

# FECHAS MEDIAS ESTIMADAS DE PRIMERAS Y ÚLTIMAS TEMPERATURAS MINIMAS PERJUDICIALES PARA LOS CULTIVOS EN LA ARGENTINA

E. A. Damario y A. J. Pascale (\*)

*Recibido: 14/11/84*

*Aceptado: 20/12/84*

## RESUMEN

Se presentan 14 cartas agroclimáticas de las fechas medias de primeras y últimas temperaturas de 3<sup>o</sup>, 0<sup>o</sup>, -1<sup>o</sup>, -2<sup>o</sup>, -3<sup>o</sup>, -4<sup>o</sup> y -5<sup>o</sup>C para el territorio de la Argentina. Los niveles considerados son temperaturas críticas para el crecimiento de distintos cultivos agrícolas en las diferentes etapas de su desarrollo.

Para confeccionar las cartas se utilizan valores estimados mediante la aplicación del método gráfico de aproximación propuesto por Papadakis (1951) basado en las temperaturas mínimas mensuales medias. La eficiencia del método se discute previamente en su aplicación a dos áreas geográfica y climáticamente diferentes: la pradera pampeana argentina y la región italiana del valle del Po. Se analizan las posibles causas de los desajustes encontrados con el propósito de formular una metodología de corrección y ajuste.

## ESTIMATED AVERAGE DATES OF FIRST AND LAST MINIMUM TEMPERATURES HURTFUL FOR CROPS, IN ARGENTINA

### SUMMARY

Fourteen agroclimatic charts corresponding to first and last average dates of minimum temperatures of 3<sup>o</sup>, 0<sup>o</sup>, -1<sup>o</sup>, -2<sup>o</sup>, -3<sup>o</sup>, -4<sup>o</sup> and -5<sup>o</sup>C in Argentina, are presented. Those levels are critical temperatures for different growing stages in several agricultural crops.

The values used to make the charts are those worked out by the graphic method of approximation proposed by Papadakis in 1951, based on the mean monthly minimum temperatures. The efficiency of the method is discussed in two different climatic areas: the Argentine Pampean Prairie and the Italian Po River Valley. The possible reasons for observed disagreements are analyzed.

## INTRODUCCION

La temperatura del aire, como expresión de la disponibilidad energética y de la intensidad del intercambio calórico, es un índice adecuado para interpretar las transformaciones de masa y de estructura que caracterizan al ciclo biológico vegetal. Su acción biometeorológica se manifiesta por la intensidad de

sus valores extremos, por la permanencia y continuidad dentro de niveles específicos o por la amplitud de las variaciones que manifiesta su marcha diaria y anual.

Dentro del primer efecto se destacan aquellos descensos térmicos capaces de ocasionar daños por congelamiento a los tejidos vegetales, los cuales se designan generalmente como "heladas". Uno de los aspectos im-

\* Cátedras de Climatología y Fenología Agrícolas de las Facultades de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata, 60 y 118, (1900) La Plata y Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín, (1417) Buenos Aires, respectivamente.

portantes del régimen agroclimático de heladas es aquel relativo a las fechas medias de ocurrencia de las primeras u otoñales y las de las últimas o primaverales, ambas de apreciable significación por coincidir con períodos en los cuales los cultivos agrícolas presentan una menor resistencia a las bajas temperaturas. El conocimiento de tales fechas medias y el de su variabilidad, es indispensable en problemas referentes a la planificación del uso de la tierra, selección de cultivos y cultivares, fijación del calendario de siembra y demás operaciones culturales, etc. Mayor utilidad aportará este conocimiento si las fechas medias corresponden a heladas clasificadas según su intensidad, por cuanto el grado de resistencia vegetal varía según las especies y cultivares, su estado fenológico, los órganos considerados, etc. (Damario y Pascale, 1955).

Para responder a esta última conveniencia se presentan aquí para la Argentina, las cartas agroclimáticas de fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas iguales o inferiores a 3°, 0°, -1°, -2°, -3°, -4° y -5°C, bajo abrigo meteorológico y a 1,50 m de altura. Estos valores fueron estimados mediante la aplicación y ajuste del método de aproximación propuesto por Papadakis (1951), cuya eficiencia se discute previamente. La elección de los referidos niveles térmicos tiene un marcado sentido brometeorológico. Así, el de 3°C ó inferior puede ser considerado como indicador de "helada probable" a nivel del suelo porque los enfriamientos radiativos van generalmente acompañados de inversión térmica. El nivel de 0°C reconocido internacionalmente como "helada" en los estudios meteorológicos, podría expresar la ocurrencia probable de daño en cualquier estado fenológico para cultivos muy sensibles, tal como los anuales estivales y los perennes termófilos. Cartas referentes a las fechas correspondientes a este nivel fueron confeccionadas anteriormente para la Argentina (Servicio Meteorológico Nacional, 1953). Los restantes niveles podrían aplicarse a los diferentes estados fenológicos de cultivos perennes criófilos con descanso inver-

nal, a los de media estación y aún a los anuales invernales, en todos los cuales la resistencia a heladas es variable durante el período vegetativo. No se han considerado niveles inferiores a -5°C, pues heladas de mayor intensidad siempre causan daños cuando ocurren durante el período de crecimiento activo.

## MATERIALES Y METODOS

La determinación clásica de las fechas medias de primeras y de últimas temperaturas mínimas iguales o inferiores a un nivel térmico dado consiste en extraerlas anualmente desde un registro meteorológico de muchos años, promediando finalmente los valores encontrados. Esta tarea es tediosa cuando los datos diarios no están preparados para su procesamiento electrónico o no son asequibles. Para obviar este inconveniente, Papadakis (1951) propuso un método de estimación que utiliza solamente los valores de temperaturas mínimas mensuales medias a los que vuelca sobre una gráfica con escala térmica en ordenadas y días del año en abscisas, ubicando en el día 15 del mes a las temperaturas correspondientes al mes más frío del año (julio para la Argentina) y en los días 25 y 5 a las de los meses anteriores y posteriores al mismo. Este criterio responde a la concentración del enfriamiento invernal que concede a las mínimas absolutas mayor posibilidad de ocurrencia en los últimos días de los meses otoñales y en los primeros de los primaverales. La unión de los puntos así ubicados origina una curva cuya intersección con la ordenada de los 0°C determinará las fechas medias de últimas y primeras heladas que, según el autor del método, enmarcan el "período medio libre de heladas fuertes"; las fechas de corte con la ordenada de 2°C limitan el "período razonablemente libre de heladas" y, por fin, aquel determinado por los cortes con la ordenada de los 7°C, el "período enteramente libre de heladas" (Papadakis, 1975). En esta publicación también adelanta

una posible utilización del método para períodos anuales con niveles térmicos inferiores a 0°.

La temperatura mínima mensual media (TMMM) es un valor climático también denominado mínima minimorum media o mínima absoluta media, que se obtiene promediando las temperaturas mínimas absolutas mensuales registradas en cada uno de los años de una serie suficientemente prolongada. Lamentablemente, este valor no figura en las estadísticas climatológicas corrientes, por lo que la publicación generalizada del método queda restringida a la escasa disponibilidad de información adecuada, tal como la provista por el Meteorological Office (1958).

La comprobación y ajuste del método de Papadakis en su extensión para estimar las fechas correspondientes a los 7 niveles de heladas (3°, 0°, -1°, -2°, -3°, -4° y -5°C), se realizó utilizando los registros meteorológicos diarios de las estaciones y períodos señalados en el Cuadro 1. Los datos de las localidades italianas permitieron comprobar el método en otro ambiente climático \*. Con este material se computaron por el método clásico los siguientes valores:

- a) Las TMMM y sus desviaciones típicas.
- b) Las fechas medias "observadas" de primeras y últimas temperaturas mínimas iguales o inferiores a cada uno de los 7 niveles térmicos y sus respectivas desviaciones típicas.
- c) El promedio y la desviación típica de la fecha de registro de la temperatura mínima absoluta mensual.
- d) El promedio y la desviación típica de las series de temperaturas mínimas registradas anualmente en las fechas de ocurrencia de primeros y últimos niveles térmicos considerados.

Los valores de a) y b) convenientemente representados en sendos gráficos se usaron

para analizar la adecuación del sistema de estimación y desarrollar la metodología de trabajo.

La aplicación de la metodología adoptada a los valores climáticos de 168 estaciones meteorológicas argentinas, con períodos observacionales entre 10 y 38 años \*\*, permitió estimar gráficamente las fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas iguales o inferiores a los 7 niveles con las cuales se confeccionaron las cartas agroclimáticas correspondientes. Para homogeneizar la información procedente de series de distinta duración y períodos no simultáneos, el trazado final de las isodatas para los días 1°, 11 y 21 de cada mes, resultó de aplicar una técnica similar a la recomendada por Hovmöller (1967), es decir, superponiendo la carta con isolíneas de trazado muy generalizado según los datos de pocas localidades con series de 25 años ó más, con aquella de mayor precisión regional obtenida con menor número de años y más estaciones meteorológicas.

