

INTENSIDAD Y VARIABILIDAD DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN LA ARGENTINA*

E. A. Damario y A. J. Pascale (1)

RESUMEN

A partir de información meteorológica se computaron las temperaturas mínima y máxima anual media con sus respectivas desviaciones típicas. Con los valores obtenidos se confeccionaron cartas climáticas indicativas de las intensidades regionales del frío invernal y el calor estival, con las correspondientes probabilidades de ocurrencia de temperaturas extremas de una vez cada 5, cada 10 y cada 20 años ($p=0,20$; $p=0,10$ y $p=0,05$). Se destaca la característica de escaso frío invernal con reducida variabilidad en relación con regiones latitudinalmente homólogas del Hemisferio Norte. En esta comparación la intensidad del calor estival es similar, registrándose también una pequeña variación interanual de las temperaturas máximas. Estas características son consecuencia de la oceanidad y orografía particulares del extremo sur del continente sudamericano.

SUMMARY

Mean annual maximum and minimum temperatures, together with their respective standard deviation, were computed from meteorological data. Climatic maps were drawn on the basis of this information, showing regional intensity of winter cold and summer heat, and the corresponding probabilities of occurrence of extreme temperatures every 5, 10 and 20 years ($p = 0.20$; $p = 0.10$ and $p = 0.05$) The lack of winter cold and the low variability of this climatic parameter is emphasized by contrast with regions of the same latitude in the North Hemisphere. The interannual variation in maximum temperatures is also small in Argentina, while the latitudinal comparison in relation to summer heat shows that maximum temperatures are slightly lower in Argentina. These characteristics are the consequences of the oceanicity and orography which distinguish the souther tip of the South American continent.

* Trabajo realizado con subsidio del Comité Argentino para el Programa Biológico Internacional (CONICET - Proyecto IBP 120/70 y 120c/74).

(1) Profesores titulares de Climatología y Fenología Agrícolas de las Facultades de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata y de la Universidad de Buenos Aires, respectivamente.

INTRODUCCION

El conocimiento integral de los diversos aspectos comprendidos en el régimen térmico, resulta imprescindible para desarrollar evaluaciones agroclimáticas correctas y de utilidad práctica. Las características que presentan ambas termofases anuales son indicadores de primer orden para la ubicación de áreas de cultivo, elección de especies y cultivares, planificación de épocas de siembra, aplicación de técnicas culturales y de protección, etc. Una de tales características se refiere a la magnitud o intensidad que puedan alcanzar los valores térmicos extremos, de cuyo conocimiento se logra inferir la posibilidad de los cultivos en relación con sus tolerancias específicas o varietales. Además, la intensidad del frío invernal es un índice de la disponibilidad de enfriamiento para el desarrollo de los cultivos criófilos y, la intensidad de las temperaturas estivales guarda una estrecha relación con la cantidad de calor disponible para la actividad vegetativa y maduración de los frutos, durante la termofase positiva del termoperíodo anual.

Al efectuar un paralelo entre la importancia asignada a la acción que el frío invernal o el calor estival manifiestan sobre el crecimiento y la producción de los cultivos, se comprueba la abundancia de estudios sobre temperaturas mínimas letales o consecuencias agrícolas de las distintas intensidades de heladas, así como informes agroclimáticos detallados relativos al régimen de los descensos térmicos. Por el contrario, son escasos los estudios referentes a la acción perjudicial de las altas temperaturas, tanto en su efecto letal como en las alteraciones fisiológicas resultantes y, son pocos también, los estudios agroclimáticos sobre su régimen.

Puede suponerse que la diferencia apuntada precedentemente se debe al efecto letal más definido y absoluto de las temperaturas mínimas. En cambio, los excesos térmicos no siempre alcanzan a significar la destrucción total del cultivo y su efecto, generalmente conocido como "golpe de calor", está íntima-

mente relacionado con otras condiciones que pueden variar en gran medida la intensidad del perjuicio final. A pesar de ello, el conocimiento de la probabilidad de ocurrencia de temperaturas elevadas debe integrar el análisis agroclimático regional.

En las estadísticas climatológicas corrientes el valor del máximo enfriamiento invernal o el del máximo calentamiento estival se indica comunmente por las temperaturas mínimas o máximas absolutas, también designadas como mínima *minimorum* y máxima *maximorum* para el período considerado. Agroclimáticamente, este elemento así presentado, tiene un valor relativo especialmente en aquellos regímenes climáticos signados por condiciones de elevada variabilidad interanual.

La agricultura, que es una empresa a largo plazo de carácter permanente y no circunstancial, establece su resultado económico a través de las ganancias y pérdidas posibles de ocurrir sobre extensos períodos de tiempo. Los riesgos atribuibles a desfavorabilidades meteorológicas están presentes en casi todas las regiones agrícolas del mundo interesando, entonces, precisar la frecuencia de tales adversidades con el fin de estimar el resultado económico final en función de sus probabilidades de ocurrencia.

La estimación de la probabilidad anual de ocurrencia de temperaturas mínimas o máximas perjudiciales exige el conocimiento de las temperaturas mínima y máxima anuales medias y su variabilidad. Estos valores climáticos se calculan realizando, respectivamente, el promedio de las temperaturas mínimas absolutas y de las máximas absolutas registradas en cada año de una serie suficientemente extensa. Como estas series presentan una distribución bastante normalizada, la desviación típica o estándar resulta un estadístico conveniente para medir su grado de dispersión o variabilidad.

