

# CARTAS AGROCLIMÁTICAS DE LAS REGIONES PAMPEANA, CHAQUEÑA Y LITORAL DE CULTIVO EN SECANO (1941-1990)

EDMUNDO A. DAMARIO y ANTONIO J. PASCALE (*ex aequo*)<sup>(1)</sup>

Recibido: 03/10/11

Aceptado: 10/11/11

En su número inaugural aparecido en mayo de 1992 la revista bimestral *Proceder Agrotecnológico* incluyó dentro de su contenido un artículo firmado por Edmundo A. Damario y Antonio J. Pascale (*ex aequo*) titulado *Cartas agroclimáticas de las regiones Pampeana, Chaqueña y Litoral, de cultivo de secano*, en el cual los autores, realizaron un meduloso análisis de las disponibilidades térmicas hidrológicas y fotoperiódicas y su repercusión preferiblemente sobre la producción de los cultivos herbáceos extensivos anuales propios de cada región.

En esa primera entrega el análisis agroclimático cubrió el bimestre mayo-junio, continuando en los siguientes números de la revista con los bimestres restantes hasta completar un año agrícola con el correspondiente a marzo-abril. Los textos descriptivos de las 6 entregas se ilustraron con 125 cartas agroclimáticas, mayormente originales de los autores, cuyo conjunto constituye un valioso Atlas Agroclimático de esa región.

Lamentablemente, la desaparición prematura de *Proceder Agrotecnológico* (junio de 1993) y su escasa difusión impidieron que el mencionado análisis agroclimático alcanzara un suficiente conocimiento público.

Reconociendo el mérito informativo histórico de estos escritos, mencionados en el Atlas Agroclimático de la República Argentina (Murphy, 2008), y con el interés de preservar y difundir su contenido como contribución a la enseñanza de la disciplina agrometeorológica, la Revista de la Facultad de Agronomía decidió reeditarlos en este número, en forma unificada y con la revisión de los autores del artículo.

Debe recordarse que por la fecha inicial de publicación, principios de la década del 90, las referencias de técnicas agronómicas, así como las de especies agrícolas mencionadas difieren, en alguna manera, de las actualmente utilizadas (son ejemplos: la siembra directa y la utilización de cultivares biotecnológicamente modificados), lo cual no desmerece la situación agroclimática temporal analizada y las diferencias que puedan surgir con situaciones fenológicas o culturales actuales.

## INTRODUCCIÓN

La empresa agropecuaria debe ser encarada partiendo de una planificación que asegure resultados económicamente favorables. La programación de las actividades agropecuarias posibles y la elección de las técnicas productivas más adecuadas exigen el conocimiento previo y completo de los recursos naturales, sea para aprovecharlos íntegramente o para anticipar las medidas de mejoramiento convenientes para optimizar la producción.

---

(1) Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la FAUBA, Avda. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires.

El clima, el suelo y la disponibilidad hidrológica constituyen los tres elementos abióticos fundamentales en la producción agropecuaria. Los conocimientos hoy día disponibles sobre la relación entre el clima y la agricultura —en su sentido más amplio—, permiten estimar la posible capacidad productiva de un lugar o región en función de las características de magnitud y variabilidad que presentan los elementos meteorológicos condicionantes, en primer instancia, del tipo de explotación a desarrollar, de las especies vegetales y/o animales a utilizar y de la tecnología y manejo aplicables.

Evaluar la capacidad agropecuaria en función del clima significa precisar la aptitud agroclimática, relevando las características de intensidad, frecuencia de los factores climáticos favorables y/o adversos condicionantes del proceso productivo, poniendo especial énfasis sobre la variabilidad temporal de tales factores.

El conocimiento agroclimático debe complementarse con el de la aptitud agrícola de los suelos pues, a pesar de que algunas condiciones edáficas pueden modificarse (no sucede lo mismo con las climáticas), no es menos cierto que los diferentes cultivos exigen suelos particulares cuya consideración, en conjunto con las condiciones agroclimáticas, permitirá una valoración más exacta de la aptitud productiva.

La información de las características agroclimáticas es realizada comúnmente por medio de valores numéricos designados «índices» los que expresan cuantitativamente la relación entre los aspectos físico-meteorológicos y los biológicos incluidos en el ciclo productivo.

Para presentar en forma práctica e inteligible la distribución geográfica que presenta el valor de estos índices sobre un territorio o región, se confeccionan las llamadas cartas agroclimáticas, que son mapas en los que, mediante el trazado de isolíneas o por zonificación diferenciada, se representa la variación espacial correspondiente a los valores puntuales de los índices.

El conjunto de cartas agroclimáticas relativas a índices estacionalmente importantes constituye un Atlas Agroclimático.

### **REGIÓN CONSIDERADA Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS**

El análisis agroclimático se limita a la región de nuestro país donde es posible realizar agricultura extensiva de secano y ganadería a campo. Su límite occidental puede fijarse en coincidencia con la línea divisoria entre los climas sub-húmedo secos y los semiáridos de la clasificación de Thornthwaite, límite que se indicará en todas las cartas incluidas.

En esta dilatada región, que abarca formaciones fitogeográficas tan disímiles como la estepa pampeana, los Parques Mesopotámico y Chaqueño y la Selva Misionera, las características climáticas presentan amplias variaciones, en concordancia con la distribución espacial y temporal de los regímenes térmico y pluviométrico y sus interacciones con los aspectos geográficos y edáficos, todo lo cual determina aptitudes productivas regionalmente diferenciadas.

Las cartas, originales de los autores, con excepción de aquellas en las que se indique la fuente, hacen referencia a los elementos climáticos de repercusión más generalizada en la región, informando sus valores promedios y extremos y, muy especialmente, las magnitudes probables de alcanzar con recurrencia variable. Esto último es significativamente importante, en primer lugar, porque la agricultura es una empresa a largo plazo cuyo resultado no depende de lo que suceda en un año particular, sino de lo obtenible a través de muchos años de explotación y, además, porque para muchos parámetros climáticos los valores medios carecen de significación estadística.

Por lo expuesto, los valores agroclimáticos que aparecerán cartografiados no se refieren a situaciones actuales ni inmediatas, sino que por su carácter climático, deben entenderse como condiciones posibles de suceder en el transcurso del tiempo. Así, por ejemplo, un valor promedio de un elemento meteorológico cualquiera expresará la magnitud que sucedería en forma permanente, siempre y cuando no existiera la variabilidad anual, mensual y diaria, característica de los elementos meteorológicos.

Para expresar, de alguna manera, la intensidad probable de esos cambios, cada vez que se considere importante, se presentan cartas de probabilidades con las cifras que pueden esperarse en diferentes períodos temporales. Como se comprenderá, los valores de las cartas sirven especialmente para programar planificaciones en el largo plazo y ayudan a tomar decisiones en el corto y mediano.

En los comentarios de las cartas agroclimáticas se mencionan ciertos términos referentes a los períodos temporales que permiten relacionar las disponibilidades térmicas e hidrológicas con las exigencias y tolerancias de las principales producciones agrícolas. Es común dividir las especies anuales de gran cultivo en dos grupos, cada uno de los cuales comprende a las que tienen modalidades biometeorológicas comunes, es decir, similares exigencias y tolerancias.

Generalizando, se los designa como cultivos de verano y cultivos de invierno, haciendo referencia con ello a su principal época de cultivo, o como termófilos y criófilos atendiendo a sus particulares exigencias calóricas. Aunque los ciclos culturales de ambos grupos pueden ser coincidentes en cierta parte del año, resulta conveniente examinar las principales características agroclimáticas de los períodos en que podría dividirse al año agrícola desde los puntos de vista térmico e hidrológico.

En el aspecto térmico se hará referencia a la termofase positiva y a la termofase negativa, división que se corresponde con las fechas del año en que la temperatura media diaria supera o decae, respectivamente, el valor de la temperatura media anual. Desde el punto de vista hidrológico, atendiendo a la variación de la humedad del suelo, se considerarán dos etapas: la de consumo o desecamiento y la de reposición o recarga. Esta terminología y separaciones agroclimáticas se adecuan, con ligeras correcciones, tanto el ciclo de los cultivos de cosecha extensivos como al de los frutales, forestales y forrajeros.

La marcha climática anual no se ajusta al mes calendario ni al ciclo de los cultivos extensivos, el cual es variable en tiempo y duración según especies y latitud.

En el análisis que se realiza a continuación, se intenta una generalización de los aspectos térmicos e hidrológicos en relación con el proceso agrícola regional (Cuadro 1).

Aunque las cartas y comentarios se ajustan a los bimestres, en ciertos casos aparecen referencias a los meses previos o posteriores, en razón de que lo extendido de la región en sentido latitudinal puede introducir variaciones que excedan el período considerado. Asimismo, cuando corresponda, se incluirán cartas o citas relativas a otros elementos agroclimáticos, tales como: radiación, fotoperíodo, humedad del aire, etc.

La denominación o título de cada capítulo se basa en la característica térmica, por la mayor regularidad que manifiesta en sentido latitudinal a través del año. En cambio, la hidrológica por su dependencia con el régimen de lluvias, varía de noreste a sudoeste, es decir, con sentido longitudinal lo que dificultaría el análisis general de la región. Ambos aspectos coinciden perfecta, aunque inversamente, en los bimestres térmicamente extremos, a saber: en enero-febrero, la mayor disponibilidad térmica se corresponde con la mínima disponibilidad hídrica y, en el bimestre julio-agosto, sucede la situación termo-hídrica inversa.

En la carta de la Figura 1 que ubica a la región, se indican los puntos de observación meteorológica (estaciones meteorológicas y pluviométricas) cuyos valores fueron utilizados para los cómputos agroclimático.

Cuadro 1. Análisis agroclimático regional.

Características agroclimáticas medias		Principales aspectos agrícolas de los cultivos extensivos
Térmicas	Hidrológicas	
Comienza el invierno térmico (mayo-junio)	Continúa la reposición de agua con balances ligeramente positivos.	Últimas maduraciones de cultivos estivales. Preparación de suelos y siembra de los invernales.
Plenitud del invierno térmico. Máxima disponibilidad de frío (julio-agosto)	Balances ligeramente negativos producen suave reducción de excesos e incremento de deficiencias.	Creciente actividad vegetativa de cultivos invernales según época de siembra.
Termina el invierno térmico y comienza la termofase positiva (septiembre-ocubre)	Los balances positivos a mediados del bimestre marcan una segunda etapa de reposición.	Máxima actividad vegetativa y/o reproductiva de cultivos invernales. Siembra y comienzo de actividad de los estivales en la parte central y norte.
Comienza el verano térmico (noviembre-diciembre)	Comienza el período de consumo con balances negativos en aumento.	Pleno establecimiento de los cultivos estivales e incremento de la actividad vegetativa y reproductiva.
Plenitud del verano térmico. Máxima disponibilidad calórica (enero-febrero)	Balances de agua negativo etapa de máximo consumo.	Avance de la fructificación y comienzo de maduración de cultivos estivales según especies y época de siembra.
Termina el verano. Comienza la termofase negativa (marzo-abril)	Comienza la reposición de agua al suelo. Balances equilibrados en toda la región.	Maduración de cultivos estivales y comienzo de preparación del suelo para los invernales en algunas áreas.

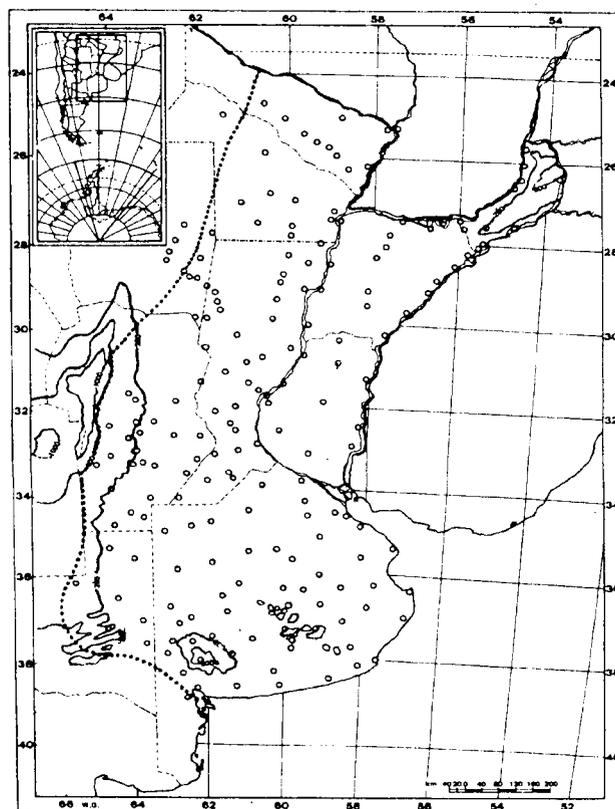


Figura 1. Límites de la región considerada y ubicación de los puntos con información meteorológica utilizada.

Las cartas agroclimáticas de balances hidrológicos corresponden a las estadísticas climáticas 1931-70 y las referidas al régimen térmico, a las publicadas hasta 1980. Las que se confeccionaron con otros períodos, se indican en cada caso, así como en los diferentes cuadros de valores meteorológicos.

## I. COMIENZO DEL INVIERNO TÉRMICO

### 1. Características térmicas de mayo-junio

Los factores de circulación atmosférica que gobierna los cambios estacionales en la región, asociados con los factores de oceanidad característicos del Hemisferio Sur, determinan que el enfriamiento del suelo y del aire, y la consiguiente entrada y establecimiento de la estación invernal, relativamente alta. Mayo es el mes que señala el comienzo del cambio anual hacia el invierno en las zonas central y norte del país, coincidente con la mayor penetración y frecuencia de los anticiclones y subantárticos.

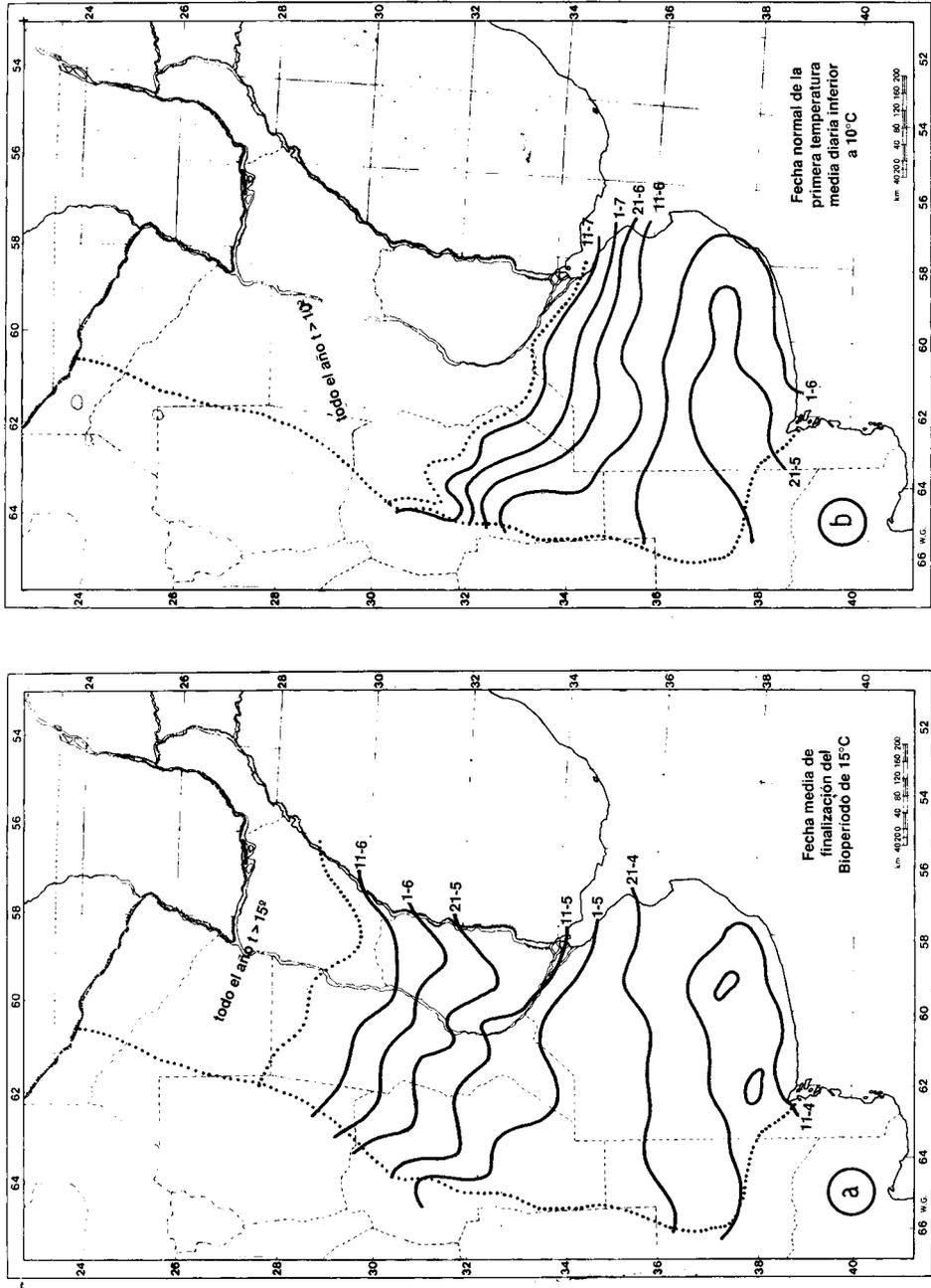


Figura 2. Aspectos del régimen térmico.

