

# CARTAS CLIMATICAS 1961-90 DE FECHAS DE PRIMERAS Y ULTIMAS HELADAS EN LA ARGENTINA

E. A. DAMARIO<sup>(1)</sup>, A.J. PASCALE<sup>(1)</sup>, SILVIA PEREZ<sup>(1)</sup>, SILVINA MAIO<sup>(1)</sup> y R.O. RODRIGUEZ<sup>(2)</sup>.

Recibido: 11/11/96

Aceptado: 30/12/96

## RESUMEN

Las fechas medias de primeras y últimas heladas ( $0^{\circ}\text{C}$  ó inferior) se estimaron utilizando un método gráfico que, originalmente propuesto por Papadakis (1952), fue adaptado y modificado (Damario y Pascale, 1984; 1993/94; Damario *et al*, 1996) para obtener en estudios agroclimáticos un aceptable ajuste con los valores realmente observados. Las comprobaciones efectuadas al efecto después de sucesivas correcciones a la propuesta original confirmaron plenamente la bondad del método.

El método utiliza la temperatura mínima mensual media o promedio multianual de las temperaturas mínimas absolutas mensuales, computadas o estimadas (Damario y Pascale, 1995), las que punteadas en una gráfica temperatura/meses, generan una curva cuyos puntos de corte con la ordenada de  $0^{\circ}\text{C}$  indican las fechas medias de primera y última helada, respectivamente. Aplicado a la información de 161 estaciones meteorológicas de la Argentina para el período 1961-90, permitió trazar las cartas agroclimáticas presentadas de primeras y últimas heladas.

**Palabras Clave:** cartas agroclimáticas, fecha media de primeras heladas, fecha media de últimas heladas.

## FIRST AND LAST FROST AGROCLIMATIC CHARTS FOR ARGENTINA (1961-90 PERIOD)

### SUMMARY

A graphic method to estimate average first and last frost dates (Papadakis, 1952) was modified and adapted (Damario and Pascale, 1983; 1993/94; Damario *et al*, 1996) to procure a better fit between observed and calculated values. The consecutive corrections confirmed the goodness of the proposed method.

The mean monthly minimum temperature is a climatic value computed as average of absolute minimum monthly temperature series, or estimated from a climatic average monthly minimum temperature (Damario y Pascale, 1995). Situated in temperature/month orthogonal graphic, the first and last frost dates are pointed out when the joining curve cuts  $0^{\circ}\text{C}$  ordinate.

The method was applied to the 161 meteorological station informations of Argentina, 1961-90 period, and the isolines were drawn in both first and last frost agroclimatic charts.

**Key words:** agroclimatic charrs, average first frost dates, average las frost dates.

### INTRODUCCION

El interés de conocer las fechas de primeras y últimas heladas para estudios y aplicaciones agroclimáticas ha merecido la suficiente atención por parte de los investigadores, de tal manera que

actualmente se dispone adecuada cartografía referente a las características regionales que presenta en la Argentina este elemento agrometeorológico. Sin considerar los primeros y rudimentarios tratamientos del tema, merece destacarse el estudio

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Fac. de Agronomía UBA. Avda. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires.

<sup>2</sup> Instituto de Clima y Agua -CRN-INTA- Las Cabañas y Los Reseros s/n. Villa Udaondo. (1712) Castellar Buenos Aires.

llevado a cabo en el ex-Departamento de Meteorología Agrícola del S.M.N. bajo la idea y dirección del Ing. Agr. Julio Hirschhorn, comprendiendo el análisis del régimen de temperaturas mínimas de todo el material de observación meteorológica disponible hasta 1948. Las cartas de fechas medias de primeras y últimas heladas, complementadas con las de su variabilidad fueron publicadas en el Atlas Agroclimático Argentino, (Argentina, 1952/58) y reproducidas posteriormente en el tratado sobre las heladas en la Argentina (Burgos, 1963).

Damario y Pascale (1984), utilizando una metodología especial, calcularon las fechas medias y trazaron la respectiva cartografía basada en información meteorológica de temperaturas mínimas medias mensuales de diferentes períodos entre 1924 y 1967.

Con idéntica metodología, mejorada para conseguir un mayor ajuste entre fechas estimadas y reales, se confeccionaron las cartas de fechas medias de primeras y últimas heladas en la Argentina con datos meteorológicos del período 1961-90, que se presentan en este trabajo, ya comunicado en forma reducida (Damario *et al*, 1996) sin la cartografía aquí incluida.

