en el N y 275 días en el S de la provincia.

En general en el norte se observa una disminución en la duración del período medio con heladas. Por otra parte, en el W y el SE este período ha aumentado 8 días.

Las fechas de las primeras heladas agronómicas varían entre el 16 de junio y el 26 de mayo en el N, y entre 12 y 3 de mayo en S de la provincia, con idénticos porcentajes de ocurrencia. Las fechas de última heladas agronómicas fluctuaron entre el 26 de agosto en Reconquista al 27 y 29 de septiembre en la zona S. El período medio libre heladas agronómicas dura 293 días en Reconquista y 214 días en Zavalla. Esto representa una disminución en el período libre de riesgos de heladas para los cultivos de 45 días el NE de la provincia a 82 días en SE, en comparación con las heladas meteorológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F.; F. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires. 289 pag.
- BURGOS, J.J. 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica, 388 pág. Buenos Aires.
- COSTA, C. y A. ABREGU. 2002. Diez años de heladas agronómicas en Las Breñas (Prov. de Chaco) Argentina. *Actas*, IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Vaquerías, Córdoba, 18-20 septiembre de 2002.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1984. Fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos en Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía* 5(3): 193-211.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1994. Método de estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas. *Rev. Facultad de Agronomía* 14(3): 257-264.
- DAMARIO, E.A.; A.J. PASCALE; S. PEREZ; S. MAIO y R.O. RODRÍGUEZ. 1996. Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía* 16(3): 253-263.
- FERNANDEZ LONG, M.E.; I. BARNATAN y G.M. MURPHY. 2001. Las heladas en la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense. *Rev. Arg. de Agrometeorología* 1(2): 101-106.
- GARIGLIO, N.; R. PILATTI y M. FONFRIA. 2007. Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales, pp 43-78. *En: Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Gabriel Sozzi (ed). Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.*
- HIRSCHHORN, J. 1952-1958. Las heladas en la República Argentina. Atlas Agroclimático. Serie: Índices Agroclimáticos. S.M.N. Buenos Aires. Pag. 58.
- INFOSTAT. 2006. Software estadístico. Estadística y Diseño F.C.A. Universidad Nacional de Córdoba.
- INFOAGRO. 2006. El cultivo de la alfalfa. <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa3.htm>. Acceso: 22/06/2007
- NAVARRO, M.; C. VILATTE y L. AGUAS. 2003. Duración e intensidad de las heladas a escala regional, en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas*, X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y X Congreso Cubano de Meteorología. Ciudad de la Habana, Cuba. 3 al 7 de marzo de 2003.
- MONTERUBBIANESI, M.G. y M.G. CENDOYA. 2001. Caracterización del régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Balcarce (Argentina) en el período 1970-1999. *Rev. Fac. de Agronomía* 21(1): 69-78, 2001.
- ORTA, F.J. y M. FEDERIGHI. 1996. El régimen de heladas en el área de Villa Mercedes (San Luis) en relación con cultivos estivales extensivos. *Actas* VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Septiembre 1996, Buenos Aires.
- PAPADAKIS, J. 1952. Mapa Ecológico de la República Argentina. 2º Edición. Buenos Aires. Argentina. Pag. 61.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. Pág 550.