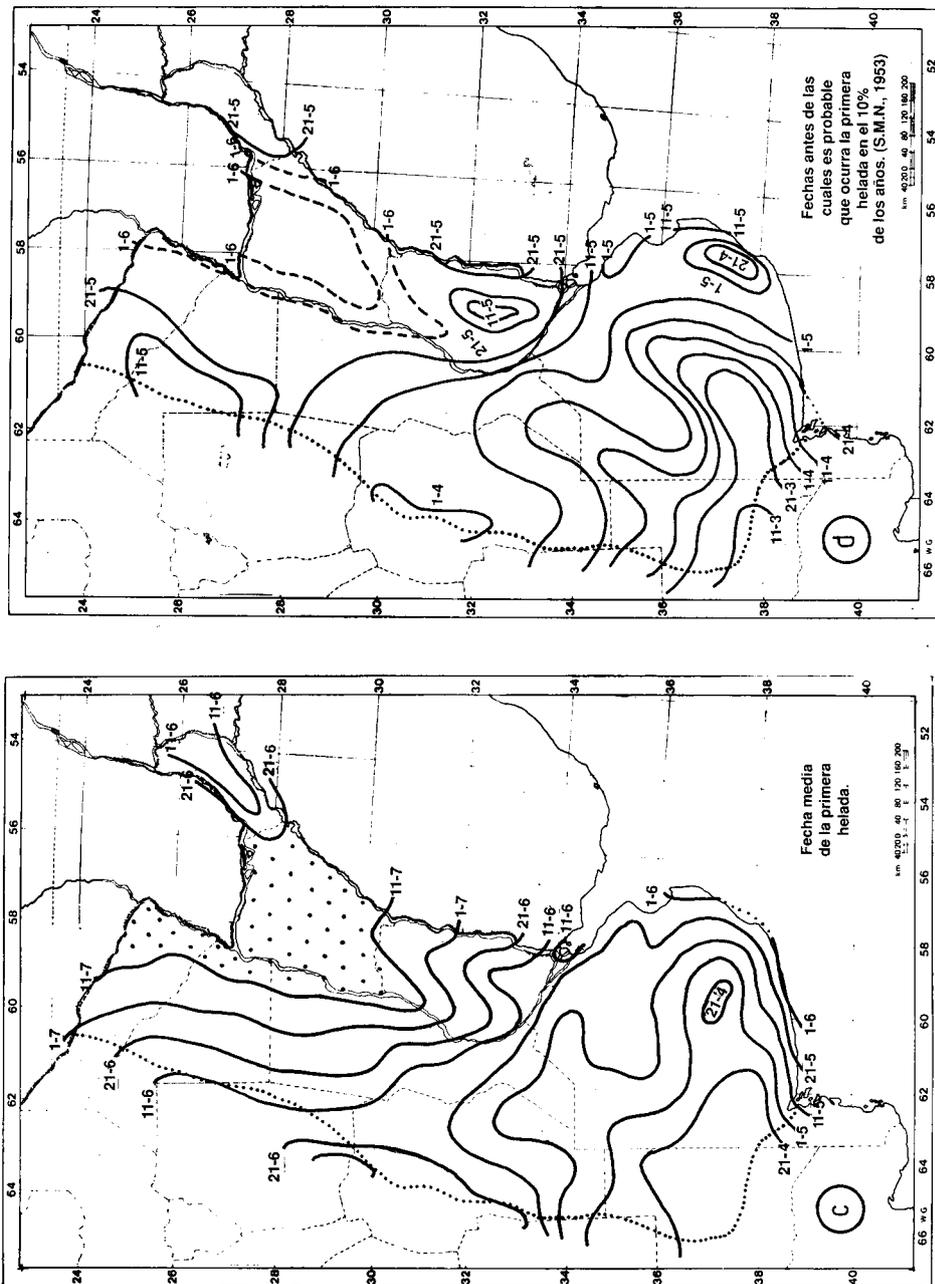


Figura 2. Aspectos del régimen térmico, (continuación).

Dos índices agroclimáticos pueden utilizarse para relacionar con las actividades agrícolas del bimestre:

- a) el comienzo del período con temperaturas medias diarias inferiores a 15/10 °C,
- b) la fecha media de las primeras heladas. Ambos índices que marcan la iniciación del invierno térmico, determinan la detención de los procesos vegetativos de los cultivos, sea por falta de calor en el primer caso, o por destrucción de los tejidos de congelación, en el segundo.

La Figura 2a muestra, mediante isolíneas, las fechas medias de finalización del bioperíodo de 15 °C, que es el período del año en que temperaturas medias diarias superiores a ese nivel favorecen la actividad de los cultivos de elevada exigencia calórica como la soja, el sorgo y el algodón. La actividad vegetativa de esos cultivos es imposible a partir de tales fechas.

La isolínea punteada que pasa por el norte de Santa Fe y sur de Corrientes limita el área con temperaturas medias mensuales superiores a 15 °C durante todo el año. En ella, por consiguiente, la finalización de los ciclos de cultivos termófilos exigentes, tanto anuales como perennes, depende de otros limitantes agroclimáticos tales como ocurrencia de heladas, fotoperíodos inadecuados, condiciones de humedad insuficiente, etc. Obviamente, hacia el sur de este límite, el comienzo del período con temperaturas inferiores a 15 °C se adelanta latitudinalmente hasta que en el sur de la provincia de Buenos Aires, y especialmente en la parte serrana, se inicia en la primera década de abril. Como en tal área el bioperíodo de 15 °C se inicia a principios de noviembre, la posibilidad de realizar cultivos estivales se ve allí reducida al uso de especies poco exigentes en calor, o a cultivares precoces, que pueden cumplir su ciclo en menos de los 170-180 días disponibles antes de la ocurrencia de las primeras heladas de otoño. Para dar una idea de la intensidad y gradación del enfriamiento que ocurre en esta época del año, la carta de la Figura 2b muestra las fechas normales de comienzo del período con temperaturas medias diarias inferiores a 10 °C. El área donde en términos normales, pueden registrarse estas temperaturas queda reducida a la provincia de Buenos Aires, centro-sur de Córdoba y este de La Pampa, con ocurrencia entre mediados de mayo y mediados de julio. Por supuesto que estas fechas, como puede deducirse comparando con las de la Carta 2c de la misma figura, son posteriores a la ocurrencia de las primeras heladas. En cierta medida, señalarían el comienzo del período de vernalización efectiva para las especies criófilas, anuales y perennes. En aquella parte de la región con temperaturas normales mensuales superiores a 10 °C estas especies, aún las menos exigentes, podrían sufrir insatisfacción de esta exigencia biometeorológica.

Debe entenderse que todas las consideraciones anteriores se refieren a valores medios o normales de temperaturas medias diarias, sujetos, por supuesto, a las variaciones temporales provocadas por los cambios aperiódicos en los sistemas de circulación atmosférica regional.

Para asociar las temperaturas favorables al crecimiento vegetal con las que suponen la destrucción de tejidos por congelación, la carta de la Figura 2c, muestra las fechas medias de ocurrencia de las primeras heladas de 0 °C, o menos.

Para confeccionar esta carta se utilizaron las temperaturas mínimas registradas en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura por lo que, al nivel de la vegetación de menor porte y al aire libre, pueden corresponder valores térmicos del orden de los 2 °C o 3 °C bajo cero.

El área señalada con puntos en la carta, comprendiendo a la provincia de Corrientes y la porción territorial aladaña a los ríos Paraná y Paraguay, es donde se han registrado heladas en menos del 50% de los años (en Corrientes ciudad: 10%; Formosa ciudad: 15%). Sin embargo, por lo dicho anteriormente, los cultivos bajos sensibles podrían dañarse allí por heladas ocasionales posibles de suceder a ese nivel en tales años.

La fecha media de ocurrencia de la primera temperatura mínima de 0 °C, o inferior, en la región analizada está caracterizada por una gran variabilidad interanual que, expresada en valores de desviación típica, oscila entre los 20 y 30 días, según las zonas. Con estos valores de desviación se han calculado las isolíneas de la carta de la Figura 2d que indican las fechas antes de las cuales es probable que ocurran heladas en uno de cada diez años, es decir, con la probabilidad del 10%, pudiendo observarse como, con esta recurrencia, se limita regionalmente la finalización del período de crecimiento activo de los cultivos. La zona noreste, que en la Carta 2c figuraba punteada, se ha dibujado con isolíneas cortadas en atención a que la escasa frecuencia de años con heladas, resta certidumbre a las fechas indicadas.

Como sucede con las fechas medias, las isolíneas del 10% adquieren en la Región Chaqueña semiárida y en el norte santafesino una trayectoria casi vertical, es decir, en el sentido de los meridianos geográficos. Ello obedece, por un lado al gran enfriamiento que experimenta el centro-norte del país, por acción conjunta de la mayor intensidad irradiativa de los suelos secos y la penetración irrestricta de los empujes invernales de aire frío y, por el otro, a que las condiciones húmedas mesopotámicas y la acción morigeradora térmica del gran sistema fluvial que la enmarca, curvan hacia el sur la trayectoria de las isolíneas.

## **2. Características hidrológicas de mayo-junio**

El otro factor agroclimático importante que condiciona la actividad agrícola es la disponibilidad hidrológica que, en este caso, por tratarse de sistemas culturales de secano, hace referencia solamente al agua disponible en el suelo a causa de las precipitaciones.

La cantidad y variación del agua edáfica a través del año se pueden estimar calculando el balance mensual de agua del suelo, consistente, como su nombre lo sugiere, en la cuenta entre las entradas o ganancias de agua por lluvias y las salidas o gastos por la actividad transpiratoria vegetal o la evaporación directa desde el suelo. Estas dos vías de gasto son concomitantes en suelos vegetados, por lo que se los reúne en el término evapotranspiración.

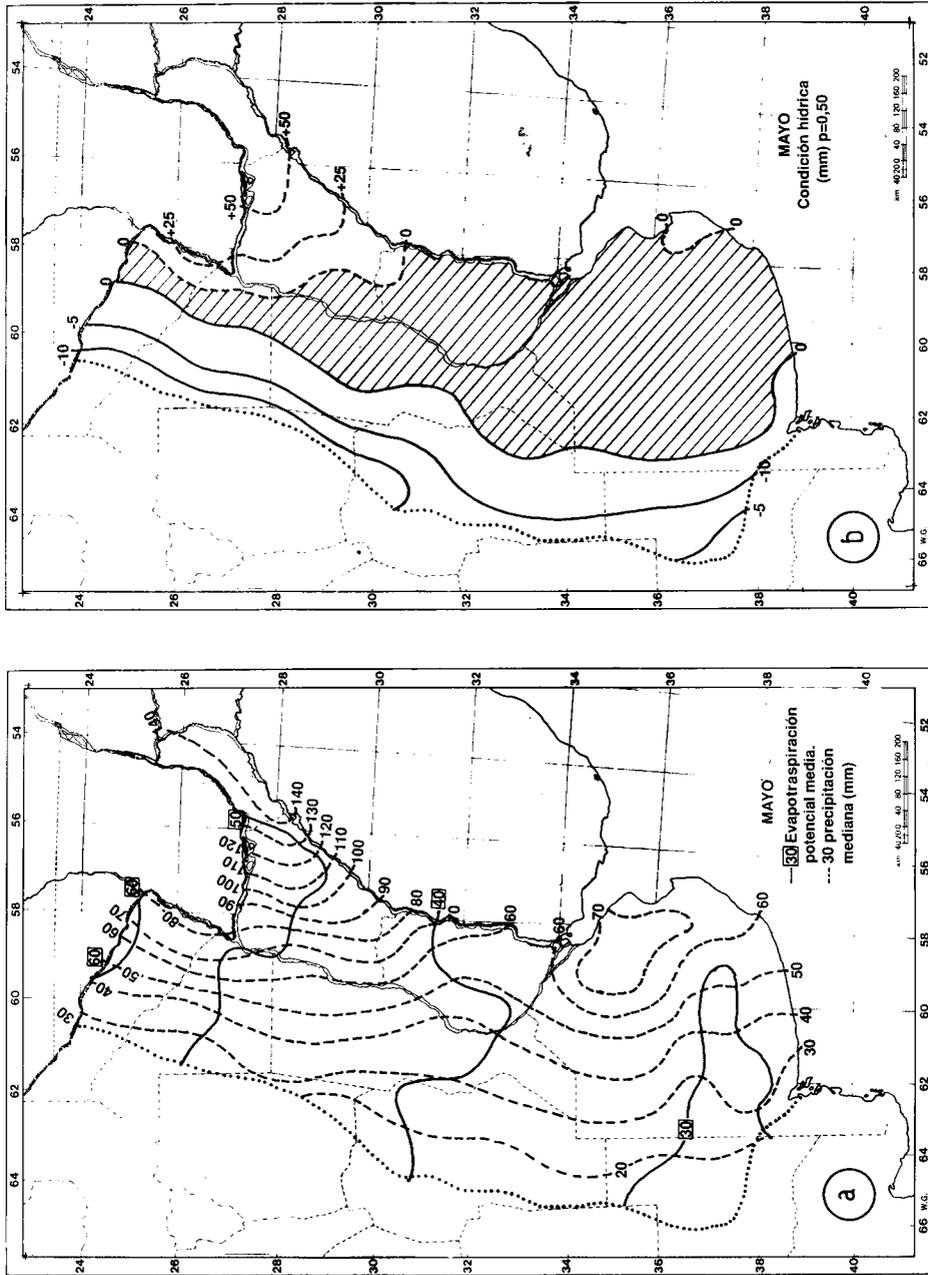


Figura 3. Aspectos hidrológicos en mayo.

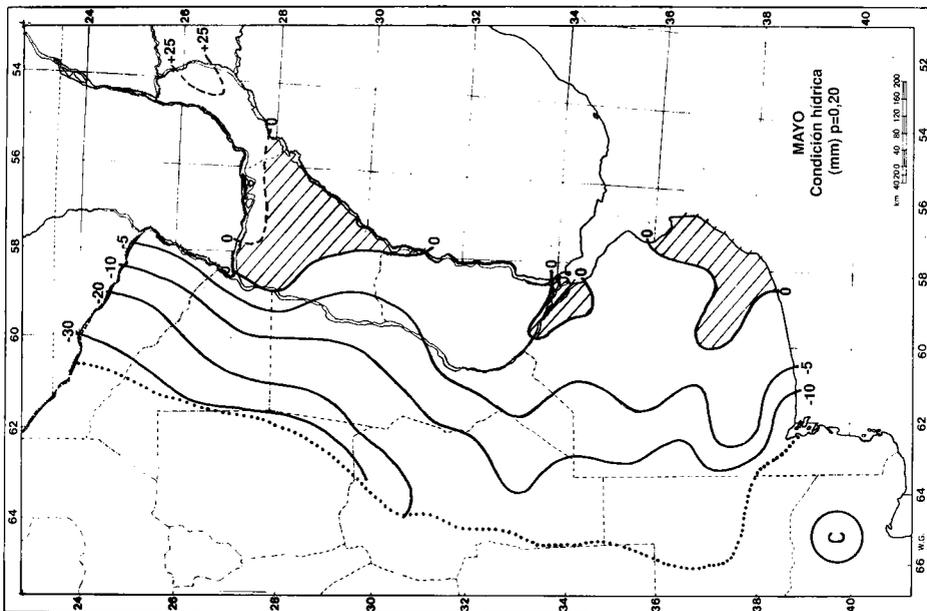
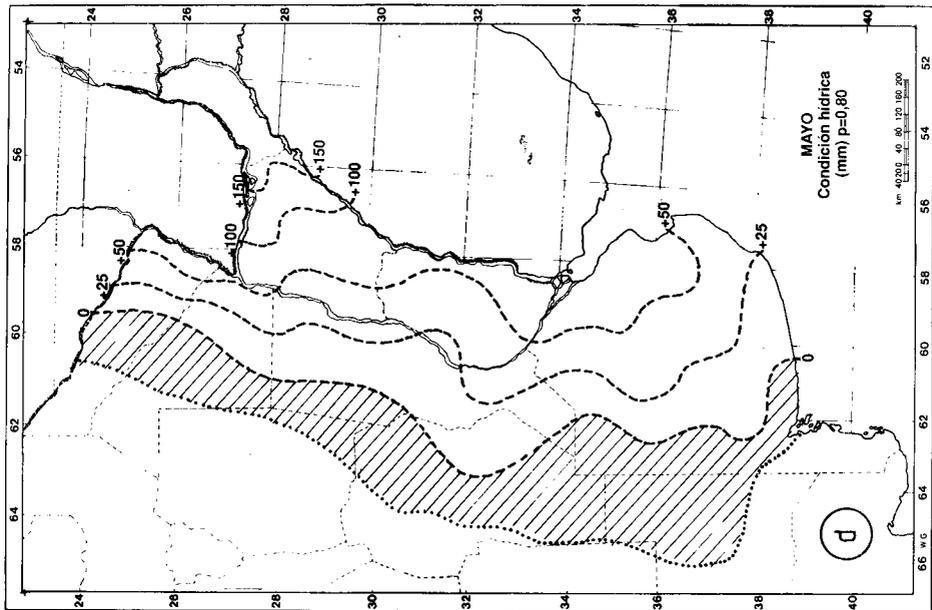


Figura 3. Aspectos hidrológicos en mayo (continuación).