#### MATERIALES Y METODOS

El método que se utiliza para calcular las fechas medias de primeras y últimas heladas fue ampliamente expuesto y discutido en trabajos previos (Damario y Pascale, 1993/94 y Damario *et al*, 1996). Consiste en utilizar como material básico a las temperaturas míni-

mas mensuales medias (**Tmm**), valor climático que es el promedio multianual de las temperaturas mínimas absolutas de cada mes, siguiendo una idea originalmente propuesta por Papadakis (1952), modificada y ajustada por Damario y Pascale (1993/94).

La ubicación de las **Tmm** en un gráfico de coordenadas con temperaturas en ordenadas y meses del año en abscisas, corresponde a los últimos días de los meses de la primera mitad del año, en el día 15 para julio y en los primeros días de cada mes en la segunda mitad. Más precisamente, los días reales de ubicación de las **Tmm** varían con la cantidad de meses que en cada localidad acusan valores negativos de estas temperaturas, según las indicaciones del Cuadro N°1, el cual reproduce con ciertas correcciones el aparecido en la publicación antes mencionada. La línea de unión de las **Tmm** mensuales señala las fechas de primeras y últimas heladas cuando cruza la ordenada de los 0°C. Para aquellos casos de localidades con sólo uno o ningún mes con valores de **Tmm** negativos, las fechas quedan determinadas por las rectas de prolongación de los meses que están enmarcados en el cuadro N°1.

Las **Tmm** no son informadas en ninguna estadística climática oficial argentina publicada y en el interés de que el sistema pueda ser utilizado por cualquiera con la sola disposición de valores fácilmente asequibles en las estadísticas climáticas, se desarrolló un método (Damario y Pascale, 1995) que relaciona las **Tmm** mensuales con las temperaturas mínimas medias (**Tm**) mediante una ecuación de primer grado ( $Tmm = aTm - b$ ) que permite obtener los valores necesarios para estimar gráficamente las fechas medias de heladas.

Con los resultados obtenidos al deducir las fórmulas de relación **Tm/Tmm** de la información de 102 estaciones meteorológicas de la Argentina, pudo comprobarse la regionalidad de los valores, tanto de las pendientes como de las ordenadas al origen.

**Cuadro N°1. Día de ubicación de las Tmm para estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas según la cantidad de meses con Tmm igual o inferior a 0°C.**

Cantidad de meses con Tmm 0°C	Día de ubicación en el mes											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
7 ó más	15	27	27	27	27	27	15	1	1	1	1	1
5-6			27	27	27	27	15	3	3	3	3	
4			25	25	25	25	15	3	3	3		
3				25	25	20	15	10	5	5		
2				25	25	15	15	15	5	5		
1				25	22	15	15	15	5	5		
0				25	22	10	15	15	8	5		

Este descubrimiento permitió confeccionar sendas cartas (Fig.1 y Fig.2) que, por la mayor información disponible, corrigen las presentadas en el trabajo previo ya mencionado, con las cuales es fácil deducir

las **T<sub>mm</sub>** mensuales de cualquier localidad de la que se dispongan las **T<sub>m</sub>** respectivas.

Con la utilización del procedimiento en forma completa sobre la estadística climatológica de **T<sub>m</sub>** mensuales

**Cuadro N°2. Error de estimación en días de la fecha media (calendario Juliano) de primeras y últimas heladas, según el método de cálculo con las T<sub>mm</sub>.**