La presentación cartográfica de estos valores en los atlas agroclimáticos es recomendable con la finalidad de completar adecuadamente los aspectos referentes al régimen térmico regional.

Para la Argentina, las cartas de mínima anual media, su desviación típica y probabilidades fueron trazadas primeramente por Basso (1951), actualizadas en el Atlas Agroclimático Argentino (S.M.N., 1952-58) y en Burgos (1963). En este trabajo se presenta, nuevamente, el trazado de las mencionadas cartas sobre la base de una información más extensa y detallada, completándose con las de temperaturas mínimas absolutas probables de ocurrir cada 5, 10 y 20 años.

Como se mencionó anteriormente, no existen mayores antecedentes sobre la acción de las temperaturas máximas extremas en el crecimiento de las especies agrícolas ni referencias sobre su régimen de ocurrencia, por lo cual, la presentación de las cartas de temperaturas máximas anuales medias y su variabilidad, constituye un aporte en el conocimiento agroclimático del territorio argentino.

MATERIALES Y METODOS

Como material básico se utilizó la información de 158 estaciones meteorológicas argentinas, de las cuales, aproximadamente la mitad corresponde al período 1924-67 y a veinticinco años, por lo menos, para las restantes.

Se promediaron las mínimas y máximas anuales del período considerado para cada localidad obteniéndose así las temperaturas mínimas y máximas anuales medias. El cálculo de las respectivas desviaciones típicas permitió derivar probabilidades utilizando para ello las tablas dadas por Fisher y Yates (1949).

Los valores obtenidos se volcaron en mapas escala 1:5.000.000 y se trazaron las correspondientes isolíneas, teniendo en cuenta el distinto "peso" de los valores según fuera la extensión de la serie originaria. El trazado se realizó según la metodología climatológica de interpolación gráfica respetándose la orografía regional, para toda la superficie del país con altitudes hasta 1000-1500 m, no habiéndose avanzado hacia áreas con mayores altitudes por no disponerse de valores en can-

tidad suficiente. En ciertos casos, cuando la información lo permitió, se contemplaron situaciones especiales como aquella del valle del Río Negro, esencialmente topoclimática.

RESULTADOS Y DISCUSION

1 - Régimen de las temperaturas mínimas absolutas anuales

a) Intensidad del frío invernal.

La carta de la temperatura mínima anual media (Fig. 1) muestra la intensidad y la distribución regional del rigor térmico invernal en la Argentina. Las isolíneas adquieren un trazado algo distinto al de las isoterms, especialmente en la región centro-norte, donde queda marcada una profunda cuña de penetración del enfriamiento que produce mínimas anuales medias inferiores a 0° hasta el límite septentrional que forma el río Pilcomayo. La influencia atemperante del caudaloso río Paraná se manifiesta por la profunda inflexión hacia el sur que sufren las isolíneas al entrar en la región mesopatámica, advertible también, aunque en menor grado, sobre el río Uruguay, confirmando lo ya señalado por Burgos (1970).

En el ángulo de confluencia de los grandes ríos Paraná y Paraguay al noroeste de la provincia de Corrientes, se ubica un área con valores positivos de temperatura mínima anual media, señalando así la zona con mayor aptitud para el cultivo de especies criointolerantes. La fuerte curvatura de las isolíneas en el oeste del país al introducirse en la precordillera andina, muestra claramente la intensificación del frío invernal por efecto de la altura.

En latitudes medias, entre 33° y 40° S, el trazado de las isolíneas resulta irregular, como consecuencia de la influencia oceánica e hidrográfica oriental, de las serranías bonaerenses y del macizo andino occidental.

El trazado de las isolíneas en la región patagónica, que debe considerarse provisorio hasta tanto se disponga de mayor informa-