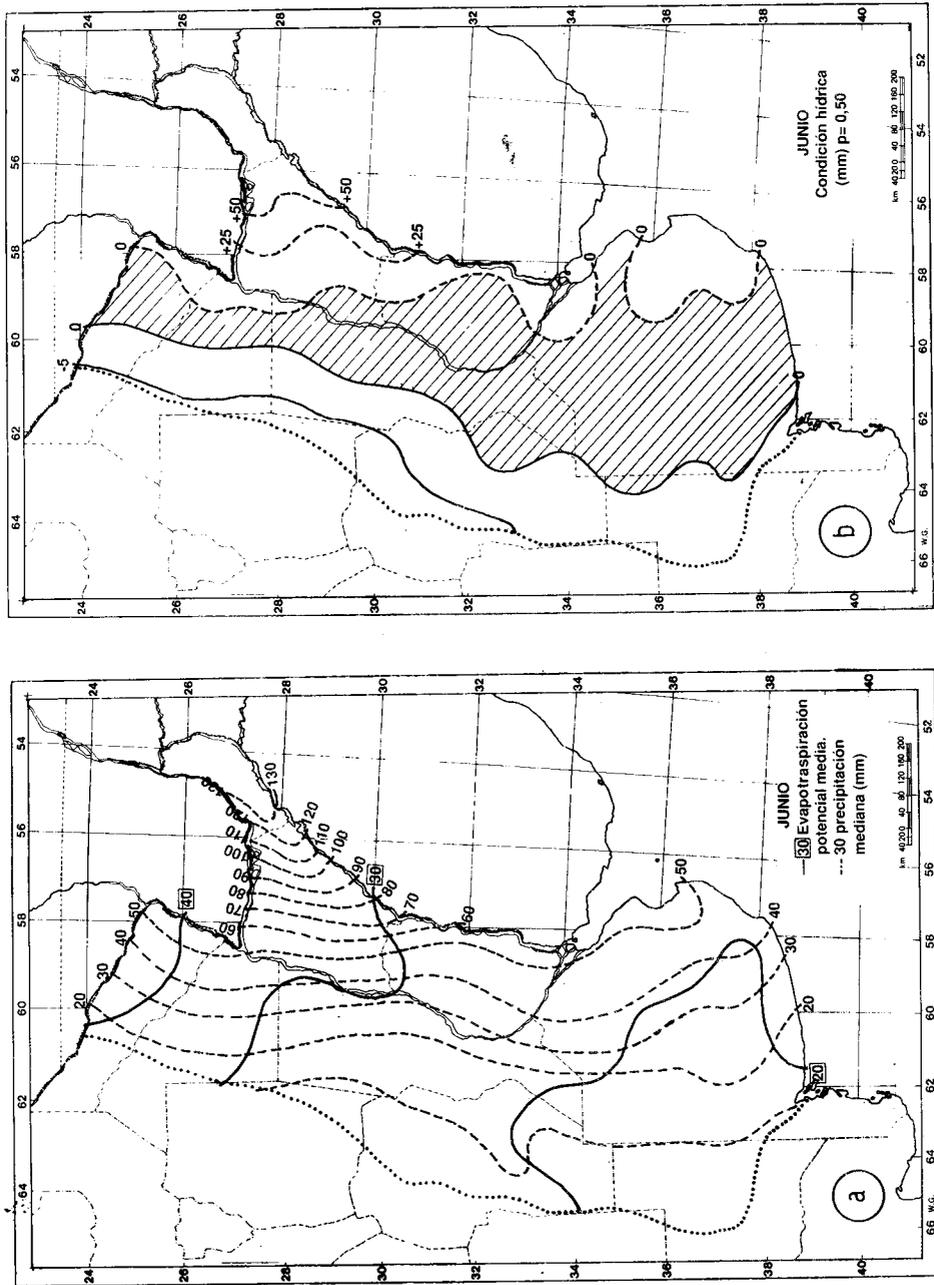


Figura 4. Aspectos hidrológicos en junio.

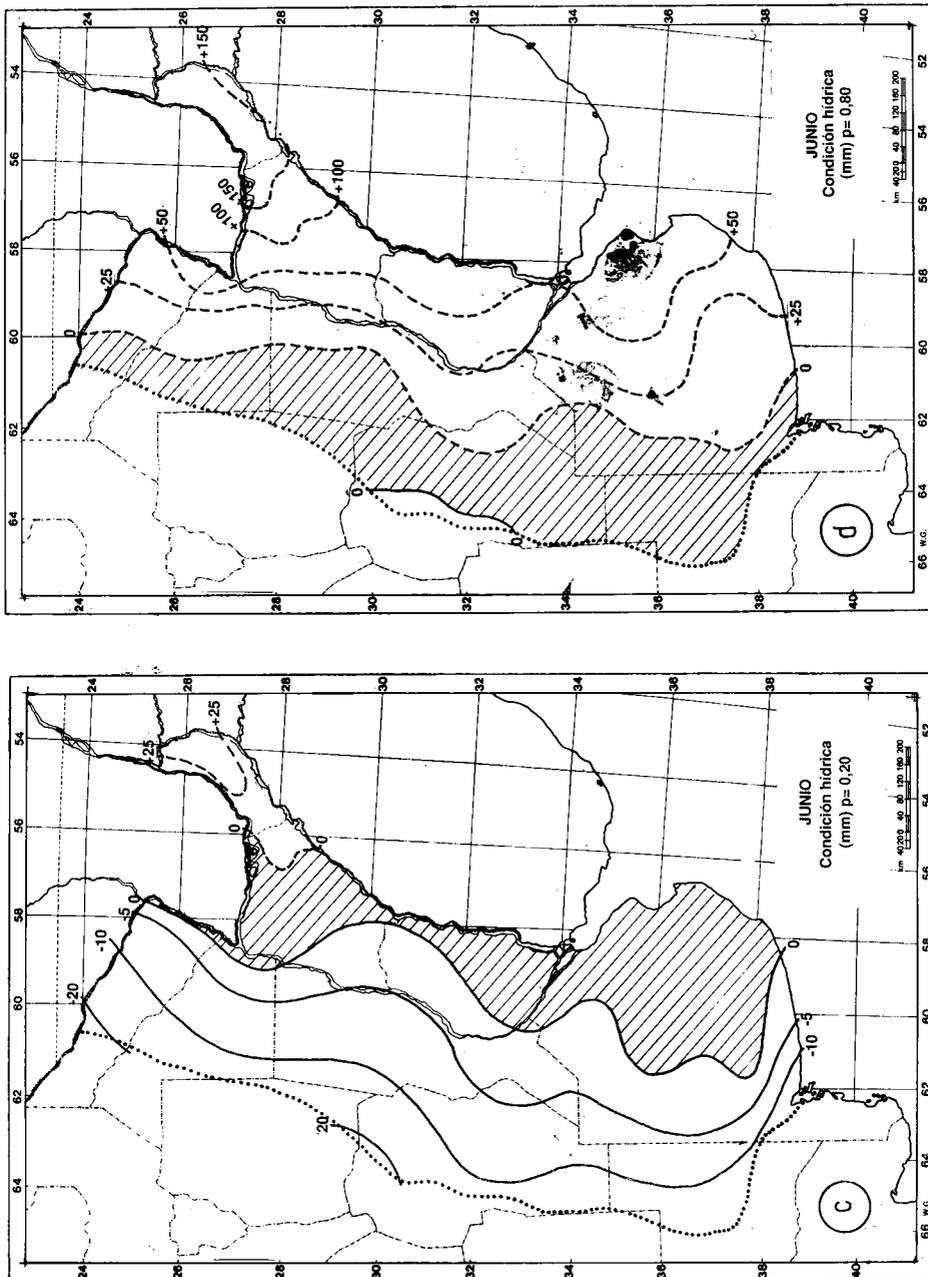


Figura 4. Aspectos hidrológicos en junio (continuaci).

Como en cualquier balance, cuando las entradas mensuales superan a las salidas, hay un excedente que irá paulatinamente recargando de agua al suelo constituyendo un período de reposición. Los gastos posibles por evapotranspiración son totalmente cubiertos y el balance resulta equilibrado. Cuando el suelo colma su capacidad de almacenaje en agua, posteriores entradas constituyen un exceso que, en parte se pierde superficialmente por escurrimiento y en parte percola hacia capas más profundas del suelo. Excesos grandes y persistentes, capaces de causar anegamientos, resultan siempre perjudiciales a la vegetación.

A la inversa, cuando los gastos mensuales son mayores que los aportes el suelo se irá desecando progresivamente, señalando el comienzo de un período de consumo. A partir del momento en que la vegetación no puede extraer del suelo todo el agua que necesita, sufriendo un estrés hídrico, el balance comienza a mostrar deficiencias crecientes en magnitud hasta alcanzar una condición crítica de sequía absoluta, cuando ya no queda agua aprovechable en el suelo.

En la región analizada hay una etapa de consumo bien manifiesta que se corresponde con el verano, cuando las altas temperaturas producen elevada evapotranspiración. La etapa de consumo invernal es menos notoria, porque la evapotranspiración es de menor intensidad y coincide con suelos suficientemente provistos de humedad por las lluvias otoñales. Ello ocasiona balances regionales variables, desde pequeñas deficiencias, condiciones equilibradas o excesos de diferente magnitud. En cambio, el alto consumo evapotranspiratorio y la deficiencia estival son fenómenos generalizados en toda la región.

El cálculo agroclimático del balance de agua, o hidrológico, se puede realizar según diversos métodos, siendo el de Thornthwaite el que se seguirá en este análisis por ser el que mejor se adapta a las características de la región y el más usado en el país. Al efecto, se utilizará el dato mensual de evapotranspiración potencial el que, de acuerdo con Thornthwaite, expresa la máxima pérdida de agua que podría ocurrir desde suelos sin limitaciones de humedad, cubiertos por una vegetación densa y en activo crecimiento. Este parámetro cuyos valores medios se consignan en las cartas de las Figuras 3 y 4 se expresa en milímetros, de la misma manera que la precipitación, y significa el espesor de la lámina de agua del suelo que se pierde por evapotranspiración.

Una de las mayores dificultades para realizar cartografía agroclimática referente a balances hidrológicos, es la variada capacidad para almacenar agua que tienen los diferentes tipos de suelos, según sean su textura, estructura, profundidad, etc. Aquí solamente se presentarán cartas correspondientes a balances computados para suelos con 200 milímetros de capacidad de retención. Esta cartografía podrá ser de aplicación generalizada en toda la región, con excepción de la parte suroccidental pampeana, donde la predominancia de suelos arenosos determina retenciones más reducidas. Para el resto, se estima que la capacidad de 200 mm es la más adecuada pues, en cierta medida, contrabalancea convenientemente las retenciones con las profundidades que pueden alcanzar los sistemas radiculares en los diferentes tipos de suelos.

Como referencia, para poder comparar las evapotranspiraciones con los aportes de agua, en las Cartas "a" se representan las isolíneas de precipitaciones mensuales me-

dianas. Se ha preferido usar el valor mediano y no el promedio, en razón de la anormal distribución que presentan las series de lluvias mensuales, cuyo promedio raramente coincide con el 50% de la serie.

Comparando mensual y regionalmente lluvias y evapotranspiraciones, se puede tener una idea del balance hidrológico climático normal.

El método de balance mensual seguido utiliza las precipitaciones y evapotranspiraciones, ocurridas mes a mes y año a año, de una serie de 30 ó más años (balance hidrológico consecutivo o seriado). Para cada año, el balance indicará la condición o situación de humedad de suelo existente al final del mes, ya sean los milímetros de deficiencia, los de exceso, o la condición de equilibrio. Indicando con signo negativo a las deficiencias, con positivo a los excesos y con cero a los equilibrios, las condiciones hídricas obtenidas para cada mes pueden así integrar una serie ordenada desde el mayor valor negativo hasta el mayor valor positivo, pasando por los ceros de las condiciones de equilibrio, si las hubiese. Esta serie ordenada sirve para obtener las probabilidades o frecuencia de años en que puede esperarse que ocurran condiciones hidrológicas especiales.

Para facilitar el entendimiento de las cartas hidrológicas se presentan las condiciones de disponibilidad de agua en el suelo correspondientes a las probabilidades del 50, 20 y el 80%, con el siguiente significado:

- a) las cartas del 50% ( $p=0,50$ ) indican las condiciones hidrológicas medianas, que corresponden a los valores ubicados en el centro de la escala ordenada; vale decir, que en la mitad de los años se produjeron condiciones inferiores y, en la otra mitad, superiores a la indicada;
- b) las cartas del 20% ( $p=20$ ) expresan que en un uno de cada cinco años, se pueden esperar condiciones hidrológicas más deficientes que la indicada; y
- c) las condiciones señaladas en las cartas del 80% ( $p=0,80$ ) significan que en uno de cada cinco años podrán suceder condiciones hidrológicas de excesos mayores a los indicados o, por lo inverso, que en cuatro de cada cinco años podrán ocurrir excesos menores, equilibrios o deficiencias de variada magnitud.

Las Cartas "b" de las Figuras 3 y 4 correspondientes a la condición hidrológica mediana (50%) de mayo y de junio, muestran que en la mayor parte de la región hay una disponibilidad de agua suficiente, con balances equilibrados (área rayada). Aparecen excesos no muy preocupantes en la región oriental de Corrientes y en Misiones, los cuales se extienden al este entrerriano y bonaerense en junio, y deficiencias muy pequeñas en la franja occidental, algo mayores e el primer mes considerado. Las diferencias regionales entre los dos meses indican que en junio ocurre una ligera reposición de la humedad del suelo.

En términos medios ambas cartas muestran que la condición de humedad normal de los suelos en este bimestre del año es favorable, tanto para las operaciones de cosecha de las últimas maduraciones de cultivos de siembra estival, como para la preparación y laboreo de las tierras para la siembra de los cultivos invernales. En aquella parte de las cartas con excesos mayores de +25/+50 mm, las condiciones se tornarían dificultosas o inconvenientes para ambos propósitos.

Las Cartas "c" correspondientes a las probabilidades del 20% muestran que, en ambos meses normalmente húmedos con una frecuencia relativamente importante: 1 de cada 5 años, la entrada al invierno marca la ocurrencia de una condición de sequía en casi toda la región (con excepción de la franja más oriental). Ello es especialmente notorio en mayo, y algo menos en junio. Se estima que esta situación repercutirá en las operaciones agrícolas dificultando, por ejemplo, la roturación de los suelos. En estas condiciones de humedad, el suelo se vuelve más resistente al corte, lo cual afecta el trabajo de aradura produciendo, en consecuencia, camas de siembra deficientes o retraso en la siembra de cultivos invernales. Por la falta de agua, se anticipa el término del ciclo de las pasturas y se generaliza el amarilleo de la pradera si esta seca es acompañada por heladas anticipadas.

A partir de las condiciones señaladas en las cartas del 20%, y los valores correspondientes a probabilidades intermedias hasta los 50%, la situación agrícola general mejora por la posibilidad de un creciente porcentaje de años favorables.

Las Cartas "d" de las Figuras 3 y 4, correspondientes a la probabilidad del 80% muestran, con excepción de la franja occidental, excesos de agua generalizados denotando la existencia de suelos muy húmedos, saturados o inundados, con las consecuencias adversas que esto significa para todas las tareas agrícolas de este bimestre. En esas condiciones los suelos se tornan pegajosos y fluidos, lo cual dificulta el pasaje de maquinaria y las labores de labranza. Por consiguiente, se retrasan los trabajos y tareas correspondientes al calendario de actividades normales para la época. Hace excepción a esta situación la franja occidental semiárida, porque en ella los suelos son más arenosos, tienen menor retención hídrica y las condiciones del 80% suponen una mejoría, al mostrar balances equilibrados.

En las condiciones de excesos de agua en el balance, la cosecha de las últimas siembras de soja, especialmente las «de segunda» provenientes de siembra muy atrasadas, se verían así afectadas. Ello se magnifica en años en que marzo y abril son muy lluviosos y transfieren sus excesos de agua al bimestre mayo-junio, dilatando los ciclos vegetativos de esos cultivos. Las condiciones hidrológicas señaladas, que se corresponden, además con mayores lluvias, tiempo nuboso, mayor humedad atmosférica y menor temperatura, configuran una condición muy desfavorable para la correcta maduración, secado y sanidad de los frutos, obteniéndose, en caso de que sea posible cosechar, un producto inferior en cantidad y calidad.

Las consideraciones efectuadas precedentemente para el cultivo de la soja, son válidas también para el algodón, en la Región Chaqueña, cuya maduración es también afectada por la condición de humedad excesiva.

La importancia negativa de los excesos de agua en las prácticas agrícolas y cultivos, dependerá de varias circunstancias, por ejemplo: la capacidad de percolación y escorrentía de los suelos, la coincidencia con etapas fenológicas más o menos sensibles, con la época de preparación del suelo o de la cosecha de los cultivos, etc.

En términos generales, puede aceptarse que excesos de agua mayores de 50 mm mensuales siempre deben resultar perjudiciales, especialmente si responden a una secuencia estacional.

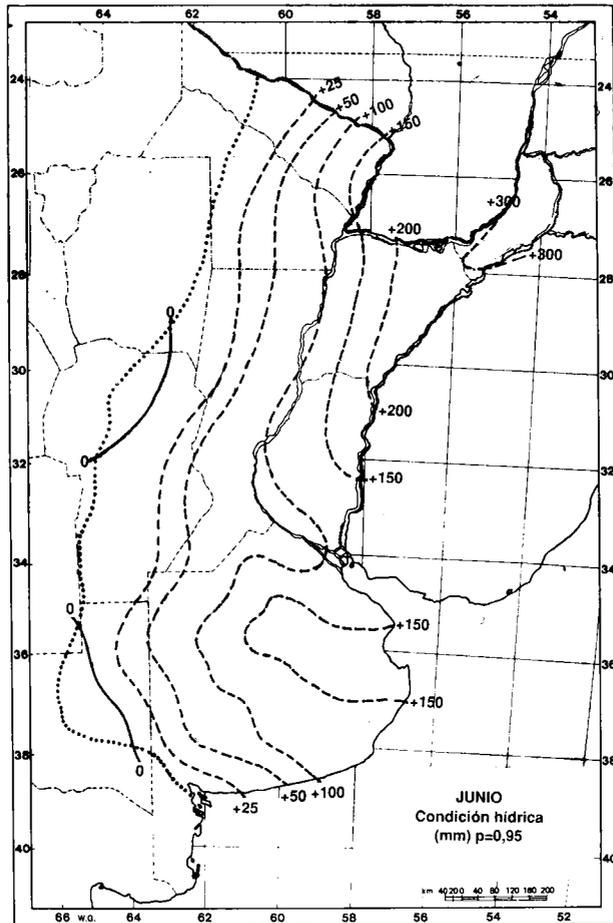


Figura 5. Condición hidrológica a esperar en el mes de junio en uno de cada veinte años.