Localidad	Período	N°meses T <sub>mm</sub> ≤ 0	Primera helada				Última helada			
			Fecha obs(O)	σ ±	Fecha estim(E)	Dif O-E	Fecha obs(O)	σ ±	Fecha estim(E)	Dif O-E
Río Gallegos (SC)	1971-90	8	75	26	76	-1	303	13	304	-1
Trelew (Ch)	1960-90	7	115	20	116	-1	274	15	277	-3
Bordenave (BA)	1960-89	7	114	18	115	-1	283	21	279	+4
Cipolletti (RN)	1957-92	7	113	14	111	+2	267	22	268	-1
Azul (BA)	1961-87	6	124	18	122	+2	280	22	276	+4
Neuquén (N)	1971-89	6	103	18	106	-3	269	15	272	-3
Los Toldos (S)	1981-90	5	146	13	141	+5	256	15	258	-2
Cachi (S)	1973-92	5	119	12	119	0	273	19	275	-2
San Carlos (S)	1977-92	5	131	16	130	+1	258	21	256	+2
Cnel Moldes (S)	1973-92	4	151	14	150	+1	244	15	246	-2
Rafaela (SF)	1960-90	4	155	21	154	+1	245	20	248	-3
Castelar (BA)	1960-90	4	144	22	145	-1	244	19	248	-4
San Pedro (BA)	1967-89	4	149	21	153	-4	244	22	249	-5
Toloché (S)	1979-92	3	154	15	153	+1	238	24	241	-3
R de la Frontera (S)	1973-91	3	159	14	156	+3	242	21	240	+2
El Carril (S)	1971-92	3	153	16	151	+2	246	20	243	+3
Las Costas (S)	1971-92	3	156	15	152	+4	240	16	244	-4
Chepes (LR)	1971-89	3	163	18	159	+4	232	21	232	0
P.R.S.Peña (Cha)	1961-89	2	166	25	164	+2	222	30	221	+1
Ceres (SF)	1961-89	2	163	23	160	+3	221	22	222	-1
Cnia Sta Rosa (S)	1976-92	1	178	22	176	+2	221	16	222	-1
Buenos Aires	1951-90	1	169	18	167	+2	216	19	216	0
Rivadavia (S)	1968-90	1	179	20	175	+4	213	26	217	-4
S.Domingo (J)	1975-91	0	173	19	172	+1	224	26	224	0
Cerro Azul (Mis)	1968-90	0	168	18	168	0	211	21	207	+4
Bella Vista (Corr)	1963-90	0	180	11	180	0	216	14	218	-2
Promedio				17,96		1,11		19,8		-0,8
Desv.Típica ±				3,90				4,14		
Mediana						+1				-1
Rango						+5 -4				+4 -5