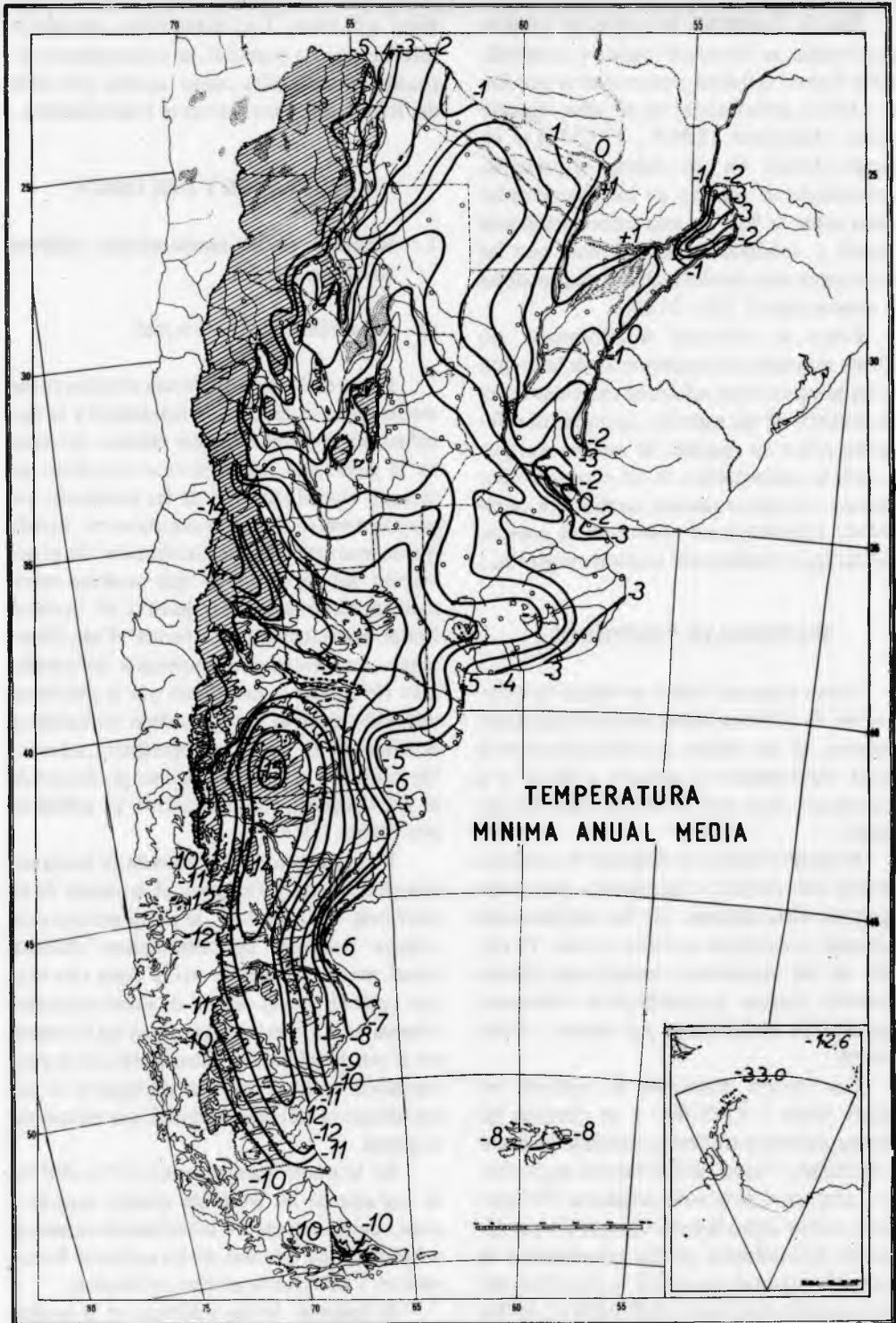


Figura 1: Temperatura mínima anual media en la Argentina. (1924-67).

ción, permite apreciar la intensidad y extensión de la influencia atlántica, apareciendo la zona central de la meseta como el área más fría.

Para todo el país, en la serie analizada, los valores extremos de temperatura mínima anual media fueron de + 1,6° C en Corrientes y - 16,4° C en Maquinchao.

Estas intensidades del frío invernal, contrastan con las temperaturas mínimas anuales medias muy inferiores que se registran en el Hemisferio Norte para iguales latitudes, hecho repetidamente señalado y atribuible a su mayor continentalidad.

b) Variabilidad de las temperaturas mínimas extremas.

La carta de la Fig. 2 (a) muestra los valores de desviación típica de la temperatura mínima anual media en el territorio argentino. Puede advertirse la reducida variabilidad que caracteriza a las mínimas extremas en todo el país como consecuencia de su reconocida oceanidad climática acusando valores aún menores que los registrados en las localizaciones más marítimas del Hemisferio Norte (Burgos, 1963).

Los valores más bajos ($\sigma_{tm} \pm 1,0^\circ$ a $\pm 1,5^\circ$ C) se encuentran en el sureste de la provincia de Buenos Aires. en el litoral patagónico al norte del par ($\sigma_{tm} \pm 3$) y parte de la región mesopotámica. Más del 50% del país tiene un σ_{tm} alrededor de $\pm 2,0^\circ$ C, con valores mayores en la región cordillerana y en la Patagonia central y occidental. Resulta notable también la amplia región con variabilidad algo mayor de $\pm 2,0^\circ$ C que desde el norte del país avanza por el centro hasta el sur de la provincia de Córdoba, quedando la región precordillerana correspondiente con una desviación típica menor.

Los valores de temperaturas mínimas anuales y sus correspondientes desviaciones típicas han permitido trazar las cartas de las Fig. 2 (b) y 3 (a y b) referentes a las mínimas absolutas probables de ocurrir cada 5, 10 y 20 años, que muestran un diseño semejante al de la Fig. 1, pues la reducida diferen-

cia regional en las desviaciones típicas no puede producir cambio sustancial en la trayectoria de las isolíneas aunque, lógicamente, los valores difieren según la probabilidad considerada. La primera y la última de las tres cartas ($p=0,20$ y $p=0,05$) corresponden, respectivamente, a los valores del índice criquindinoscópico de heladas invernales para cultivos anuales y perennes (Burgos, 1963), mediante el cual puede cuantificarse agroclimáticamente la peligrosidad del rigor invernal.

Las características particulares del agroclima argentino en cuanto a la reducida intensidad y variabilidad de las temperaturas mínimas extremas invernales, posibilitan un potencial agropecuario privilegiado basado en la dilatada duración de los pastoreos naturales y de especies valiosas como la alfalfa, en la siembra de cultivos cerealeros invernales con largo ciclo vegetativo y en la expansión territorial de cultivos perennes sub-tropicales como los cítricos y el olivo, por lo cual, en este aspecto, aventaja al Hemisferio Norte, donde en situaciones latitudinales homólogas es posible encontrar largos períodos con inactividad vegetativa invernal, muchas veces con el suelo cubierto con manto de nieve.