La Figura 5 muestra los excesos que pueden ocurrir en el mes de junio en el 5% de los años y complementaría las consideraciones efectuadas al analizar la Figura 4d. La magnitud del exceso de agua estadísticamente superable en uno de cada veinte años, sería una estimación primaria de la frecuencia de años en que podrían ocurrir inundaciones por lluvias. Llama la atención la presencia de un área en el centro este de la provincia de Buenos Aires, con excesos superiores a 150 milímetros, en coincidencia con la depresión del río Salado, donde los suelos impermeables y reducido drenaje superficial coadyuvan a aumentar la probabilidad de inundaciones. Los excesos de agua señalados en las cartas pueden aumentarse considerablemente cuando, además de los balances de agua regionales se contabiliza el ingreso de agua fluvial proveniente de países limítrofes, cuyos excedentes se canalizan a través de los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay, produciendo inundaciones en sus márgenes con mayor frecuencia de la que podría deducirse de los valores indicados en la Figura 5.

## II MÁXIMA INTENSIDAD DEL FRÍO INVERNAL

### 1. Características térmicas del bimestre julio-agosto

El aumento progresivo del enfriamiento comenzado en el primer mes del bimestre anterior, culmina en julio de forma generalizada en toda la región.

Es conocido que la perduración del balance negativo de radiación, más allá de las fechas del solsticio de invierno y la demora operada en la transferencia de este enfriamiento a los términos del balance calórico general, explica el porqué las temperaturas del aire más bajas se registran normalmente hacia mediados de julio y este mes acusa, en toda el área estudiada, los menores valores térmicos medios y extremos. Las diferencias regionales en cuanto al tipo de suelo y su condición de humedad, al carácter de la cobertura, a la proximidad a cursos de agua importantes, etc., determinan la magnitud del enfriamiento y el grado del atraso.

El índice agroclimático elegido en este análisis para marcar la intensidad del frío invernal, es la temperatura mínima anual media, la cual se obtiene promediando las temperaturas mínimas absolutas registradas anualmente en una serie extensa de años.

Los valores de temperatura mínima anual media, computados para todas las estaciones meteorológicas ubicadas en la región, se han usado para trazar las isotermas de la Carta de la Figura 6a, que señalan variaciones desde +1 °C en las márgenes formoseña y correntina de los ríos Paraguay y Paraná hasta los -10 °C, o poco más, en el suroeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de la de La Pampa. Las series de temperaturas mínimas absolutas, de las cuales se han derivado las cifras de la carta, se han registrado mayormente en los tres meses más fríos, con cierta preferencia en julio y menor frecuencia en junio y agosto, aunque en algunos pocos años se produjeron en mayo o setiembre.

Como consecuencia del reducido grado de continentalidad que acusa el clima argentino, los valores de temperatura mínima anual media resultan significativamente menos intensos que los registrados en las regiones agrícolas de igual latitud en el hemisferio septentrional. La diferencia se advierte no sólo al comparar la magnitud del enfriamiento, sino también en la variabilidad de las temperaturas mínimas absolutas anuales. En la región argentina analizada, la desviación típica de la mínima anual media oscila entre 1,0 °C y 2,5 °C, lo que está indicando la poca probabilidad de que ocurran mínimas absolutas muy diferentes a los valores medios. La Carta "b" de la Figura 6 confirma este aserto, mostrando los valores probables en uno de cada 20 años ( $p=0,05$ ), los cuales no difieren mucho de los de la Carta "a". Como una confirmación más en el Cuadro 2 se indican las mínimas más intensas registradas en los primeros 80 años de este siglo, para varias localidades del área.

Otra característica de nuestro invierno, consecuencia también de su escasa continentalidad, es el reducido gradiente térmico entre los meses, lo cual permite que los factores de circulación atmosférica actuantes que operan en la región, produzcan alteracio-

Cuadro 2. Temperaturas mínimas absolutas (t.m.a.) registradas en el período 1901-1980.

Lugar	t.m.a °C	Lugar	t.m.a °C	Lugar	t.m.a °C
1. Azul	-10,3	7. Córdoba	-10,3	13. P. de los Libres	-4,3
2. Bahía Blanca	-9,2	8. Corrientes	-1,1	14. Posadas	-4,4
3. Buenos Aires	-5,4	9. Formosa	-2,5	15. Río Cuarto	-9,6
4. Casilda	-10,0	10. Gral. Acha	-14,0	16. Rosario	-7,0
5. Ceres	-7,0	11. Goya	-3,6	17. T. Lauquén	-10,3
6. Concordia	-7,4	12. M. del Plata	-6,6	18. Tres Arroyos	-8,2

(Fuente: Estadísticas Climatológicas varias del Servicio Meteorológico Nacional).

nes aperiódicas en la marcha térmica. Esta ocurrencia de períodos templados o cálidos que se alternan con otros fríos y hasta con heladas, se prolonga sobre indeterminado número de días.

Todas estas particularidades de los regímenes térmicos invernales, determinan disponibilidades regionales que configuran aptitud variable para aquellos cultivos que cumplen una parte o todo su ciclo vegetativo en la termofase negativa del termoperíodo anual.

Desde el punto de vista biometeorológico deben enfatizarse dos aspectos del enfriamiento invernal. Uno de ellos hace al desarrollo vegetal, y se refiere a la satisfacción de los requerimientos en bajas temperaturas que manifiestan las especies anuales invernales durante los primeros estadios de su proceso fásico; o aquellas otras perennes, arbóreas caducifolias y algunas herbáceas hemi-criptófitas, que exigen tal requisito para reiniciar normalmente su crecimiento primaveral luego del reposo invernal. El otro aspecto se vincula con el posible daño por temperaturas mínimas de mayor intensidad que la del nivel crítico de resistencia de cada especie, variable de acuerdo al estado fenológico en que se encuentran cuando aquéllas ocurren.

Las especies anuales de siembra otoño-invernal requieren, en mayor o menor grado, pasar un período de bajas temperaturas por debajo de su nivel mínimo de crecimiento, período denominado de vernalización, cuya duración es variable según especies y cultivos. Cuando esta exigencia biometeorológica no se cumple totalmente, resultan anomalías fenológicas y memas en el rendimiento. En la Región Pampeana, los cultivos que merecen considerarse con referencia a este tema, comprenden a los cereales invernales, al lino y, más recientemente, a la colza.

Los cultivos de trigo abarcan latitudinalmente una dilatada superficie desde el centro de la provincia de Santa Fe hasta el sur de la de Buenos Aires, alternándose con avena, cebadas, centeno y alpiste, especies todas que debieron adaptarse a las disponibilidades térmicas existentes en sus lugares de siembra, mediante la utilización de cultivares apropiados o fechas de siembra convenientes.

La fitogenética ha llevado a disponer, actualmente, de cultivares de trigo con reducida exigencia en frío, los cuales pueden satisfacer sus necesidades de vernalización a partir de siembras concentradas en los meses de junio y julio, según las diferentes regiones ecológicas.

El cultivo de lino muestra en la región un período más dilatado de siembras, desde mediados de mayo en el norte (subregión I-II: Chaco, Corrientes, norte de Santa Fe) hasta mediados de julio en el sur de la provincia de Buenos Aires (subregión VI). De tal forma logra satisfacer su reducida exigencia en frío transformándose así, en el país, en un cultivo de siembra otoño-invernal, a diferencia del cultivo típicamente primaveral que es en el Hemisferio Norte. Algo similar ocurre con otras especies, como alpiste y cártamo.

La Región Pampeana adecuada para el cultivo de colza admite la utilización generalizada de cultivares primaverales, los que por sus exigencias biometeorológicas similares a las especies citadas precedentemente, deben iniciar su cultivo en los meses de mayo-junio. Los cultivares invernales de colza con grandes exigencias en vernalización no son posibles en la región. Solamente aquellos de menores crioexigencias podrían prosperar en el sur pampeano bonaerense.

Agroclimáticamente, el índice elegido en este análisis para relevar la distribución regional de la disponibilidad en frío para cultivos anuales, es el número medio o normal de días con temperaturas mínimas inferiores a 7 °C, con el que confeccionó la Carta "c" de la Figura 6. Como puede apreciarse, el área con mayor disponibilidad corresponde a la región serrana e interserrana de la provincia de Buenos Aires en la que, lógicamente, podrán utilizarse los cultivares más exigentes en vernalización. En el área septentrional donde el invierno no registra normalmente temperaturas mínimas inferiores a 7 °C no es posible realizar cultivos con cierta exigencia en frío.

Como se dijo anteriormente, la ocurrencia de determinado enfriamiento regional, puede alternarse aperiódicamente con lapsos de temperaturas relativamente altas, favorables para el crecimiento vegetal pero no para el cumplimiento del descanso. Las Cartas "a" y "b" de la Figura 7, muestran la temperatura máxima media de julio y la correspondiente disponibilidad energética para cultivos que tienen temperatura mínima de crecimiento superior a 5 °C. Luego se efectuarán mayores comentarios a las referidas cartas pero resulta evidente que los cereales pueden disponer entre 100 °C y 300 °C de suma térmica para el crecimiento en el mes de mayor intensidad del frío invernal.

La necesidad de satisfacer requerimientos en bajas temperaturas alcanza también a ciertas especies perennes, cuyo ciclo anual comprende una etapa de actividad vegetativa primavero-estival y otra de descanso invernal que pasan desprovistas de follaje. En esta última deben satisfacer cierta cuota de frío pues, caso contrario, las etapas vegetativas siguientes, floración y fructificación, no pueden cumplirse correctamente.

Dentro de estas especies, la importancia agrícola señala a los frutales comúnmente denominados criófilos por su exigencia en frío. Descontando las variables exigencias dentro de las variedades y cultivares de cada especie, podría formarse una escala decreciente de necesidades en frío, con este orden: manzano, peral, duraznero, ciruelos, damasco, cerezo y almendro, para citar los más difundidos.

A fines de la década del 30, se postuló que el número de horas con temperaturas inferiores a los 7 °C (horas de frío) que actuaban sobre los frutales criófilos durante su

período de descanso, podrían utilizarse como un índice agroclimático para cuantificar las disponibilidades regionales de enfriamiento. Este índice se usó para trazar la Carta "d" de la Figura 6, con una modificación: solamente se contabilizaron las «horas de frío» del período anual con temperatura media normal inferior a 14 °C.

Esta modificación obedece a considerar que temperaturas medias mayores supone valores diurnos horarios elevados, capaces de anular el efecto vernalizante de las bajas temperaturas nocturnas. En los últimos veinte años se viene desarrollando una valoración diferente del efecto positivo de las bajas temperaturas en el período de descanso de los frutales criófilos, habiéndose generalizado el concepto de unidades de frío, no considerado en este trabajo, aunque en el futuro desplace al índice agroclimático de «horas de frío».

En la carta se aprecian el área septentrional sin disposición de «horas de frío» inadecuada para estas especies frutales, y el área sur de la isolínea de 1.000 horas, donde podrían prosperar especies y/o cultivares de alta fríoexigencia.

El área frutícola centrada en el Delta paranaense y el norte de la provincia de Buenos Aires costera al río Paraná, principalmente constituida por durazneros, nectarinas y ciruelos, dispone entre 600 y 700 horas de frío normales, las cuales son suficientes para satisfacer los requerimientos de los cultivares que se usan en el área.

La intensidad del frío invernal debe también considerarse en su acción biológica negativa o adversa sobre el crecimiento vegetal.

Los valores de temperatura mínima anual media de la carta de la Figura 6, bastante inferiores a 0 °C en la mayor parte de la región, pueden ejercer un efecto congelante sobre tejidos vegetales sensibles u órganos tiernos en crecimiento. Esto debe considerarse, particularmente, observando los valores de temperaturas mínimas absolutas probables de ocurrir en uno de cada 20 años ( $p=0,05$ ) que muestra la carta b de la misma figura y que van desde los -2 °C en el noroeste, hasta los -8 °C a -10 °C, en la Región Pampeana y sudoeste bonaerense. Estas temperaturas se deben relacionar con el grado de resistencia de las diferentes especies y su estado fenológico.

Para cultivos de crecimiento invernal como los cereales, las temperaturas mínimas señaladas para julio y agosto, no podrán causar más que daños ligeros porque la resistencia en el estado de «pasto», es del orden de -10 °C a -15 °C. Tampoco sufrirá daños la vegetación herbácea natural, ya sea por su alta resistencia si vegeta en invierno o, caso contrario, por desarrollar formas u órganos de renuevo que en condiciones de inactividad vegetativa resisten sin daño grandes enfriamientos.

El principal cultivo forrajero, la alfalfa común, también se encuentra en este bimestre en estado de reposo, ya que recién reinicia su crecimiento activo cuando la temperatura supera los 14 °C, la que en el norte de Entre Ríos se produce recién a mediados de agosto y en el sur de Buenos Aires a mediados/fines de octubre. La resistencia específica de la alfalfa durante el reposo, así como la práctica de siembra otoñal consociada con trigo como protección de las plantitas, reducen la posibilidad de daño por heladas.

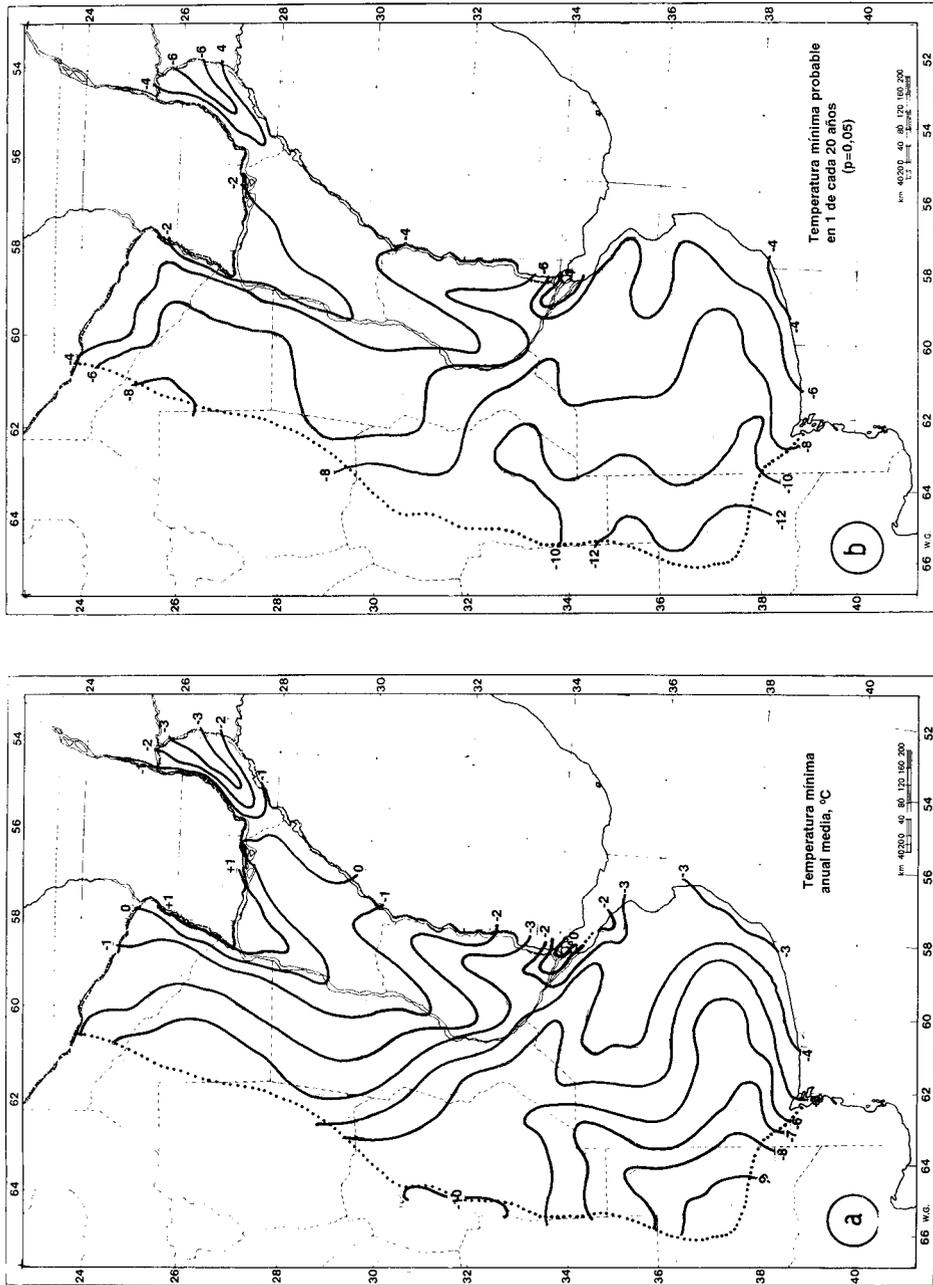


Figura 6. Aspectos térmicos del invierno.