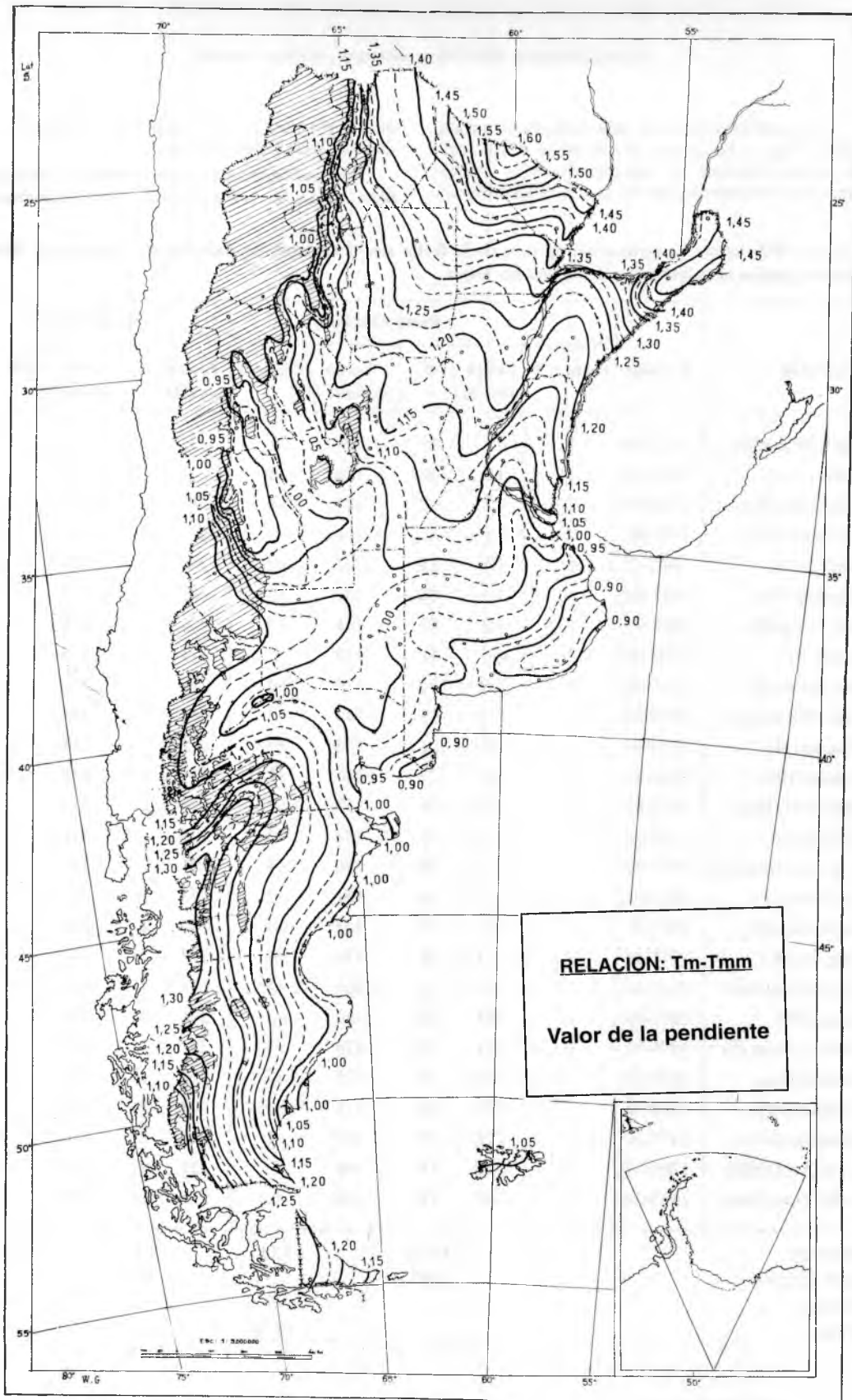


Fig. 1. Valor de la pendiente en la ecuación  $T_{mm} = aT_m - b$



Fig. 2. Valor de la ordenada al origen en la ecuación  $T_{mm} = aT_m - b$

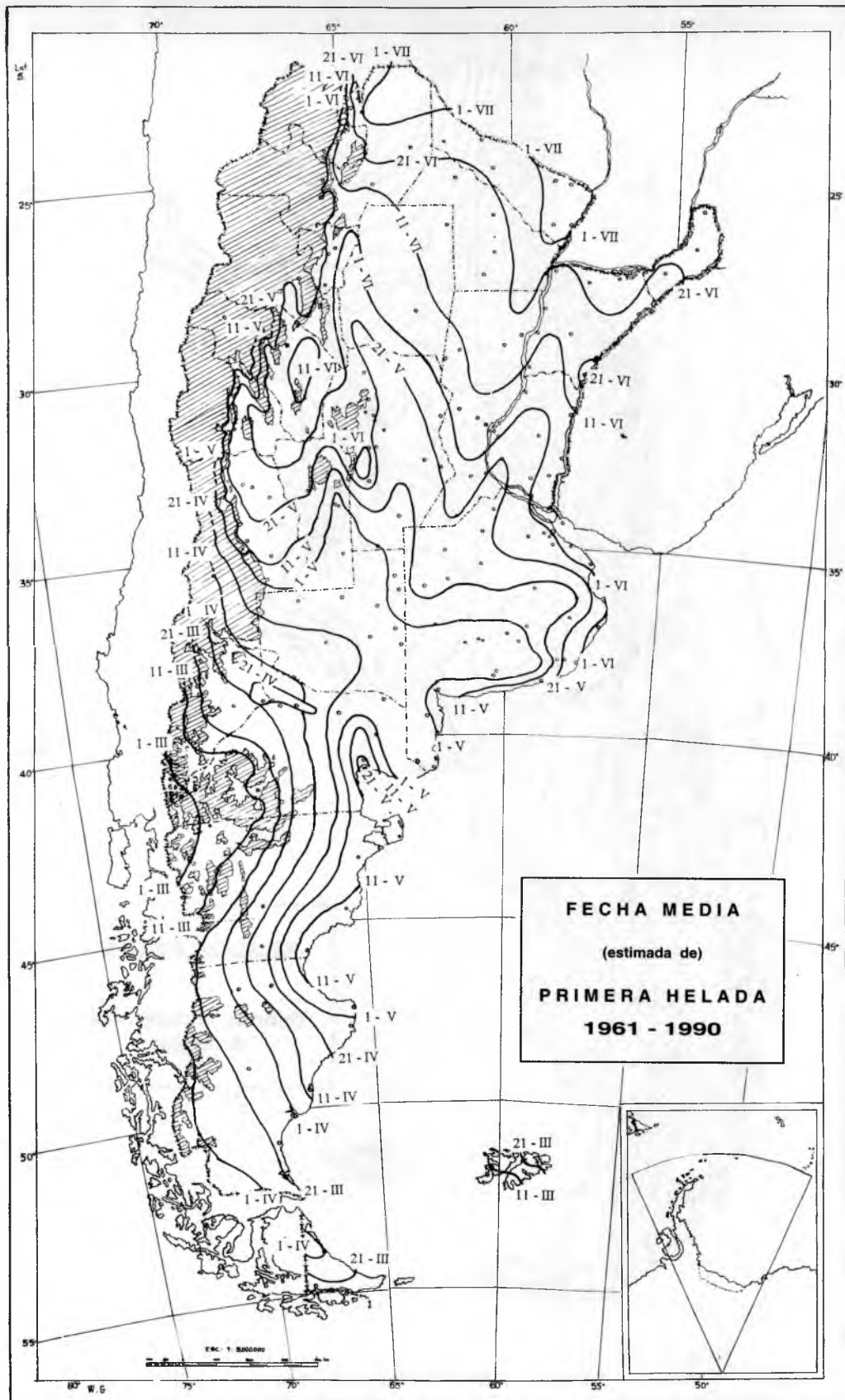


Fig. 3. Fechas medias de primeras heladas en el territorio de la Argentina (período 1961-90) estimadas por el método de las Tmm.



