

METODO DE ESTIMACION DE LAS FECHAS MEDIAS DE PRIMERAS Y ULTIMAS HELADAS

E.A. DAMARIO ^(1,2) y A.J. PASCALE ⁽¹⁾ (ex aequo)

Recibido: 20/07/94

Aceptado: 22/11/94

RESUMEN

Se presenta una adecuación del método de Papadakis (1952) para estimar las fechas medias de primeras y últimas heladas. Mediante la utilización de registros meteorológicos diarios de 30 localidades de la Argentina en el período 1961-90 se corrigen, en el sistema gráfico original, los días de ubicación de las temperaturas mínimas mensuales medias según la intensidad de la termofase negativa de la variación anual de la temperatura. Las estimaciones de las fechas de heladas obtenidas con la modificación propuesta difieren de las realmente observadas en no más de 3 días en el 83% de los casos, contra el 48% del método original.

Palabras clave: Primeras y últimas heladas. Temperatura mínima mensual media.

FIRST AND LAST FROST AVERAGE DATA ESTIMATION

An adaptation of Papadakis's graphic method to estimate first and last frost average dates is presented. By means of daily meteorological data from 30 locations using 1961-1990 values it is corrected in the original graphic system the day position of the mean monthly minimum temperature, taking in account the negative termophase intensity of the annual temperature variation. Estimation of frost dates obtained with the proposed modification differ from those really observed in no more than 3 days in 83% of cases, instead of 48% in the original method.

Key words: First and last frost. Mean monthly minimum temperature.

INTRODUCCION

Las fechas medias de primeras y últimas heladas son índices agroclimáticos utilizados, entre otros, para evaluar la aptitud agrícola local o regional, pues permiten cuantificar la duración del llamado "período de cultivo" o "período vegetativo" durante el cual la frecuencia de ocurrencia de heladas es menor a una cada dos años.

En la Argentina, las primeras cartas agroclimáticas racionales referentes a estos valores fueron presentadas en una publicación poco difundida, el Atlas Agroclimático Argentino (Argentina, 1952/58), luego reproducidas por Burgos (Burgos, 1963). Estas cartas se realizaron utilizando la información de 260 estaciones meteorológicas desde principios de siglo hasta 1948.

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

² Consultor del Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CIBION) del CONICET, Serrano 669 2°P (1414) Buenos Aires.

Más recientemente, Damario y Pascale (1984) calcularon las fechas medias de primeras y últimas heladas clasificadas por grado de intensidad, desde 0° a -5°C, basándose para ello en un método de estimación propuesto por Papadakis (Papadakis, 1952), consistente en la utilización del valor climático al que llama "límite inferior mensual de temperatura" y "minimum minimorum media", también conocido como: "temperatura mínima mensual media". Se obtiene promediando las mínimas absolutas de cada mes, de una serie de años. Este valor no se informa en las estadísticas climatológicas argentinas.

En la estimación de Damario y Pascale (1984), se computan las temperaturas mínimas mensuales medias del período 1924/67 de 168 estaciones meteorológicas con las cuales, aplicando el método de Papadakis, se deducen las fechas medias y se traza la cartografía correspondiente. En el mismo trabajo, se discute previamente el método de estimación mencionado, consistente en puntear los valores de las temperaturas mínimas mensuales medias en una gráfica de coordenadas con días del año en abscisas y temperaturas en ordenadas, ubicando las correspondientes a enero y julio en el día 15° del mes, en el día 24° a los de los meses intermedios de la rama térmica descendente y en el día 6° a los de la rama ascendente. Los puntos en que la curva así formada corta a la ordenada de 0°, determinan las fechas de primeras y últimas heladas. La aplicación del método a localidades argentinas e italianas de diferentes regímenes térmicos, produjo resultados aceptables pero con ciertos desajustes atribuibles, según el análisis realizado, a la distinta ubicación a dar a los valores en el gráfico de acuerdo a ciertos factores ligados a las características de los datos térmicos, a saber: la mayor concentración de las mínimas hacia finales o principios de mes a medida que aumenta la amplitud térmica anual, las distintas temperaturas que se registran en las fechas de heladas, y por último la variabilidad en las fechas de ocurrencia de las mínimas absolutas mensuales. Papadakis, (1975) posteriormente cambió la ubicación de las temperaturas mínimas mensuales medias al último día del mes en la rama descendente y al primer día en la ascendente.