Las cartas de fechas de primeras heladas comprenden isolíneas hasta el 11 de julio y las correspondientes a las últimas comienzan con la del 21 de julio. Este criterio se adoptó atendiendo a que el enfriamiento térmico extremo en la Argentina ocurre a mediados de julio.

Por falta de información suficiente no se consideraron las situaciones con altitudes superiores a los 1.000/1.500 m sobre el nivel del mar. En la región patagónica, las isolíneas deben considerarse como provisorias teniendo en cuenta la escasa información y la ubicación especial de las estaciones utilizadas. Algunas situaciones muy particulares como las del Valle del Río Negro, donde a la condición topoclimática especial se agrega la alteración introducida por los cultivos y el regadío, fueron consideradas en forma separada.

\*) Los valores meteorológicos de las estaciones italianas fueron provistos gentilmente por el Profesor Francisco Mattei (†) del Ufficio Centrale di Ecologia Agraria de Roma.

\*\*) Datos del Archivo del Servicio Meteorológico Nacional.

CUADRO 1: Estaciones meteorológicas argentinas e italianas utilizadas para comprobar el método de estimación de las fechas medias de ocurrencia de primeras y últimas temperaturas perjudiciales para los cultivos.

| ARGENTINA *     |             |         |           | ITALIA *  |             |         |           |
|-----------------|-------------|---------|-----------|-----------|-------------|---------|-----------|
| Localidad       | Coordenadas |         | Alt.<br>m | Localidad | Coordenadas |         | Alt.<br>m |
|                 | Lat. S      | Long. W |           |           | Lat. N      | Long. E |           |
| Paraná          | 31° 47'     | 60° 29' | 79        | Cuneo     | 44° 24'     | 07° 31' | 536       |
| Nueve de Julio  | 35° 27'     | 60° 53' | 76        | Parma     | 44° 48'     | 02° 02' | 57        |
| Trenque Lauquen | 35° 58'     | 62° 44' | 95        | Piacenza  | 45° 02'     | 02° 44' | 50        |
| Las Flores      | 36° 02'     | 59° 06' | 34        | Mantova   | 45° 09'     | 01° 40' | 20        |
| Azul            | 36° 45'     | 59° 50' | 132       | Milano    | 45° 28'     | 03° 06' | 121       |
| Mar del Plata   | 38° 08'     | 57° 33' | 24        | Desenzano | 45° 28'     | 01° 55' | 64        |

\* Período de registro para la Argentina: Paraná (1934/68), Nueve de Julio (1918/50), Trenque Lauquen (1910/49), Las Flores (1902/49), Azul (1918/50) y Mar del Plata (1905/50). Para Italia: todas las localidades período 1951/71.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1) Ajuste del método de estimación

Los resultados obtenidos al aplicar en las localidades del Cuadro 1 el método de Papadakis, produjeron diferencias entre valores observados y valores estimados que fue necesario discutir antes de generalizar la aplicación del sistema. Así, como lo muestran los 4 ejemplos gráficos incluidos en la Figura 1 hubo una diferente adecuación del método en las dos áreas con información utilizada: la pampeana argentina y la italiana del valle del Po.

En la Argentina, las fechas observadas y las estimadas a partir de la curva producida por la ubicación de las TMMM en las fechas propuestas por Papadakis muestran buena correspondencia, especialmente para aquellos niveles térmicos que se registran en más del 85 por ciento de los años de las series, como son los de 0° para Paraná y hasta -2° para 9 de Julio, y que se diferencian en los gráficos mediante símbolos llenos. En cambio, para aquellas mínimas que ocurren con menor frecuencia media anual y que, al ser

más bajas que la menor TMMM, quedan por debajo de la curva, el método de aproximación resulta inaplicable. La solución que se propone para poder estimar las fechas medias de estos niveles, consiste en interpolar y proyectar gráficamente sendas líneas rectas entre los puntos de la curva correspondiente a los meses de marzo, abril y mayo en la parte descendente y de septiembre, octubre y noviembre en la ascendente, tal como puede apreciarse en la Figura 1. Pareciera que en ciertos casos, por ejemplo en la rama ascendente de 9 de Julio, se mejoraría el ajuste cambiando algo la ubicación de las TMMM.

En las localidades italianas se evidencia, en cambio, un desajuste general, ya que las fechas observadas de niveles térmicos quedan por encima de la curva trazada según las TMMM. Esto sugiere que la ubicación de estas últimas debiera correrse hacia el último día de los meses en la rama descendente y al día inicial en los de la rama ascendente. Además, por la gran intensidad del enfriamiento invernal que registran estas localidades, la aplicación del sistema de estimación puede extenderse sin problemas hasta el nivel térmico de -5°, aunque admite el trazado de las rectas de ajustamiento anteriormente propuestas para las argentinas.

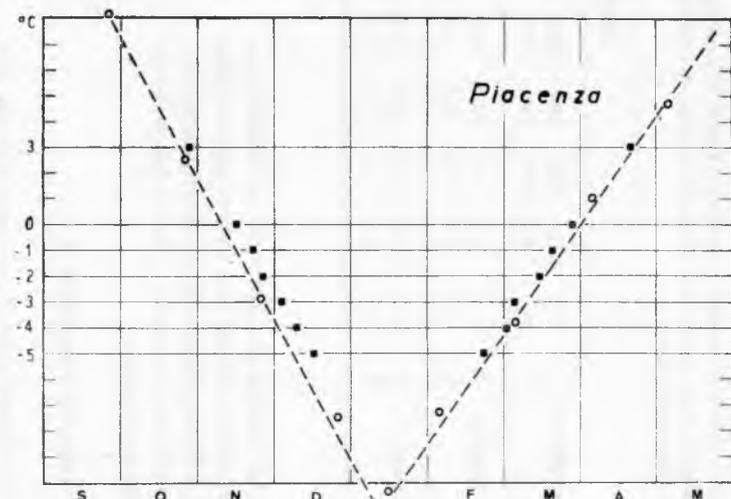
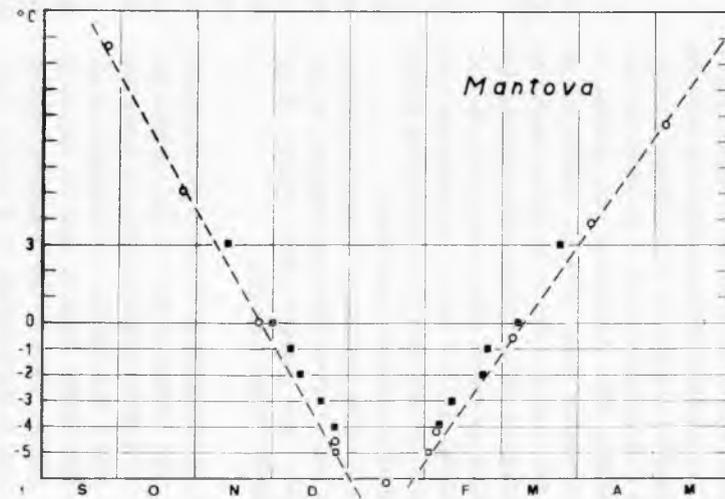
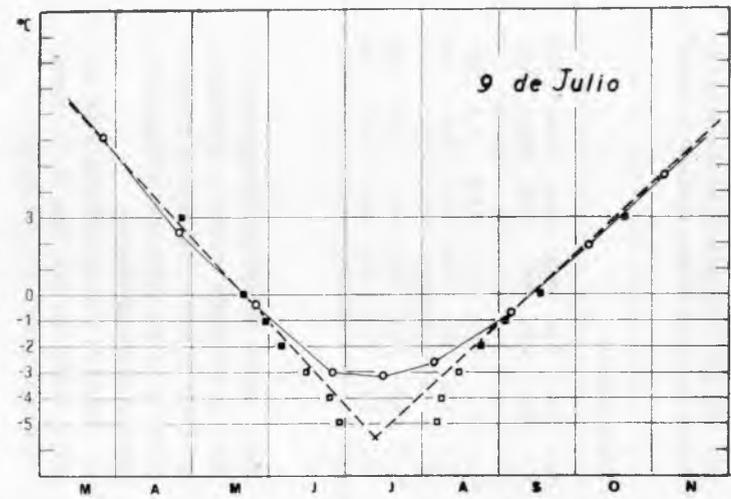
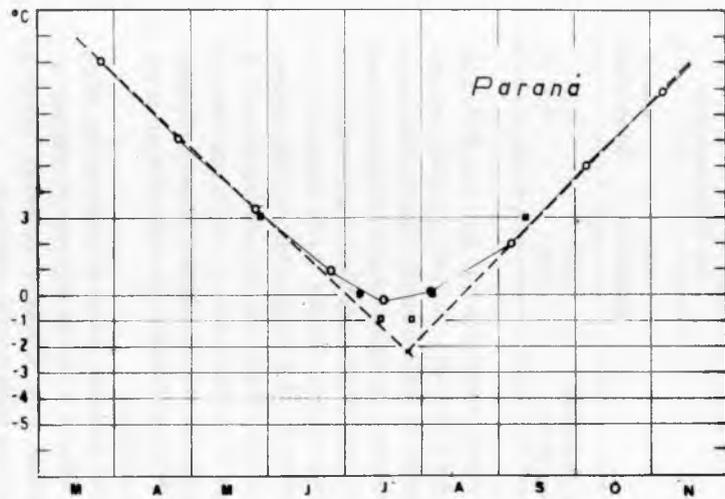