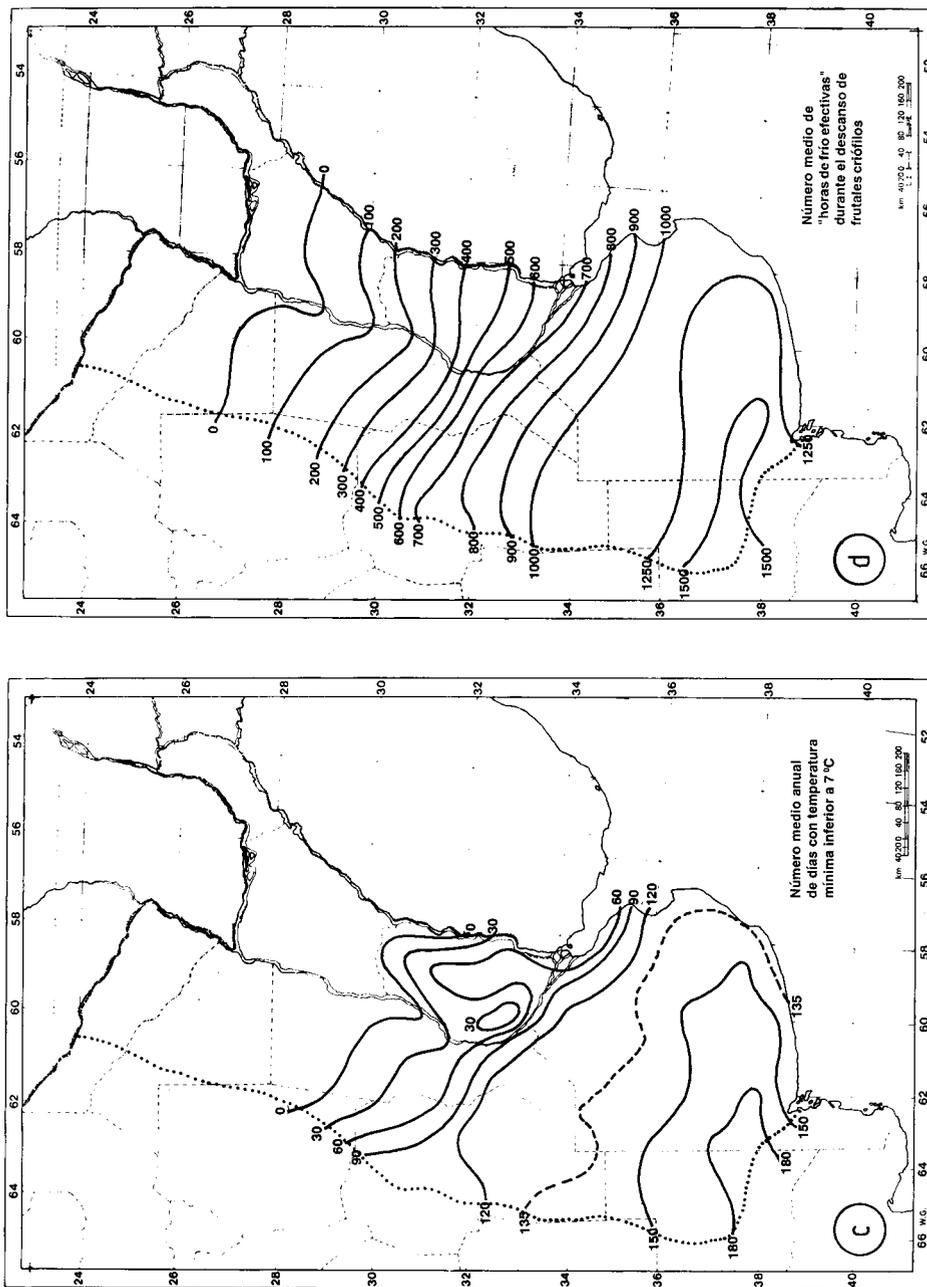


Figura 6. Aspectos térmicos del invierno (continuación).

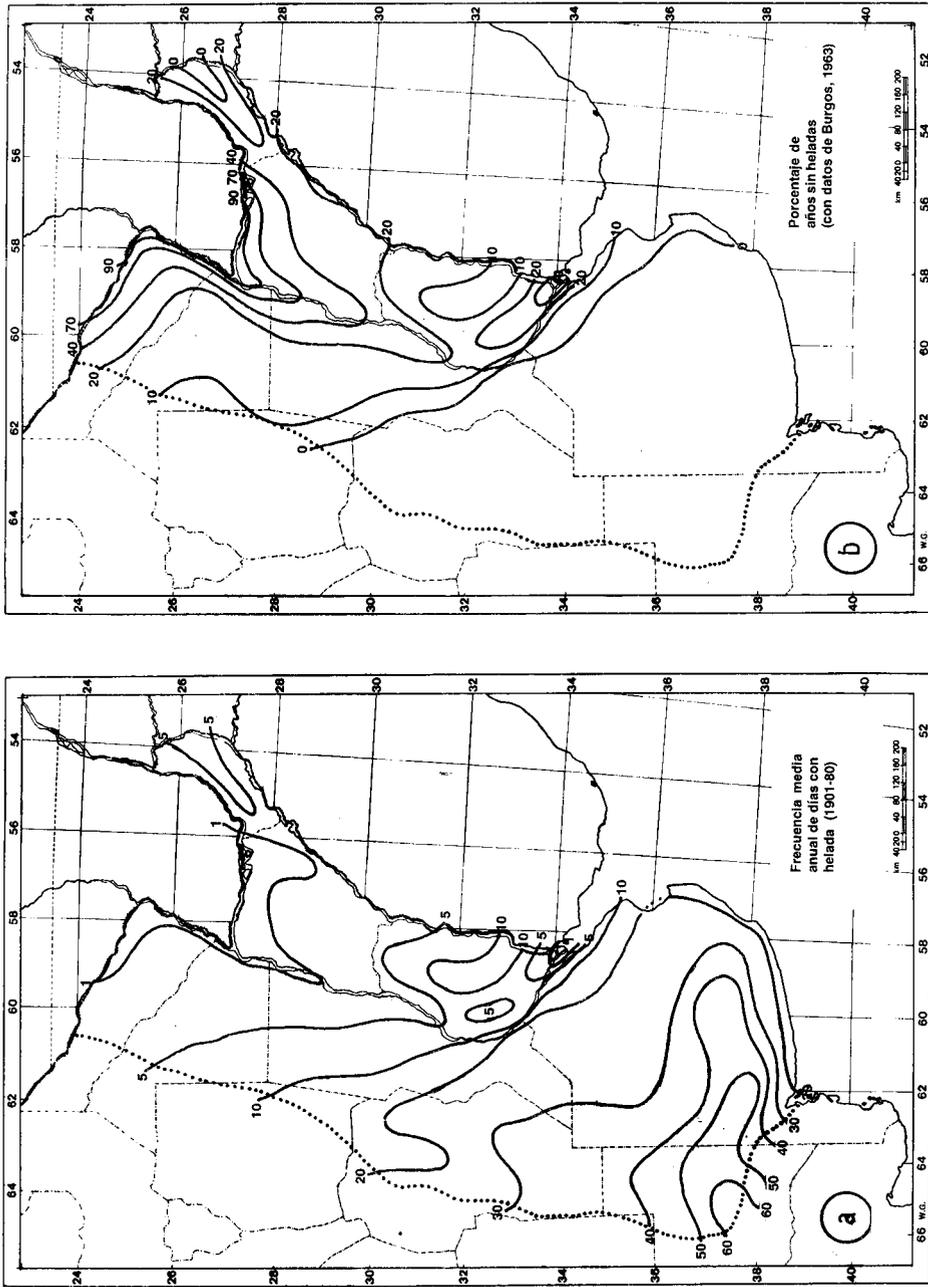


Figura 7. Aspectos térmicos del invierno.

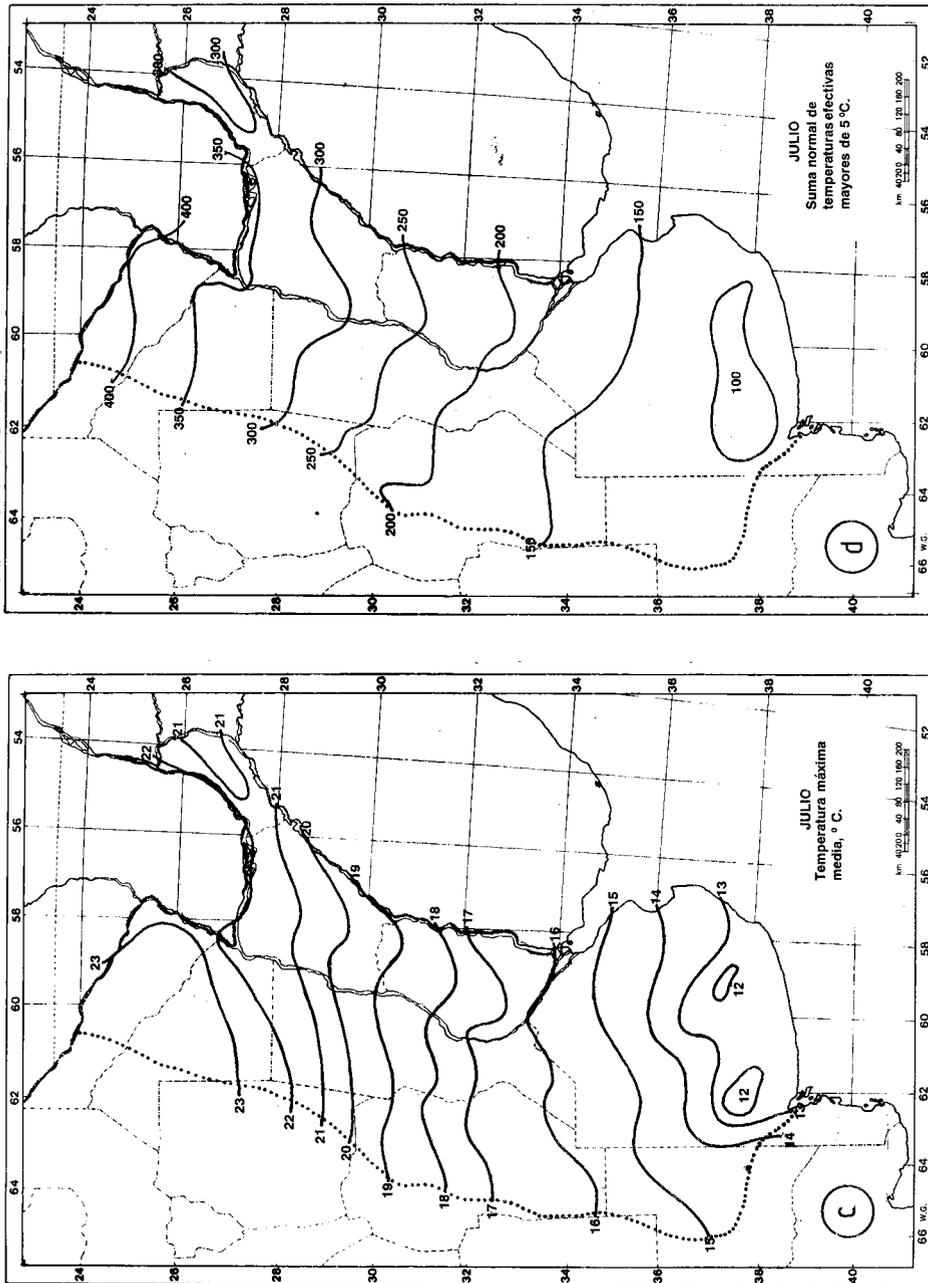


Figura 7. Aspectos térmicos del invierno (continuación).

Los cultivos de lino recién nacidos pueden soportar sin daño heladas de hasta  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  siempre y cuando no sean excesivamente prolongadas y repetidas, por lo que las siembras que por cualquier circunstancia no puedan realizarse en las fechas normales de cada región, correrán riesgos de ser perjudicadas. Con posterioridad al arraigue de las plantas, la resistencia al frío aumenta tolerando las temperaturas mínimas que se produce normalmente en sus lugares de cultivo.

La colza se manifiesta sensible a heladas en el estado de roseta hasta alcanzar las siete hojas, por lo que las fechas de siembra deben adecuarse para que el riesgo de daño sea nulo o mínimo hasta ese estado fenológico. En etapas vegetativas posteriores se muestra muy resistente a las bajas temperaturas.

Con referencia a los frutales, la posibilidad de daños por heladas en la región queda restringida a los cítricos, frutales termófilos que esta época invernal presentan órganos sensibles a esa adversidad, con resistencia variable según las especies, los cultivares y sus porta-injertos, el estado sanitario y nutricional, las partes de la planta, etc. Como generalización, se acepta que la resistencia de las especies comerciales se escalona desde el limonero, la más sensible que puede resultar con daños por heladas de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ó  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta el mandarino, capaz de resistir hasta  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Los valores de resistencia señalados, son magnificados cuando heladas de esa intensidad ocurren después de períodos prolongados de temperaturas más elevadas que las normales, en los que la actividad vegetativa de las plantas se acelera. Las áreas citrícolas de la región son el Delta paranaense y las costas noreste bonaerense, toda la Mesopotamia y parte de Formosa. Debe recordarse que las temperaturas medias diarias relativamente elevadas, posibilitan que durante una gran parte del día las plantas dispongan del calor suficiente para promover una actividad vegetativa importante. Para ilustrar esta disponibilidad calórica, se ha preparado la Carta "c" de la Figura 7 ilustrativa de las temperaturas máximas medias para el mes de julio.

Puede observarse que en el área citrícola, las máximas del orden de  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  confirman la existencia de aportes calóricos diarios de importancia. En ciertos años, por la variabilidad típica del clima, se pueden alcanzar valores máximos más elevados los que, sin duda, provocarán también actividad vegetativa anormalmente intensa. Precisamente en tales años, es cuando la ocurrencia de fuertes heladas producirán los mayores daños a las plantaciones cítricas, desde la congelación de frutos y ramas hasta la muerte de las plantas. Cabe recordar al respecto, lo sucedido a las plantaciones citrícolas del área de San Pedro y alrededores, por efecto de la helada de  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo cero registrada en el invierno de 1967 que, prácticamente, produjo la destrucción de las plantaciones y el abandono de gran parte de esa actividad agrícola. Esa helada afectó casi toda el área citrícola, aunque con mayor intensidad al noreste bonaerense, Delta y provincia de Entre Ríos, como lo muestran las temperaturas mínimas del Cuadro 3, registradas en esa oportunidad. Es igualmente recordada la fuerte helada del año 1945 que afectó grandemente a las plantaciones citrícolas de toda la Mesopotamia.

Cuadro 3. Temperaturas mínimas registradas en la helada del 14 de junio de 1967.

Localidad	Temperatura mínima °C	Localidad	Temperatura mínima °C
1. Buenos Aires	-5,3	6. Gualaguaychú	-7,0
2. Castelar	-8,0	7. La Plata (quintas)	-6,6
3. Concordia	-5,0	8. Mazaruca	-8,7
4. Corrientes	-0,3	9. Paraná	-5,1
5. Corrientes (Aero)	-2,0	10. Posadas	-1,5

Estos grandes enfriamientos que, sucediendo ocasionalmente, originan la ocurrencia de heladas intensas, responden a fuertes entradas de anticiclones antárticos que llegan a cubrir todo el país, alcanzando también a regiones paraguayas y sud-brasileñas.

En la región analizada, la ocurrencia mensual y anual de heladas con las intensidades mencionadas no es un fenómeno corriente y debe aclararse, aunque pudiera parecer obvio, que las temperaturas mínimas absolutas mostradas en las Cartas "a" y "b" de la Figura 6 no ocurren todos los años y suceden, normalmente, con una frecuencia que está lejos de ser semejante a la de otras regiones agrícolas de clima templado. Aún en las áreas de invierno más frío de la región, normalmente no se superan los 15/17 días con helada en el mes más «helador», julio. Asimismo, la frecuencia anual media de heladas es comparativamente reducida, tal cual lo muestra la carta a de la Figura 7. Puede apreciarse que las mayores frecuencias alcanzan a los poco más de 50 días con heladas por año, y que una enorme porción de la parte central y septentrional de la región acusa menos de 20 días, de los cuales, un 30-35% corresponden al mes de julio.

Además, en esta parte septentrional debe considerarse, muy especialmente, lo que ha sido ya anticipado referente a que no todos los años ocurren heladas.

Para confirmarlo se ha preparado la Carta "b" de la Figura 7, con el porcentaje de años sin heladas. Esta carta complementa la carta a de la misma figura y la de las Cartas "a" y "b" de la Figura 6.

Se repite que todos los valores de temperaturas mínimas citados, corresponden a registros de termómetros ubicados en abrigos meteorológicos y a 1,50 m de altura, por lo que a nivel del suelo y de cultivos bajos se podrían alcanzar mínimas, del orden de 2-3 °C menos.

## 2. Condición hidrológica del bimestre julio-agosto

En las cartas agroclimáticas de las Figuras 8 y 9 se presentan, los valores mensuales de necesidad de agua de los cultivos o evapotranspiración potencial media y de las precipitaciones medianas (Carta "a"), así como las condiciones hidrológicas señaladas en el balance de agua para los términos normales y las posibles de ocurrir con diferentes probabilidad (Carta "b", "c" y "d").

Anteriormente, se describió la metodología de balance adoptada, la terminología utilizada y la interpretación a dar a las cartas. Las condiciones medias normales del balance de agua en la región analizada, señalan que en el mes de marzo se interrumpe abrupta-

mente la cíclica deficiencia de agua estival, y se transforma en una condición general de balances equilibrados (áreas rayadas en las cartas), lo que significa que las necesidades mensuales de agua de la vegetación, son satisfechas plenamente, sin que aparezcan ni deficiencias ni excesos hídricos. En los meses siguientes abril, mayo y junio se va reduciendo la superficie con balances equilibrados, apareciendo un leve aumento de las deficiencias (isolíneas de valores negativos) en la franja occidental y un progresivo incremento del área oriental con excesos de agua (isolíneas con valores positivos), que terminan extendiéndose a casi toda la Mesopotamia y oriente bonaerense hacia finales de junio.

La comparación regional entre los valores de evapotranspiración potencial y precipitación mediana para los meses de julio y agosto (Cartas "a" de las Figs. 8 y 9), muestra que la necesidad en agua del primer mes es aproximadamente unos 10 mm inferior que en el segundo y, por el contrario, las lluvias de agosto son menores en esa misma magnitud, frente a una evapotranspiración mayor también en unos 10 mm. Estas diferencias, justifican los balances de agua de las cartas siguientes.

Las Cartas "b" de ambas Figuras 8 y 9, muestran que en término medio ( $p=0,50$ ), se produce en el área un suave desecamiento, progresivo y generalizado, con aumento de la superficie y de la magnitud de las deficiencias en la franja occidental, así como reducción del área y de la magnitud de los excesos en la oriental.