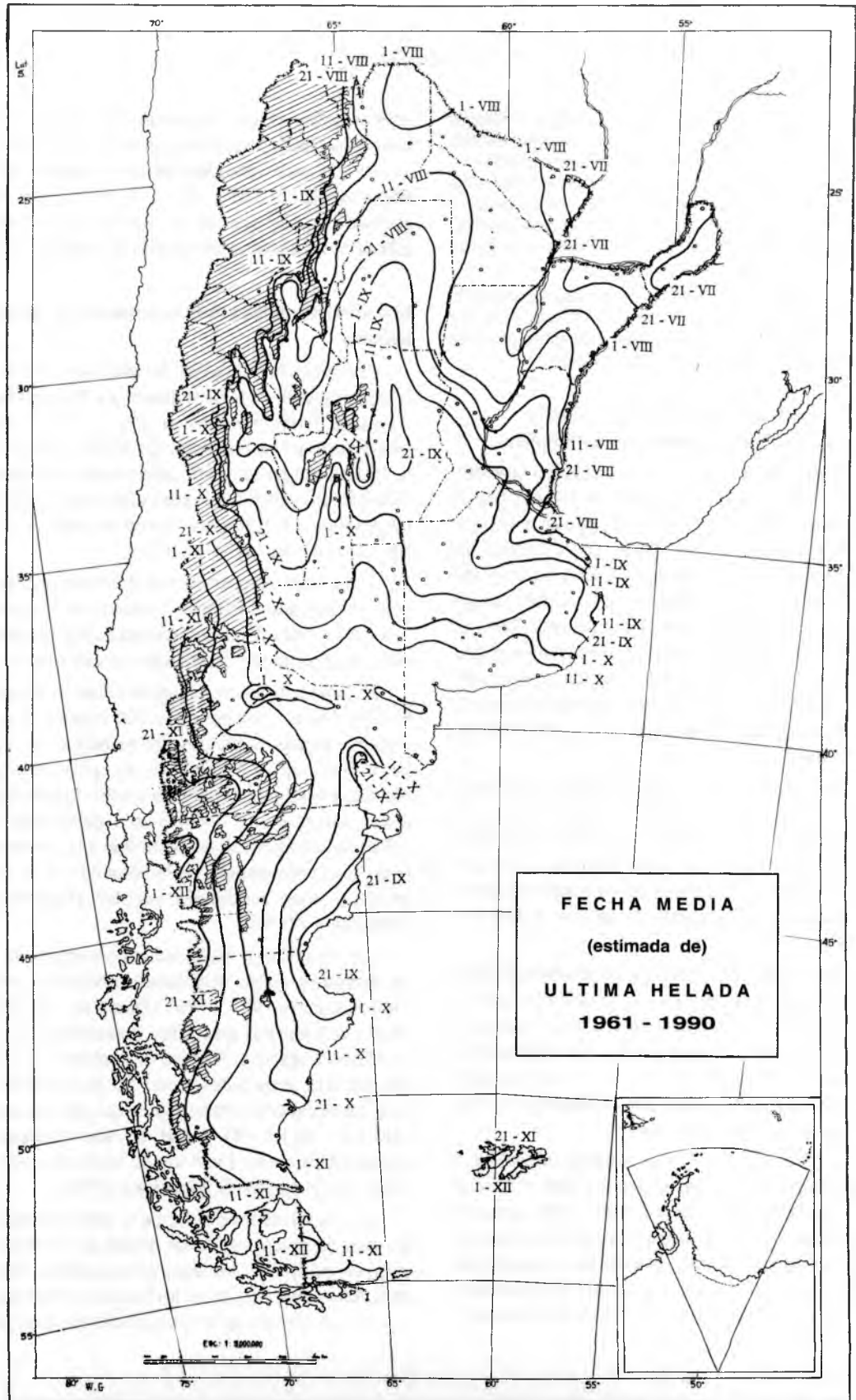


Fig. 4. Fechas medias de últimas heladas en el territorio de la Argentina (período 1961-90) estimadas por el método de las Tmm.

del período 1961/90 de 161 estaciones meteorológicas se dedujeron las **T<sub>mm</sub>** y se estimaron las fechas medias de primeras y últimas heladas con las que se confeccionaron las cartas agroclimáticas de las figuras 3 y 4. De las 161 estaciones, 62 cubrieron el período observacional completo de los 30 años, otras 53 proveyeron información de entre 20 y 25 años y las 46 restantes registraron menores períodos observacionales.