2 - Régimen de las temperaturas máximas absolutas anuales

a) Intensidad del calor estival.

La Fig. 4 muestra la distribución geográfica en la Argentina de la temperatura máxima anual media, pudiendo deducirse que las temperaturas estivales que se registran como valores extremos medios en el país son elevadas y, aunque algo inferiores a las observadas en iguales latitudes continentales del Hemisferio Norte, nunca se encuentran diferencias tan acentuadas como en el caso de las mínimas extremas.

El mayor calentamiento, con máximas medias superiores a los 44° C, se registra en la región seca y llana del noroeste, en el ángulo donde la influencia de los vientos del anticiclón atlántico produce sólo escasas lluvias y tampoco se manifiesta el efecto orográ-

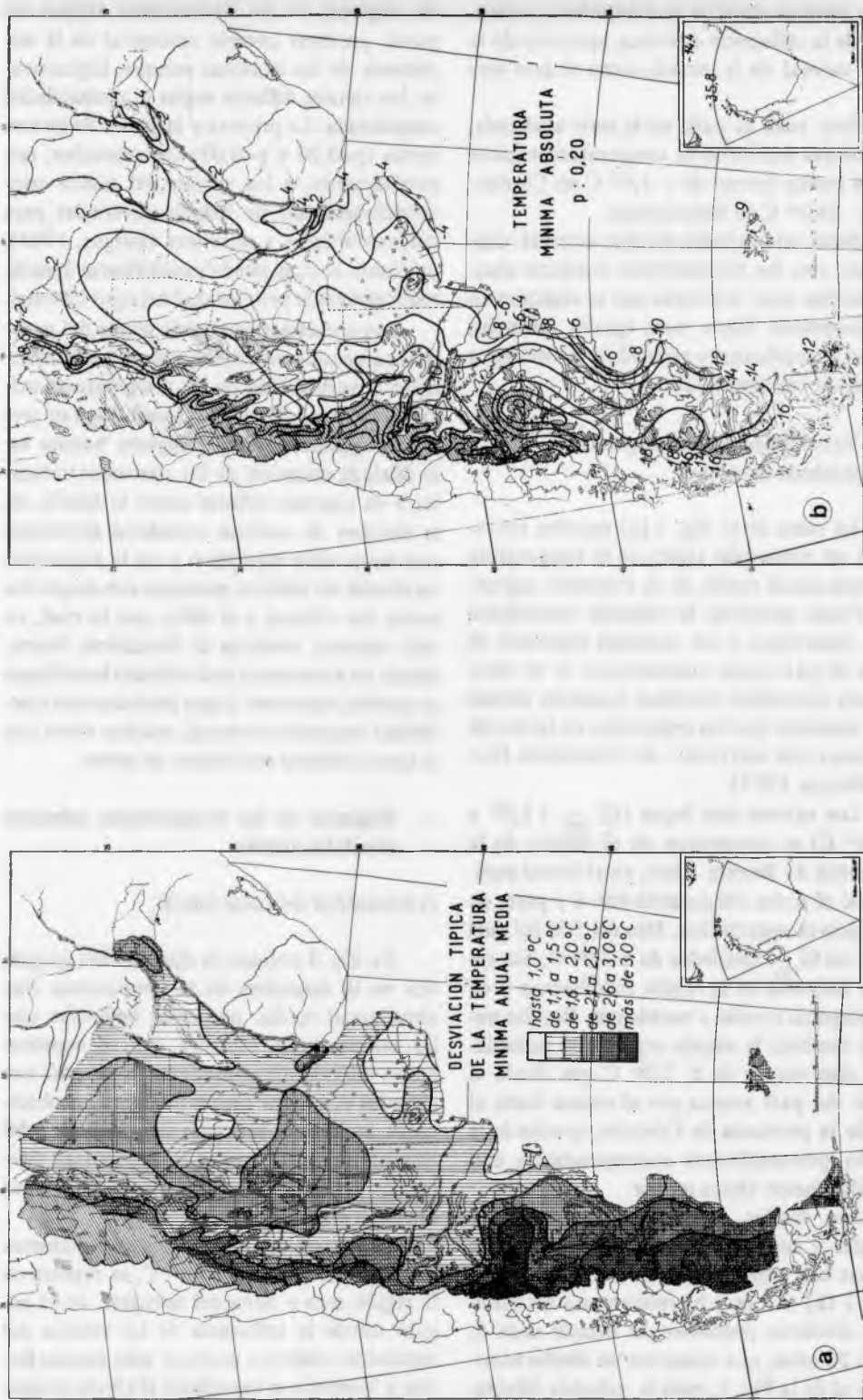


Figura 2: a) Desviación típica de las temperaturas mínimas absolutas anuales, b) Intensidad probable de la temperatura mínima absoluta en uno de cada cinco años.