Esto confirma lo referido hace más de 40 años, con referencia a que el invierno de la pradera pampeada es una estación de consumo de agua, concepto que podría extenderse a gran parte de la región oriental. Sin duda, la razón para ello debe encontrarse en que los valores estacionales relativamente elevados de evapotranspiración potencial no son cubiertos totalmente por las escasas precipitaciones. Además, la benignidad de la temperatura invernal posibilita que los cultivos, sembrados a fines de otoño-comienzo del invierno, se mantengan en actividad vegetativa de manera casi continua, a veces interrumpida por cortos períodos de temperaturas inferiores a sus mínimas de crecimiento. Para ilustrar sobre este aspecto la Carta "d" de la Figura 7 muestra la disponibilidad calórica regional del mes de julio mediante la suma de temperaturas efectivas mayores de 5 °C.

Este índice agroclimático se obtiene acumulando los residuos resultantes de restar 5 °C a cada temperatura media diaria.

A pesar de la continuidad que manifiesta el crecimiento invernal de cultivos extensivos como los cereales y el lino, sus consumos de agua son comparativamente reducidos en esta época, por lo que las condiciones hidrológicas medias señaladas en las Cartas "b", suponen una adecuada satisfacción de los requerimientos de agua, ya que pequeñas deficiencias de 5/10 mm no resultan perjudiciales.

Hay que recordar que, como consecuencia de las lluvias de marzo y abril, superiores a los consumos, el almacenaje o acumulación de agua en el suelo logra un aumento hasta alcanzar, en julio y agosto, los valores anuales más altos y, en muchas áreas, la capacidad de campo.

A partir de mediados de julio, cuando ocurre la culminación del descenso térmico, el aumento de las temperaturas durante el resto del mes y en agosto, unido a la disminución de las precipitaciones (ver Carta "a" de la Fig. 9), hace posible una leve acentuación de las condiciones deficitarias mostradas por el balance hidrológico, especialmente a occidente de la región.

En comparación con la de julio, la menor condición hidrológica deficitaria de agosto, algo perceptible en la carta de valores medios ( $p=0,50$ ), muestra ligera acentuación del desecamiento en las cartas correspondientes a las probabilidades del 20% y del 80%. Como puede apreciarse en las Cartas "c" de ambas Figuras 8 y 9, en esos meses invernales la magnitud de la falta de agua en el suelo no es excesiva, alcanzando sólo a los 30 mm en uno de cada cinco años ( $p=0,20$ ) en el borde septentrional semiárido de la región. Estos valores no se aumentan mayormente al considerar probabilidades menores. Para demostrarlo, se han computado los valores de las cartas de la Figura 10 correspondiente a las deficiencias mínimas que pueden esperarse ocurran en uno de cada veinte años ( $p=0,05$ ), vale decir, que con esa recurrencia pueden tener lugar condiciones hidrológicas más deficitarias que las indicadas. La mayor diferencia con los valores de la probabilidad del 20% no lo es tanto en la magnitud de los excesos, sino en la desaparición de las áreas con equilibrios y excesos. Las condiciones hidrológicas van desde valores de cero en la parte interior de la cuenca del río Salado hasta algo menos de -30 mm en el borde noroccidental de la región. Debe entenderse que las cifras de ambas cartas de la Figura 10 son independientes entre sí, siendo raros los años en que ambos meses muestran condiciones hidrológicas de igual signo negativo y magnitud.

El invierno, a pesar de mostrar consumo de agua, se corresponde, como se dijo, con las mayores reservas de agua edáfica mostradas por el balance hidrológico climático, por lo que también puede afirmarse que la ocurrencia de sequías intensas y prolongadas durante esta estación resultan fenómenos pocos frecuentes. Las sequías registradas en algunos años, han respondido no tanto a las evapotranspiraciones más elevadas de los meses invernales sino a su ocurrencia después de un verano seco y, especialmente, un otoño seco por la disminución o falta de las lluvias de marzo y abril.

En general, la ocurrencia de sequías intensas en la región de cultivos extensivos en el país, con repercusión geográfica total o parcial, muestra una cierta recurrencia que se manifiesta por una disminución de las precipitaciones a través de varios años y el consiguiente agotamiento paulatino de las reservas de agua edáfica. Así se recuerda el período seco que comenzando en 1948 culminó con la gran sequía de 1951 y que afectó, muy gravemente, el área centro-oriental de la región (Córdoba, La Pampa y sudoeste de Buenos Aires). Esta «seca» produjo la pérdida casi total de las cosechas de trigo y obligó a la fabricación de pan con harinas de reemplazo.

En cuanto a la posibilidad de ocurrencia de excesos de agua, las Cartas "d" de las Figuras 8 y 9 indican las condiciones hídricas que pueden ser superadas en uno de cada cinco años.

Se comprueba que, en la parte sur de la región, son probables en julio excesos mayores que los indicados para junio.

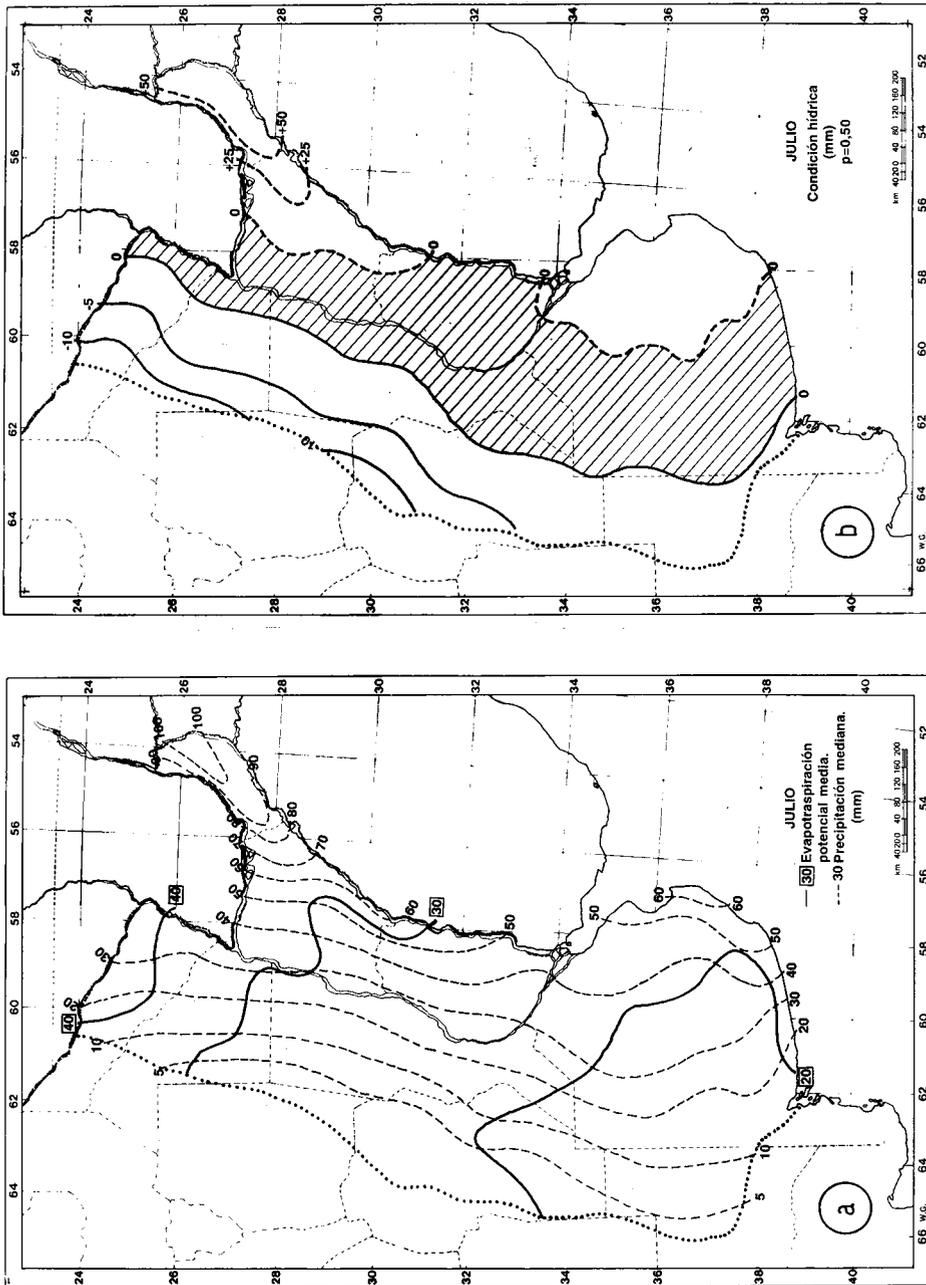


Figura 8. Aspectos hidrológicos del mes de julio.

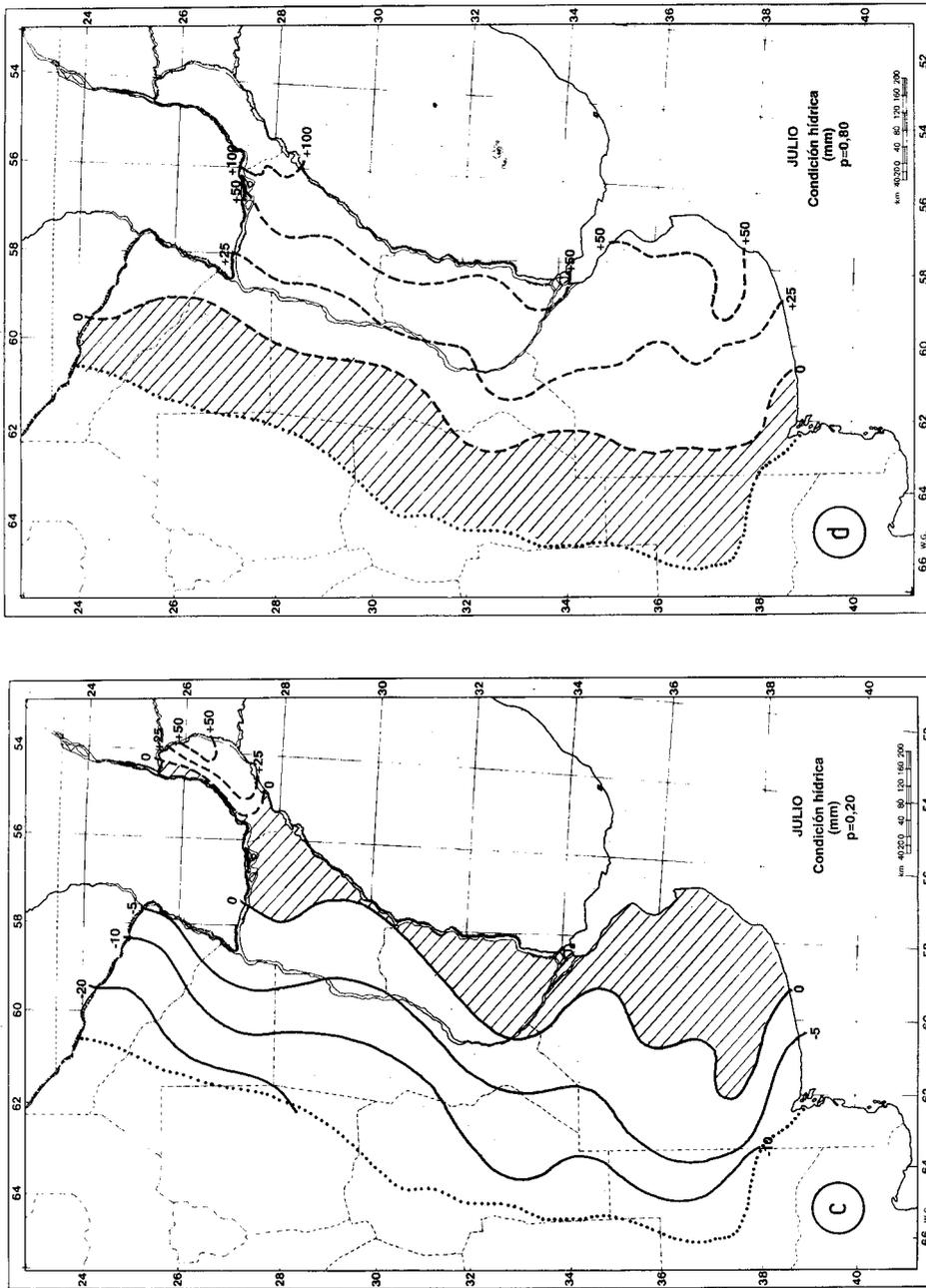


Figura 8. Aspectos hidrológicos del mes de julio (continuación).

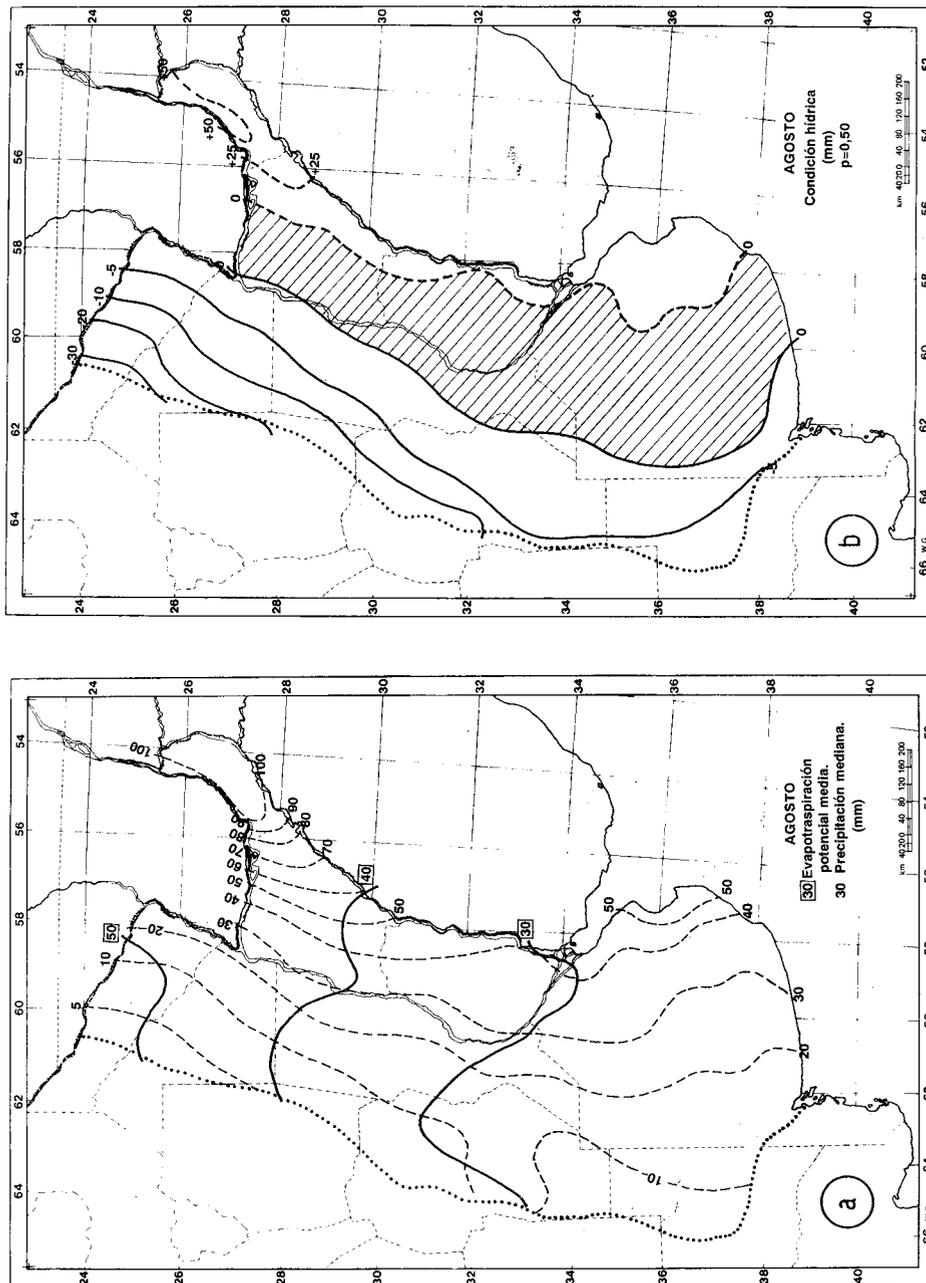


Figura 9. Aspectos hidrológicos del mes de agosto.

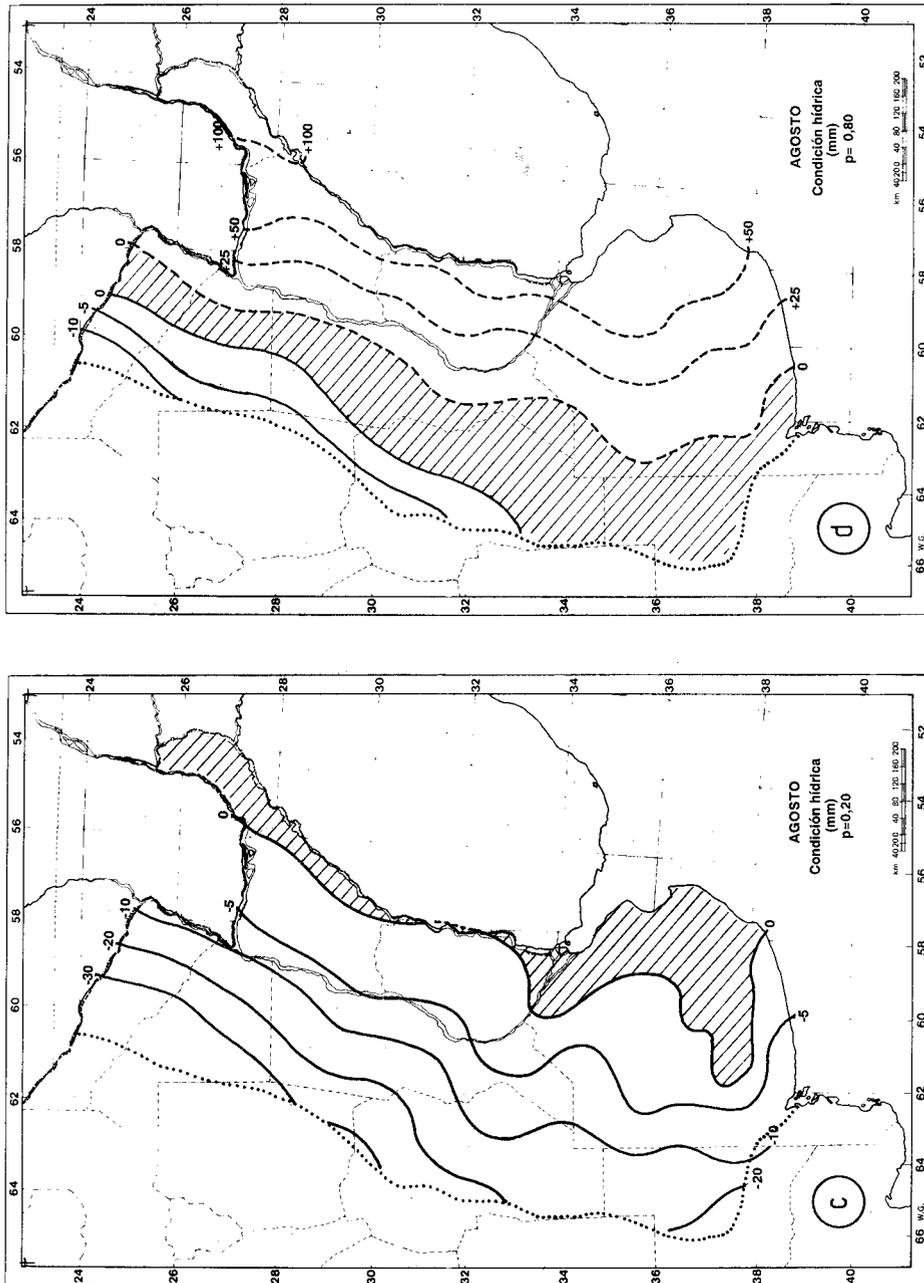


Figura 9. Aspectos hidrológicos del mes de agosto (continuación).