En este trabajo se presenta un nuevo criterio para la ubicación gráfica de las temperaturas mínimas mensuales medias de acuerdo con la intensidad de la termofase negativa anual, el cual aproxima con mayor exactitud las fechas medias observadas y estimadas de primeras y últimas heladas. Esta modificación fue adelantada en la VI Reunión Argentina de Agrometeorología (Damario y Pascale, 1994).

MATERIALES Y METODOS

Las temperaturas mínimas diarias del período 1961/90 registradas en 30 estaciones meteorológicas cubriendo todo el territorio desde Rivadavia (Salta, 24°10'S) hasta Río Gallegos (Santa Cruz, 51°57'S) y comprendiendo las diferentes modalidades en el régimen de heladas, se utilizaron para computar las temperaturas mínimas mensuales medias (**Tmm**) y las fechas medias observadas de primeras y últimas heladas (temperatura mínima igual o inferior a 0°C en abrigo meteorológico).

Sobre papel milimetrado, en sendas gráficas de coordenadas con días del año en abscisas y escala de temperatura en ordenadas, se puntearon las **Tmm** de cada una de las 30 localidades, ubicándolas según la propuesta de Papadakis 1952 y se unieron para conformar la curva anual. Asimismo, se señalaron en la gráfica los días correspondientes a las fechas medias observadas de primera helada (**HPO**) y última helada (**HUO**), para compararlas con las respectivas fechas medias estimadas (**HPE** y **HUE**) deducidas de los puntos en que la curva corta a la ordenada de 0°C.

Las diferencias en días entre fechas observadas y estimadas, se trataron de eliminar o minimizar cambiando la ubicación de las **Tmm** según fuera la intensidad de la termofase negativa, cuantificada por la cantidad de meses con **Tmm** ≤ 0°C en cada localidad.

La clasificación del material observacional de las 30 localidades de acuerdo con este criterio, permitió confeccionar una escala diferencial de las ubicaciones que permitió mayor coincidencia entre las fechas observadas y estimadas.

Para comprobar el ajuste del método en otros regímenes térmicos se utilizaron valores meteorológicos de localidades de Italia y EE.UU. de Norte América.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro N° 1 muestra los días de ubicación de las **Tmm** que produjeron los mejores resultados para la estimación.

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

Cantidad de meses con $T_{mm} \leq 0^\circ\text{C}$	Día de ubicación en el mes											
	En	Fb	Mz	Ab	My	Ju	Jl	Ag	St	Oc	Nv	Dc
7 ó más	15	26	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	15	3	3	3		
3				25	25	25	15	10	5	5		
2				25	25	25	15	12	5	5		
1				25	25	20	15	15	5	5		
0				25	25	15	15	15	10	10		

En recuadro, meses cuyas rectas de unión deben prolongarse hasta cortar la ordenada de 0 °C.

Es necesario aclarar algunos aspectos que llevaron al ordenamiento de las ubicaciones mensuales señaladas en el cuadro.

1°) Para el cómputo de **PHO** y **UHO** en aquellas localidades que registran años con una sola helada, se utilizó el criterio de considerarla como primera o última según ocurriera antes o después del 15 de julio, respectivamente.

2°) La estimación de las fechas de heladas por los puntos de intersección de la curva de T_{mm} con la ordenada de 0 °C, sólo puede hacerse para localidades con 2 ó más meses con $T_{mm} \leq 0^\circ\text{C}$.

3°) Para localidades con sólo 1 ó ningún mes con $T_{mm} \leq 0^\circ\text{C}$, la estimación se obtiene mediante la prolongación de las rectas de unión de los meses que en el Cuadro N° 1 figuran recuadrados.

4°) Las estimaciones por este método resultan poco precisas cuando se aplica a localidades con menos del 50% de los años con heladas.