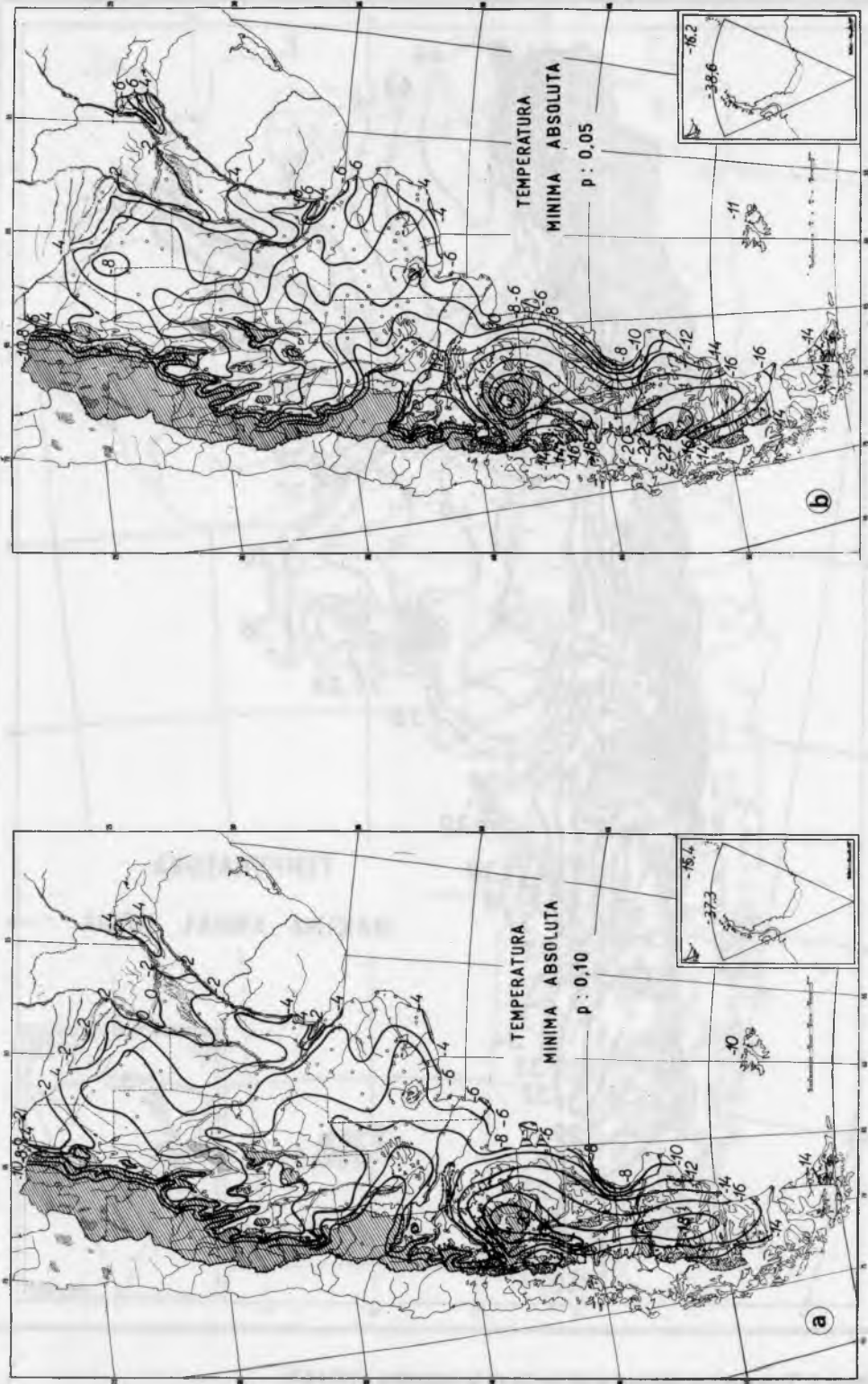


Figura 3: a) Intensidad probable de la temperatura mínima absoluta en uno de cada diez años. b) Idem en uno de cada veinte años.