El trazado de las isodatas se realizó siguiendo la norma tradicional, para los días 1°, 11 y 21 de cada mes y en sus trayectorias se consideró el distinto "peso" de los períodos cubiertos por la información.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) Verificación del método de estimación

Con el aporte de mayor información meteorológica que la disponible para el trabajo previo (Damario y Pascale, 1993/94) fue posible adecuar las ubicaciones de las **T<sub>mm</sub>** en el método de estimación gráfica y obtener la fecha media posterior y anterior a las cuales pueden ocurrir temperaturas inferiores o iguales a 0°C durante el año. El cuadro N°1 tiene algunas modificaciones al presentado originalmente, pues corrige la ubicación de la **T<sub>mm</sub>** cuando en la serie climática analizada no se computan **T<sub>mm</sub>** negativas o la registran en un solo mes.

Para verificar la corrección de las ubicaciones indicadas en el cuadro N°1 pudo utilizarse la información publicada para localidades de la provincia de Salta (Arias y Bianchi, 1996) que figura en el cuadro N°2 completada con comparaciones realizadas anteriormente (Damario y Pascale, 1995).

Es necesario aclarar que para el cómputo de las fechas medias observadas de localidades que registran años con una sola helada, se la consideró como primera o última según ocurriera antes o después del día 15 de julio. Este criterio se consideró más adecuado para que los cálculos tuvieran mayor sentido agroclimático.

En el cuadro N°2, que también considera la variabilidad de las fechas medias observadas de primeras (**PH**) y últimas heladas (**UH**) para 26 localidades de la Argentina, pueden observarse las diferencias con los valores estimados que oscilan entre +5 y -5 días y que el promedio de los errores es de +1,1 y -0,8 días para las heladas otoñales y

primaverales, respectivamente. Las diferencias señaladas son de pequeña magnitud si se considera que en 1:6 años aproximadamente pueden registrarse variaciones de  $\pm 18$  y  $\pm 20$  días, según los promedios de las desviaciones típicas de las **PH** y **UH** de las localidades analizadas del cuadro N°2.

### b) Cartas agroclimáticas de primeras y últimas heladas

Comprobada la bondad del método y la distribución regional de las constantes **a** y **b** de la recta de ajuste  $T_{mm} = a T_m - b$  (Fig.1 y Fig.2) fue posible estimar las fechas media de **PH** y **UH** sobre el territorio argentino, utilizando toda la información climática disponible para el período 1961/90 (Argentina, 1961/90), con la que se confeccionaron las cartas de la Fig.3 y Fig.4.

Al analizar esta cartografía debe considerarse que corresponde a valores climáticos del período 1961-90 y, por tal motivo, resulta difícil cotejarla con cartas similares publicadas anteriormente.

En primer término, las aparecidas en Burgos (1963) si bien corresponden a 260 estaciones con registros meteorológicos desde principio de siglo hasta fines de la década del 40, provienen de instalaciones generalmente en centros urbanos los que, a través de los años, fueron mostrando un calentamiento gradual no atribuible a la variación térmica experimentada regionalmente en la Argentina como tendencia secular (Pascale y Damario, 1993/94).

Las otras cartas publicadas corresponden a estimaciones sobre estadísticas climáticas más recientes, entre 1924 y 1967 (Damario y Pascale, 1984), con muchas estaciones meteorológicas ya reinstaladas hacia el final de ese período, en ambientes más despejados como los aeropuertos o estaciones experimentales agrícolas, pero las estimaciones de las **PH** y **UH** no son totalmente comparables, pues el método de estimación utilizado fue el original de Papadakis (1952).