Las ubicaciones de las T_{mm} recomendadas en el Cuadro N° 1 pueden explicarse si se recuerda que en aquellas localidades con $T_{mm} \geq 0^\circ$ en todos los meses del año, la suavidad del invierno

está asociada con menos tensiones térmicas en los meses intermedios y gran variabilidad en las fechas de ocurrencia de heladas. Por ello, la ubicación de las T_{mm} corresponde a los días centrales de los meses invernales y las fechas se estiman por prolongación. En la Fig. 1, Cerro Azul sirve como ejemplo.

La misma variación de las T_{mm} y las fechas, también se produce en localidades con 1 mes con $T_{mm} \leq 0^\circ\text{C}$, aunque en ellas ya comienza a manifestarse la mayor concentración de las mínimas absolutas hacia fines de mes en la rama descendente o hacia el principio del mes en la ascendente. Por ello, se mantiene el día 15° para julio y agosto, se atrasa al 20° para junio y al 25° y 5° para los demás meses (Ej.: Rivadavia en la Fig. 1).

Para localidades con dos ó tres meses con $T_{mm} \leq 0^\circ\text{C}$, la ubicación más anticipada de agosto (12° ó 10°) se relaciona con el grado diferencial de enfriamiento o cierta asimetría entre ambas ramas térmicas anuales, como se muestra en la Fig. 1 para Ceres y Córdoba.

A medida que aumenta la cantidad de meses con $T_{mm} \leq 0^\circ$, la ubicación de las T_{mm} se va