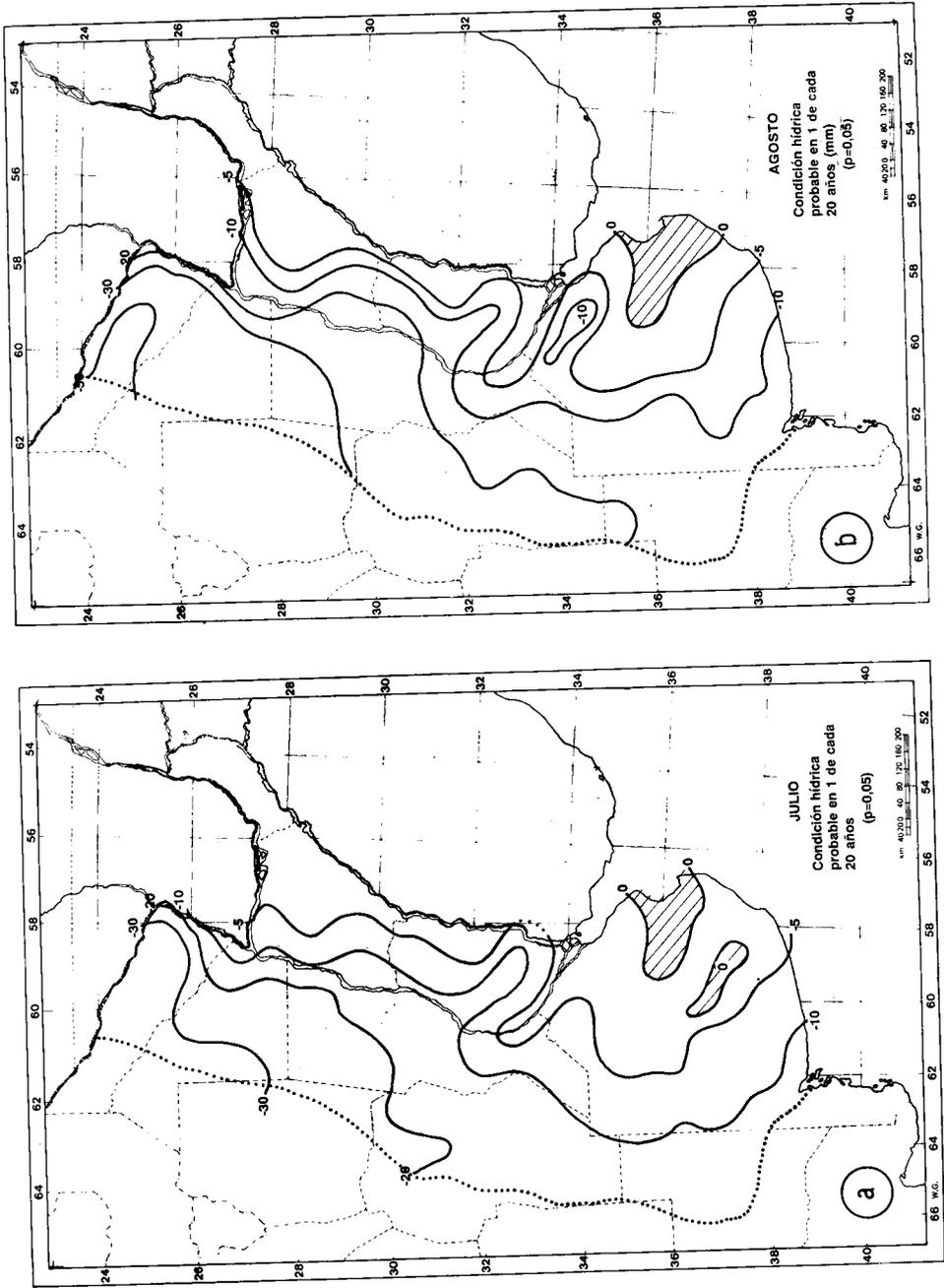


Figura 10. Aspectos hidrológicos del invierno.

Una carta similar a la presentada en la Figura 5 referente a los excesos de agua posibles de ocurrir en junio en el 5% de los años, repetiría para julio las mismas condiciones de suelos anegados y, ocasionalmente, posibilidad de inundaciones. Hay que tener en cuenta que, por los bajos consumos evapotranspiratorios del período invernal y los elevados almacenajes de agua en los suelos, la ocurrencia de dos meses consecutivos con excesos en el balance hidrológico es un hecho posible, a diferencia de lo que sucede con las deficiencias.

Con relación al efecto de los excesos de agua sobre los cultivos en vegetación activa, habrá que considerar además de su magnitud otras circunstancias concurrentes, por ejemplo, el tipo de suelo y su capacidad de percolación, la intensidad de la escorrentía, las condiciones meteorológicas acompañantes y la etapa fenológica del cultivo, aunque esta última no es mayormente relevante en esta época. Por supuesto que la persistencia de esta condición afectará las labores culturales del suelo propias del invierno.

Como resumen de los aspectos térmicos e hidrológicos del bimestre julio-agosto, de acuerdo al análisis y comentarios realizados, se puede sintetizar:

- 1) Las características particulares del agroclima argentino, en lo que hace la reducida intensidad de las temperaturas mínimas extremas invernales, confieren a la región estudiada un potencial agropecuario privilegiado especialmente en sus áreas húmedas, basado en: a) la dilatada duración de las pasturas naturales y de especies forrajeras valiosas, como la alfalfa. b) la posibilidad de siembra de cultivos cereales y oleaginosos de invierno que puedan cumplir sus ciclos vegetativos sin interrupciones, y c) la expansión territorial de cultivos perennes, como los cítricos y el olivo. En este aspecto aventaja a las áreas agrícolas del hemisferio septentrional donde, en situaciones latitudinales similares, son posibles largos períodos con inactividad vegetativa invernal, en gran parte con el suelo cubierto por manto de nieve.
- 2) La variabilidad interanual de las temperaturas mínimas absolutas y, muy especialmente, la característica marcha asincrónica de las temperaturas diarias pueden, en ocasiones: a) afectar a los cultivos criófilos por la insatisfacción de sus requerimientos de frío o, b) dañar los tejidos en crecimiento activo al alcanzar intensidad por debajo de sus niveles de resistencia específica. Sin duda que la variabilidad de los valores térmicos es la causante de estas situaciones anómalas, pues los cultivos se han distribuido geográficamente de acuerdo a las disponibilidades agroclimáticas medias regionales, de manera que puedan satisfacer sus necesidades biometeorológicas térmicas en forma adecuada.
- 3) En cuanto al aspecto hidrológico, la escasa probabilidad de ocurrencia de sequías intensas y continuadas o de excesos de magnitud considerable, así como la casi adecuada y permanente satisfacción de las necesidades hídricas, señala a esta parte de la estación invernal como favorable para los cultivos regionales.

### **III. Comienzo de la termofase positiva**

El comienzo de la termofase positiva es el período más significativo e importante desde el punto de vista agrícola. En efecto, tanto las especies invernales que expresan su máximo desarrollo vegetativo y la entrada a las fases reproductivas, como las estivales que comienzan o reinician su ciclo activo, están fuertemente influenciadas por los regímenes térmico e hídrico en esta etapa de la rama ascendente del ciclo térmico anual. Prácticas culturales para ambos tipos de cultivos, tales como: fechas de siembra inadecuadas o elección de cultivares con ciclos vegetativos en desacuerdo con el régimen climático, pueden determinar pérdidas parciales o totales por la incidencia perjudicial, en etapas vegetativas sensibles, de temperaturas críticas o niveles de humedad deficitarios o excesivos.

En las regiones agrícolas argentinas de cultivos extensivos en secano, setiembre-octubre es el bimestre durante el cual se reduce la probabilidad de ocurrencia de fuertes enfriamientos generales y, por lo contrario, comienza el incremento continuo en los términos positivos del balance calórico. Como consecuencia se renueva e intensifica progresivamente la actividad vegetativa, favorecida también por las condiciones hidrológicas que, especialmente durante el segundo mes del bimestre, satisfacen adecuadamente los requerimientos de agua que demanda el activo crecimiento de la biomasa vegetal.

En el mes de octubre es precisamente cuando comienza a desarrollarse la termofase anual positiva en toda la región.

El análisis de los aspectos agroclimáticos más relevantes del bimestre desde el punto de vista agrícola se referirá, por un lado, a la entrada de los cultivos invernales en la etapa reproductiva y, por el otro, a la siembra de cultivos estivales mesotermiales, en sus relaciones con la marcha regional de la temperatura y de la humedad del suelo. A partir del equinoccio de primavera comienza también la fotofase positiva, caracterizada por fotoperíodos en aumento que posibilitan la expresión del desarrollo vegetal con la espigazón o floración de los cultivos de «días largos», así como una mayor actividad fotosintética vegetal. Todos estos hechos se analizarán en su variación regional mediante una cartografía seleccionada al efecto.

#### **1. Características térmicas del bimestre setiembre-octubre**

Varios son los índices agroclimáticos que pueden caracterizar los aspectos que manifiesta el régimen de la temperatura en esta etapa del año en su relación con la actividad agrícola. En primer lugar debe recordarse que a partir de la segunda mitad del bimestre se inicia la termofase positiva anual, es decir, el punto del ciclo térmico en que las temperaturas medias diarias comienzan a superar el valor de la temperatura media anual (Fig. 11a). En toda la región analizada, este hecho se produce durante el mes de octubre, desde los primeros días en su parte norte hasta finales del mes en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, donde la influencia de la corriente del malvinas produce primaveras y veranos frescos.

Con similar distribución latitudinal, los valores de temperaturas normales diarias que corresponden a las fechas de comienzo de la termofase positiva, van desde los 22-23 °C en Formosa hasta los 13-14 °C en el sudeste bonaerense (Fig. 11b).

La temperatura con la que se inicia el termoperíodo favorable a la actividad vegetativa, en la región argentina de cultivo en secano es, también, una característica diferencia con las regiones agrícolas de cultivos similares del hemisferio septentrional. En efecto, tanto en áreas europeas (con excepción del sur español) y norteamericanas, la termofase positiva anual se inicia con temperaturas medias inferiores en 3 °C ó 4 °C a las de la Argentina. La razón de esta diferencia obedece a la mayor amplitud térmica anual del Hemisferio Norte y a la diferente tensión térmica o gradiente diario de la temperatura en los meses primaverales, consecuencia de la mayor amplitud señalada.

El crecimiento activo de los cultivos anuales invernales y el inicio vegetativo de los perennes con reposo invernal y de los anuales de siembra primaveral, se produce después que la temperatura ambiente supera un cierto nivel de intensidad, o umbral térmico, estimulante de la multiplicación celular y el aumento masivo de los nuevos tejidos. A partir de ese momento, el tenor de las temperaturas actuantes regulará la intensidad de la actividad vegetativa.

Los umbrales térmicos de crecimiento que se utilizan con sentido bio o agroclimático se refieren a temperaturas registradas en el ambiente de cultivo y, por consiguiente, podrán diferir con aquellos derivados de estudios de carácter puramente fisiológico o sobre individuos aislados.

Aunque se reconoce la existencia de diferencias específicas y varietales, es corriente aceptar un umbral térmico único y general para cada grupo bioclimático de cultivo o conjunto de especies que presentan similares requerimientos meteorológicos. Para los cultivos anuales estivales de poca exigencia calórica, o mesotermiales, se utiliza el umbral térmico de 10 °C como el más adecuado para iniciar el cultivo y, el de 15 °C se reserva para aquellos decididamente megatermales. Entre los cultivos del primer grupo pueden citarse: girasol, arroz, maíz, mijo, papa, alfalfa peruana, sorgo granífero, etc. Entre los que requieren temperaturas más elevadas para iniciar un crecimiento activo se encuentran: alfalfa común, soja, sorgo granífero, tabaco, algodónero, pasto elefante, caupí, etc.

Para frutales, se acepta que el nivel térmico de brotación se extiende desde los 10 °C para los criófilos de floración temprana (almendro, ciruelo) y tardía (manzano, peral), hasta los 15 °C o 20 °C como nivel de brotación de los termófilos (citrus, mango, palma datilífera, cacao, etc.).

Estos niveles térmicos reconocen un origen europeo y, especialmente, han sido propuestos por los agroclimatólogos rusos. En las regiones agrícolas del centro europeo, la fecha en que la temperatura del aire sobrepasa los 5 °C se considera como la reanudación del crecimiento de los cultivos invernales que habían estado hasta poco antes cubiertos por la nieve, y la de 10 °C aquella en la que el proceso se vuelve activo para la mayor parte de los cultivos. Por eso, esta temperatura de 10 °C tiene tanta importancia en la agricultura europea, pues señala el definido comienzo de la primavera térmica, con la iniciación de los trabajos agrícolas de preparación de la tierra y siembra. Por otra parte, ese nivel térmico se

produce sobre suelos que, a consecuencia del deshielo anterior, se encuentran en óptimas condiciones de humedad, con reservas grandes de agua y, además, porque el rápido y constante aumento día por día de la temperatura hace poco probable la ocurrencia de heladas perjudiciales.

Para la Argentina y especialmente para la región oriental de cultivos extensivos, el nivel de 10 °C no revista significación similar. La carta de comienzo de este umbral de 10 °C (Fig. 11c), muestra el extenso territorio donde la temperatura media nunca decae los 10 °C, es decir, al norte de la provincia de Buenos Aires el bioperíodo de 10 °C es continuo. En aquellas áreas de esa región donde además existe reducida frecuencia de años con heladas (inferior al 40%) y/o temperaturas mínimas absolutas no más intensas de -2 °C (ver Figs. 2c y 2d y Fig. 6) los cultivos con umbral térmico de 10 °C o menos, dispondrían térmicamente de una amplia época de siembra, no limitada a período alguno del año. Se incluye aquí a casi toda la provincia de Corrientes y la banda ribereña de las de Formosa y Chaco, con condiciones especiales para un crecimiento continuo de tales especies. En efecto, en ciertas áreas formoseñas, donde la disponibilidad de humedad lo permite, el cultivo del maíz suele realizarse aún en pleno invierno y, en Corrientes, con tecnología adecuada, se ha desarrollado una extensa área de primicias hortícolas.

En el resto de la zona con bioperíodo de 10 °C continuo todo el año, la posibilidad de realizar cultivos de este tipo bioclimático se encuentra reducida, tanto por el aumento de la intensidad y frecuencia de heladas como por la falta de humedad. Por esto último, la fecha de siembra coincide con el comienzo de las lluvias de primavera, necesarias para la preparación del suelo e iniciación del cultivo, ya sin peligro de heladas perjudiciales. En realidad, gran parte de los cultivos con umbral térmico de 10 °C, son capaces de tolerar heladas de poca intensidad en la etapa inicial de su crecimiento, aspecto que se analizará más adelante.

El desplazamiento o atraso de la fecha de siembra de los cultivos con umbral de 10 °C por las razones expuestas precedentemente, conduce a considerar la carta agroclimática de fecha media de iniciación del bioperíodo de 15 °C (Fig. 11d) y la de fecha media de última helada (Fig. 12a).

En la primera carta aparece una zona donde bioperíodo de 15 °C es continuo durante todo el año, es decir, dura 365 días, disminuyendo progresivamente hacia el sur de la región, donde totaliza sólo unos 160 días. Desde el punto de vista de su aprovechamiento agrícola para cultivos estivales, el comienzo y la duración efectiva de este bioperíodo deben ser considerados en relación con los dos factores que pueden limitarlos, a saber, la ocurrencia de heladas y la disponibilidad de condiciones hídricas favorables para la siembra. Este segundo factor será considerado posteriormente.

En el área más septentrional de la región, las fechas de iniciación del bioperíodo de 15 °C son anteriores a las medias de últimas heladas en unos 30-35 días, por lo que el comienzo efectivo del bioperíodo se demora en igual lapso. Hacia el sur, el atraso en el comienzo del bioperíodo de 15 °C se va reduciendo y, a partir de los 29-30° de latitud, se anula completamente porque las fechas medias de últimas heladas coinciden con temperaturas del aire inferiores a los 15 °C. Para ilustrar claramente este aspecto se ha confeccionado la carta de la Figura 12b, que informa sobre la temperatura normal del aire en la fecha media de última

heladas. Resumiendo: en toda el área donde la última helada coincide con temperatura de aire mayores a 15 °C, se produce un atraso en la iniciación del bioperíodo, proporcional a la diferencia térmica y, al contrario, en toda el área donde la última helada ocurre con temperatura del aire inferior a 15 °C, el comienzo del bioperíodo se corresponde con las fechas indicadas en la carta de la Figura 11d.