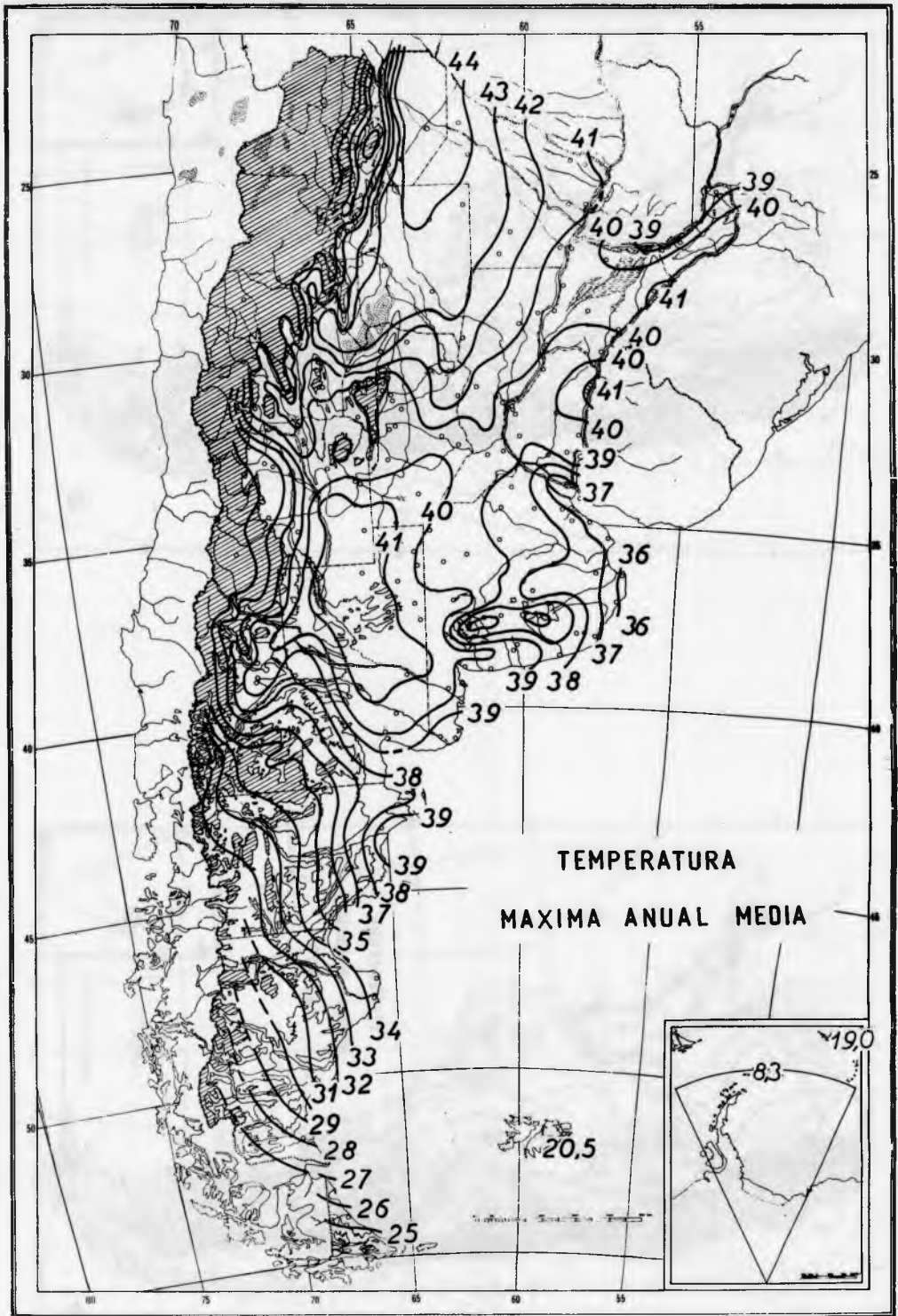


Figura 4: Temperatura máxima anual media en la Argentina. (1924-67).

fico que, más al oeste, provoca el aumento de las precipitaciones estivales originando la selva tucumano-oranense.

Es en esta región donde se ubica el polo de calor de América del Sur (Prohaska, 1959), habiéndose computado, en la serie analizada para Rivadavia, una máxima anual media de 44,7° C.

Las temperaturas máximas anuales medias disminuyen, lógicamente, hacia el sur, aunque se produce un notorio aumento en el centro del país entre latitudes de 35° y 40° S, región donde se registra, coincidentemente, la mayor amplitud térmica anual.

La región cuyana, también de gran amplitud e igualmente seca, no manifiesta máximas anuales medias tan elevadas en razón del progresivo aumento de la altura hacia el oeste. La región mesopotámica, debido a sus favorables condiciones hídricas, presenta valores más atenuados que los correspondientes a iguales latitudes de la parte más seca del centro del país. En el litoral atlántico se observan valores muy uniformes entre los 35° y 45° de latitud, disminuyendo desde allí acentualmente unos 13° C- hacia el extremo sur continental (Ushuaia, 22,5° C).

b) Variabilidad de las temperaturas máximas extremas.

La carta de la figura 5 (a) muestra la desviación típica de la temperatura máxima anual media en el territorio argentino, con valores que van desde poco más de $\sigma_{tM} \pm 1,0^\circ \text{C}$ hasta algo más de $\sigma_{tM} \pm 2,0^\circ \text{C}$, con una distribución difícil de explicar. El rango de variabilidad tan reducido es consecuencia del gran efecto moderador de las masas oceánicas que afectan a todo el continente sudamericano y que reproduce lo que sucede con la variabilidad del frío invernal, con valores aún más bajos.

La gran regularidad de las temperaturas máximas extremas en la parte central y norte del país, podría también estar vinculada a la menor frecuencia y perdurabilidad de los empujes fríos desde el sur en la época corres-

pondiente a la culminación de la termofase positiva anual. Las temperaturas mínimas extremas, en cambio, presentan mayor rango de variabilidad por la ocurrencia de advecciones de masas de aire caliente bastante frecuentes y durables aún en pleno invierno, las cuales llegan a ejercer su efecto hasta el norte de la región patagónica. Algo similar fue observado en la variabilidad de las temperaturas medias mensuales (Damario y Pascale, 1974), pues los registros térmicos en verano son más estables que los del invierno.

Como consecuencia de las cartas de intensidad y de variabilidad de las temperaturas máximas extremas medias, surgen los valores de probabilidad indicados en las Fig. 5 (b) y 6 (a y b).

Debido a la reducida variabilidad ya apuntada, las temperaturas extremas a esperar cada 5, 10 ó 20 años, no muestran grandes diferencias con los respectivos valores medios, tanto que en el área más caliente sólo son esperables máximas de 48° C una vez cada 20 años. La máxima maximorum registrada en el país corresponde precisamente a esa región y en la localidad de Rivadavia (Salta) con 48,9°C, valor al que estadísticamente correspondería una probabilidad del orden del 0,011, es decir, una vez cada 90 años aproximadamente.