Las sucesivas modificaciones introducidas en los días de ubicación de las **T<sub>mm</sub>** en el gráfico, explican porqué en las áreas más septentrionales de la Argentina, donde los inviernos son benignos y en la mayor parte de las localidades hay escasa o



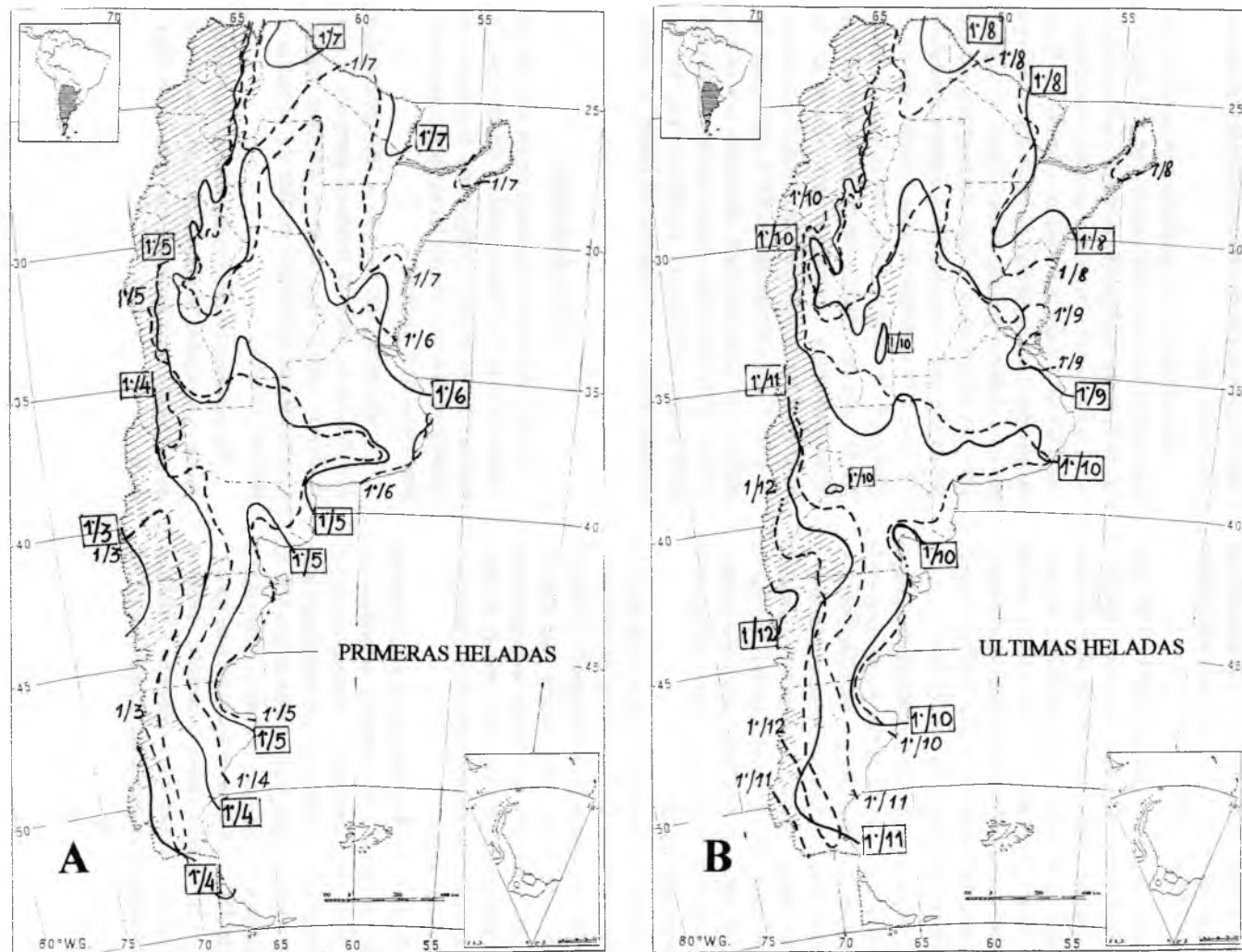


Fig. 5. Comparación de las fechas medias de (A) primeras heladas y (B) últimas heladas en la Argentina entre el período 1924-1967 (----- 1/6) y el período 1961-1990 (——— 1/6).

nula ocurrencia de heladas, las fechas de **PH** y **UH** muestran una situación anterior algo más favorable como la señalan las cartas de las Fig.5 donde, en forma comparativa, se han reproducido las isodatas de los días 1° de cada mes para ambos periodos 1924/67 y 1961/90.

Además, las fechas medias de **PH** y **UH**, tanto observadas como estimadas, pierden validez a medida que aumenta el número de años sin heladas, siendo quizás más representativo en estos casos indicar el porcentaje de años libres que las fechas medias, las que resultan algo ficticias cuando ese porcentaje supera el 50% ó 60% y cuando muchos años registran una sola helada.