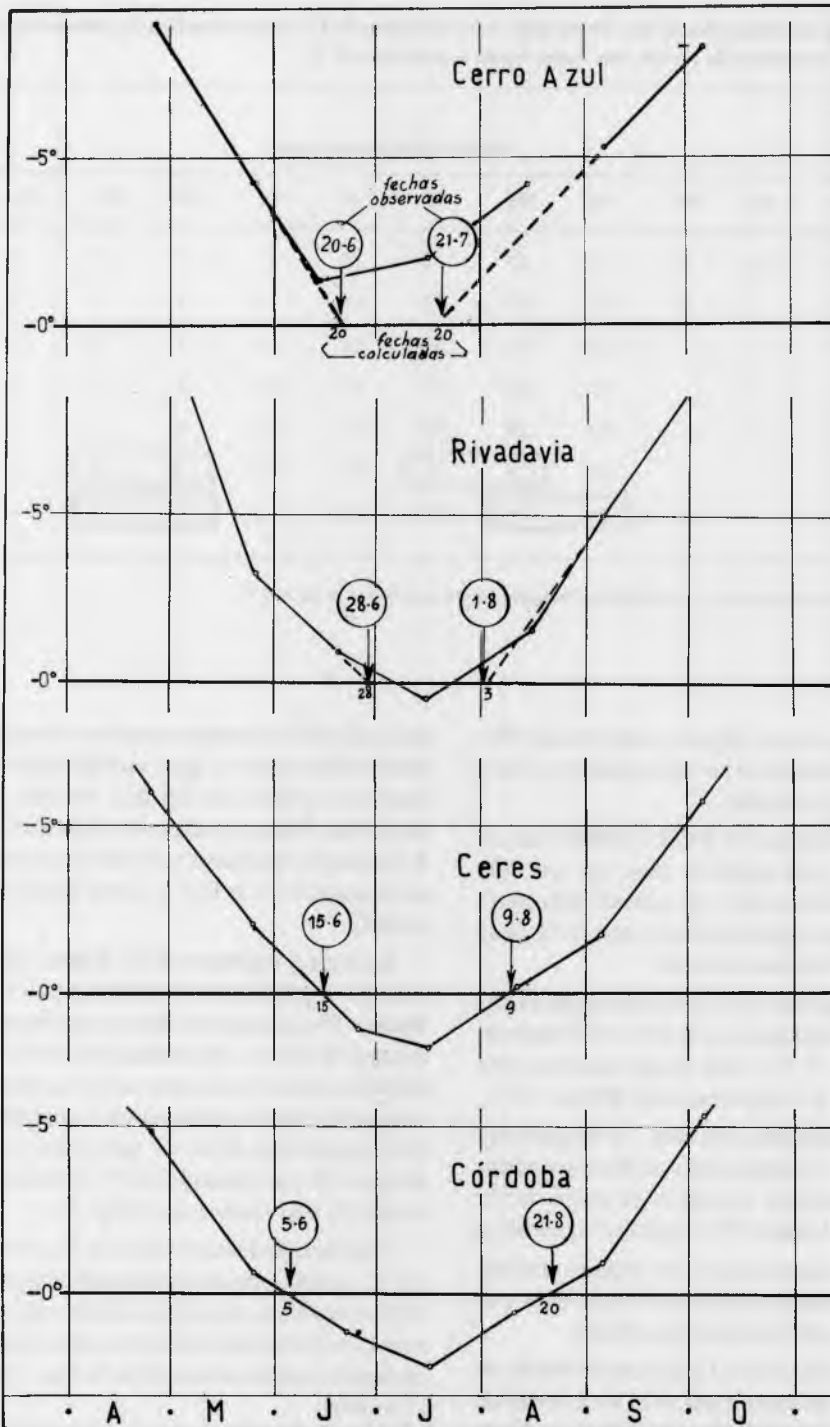
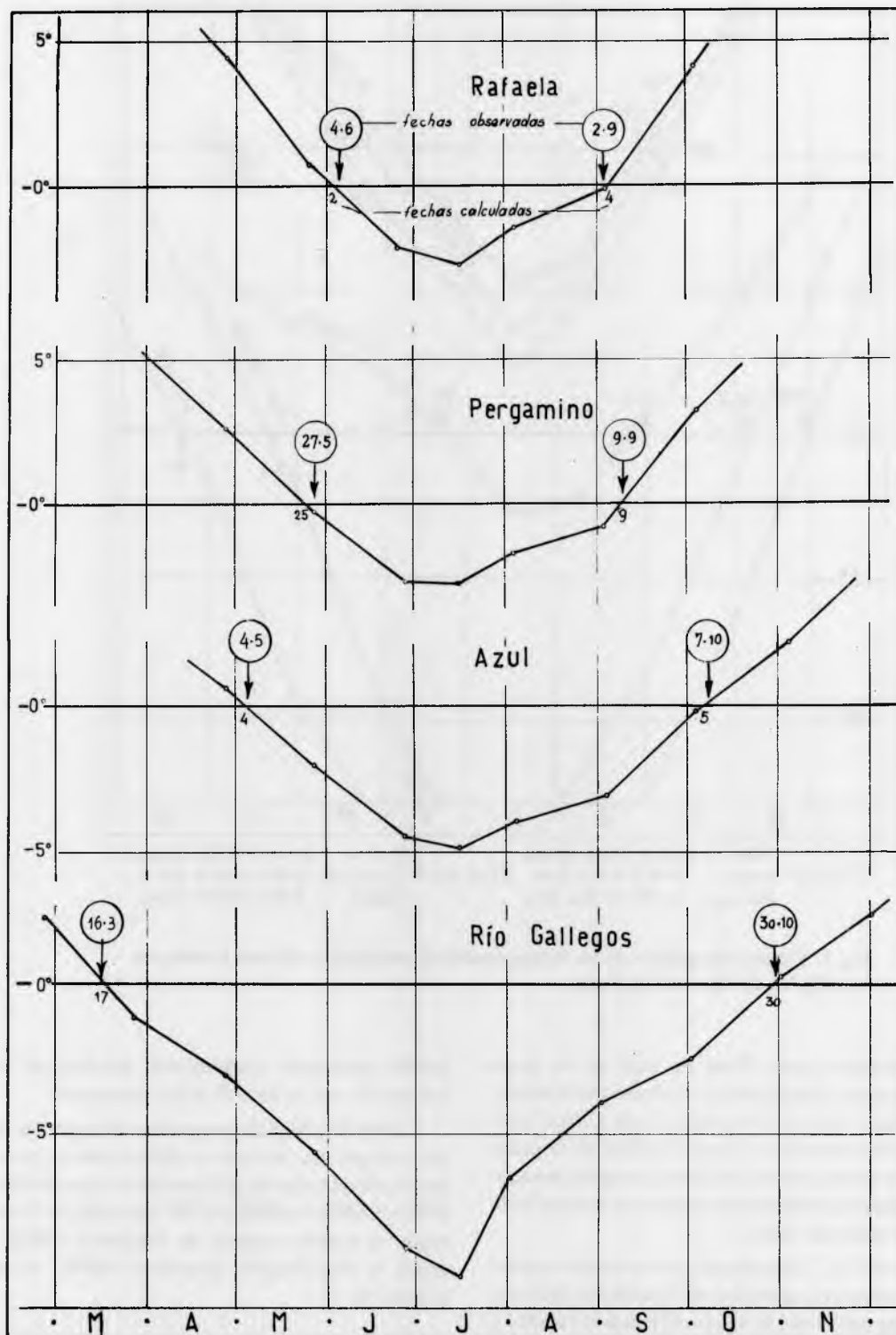