Figura 1: Aplicación del método de Papadakis (1951) a dos localidades argentinas: Paraná y 9 de Julio, y a dos italianas: Mantova y Piacenza. Con O se indica la ubicación de las TMM y con ■ las fechas medias observadas de los diferentes niveles térmicos.

CUADRO 2: Promedios y desviación típica de las series constituidas por el día número del mes en que se registran las temperaturas mínimas absolutas en cada mes, durante el período de años analizado y para las localidades del Cuadro 1.

| Localidades | Meses correspondientes |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |      |
|-------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
|             | Ene.<br>Jul.           | Feb.<br>Ago. | Mar.<br>Sep. | Abr.<br>Oct. | May.<br>Nov. | Jun.<br>Dic. | Jul.<br>Ene. | Ago.<br>Feb. | Sep.<br>Mar. | Oct.<br>Abr. | Nov.<br>May. | Dic.<br>Jun. |      |
| Argentinas  | $\bar{X}$              | 14,8         | 14,7         | 19,3         | 20,0         | 20,0         | 19,5         | 15,7         | 15,0         | 10,7         | 13,0         | 11,3         | 12,7 |
|             | $\sigma$               | 9,5          | 8,5          | 8,8          | 8,3          | 7,6          | 7,7          | 9,6          | 8,9          | 7,4          | 9,2          | 8,4          | 8,0  |
| Italianas   | $\bar{X}$              | 13,2         | 20,2         | 21,2         | 22,7         | 23,5         | 21,5         | 15,2         | 10,3         | 10,2         | 11,3         | 7,7          | 8,5  |
|             | $\sigma$               | 8,7          | 8,2          | 7,1          | 7,4          | 5,4          | 8,5          | 8,5          | 7,2          | 6,6          | 8,5          | 6,7          | 7,6  |

La distinta ubicación de las TMMM que permitiría obtener una mejor aproximación a las fechas observadas puede atribuirse a varias razones, emergentes de los diferentes regímenes térmicos.

#### a) Amplitud térmica anual

En primer lugar, es admisible suponer que cuanto mayor sea la amplitud térmica anual, las temperaturas mínimas absolutas tenderán a registrarse más hacia el fin del mes en la rama descendente o hacia el principio en la ascendente. Para comprobar esta premisa, se computaron para todas las localidades de ambas áreas (Cuadro 1) las fechas medias de ocurrencia de las temperaturas mínimas absolutas mensuales en el período de años considerado. En el Cuadro 2 se consignan estas fechas de cada área (y sus respectivas desviaciones) para meses equivalentes.

Las cifras del Cuadro 2 permiten deducir dos hechos destacables con relación a la ubicación que correspondería asignar a las TMMM a lo largo del año:

- x) La ubicación en el centro del mes, es decir, cercana al día 15, que debiera corresponder teóricamente a los meses más frío y más caliente, se manifiesta en las localidades italianas para los meses de enero y julio. En las localidades argentinas, a consecuencia de la mayor suavi-

dad y menor definición del régimen térmico, la ubicación central se extiende a los meses de enero y febrero en verano y a julio y agosto durante el enfriamiento invernal, respectivamente.

- xx) La ubicación correspondiente a los meses restantes en cada una de las ramas térmicas resulta, como promedio:

|                  | Día N° del mes en la: |                     |
|------------------|-----------------------|---------------------|
|                  | rama<br>ascendente    | rama<br>descendente |
| Loc. argentinas: | 19,8                  | 12,0                |
| Loc. italianas:  | 21,8                  | 9,6                 |

Puede observarse que hay una diferencia regional de 2 días en otoño y 2,4 días en primavera. Es posible suponer que tal diferencia obedezca a la disímil amplitud térmica anual pues una mayor amplitud y la consiguiente mayor tensión térmica diaria, favorecería la ocurrencia de la temperatura mínima absoluta en los últimos días de cada mes durante la etapa de enfriamiento y, por lo contrario, el rápido crecimiento térmico durante el calentamiento primaveral, las registraría en el inicio mensual.

Sin embargo, como lo muestran las cifras del Cuadro 3, en las regiones geográficas argentinas con diferente amplitud térmica anual, esa regla resultó rechazada.

**CUADRO 3: Día promedio de ubicación en el mes de la temperatura mínima absoluta mensual en las localidades argentinas de distinta amplitud térmica anual.**

| Amplitud térmica anual | Nº de localidades | Otoño (mar., abr., may., jun.) | Primavera (set., oct., nov., dic.) |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| > 16°                  | 4                 | 19,6                           | 11,2                               |
| 12° a 16°              | 7                 | 19,6                           | 11,4                               |
| < 12°                  | 5                 | 19,2                           | 11,2                               |

**b) Temperatura mínima registrada anualmente en la fecha de cada nivel térmico**

Llama también la atención observar que a pesar de corresponder a la TMMM una ubicación cercana al día vigésimo en los meses de la rama térmica descendente y al día décimo en la ascendente, el ajuste gráfico con las fechas "observadas" de los diferentes niveles térmicos, se obtiene ubicando las TMMM en los días Nº 25 y 5 para las argentinas y en los días 30 y 1° para las italianas.

La explicación de esta diferencia podría, tal vez, atribuirse a que todas las temperaturas mínimas registradas en los días que componen la serie de la cual se deriva la fecha

media de cada nivel, es siempre un valor inferior al que define el nivel. El en Cuadro 4 se consignan las cifras obtenidas como promedio para todas las localidades de cada área, las cuales sólo muestran diferencias muy pequeñas y variables sin tendencia. Con la consideración conjunta de los dos últimos criterios, es decir, las fechas reales de ubicación de las TMMM y la temperatura promedio registrada en cada nivel considerado, se construyeron los gráficos de la Figura 2. Puede observarse el ajustamiento casi perfecto que se obtiene especialmente para las dos localidades italianas, mientras que en las argentinas, si es mejor la coincidencia en Paraná, se desajusta ligeramente en la rama ascendente de 9 de Julio, lo que estaría indicando que aunque ambos aspectos tienen influencia sobre la ubicación que debe asignarse a las TMMM en el método gráfico estimativo, no alcanzan a explicarla totalmente. Por otra parte, estos valores deberían calcularse especialmente en cada caso de aplicación.

**c) Variabilidad anual de la fecha de ubicación de la TMMM**

Por último, puede suponerse que la diferente ubicación de las TMMM que producirá los mejores ajustes en ambas áreas, debe es-

**CUADRO 4 Valores obtenidos al promediar las series de temperaturas mínimas (°C) registradas anualmente en las fechas de comienzo y fin de cada nivel térmico, correspondientes a las localidades del Cuadro 1 agrupadas por áreas ( $\bar{X}$  = temperatura media;  $\Delta$  = desvío respecto del nivel térmico).**

|                        | Nivel térmico |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 3°            |      | 0°   |      | -1°  |      | -2°  |      | -3°  |      | 4°   |      | -5°  |      |
|                        | Pr.           | Ult. | Pr.  | Ult. | Pr.  | Ult. | Pr.  | Ult. | Pr.  | Ult. | Pr.  | Ult. | Pr.  | Ult. |
| Localidades argentinas | $\bar{X}$ 1,9 | 1,9  | -1,0 | -0,9 | -2,0 | -1,9 | -2,9 | -2,7 | -4,0 | -3,7 | -5,0 | -4,9 | -5,9 | -5,7 |
|                        | $\Delta$ 1,1  | 1,1  | 1,0  | 0,9  | 1,0  | 0,9  | 0,9  | 0,7  | 1,0  | 0,7  | 1,0  | 0,9  | 0,9  | 0,7  |
| Localidades italianas  | $\bar{X}$ 2,2 | 2,2  | -0,8 | -0,7 | -1,8 | -1,8 | -2,8 | -2,8 | -4,1 | -3,9 | -5,0 | -4,8 | -6,0 | -5,7 |
|                        | $\Delta$ 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 0,9  | 1,0  | 0,8  | 1,0  | 0,7  |