En el centro del país es posible cierta comparación entre las cartas de ambos periodos pues la metodología de estimación fue asimilándose gradualmente a medida que aumenta el número de meses con **Tmm** negativas. Así, las trayectorias de las isodatas del 1°/5 y 1°/6 para las **PH** y las del 1°/9 y 1°/10 para las **UH** son casi coincidentes, indicando que no ha existido mayor variación en los periodos analizados.

En cambio, en la región patagónica para 16 estaciones comunes a los registros de 1924/67 y 1961/90 se computaron, como promedio, 7 días de atraso en las fechas actuales de **PH** y 8,2 días de adelanto en la **UH**, lo que estaría señalando una sensible ampliación del período libre de heladas como consecuencia del calentamiento notado en ésta región del país.

Las figuras 3 y 4 reafirman el conocimiento existente de que en el territorio argentino no existen áreas suficientemente extensas donde el período medio libre de heladas permitiría la explotación de especies agrícolas no tolerantes a 0°C en algún momento de su ciclo evolutivo. Los valores medios de **PH** y de **UH** en el norte del país para 1° de julio y 21 de julio respectivamente, isolíneas que encierran el límite entre primeras y últimas, sólo se encuentran en pequeñas superficies del NE

de Formosa y N de Corrientes, lo que reduce las situaciones geográficas libre de heladas señaladas en las cartas anteriores (período 1924-67), recordando aquí que el método de cálculo de estimación fue modificado.

Gradualmente, los períodos con heladas van aumentando en duración hacia el sur, reduciéndose así el período térmico favorable para los cultivos, según la resistencia que tengan a las heladas las diferentes especies anuales o perennes. Si se acepta que con disponibilidad calórica suficiente muchos cultivos pueden desarrollarse en lugares con 150 días libres de heladas, agricultura sin protección sólo sería posible al norte del paralelo 38° S que se corresponde con el centro-sur de la provincia de Buenos Aires. En el valle del Río Negro, aún con reparos de cortinas forestales y mesoambientes favorables por efecto de la irrigación, los montes frutales sufren cierto riesgo de **UH**. Al sur del paralelo de 40° S, los lugares de cultivo son cada vez más aleatorios por menor período libre de heladas, hasta que en el extremo más austral del país es posible el registro de heladas en cualquier fecha de los meses estivales.

### CONCLUSIONES

Se ha verificado la bondad de un método de estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas en la Argentina mediante un método gráfico que utiliza las temperaturas mínimas mensuales medias.

La aplicación del método a 161 localidades distribuidas en todo el territorio permitió trazar isolíneas cada diez días y generar cartas agroclimáticas de fechas medias de primeras y últimas heladas.

Por la compulsión efectuada entre valores observados y calculados, se considera que las cartas son de aceptable aplicación en estudios agroclimáticos.

**BIBLIOGRAFIA**

- **ARIAS y BIANCHI**, 1996. Estadísticas Climatológicas de la provincia de Salta. Publicación del INTA EEA Salta y Gobierno de la provincia de Salta. 189 pág.
- **ARGENTINA**, 1952/58. Atlas Agroclimático Argentino. Diversas Cartas no encuademadas. Servicio Meteorológico Nacional.
- **ARGENTINA**, 1961/90. Estadísticas Climatológicas Serie B N°35,36 y 37. Servicio Meteorológico Nacional.
- **BURGOS, J. J.**, 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica, vol. 3, 388 pág. Buenos Aires.
- **DAMARIO, E. A. y A. J. PASCALE**, 1984. Fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos en la Argentina. *Rev. Fac. Agr.*, 5(3): 193-211, Buenos Aires.
- **DAMARIO, E. A. y A. J. PASCALE**, 1993/94. Métodos de estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas. *Rev. Fac. Agr.*, 14 (3): 257-264, Buenos Aires.
- **DAMARIO, E. A. y A. J. PASCALE**, 1995. Estimación de la temperatura mínima mensual media para estudios agroclimáticos. *Rev. Fac. Agr.*, 15 (1): 77-83, Buenos Aires.
- **DAMARIO, E. A., A. J. PASCALE, SILVIA PEREZ y SILVINA MAIO**, 1996. Cartas agroclimáticas actuales (1961-90) de fechas medias estimadas de primeras y últimas heladas. VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, *Actas*; 1: 49-50.
- **PAPADAKIS, J.**, 1952. Mapa Ecológico de la República Argentina, 2da.ed., I Texto, 231 pág. y fig. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Buenos Aires.
- **PASCALE, A.J y E.DAMARIO** 1993-94. Tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 hasta 1990. *Rev. Fac. Agr.*, 14 (2): 127-138, Buenos Aires.