Fig. 1: Estimación gráfica de las fechas medias de primera y última helada en localidades argentinas.



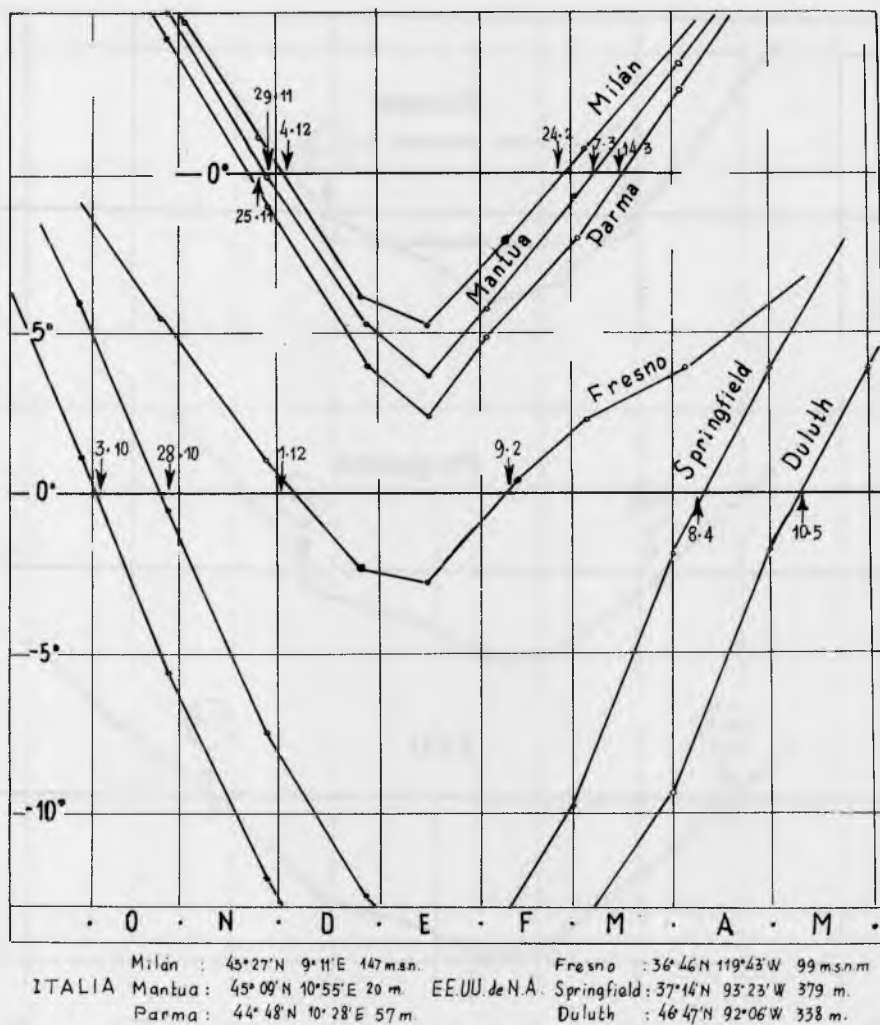


Fig. 2: Estimación gráfica de las fechas medias de primeras y últimas heladas en localidades del Hemisferio Norte.

desplazando hacia fines de mes en la rama descendente y hacia principios de mes en la ascendente (Ej.: Rafaela, Pergamino, Azul y Río Gallegos), demostrando la intensificación de la caída térmica otoñal hacia el invierno y el rápido aumento durante los meses primaverales en función de la mayor amplitud anual.