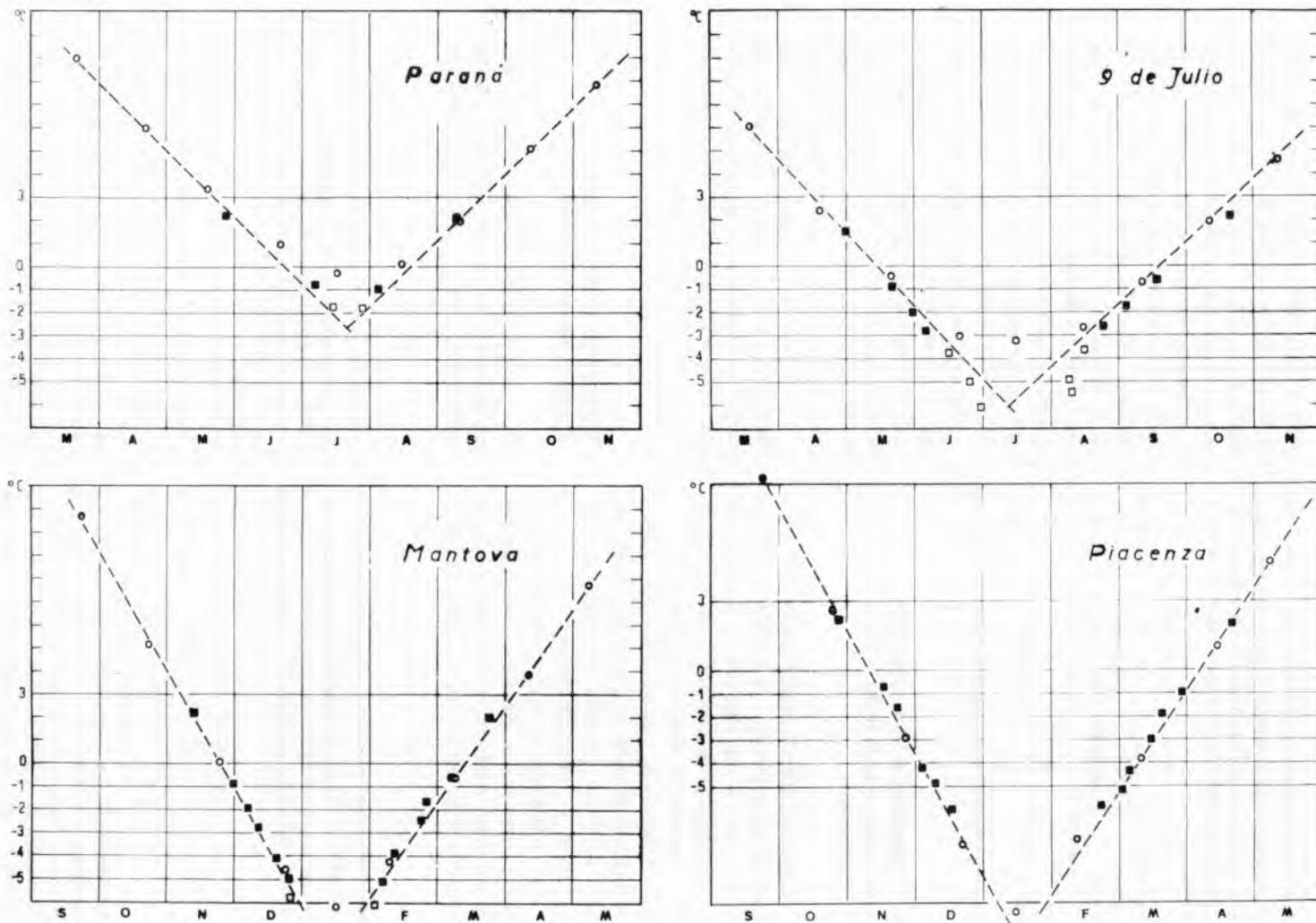


Figura 2: Fechas reales de ubicación de las TMM y temperatura mínima promedio registrada en cada nivel considerado, para las localidades de la Figura 1.

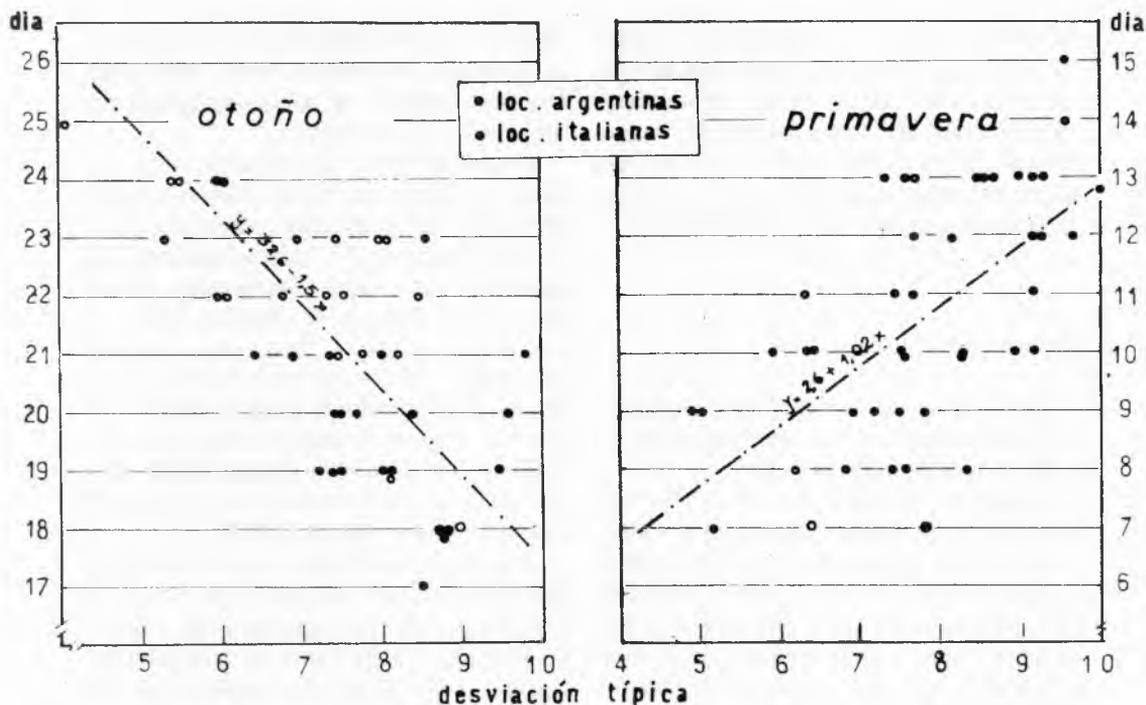


Figura 3: Relación entre los días de ubicación promedio de las temperaturas mínimas absolutas y sus respectivas desviaciones típicas, en el conjunto de localidades de las dos áreas y para los meses integrantes de cada rama térmica anual.

tar relacionada con la variabilidad que muestran las fechas de ocurrencia de las temperaturas mínimas absolutas mensuales cuyos valores, como desviación típica promedio para cada área, se consignan en el Cuadro 2. Si tal variabilidad no existiera, es decir, si  $\sigma = 0$ , la mínima absoluta debería ocurrir todos los años en el último día de cada mes de la rama térmica descendente, en el primer día de cada mes de la rama ascendente y en el día medio en los meses de culminación de la onda de variación anual de la temperatura.

Para comprobar la suposición precedente, se realizó una gráfica (Figura 3) relacionando los valores medios y de variabilidad de las fechas de ocurrencia de la temperatura mínima absoluta mensual en cada rama de la marcha técnica anual. Para ello, se utilizaron los pares de valores mensuales correspondientes a cada una de las localidades con las cuales se

obtuvieron los promedios del Cuadro 2. Puede observarse como a medida que aumenta la variabilidad las fechas medias se desplazan hacia el día décimo quinto del mes (15avo) demostrando así la posible incidencia de este factor sobre la ubicación a dar a las TMMM para trazar la gráfica de estimación. Para los meses extremos de verano e invierno, la variabilidad de las fechas no presentó la tendencia señalada precedentemente.

Concluyendo, se puede admitir que los tres aspectos analizados operan conjuntamente y permiten explicar porque el ajuste más favorable se consigue ubicando las TMMM en los días 25 y 5 para la Argentina y en los días 30 y 1° en las italianas.