CONCLUSIONES

El régimen de las temperaturas extremas en el territorio argentino está caracterizado por:

- 1.- Reducido valor de la temperatura mínima anual media en comparación con situaciones latitudinales similares del Hemisferio Norte. Los valores extremos se encuentran entre 1,6° C en el noroeste de Corrientes y -16,4°C en el centro norte de la Patagonia, entre los 40° y 42° de latitud.
- 2.- Variabilidad de las temperaturas mínimas absolutas poco diferente de $\sigma \pm 2,0^\circ \text{C}$,

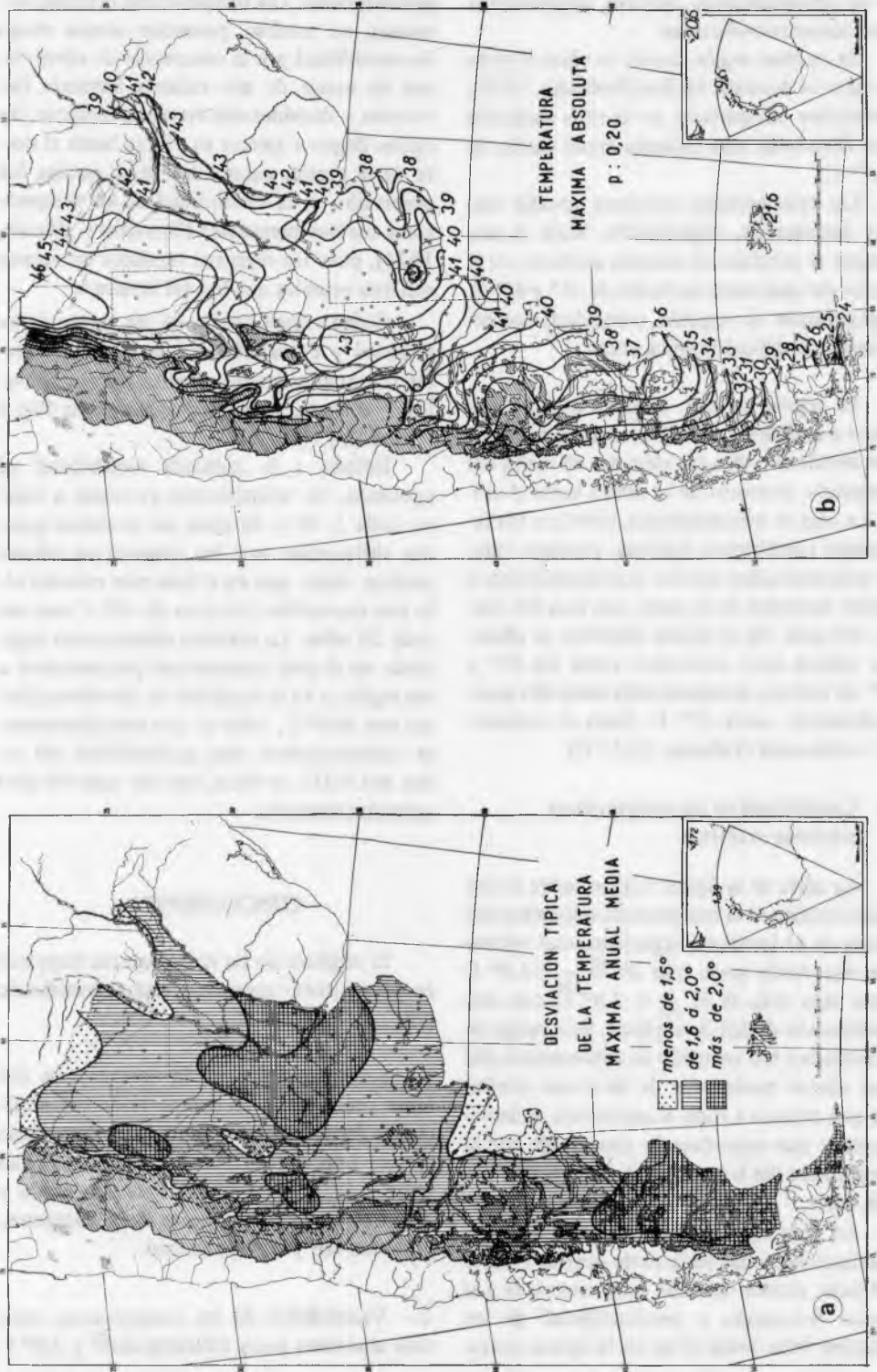


Figura 5: a) Desviación típica de las temperaturas máximas absolutas anuales, b) Intensidad probable de la temperatura máxima absoluta en uno de cada cinco años.