En la Fig. 2 se reproducen las curvas correspondientes a los ejemplos de localidades italianas y norteamericanas, las que confirman la bondad y

posible aplicación generalizada del método de estimación con la modificación propuesta.

Con la finalidad de comprobar el mayor ajuste que se logra con las nuevas ubicaciones propuestas, se computaron las diferencias en días entre las PHO y UHO y las PHE y UHE ubicando las Tmm según el método original de Papadakis (MO) y según la modificación propuesta (MM)' en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 2. Fechas medias de primeras y últimas heladas y período libre de heladas, estimadas por el método original (MO) y la modificación (MM)

Localidad	Período	de meses con Tmm ≤ 0 °C	1° helada			Última helada			Período libre de heladas				
			Fecha		Δ O-C		Fecha		Δ O-C		Obs.	MO	MM
			Obs.	MO	MM	Obs.	MO	MM					
1. Río Gallegos (SC)	71-90	8	75	-2	+1	303	+7	+2	137	128	136		
2. Trelew (RN)	60-90	7	115	-3	0	274	+8	+3	206	195	203		
3. Bordenave (BA)	60-89	7	114	-2	+1	283	0	-5	196	194	202		
4. Cipolletti (RN)	21-44	7	95	-5	-2	275	+10	+5	185	173	178		
5. Azul (BA)	61-87	6	124	-3	0	280	-1	-3	209	207	212		
6. Neuquen (N)	71-89	6	103	-6	-2	269	+5	+2	199	212	195		
7. Mar del Plata (BA)	68-87	6	137	+2	+5	282	+2	-1	220	220	226		
8. San Martín (Mz)	61-89	5	135	+3	+6	250	+4	+1	250	245	255		
9. Marcos Juárez (Cb)	68-90	5	142	-5	-2	259	+3	0	248	240	246		
10. Pergamino (BA)	71-90	5	147	-6	-2	252	+3	0	260	251	258		
11. Victorica (LP)	71-90	5	129	-8	-5	264	+7	+3	230	215	222		
12. V.M. del Río Seco (Cb)	81-89	5	140	-5	-2	250	+7	+3	255	243	250		
13. La Consulta (Mz)	71-84	5	121	0	+3	274	+1	0	212	211	217		
14. Balcarce (BA)	70-92	5	146	-4	-1	271	+3	0	240	233	239		
15. Rafaela (SF)	60-90	4	155	-3	-2	245	+6	+2	275	266	271		
16. Castelar (BA)	60-90	4	144	0	+1	244	+9	+6	265	256	260		
17. San Pedro (BA)	67-89	4	149	+2	+3	244	+8	+5	270	264	268		
18. Córdoba (C)	71-89	3	156	-1	0	233	-4	-1	288	291	289		
19. La Banda (SE)	61-87	3	163	-5	-4	232	-4	-2	296	295	294		
20. Chepes (LR)	71-89	3	163	-1	0	232	-5	-2	296	300	298		
21. P.R. Sáenz Peña (Ch)	61-90	2	173	-1	0	222	-4	-2	316	319	318		
22. Ceres (SF)	61-89	2	166	-1	0	221	-5	0	310	314	310		
23. La Rioja (LR)	71-89	2	166	-1	0	220	-1	+4	311	311	307		
24. Concordia (ER)	70-85	2	168	-2	-1	227	-9	-3	306	309	308		
25. Paraná (ER)	61-90	1	173	+7	+2	226	+1	0	312	318	314		
26. Buenos Aires	51-90	1	171	+4	0	210	+2	+1	326	328	325		
27. Rivadavia (S)	68-90	1	179	+8	+1	213	0	-1	331	339	333		
28. Cerro Azul (Ms)	68-90	0	171	-1	0	202	-4	-1	331	340	334		
29. Santo Domingo (J)	75-91	0	183	-4	-3	206	+4	+6	342	334	333		
30. Bella Vista (Cr)	63-90	0	179	+10	+2	216	-3	0	328	341	330		

Cuadro N° 3. Frecuencia parcial, acumulada y porcentual de la diferencia observado-calculado (0-C) en ambos métodos de observación.