Para establecer una regla general sobre la correcta ubicación de las temperaturas mínimas mensuales medias en las gráficas de estimación, sería necesario extender el análisis a

un mayor número de localidades y regímenes térmicos. Por el momento y para los fines de este trabajo, el trazado de las cartas agroclimáticas de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales a los cultivos en la Argentina se realizó con la ubicación recomendada originalmente por Papadakis.

## 2) Cartas agroclimáticas

Las 14 cartas de las Figuras 4 a 10, son el resultado de aplicar en la Argentina el método de estimación antes explicado.

En general, puede observarse que las trayectorias de las isodatas siguen un esquema general similar al presentado en cartas trazadas anteriormente (Burgos, 1963). Dentro de esa tendencia general, que difiere de la de las isotermas, merecen destacarse dos hechos significativos. El primero es la gran cuña de penetración de las temperaturas mínimas señalada en la parte centro-norte del país correspondiente a la región chaqueña semiárida. Esta cuña, tanto más evidente cuanto menor es el nivel térmico considerado, responde no sólo a la posibilidad de un mayor enfriamiento radiativo, sino también a la penetración irrestricta del aire frío unido a la inflexión contraria que provoca la influencia del sistema fluvial y las condiciones más húmedas mesopotámicas, estableciéndose para igual latitud, entre ambas regiones, diferencias del orden de los 30 a 40 días entre las fechas medias. Queda evidenciada, asimismo, la mayor acción morigeradora que ejerce el río Paraná con relación a la del río Uruguay. El otro hecho es el trazado casi vertical que tienen las isodatas en la región patagónica al sur de los 40° de latitud, concordante aquí con el de las isotermas, y la amplia variación en las fechas con la reducción de la altura y el acercamiento a la costa atlántica.

También resalta en las cartas la influencia de los sistemas orográficos de Tandil y de la Ventana que, sumada al efecto oceánico so-

bre las costas cercanas, en el sud y sudeste de la provincia de Buenos Aires, determinan una gran variación de las fechas en una distancia de pocos kilómetros.

Las cartas referentes al nivel de + 3°C, indican que el período medio libre de heladas, probable a nivel del suelo, tiene una duración superior a los 355 días en una reducida superficie costera a los ríos Paraguay y Paraná, en las provincias de Formosa, Chaco y Corrientes. Resulta la única área del país donde en el 50 por ciento de los años no se producen temperaturas mínimas inferiores a los 3° sobre cero, aunque pueden ocurrir heladas de -1° a -2°C con una probabilidad estimada del 5 por ciento -una vez cada 20 años- (Damario y Pascale, 1980).

Las cartas para el nivel de 0°C ó inferior coinciden bastante aproximadamente con las homólogas del Atlas Agroclimático Argentino (Burgos, 1963), tanto en la trayectoria como en los valores de las isodatas. Difieren en la región noroeste, correspondiente a la costa oriental formoseña y la casi totalidad de la provincia de Corrientes que aparece punteada en las nuevas cartas, limitada por las isodatas del 11/7 para las primeras y del 21/7 para las últimas. Puede entenderse que allí la ocurrencia de heladas es un fenómeno poco frecuente, registrándose en menos de la mitad de los años.

La última consideración del párrafo anterior puede aplicarse al resto de las áreas punteadas que aparecen en las cartas de los otros niveles. Es decir, en esas superficies geográficas pueden ocurrir temperaturas mínimas inferiores al nivel considerado en la carta, pero siempre con una probabilidad menor del 50 por ciento de los años y, como es lógico, su extensión aumenta con la intensidad del nivel.

En la región patagónica la parte occidental precordillerana chubutense indica un período libre de heladas de sólo unos 60 días, con las últimas ocurriendo hasta mediados de diciembre y registrándose las primeras a principios de febrero.

Las cartas de los otros niveles muestran el paulatino corrimiento hacia occidente del

área punteada oriental y su conjunción con el área salteña, aunque manteniendo siempre la cuña fría central que sólo desaparece en las últimas cartas de  $-5^{\circ}\text{C}$ . En éstas la superficie punteada se extiende prácticamente hasta casi los  $35^{\circ}$  de latitud -con excepción de la parte elevada de la provincia de Córdoba- comprendiendo también parcialmente a la provincia de Buenos Aires.

La alteración en el trazado de las isolíneas provocada por el valle cultivado de Río Negro de las cartas correspondientes a las últimas fechas medias, refleja la iniciación y creciente desarrollo del riego durante el período primaveral previo a la brotación-floración de los montes frutales. Tal situación no se presenta en las cartas de primeras fechas medias debido, posiblemente, a que con la finalización del período vegetativo, la pérdida del follaje y la interrupción de los riegos durante el otoño, el balance radiativo del valle se equilibra con el de las regiones vecinas no cultivadas.

Es posible que las demás situaciones de valles patagónicos presenten particularidades similares, pero la falta de información no ha permitido considerarlas. En el Valle del Río Negro, en cambio, existen 7 estaciones meteorológicas, 5 de las cuales se ubican en los 200 km de lo que se conoce como Valle Superior, la zona con mayor densidad de cultivos de regadío.

Para resaltar la utilidad o el significado agroclimático de las cartas presentadas, es necesario hacer referencia a los distintos tipos bioclimáticos de cultivo, a la época de siembra de las especies anuales, así como al variable desarrollo fenológico de las especies perennes de acuerdo con sus posibles ubicaciones geográficas. Así, por ejemplo, las cartas de las fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas de  $3^{\circ}\text{C}$  ó inferiores y  $0^{\circ}\text{C}$  ó inferiores, podrían aplicarse para establecer el período de cultivo de especies anuales estivales, las que en forma casi general son sensibles a descensos térmicos por debajo de cero grado. El nivel de  $3^{\circ}\text{C}$ , por corresponder a temperaturas mínimas registra-

das en abrigo meteorológico y a 1,50 m de altura, estaría indicando la posibilidad de ocurrencia de heladas (término medio) a nivel del suelo, de intensidad suficiente para causar daños a cultivos anuales estivales en crecimiento activo o a especies hortícolas termófilas en cualquier estado de desarrollo.

La carta de última temperatura mínima de  $-1^{\circ}\text{C}$  ó inferior indica la fecha media después de la cual en el 50 por ciento de los años se afectaría la floración de especies invernales anuales, así como la carta de primeras fechas de ese nivel señalaría la interrupción total de la maduración de frutos de cultivos anuales estivales.

En conexión con el proceso fásico de los frutales criófilos, las cartas de últimas temperaturas mínimas de todos los niveles inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ , indicarían las fechas con riesgo de daños con la probabilidad del 50 por ciento de los años en las distintas especies según la resistencia específica que se admite en cada etapa del proceso evolutivo.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el método gráfico de Papadakis (1951), que utiliza la temperatura mínima mensual media para calcular fechas medias de primeras y últimas heladas, puede extenderse a la estimación de las fechas de cualquier nivel térmico inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , lo que posibilita el conocimiento del régimen agroclimático regional de temperaturas mínimas según su fecha media de ocurrencia. Las cartas resultantes de la aplicación del método permiten conocer las tendencias del enfriamiento regional y las fechas medias de comienzo y finalización de niveles térmicos para cotejar con las etapas críticas durante el crecimiento de los diferentes cultivos.

Los rasgos característicos del enfriamiento regional en la Argentina pueden resumirse en los siguientes puntos ;