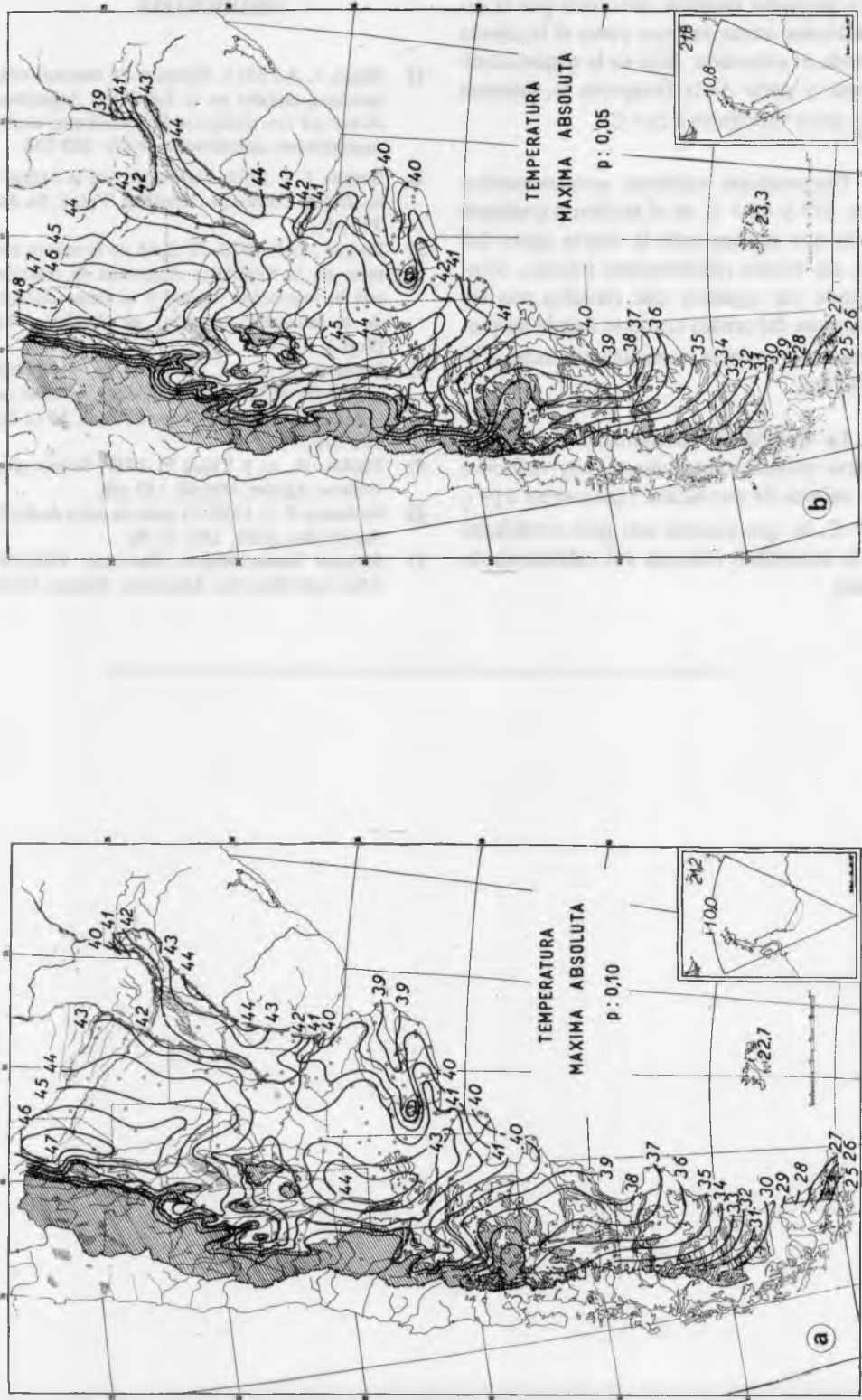


Figura 6: a) Intensidad probable de la temperatura máxima absoluta en uno de cada diez años. b) Idem en uno de cada veinte años.

valor pequeño también, motivada por la característica oceanidad que posee el territorio en toda su extensión. Sólo en la región cordillerana y parte de la Patagonia se alcanzan

\bar{S}_{tm} \bar{S}_{tm} poco superiores a $\pm 3^{\circ}$ C.

3.- Temperaturas máximas anuales medias entre 25° y 44° C, en el territorio continental, lo que supone para la mayor parte del país, un verano relativamente intenso, coincidiendo los registros más elevados con las áreas secas del centro noroeste donde las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 y 400 mm.

4.- La variabilidad interanual de las temperaturas máximas absolutas es muy reducida, con valores de desviación típica entre $\pm 1^{\circ}$ y $\pm 2^{\circ}$ C, lo que expresa una gran estabilidad en la intensidad extrema del calentamiento estival.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Bosso, J. A., 1951. Régimen de temperaturas mínimas anuales en la República Argentina. *Actas del 1er. Congreso Sudamericano de Investigaciones Agronómicas*, 4 (3): 303-316.
- 2) Burgos, J. J. 1963. Las heladas en la Argentina. *INTA. Colección Científica*, Vol. 3, Bs. As. 388 pág.
- 3) Burgos, J. J. 1970. El clima de la region noroeste en la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 11 (Supl.): 37-102.
- 4) Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1974. Agroclimatología de las disponibilidades calóricas en la Argentina. *Rev. Fac. Agr. La Plata*, 50 (1-2): 103-126.
- 5) Fischer, R. A. y Yates, F. 1949. Tablas estadísticas. Aguilar, Madrid, 133 pág.
- 6) Prohaska, F. J. 1959. El polo de calor de América del Sur. *IDIA*, 141: 27-30.
- 7) Servicio Meteorológico Nacional. 1952-58. Atlas Agroclimático Argentino. Buenos Aires.