Error 0-C días	MM			MO		
	Frecuencia			Frecuencia		
	Par- cial	acum.	%	Par- cial	acum.	%
0	16	16	27	4	4	7
1	12	28	47	10	14	23
2	14	42	70	7	21	35
3	8	50	83	8	29	48
4	2	52	87	9	38	63
5	5	57	95	7	45	75
6	3	60	100	3	48	80
7				4	52	87
8				4	56	93
9				2	58	97
10				2	60	100

Las diferencias entre fechas observadas y estimadas se indican en el Cuadro N° 2 para las 30 localidades utilizadas en el análisis, clasificadas según la cantidad de meses con $T_{mm} \leq 0^{\circ}\text{C}$. Se indican también las fechas de **PHO** y **UHO** en día calendario y, en la última columna la extensión en días del período libre de heladas, observado y estimado.

Considerando el valor absoluto de las diferencias entre fechas observadas y estimadas los promedios de las 30 estimaciones por el método original, computan 3,2 días para las primeras heladas en comparación con los 1,8 días del méto-

do modificado. En el caso de las últimas heladas los respectivos promedios de diferencias absolutas son de 4,3 días para el **MO** y de 2,2 días para el **MM**.

Como muestran las cifras del Cuadro N° 3, considerando las 60 estimaciones en conjunto, la cantidad de casos con errores de hasta 3 días alcanza al 83% para el **MM** en comparación con sólo el 48% para el **MO**. Además, en el **MM** hay solo 3 casos con error máximo de 6 días, mientras que el **MO** totaliza el 20% de casos que superan esa magnitud de error. Estos datos son por demás confirmatorios de la bondad de la modificación propuesta para la ubicación de las **Tmm** en la estimación gráfica de las fechas de heladas.

En relación con el período libre de heladas, puede observarse que en 22 de los 30 casos, las estimaciones por el **MM** producen una mejor aproximación a las duraciones reales. Para el conjunto de los 30 casos el error promedio absoluto del **MM** alcanzó a 3,4 días en comparación con los 5,9 días de error medio del **MO**.

CONCLUSIONES

La aproximación conseguida en la estimación de las fechas medias de primeras y últimas heladas por el método de Papadakis 1952, se mejora modificando la ubicación gráfica de las temperaturas mínimas mensuales medias en días del mes variables según la cantidad de meses con $T_{mm} \leq 0^{\circ}\text{C}$.

La aplicación del método a 30 localidades argentinas con información meteorológica durante el período 1961/90, produjo estimaciones de las fechas medias de primeras y últimas heladas que difirieron de las realmente observadas en no más de 3 días en el 83% de los casos y error máximo de 6 días solamente en 3 (5 %).

BIBLIOGRAFIA

- ARGENTINA** 1952/58.- Atlas Agroclimático Argentino. Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires.
- BURGOS J.J.** 1963.- Las heladas en la Argentina - INTA Colección Científica, vol. 3, 388 pág. Buenos Aires.
- DAMARIO E.A.** y **A.J. PASCALE** 1984.- Fechas medias estimadas 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** 1994.- Validación del método de estimación de fechas medias de primeras y últimas heladas. *Actas VI Reunión Argentina de Agrometeorología*, 4:53-54, Córdoba, Argentina.
- PAPADAKIS J.** 1952.- Mapa ecológico de la República Argentina.- 2a ed., I. texto, 231 pag, y figuras- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Buenos Aires.
- PAPADAKIS J.** 1975.- *Climates of the world an their potentialities.* Ed. by the autor, 200 pág. Buenos Aires.