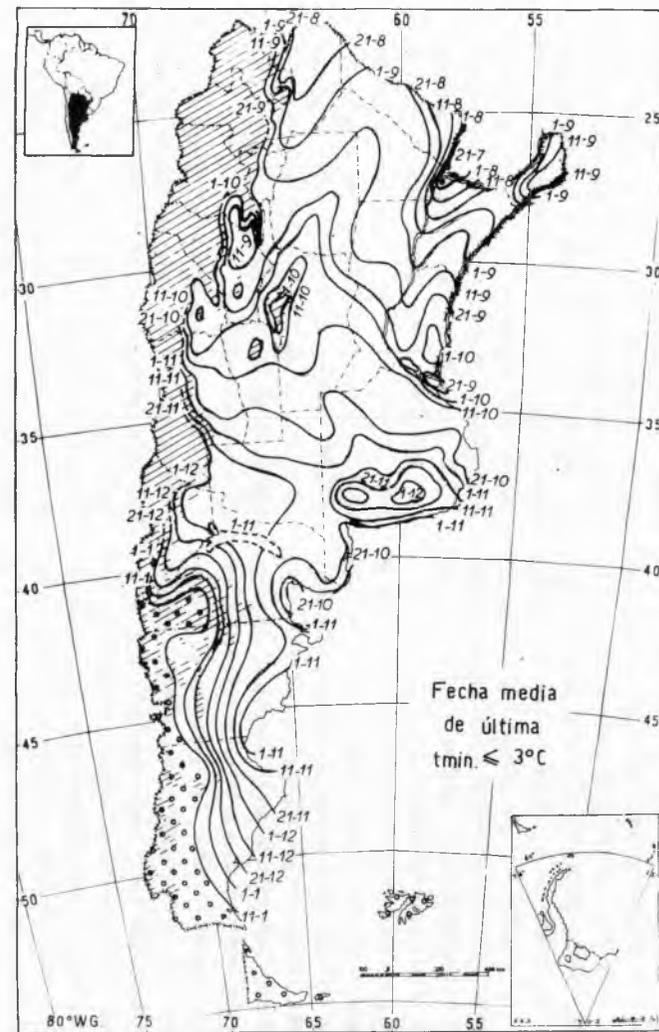
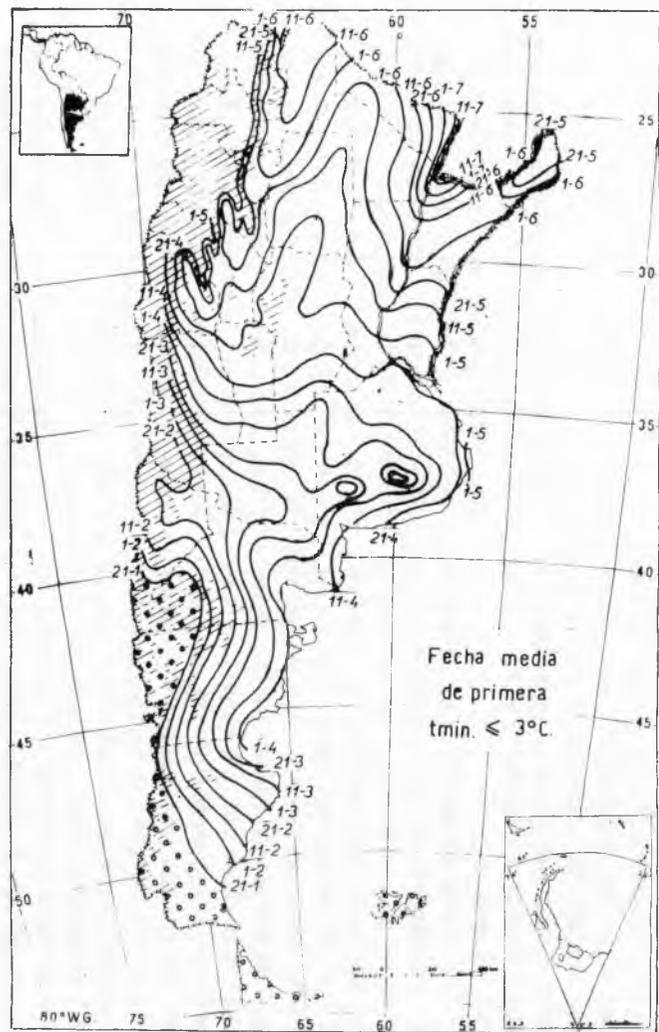


Figura 4: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a 3°C.

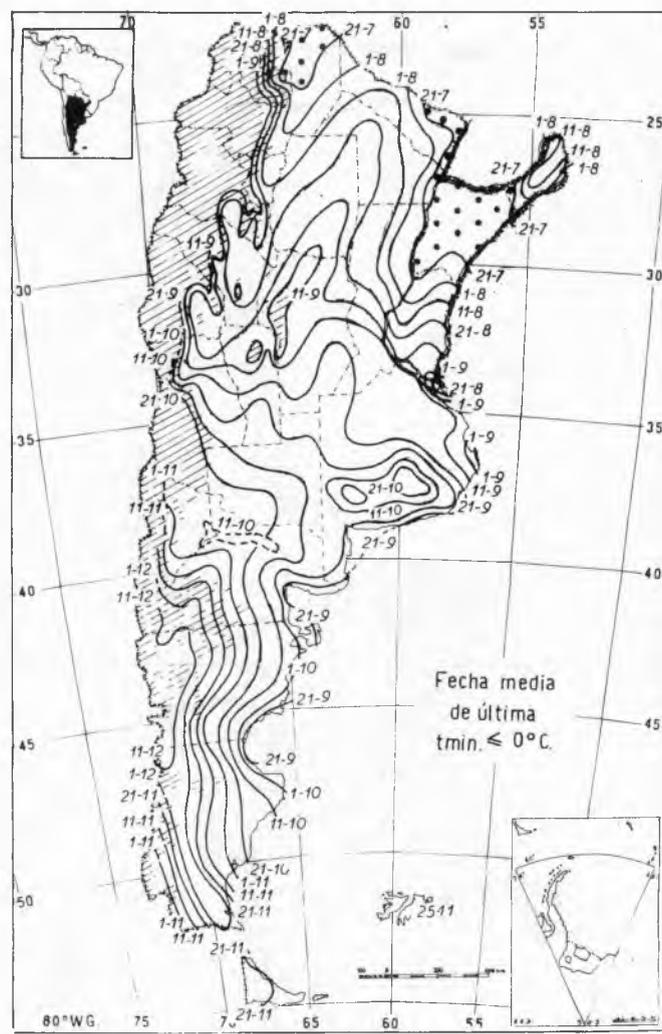
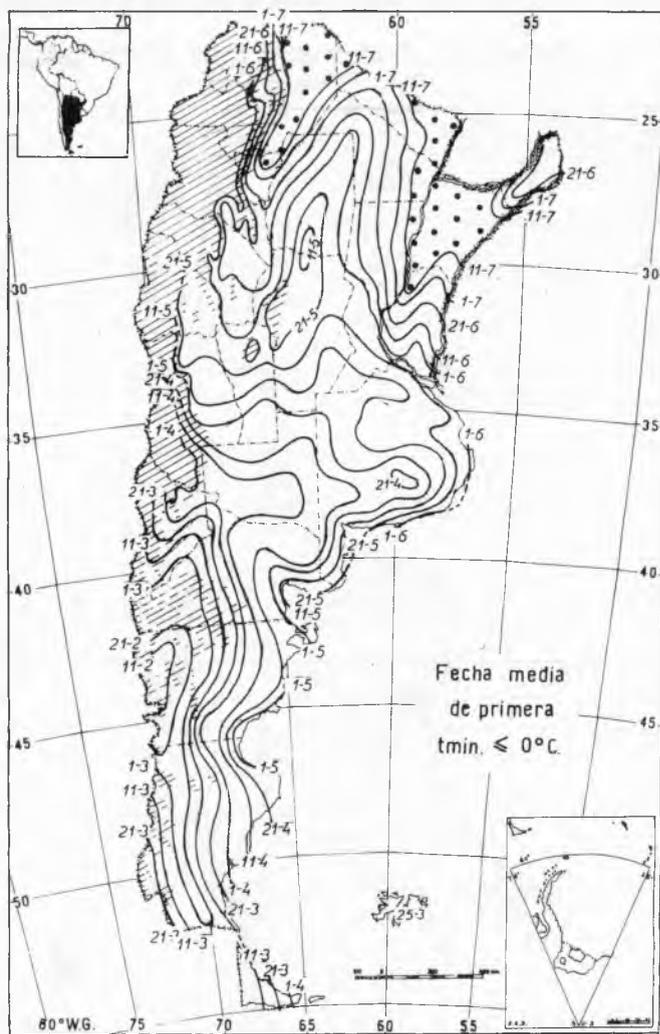


Figura 5: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a 0°C.



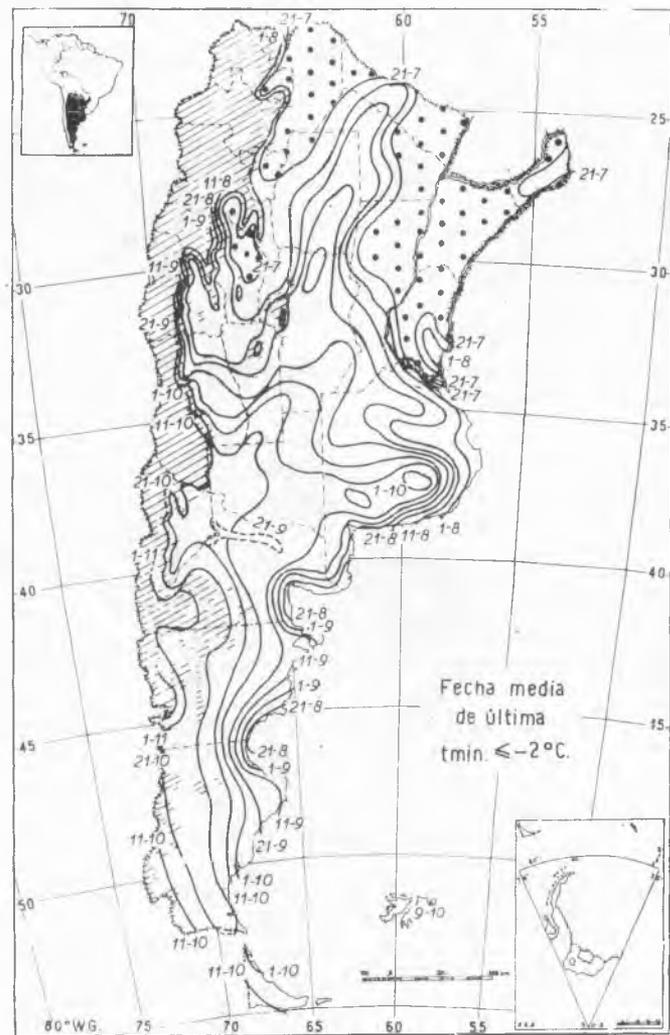
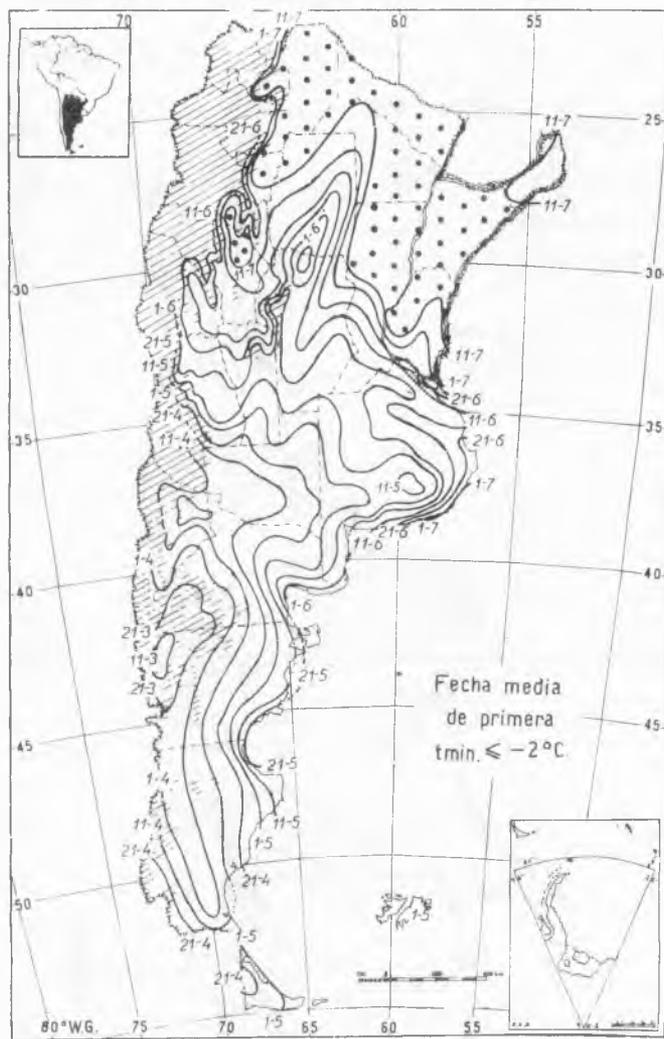


Figura 7: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a  $-2^{\circ}\text{C}$ .

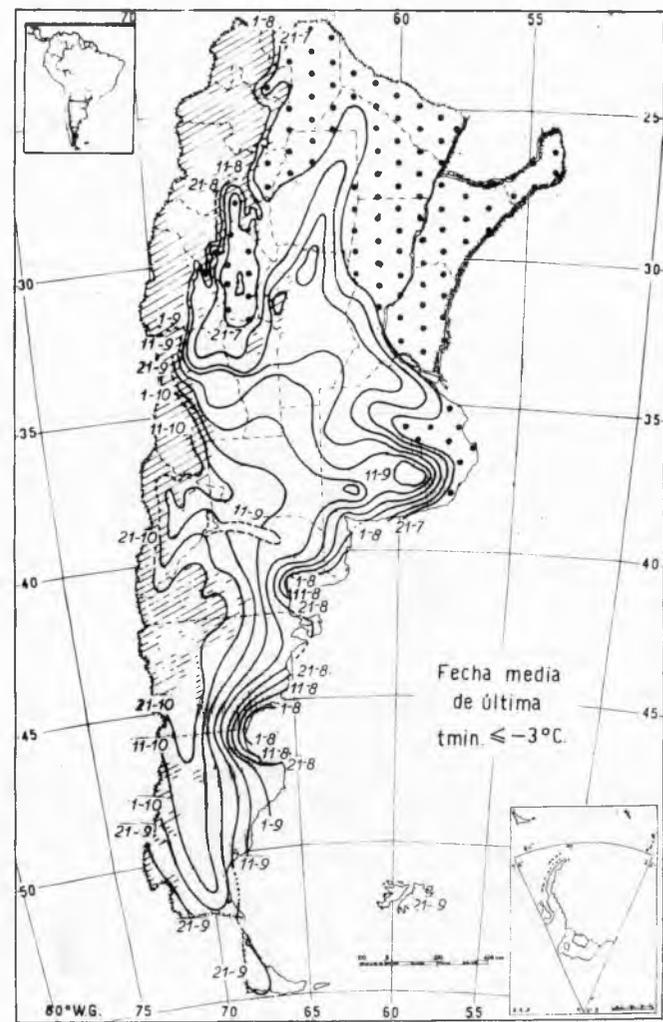
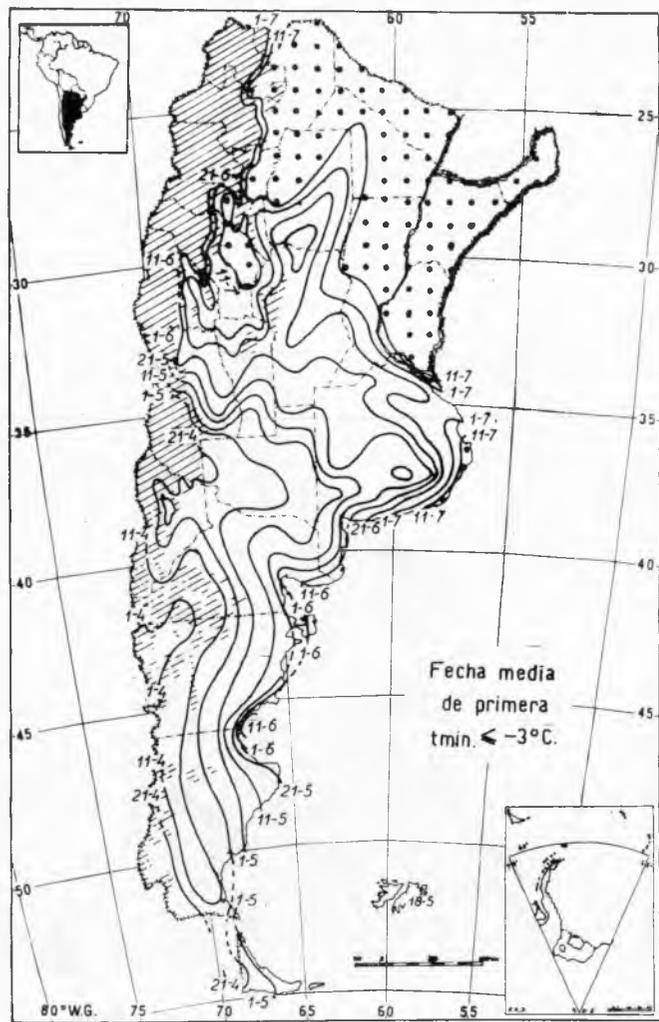


Figura 8: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a  $-3^{\circ}C.$

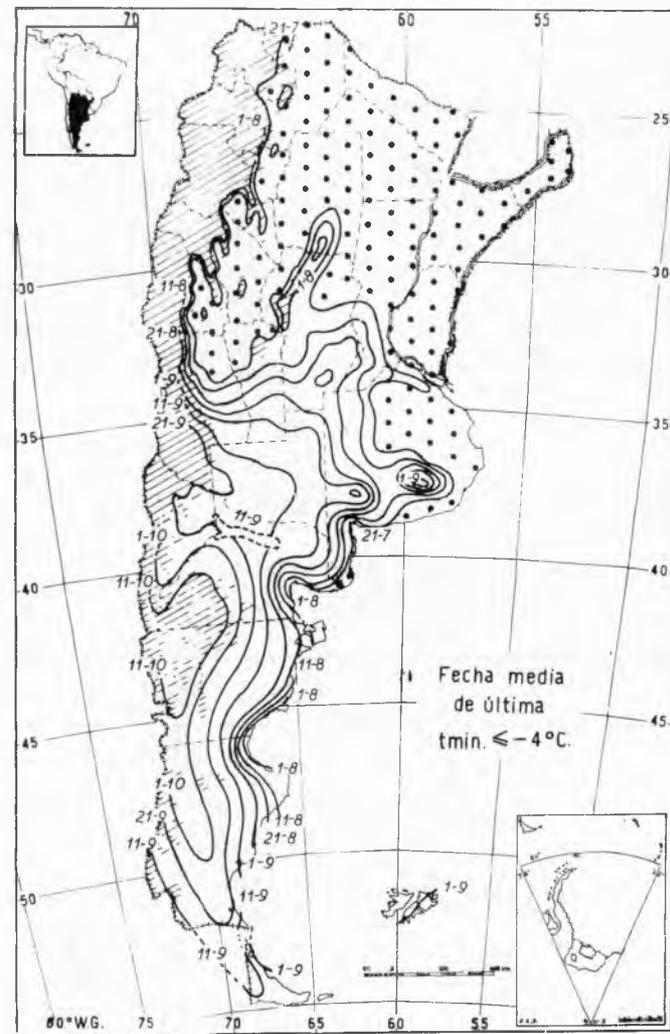
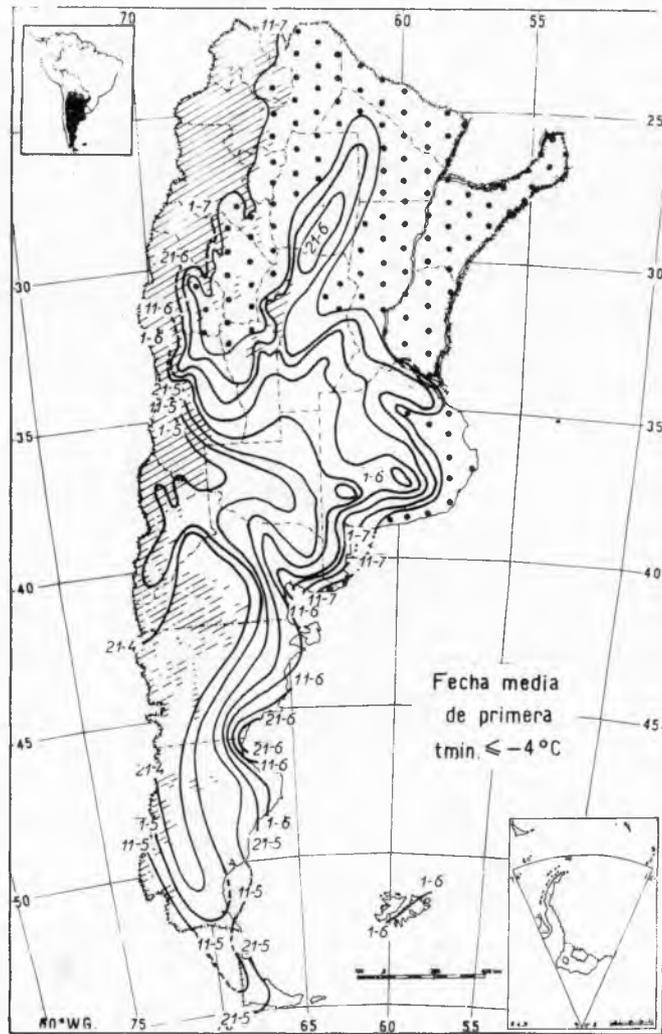


Figura 9: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a  $-4^{\circ}C$ .

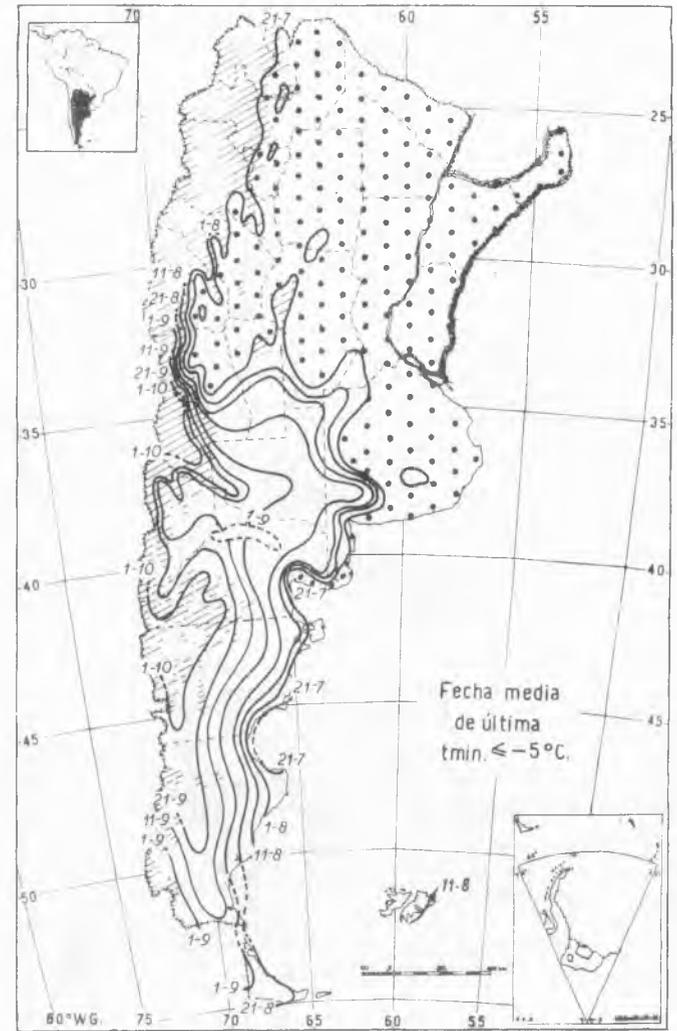


Figura 10: Cartas de fechas medias de primera y última temperatura mínima igual ó inferior a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

- 1) Existe una penetración de aire frío que por el centro del país avanza hacia el norte guiada por las sierras de Córdoba, produciendo fechas de niveles de temperaturas anticipadas o atrasadas, según se trate de ocurrencia de primeras o últimas, y temperaturas mínimas absolutas de 2 a 3°C más bajas que a oriente y occidente de la región central y en igual latitud.
- 2) Como consecuencia de la penetración del aire frío mencionado, las fechas medias de ocurrencia de distintos niveles ofrecen un cuadro favorable para los cultivos en la región mesopotámica y en la precordillerana a la misma latitud, debido, sin duda, a la penetración hacia el sur del sistema fluvial y el aire caliente que desde el norte se dirigen hacia oriente por la Mesopotamia y hacia occidente por la región precordillerana, bordeando ambas la parte central del país.
- 3) Es evidente la influencia oceánica, continuación de la fluvial mesopotámica, que morigera los descensos térmicos haciendo que las regiones costeras de Buenos Aires tengan períodos medios libres de -3 a -4°C y que tal influencia se manifieste aún en la costa del Golfo de San Matías, al norte de la Patagonia, libre del nivel de -5°C.
- 4) El adelanto o atraso de las fechas de primero o último registro medio en la ocurrencia de los diferentes niveles, tiene un gradiente muy pronunciado de E a W en la Patagonia, para alcanzarse los menores períodos libres hacia el occidente en el límite con Chile. La parte sudoeste de la

Patagonia tiene durante todo el año temperaturas inferiores a 3°C sobre cero y sólo poco más de 30 días libres de heladas. Las Islas Malvinas tienen un régimen insular característico, con fechas de los distintos niveles para primeros y últimos registros medios, similares a la costa Patagónica de su misma latitud.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Argentina - Servicio Meteorológico Nacional, 1953. Atlas Agroclimático Argentino. Serie *Indices Agroclimáticos* N° 1 y 2, Buenos Aires.
- 2) Burgos, J. J. 1963. Las heladas en la Argentina. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, 388 pág.
- 3) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1955. El calentamiento del aire en la lucha contra las heladas primaverales. *Meteoros*, Buenos Aires, 5 (3): 187-206.
- 4) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1981. Intensidad y variabilidad de las temperaturas extremas en la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía*, Buenos Aires, 1 (3): 121-132.
- 5) Great Britain - Meteorological Office, 1958. Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world. Part I/VI. Her Majesty's Stationary Office London.
- 6) Hovmöller, E., 1967. Notes on the construction of maps showing Mean Temperature, etc. OMM-CCI Working Group on Climatic Atlases. Newsletter Spring 1967. 7 pág. mim.
- 7) Papadakis, J., 1951. Mapa ecológico de la República Argentina. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Buenos Aires, 156 p.
- 8) Papadakis, J., 1975. *Climates of the world and their potentialities*. Edited by the author. 200 pág. Bs. As., Argentina.