Para iniciar la siembra de cultivos de verano sin exponerlos a posibles daños por heladas es conveniente considerar, en cada lugar, las fechas después de las cuales el riesgo de ocurrencia de helada es mínimo. En toda la región la desviación típica de la fecha media de última helada de 0 °C, o inferior, oscila entre 20-25 días, por lo cual, desplazando unos 25 días el valor de las isolíneas de la Carta "a" de la Figura 12 se obtendrán, muy aproximadamente, las fechas después de las cuales el riesgo de heladas es del 10%, es decir, en uno de cada 10 años.

Queda claro que la siembra de los cultivos de verano de bajo requerimiento térmico inicial, se realiza en la Región Pampeana para que los nacimientos ocurran con temperaturas ambientales de 14-15 °C, evitando así el riesgo que representa la gran variabilidad de las heladas tardías. En el Hemisferio Norte para iguales cultivos la situación es diferente, por las temperaturas inferiores al comienzo de la termofase positiva anual y la menor variabilidad en la fecha de última helada.

Algunas cartas agroclimáticas referentes a fechas medias regionales de siembra de estos cultivos, parecen confirmar el análisis térmico precedente. En la Figura 12c se reproduce una carta de fechas de siembra de maíz trazada en la década del '50 del siglo pasado, con la información suministrada durante 5 años por agricultores seleccionados del área maicera a través de una encuesta especial. Las consideraciones que se hacen seguidamente, permiten suponer que esta carta no está totalmente desactualizada, a pesar del gran cambio en las características de los cultivares usados.

La plántula de maíz es bastante resistente a heladas o, cuando menos, tolerante a daños por esa causa en el lapso que va desde la emergencia hasta el estado de tres hojas que alcanza a las 3-4 semanas de nacida, después de lo cual se vuelve sensible por la emergencia del ápice vegetativo sobre la superficie del suelo. Vale decir, sembrado en la fecha media de última helada puede estimarse que el estado vegetativo crítico de emergencia del ápice, solamente podría ser afectado por heladas en uno de cada 10 o 15 años, de acuerdo a lo dicho anteriormente sobre probabilidad de heladas. Si las condiciones de humedad del suelo lo permiten, los maíces precoces actuales admiten una siembra muy temprana, cuando la temperatura del suelo en la cama de siembra es del orden de 10-12 °C, temperatura que el área maicera típica santafecino-bonaerense normalmente se registra a partir de los primeros días del mes de setiembre. De sembrar en tal fecha, el estado vegetativo crítico podría coincidir con ocurrencia de heladas de intensidad suficiente como para causar daños a las plántulas. Otra características del clima argentino, es que la entrada a la curva anual ascendente de la temperatura, además de la variabilidad anual, se produce con alternancia de períodos de temperaturas variables, por lo que para conseguir una disponibilidad calórica de mayor continuidad y escapar en gran medida al riesgo de helada, las siembras deben atrasarse hasta mediados o fines de este mes.

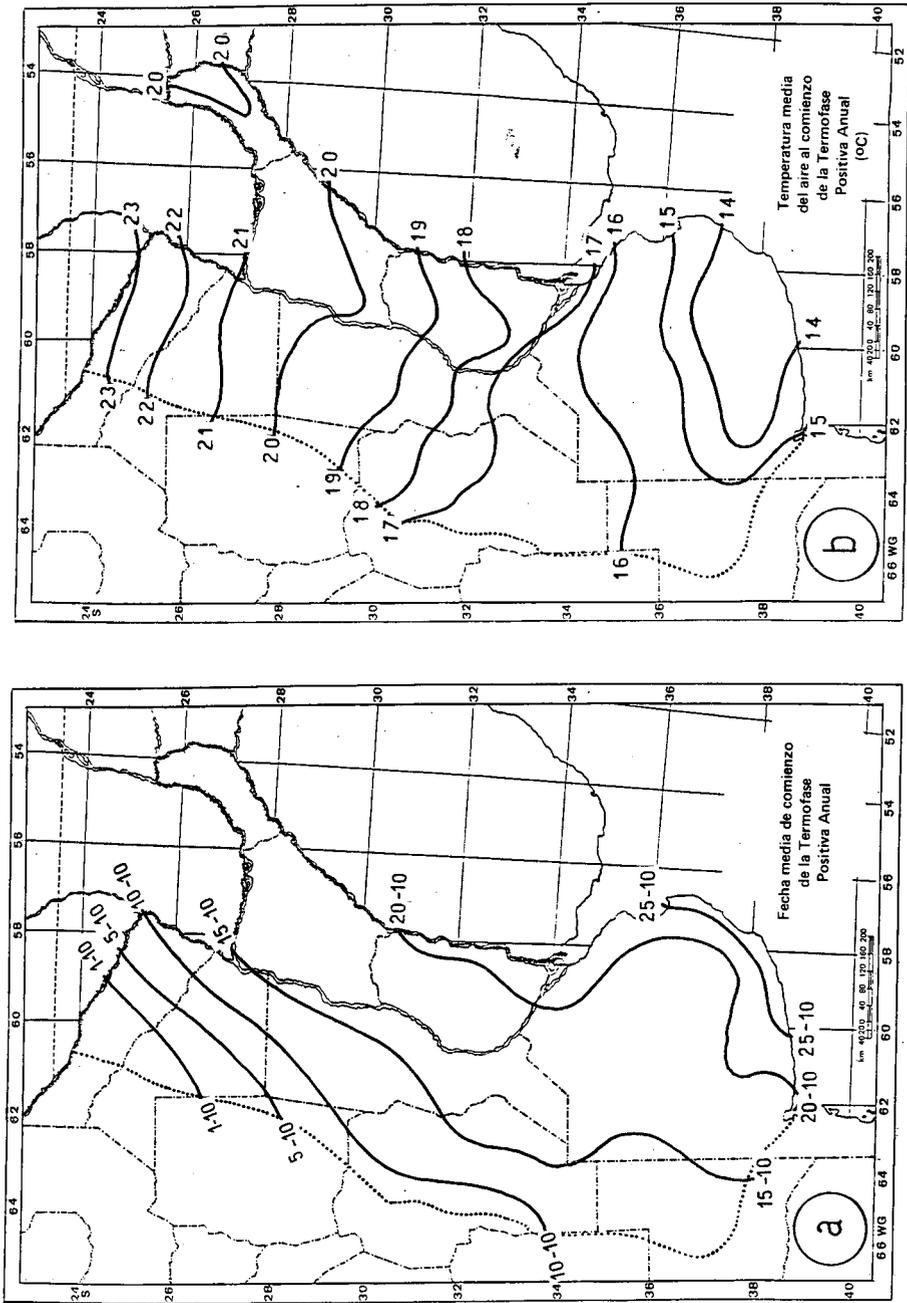


Figura 11. Aspectos térmicos del bimestre setiembre-octubre.

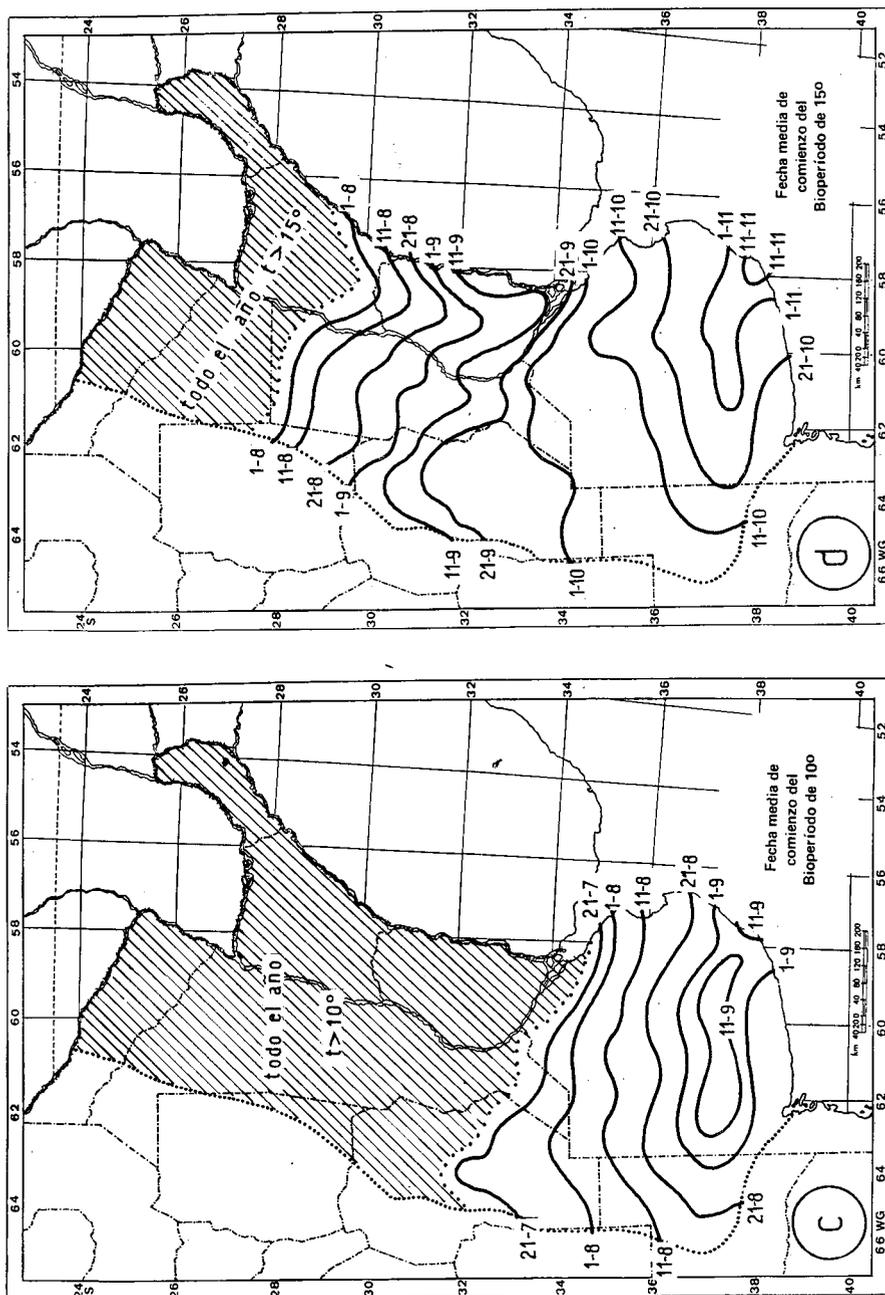


Figura 11. Aspectos térmicos del bimestre setiembre-octubre (continuación).

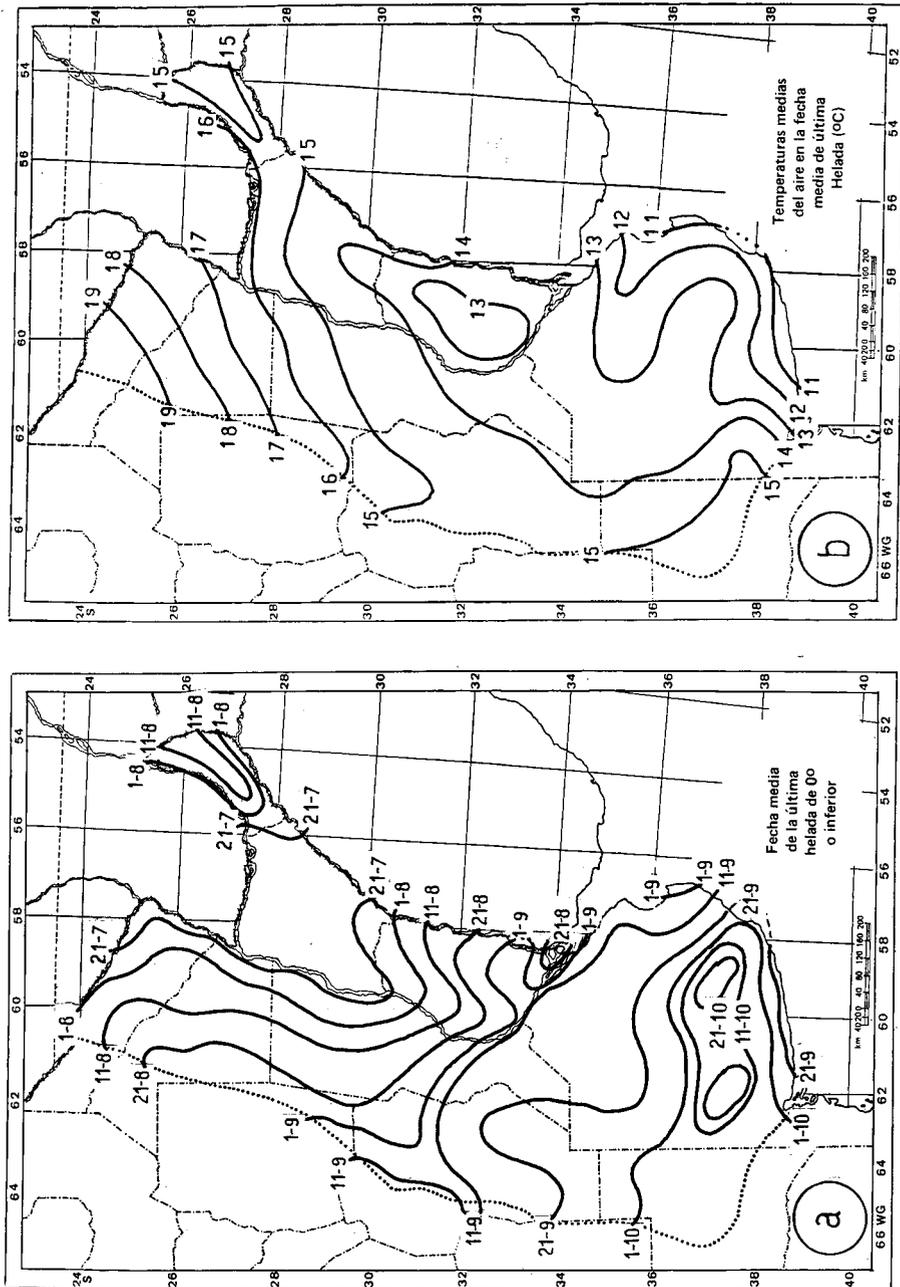


Figura 12. Aspectos térmicos y tecnológicos del bimestre setiembre-octubre.



Por el análisis agroclimático desarrollado y las características biológicas de la planta de maíz, la carta de siembra presentada en la Figura 12c puede considerarse de uso actual con pequeñas modificaciones. Los cultivares más precoces y con menor umbral térmico de germinación que se usan actualmente permiten anticipar la siembra, por lo que habría que corregir en unos días las fechas de la carta, aunque las trayectorias de las isolíneas son válidas todavía como para establecer diferencias regionales. Las siembras tempranas de maíz aunque aumentan el riesgo por heladas, posibilitan la obtención de una mayor biomasa en la entrada de la etapa reproductiva y, además, evitan el período crítico para agua del mes de enero, todo lo cual daría como resultado mayores rendimientos.

El girasol se adapta bien a siembras tempranas pues puede iniciar la germinación a partir de los 4 °C, aunque las germinaciones óptimas se producen entre los 8-10 °C. Sin embargo, aunque la planta joven tolera descensos térmicos de hasta -5 °C, para una emergencia más segura conviene sembrar alrededor de los 15 °C, pues a medida que la planta crece aumenta considerablemente la sensibilidad a las bajas temperaturas y, cuando alcanza el estado de 8 hojas, la yema apical puede ser dañada por temperaturas mínimas de pocas décimas de grado bajo cero.

La temperatura del aire de 15 °C se considera también adecuada para iniciar la siembra de arroz. Sin embargo, en las áreas arroceras argentinas, la fecha en que ocurre esa temperatura resulta más temprana que la que se utiliza normalmente en la práctica. Probablemente este atraso obedezca a la misma razón ya dada para el maíz, es decir, la ocurrencia frecuente de períodos fríos extemporáneos en la entrada de la termofase positiva. Lo cierto es que la mayor parte de las siembras del arroz en la Argentina se realizan durante el mes de octubre.

Entre las fechas de comienzo de los bioperíodos de 10 °C y de 15 °C debe producirse el rebrote de las pasturas con reposo invernal o el incremento de la actividad vegetativa de las de vegetación invernal. Lamentablemente, los conocimientos biometeorológicos sobre estas especies son escasos. Para la alfalfa común se estima que la temperatura ambiente de 14 °C marca el comienzo de la reactivación vegetativa primaveral. Este nivel térmico puede ser aplicado también a gran cantidad de especies forrajeras perennes.

Las siembras del algodón, en el norte de la región, no están reguladas tanto por la temperatura como por la disponibilidad de agua en el suelo en cantidad suficiente como para garantizar la buena germinación y el crecimiento continuo posterior, pues las temperaturas medias mensuales del aire son superiores durante todo el año a las requeridas por la especie para una óptima germinación. Además, debe recordarse que la fecha media de última helada en el área algodonera se prolonga hasta la segunda quincena de agosto y, por lo tanto, recién a partir de principios a mediados de setiembre el riesgo de heladas alcanza niveles reducidos.

Finalmente, en esta referencia a cultivos de siembra primaveral, la Figura 12d reproduce una carta de plantación temprana de la papa, también trazada, como la de siembra del maíz, sobre la base de información mayormente provista por encuestas a agricultores. Las temperaturas medias ambiente en la quincena de plantación indicada por la isolíneas, son del orden de los 12-13 °C. Al comparar las fechas de plantación con las de la carta de

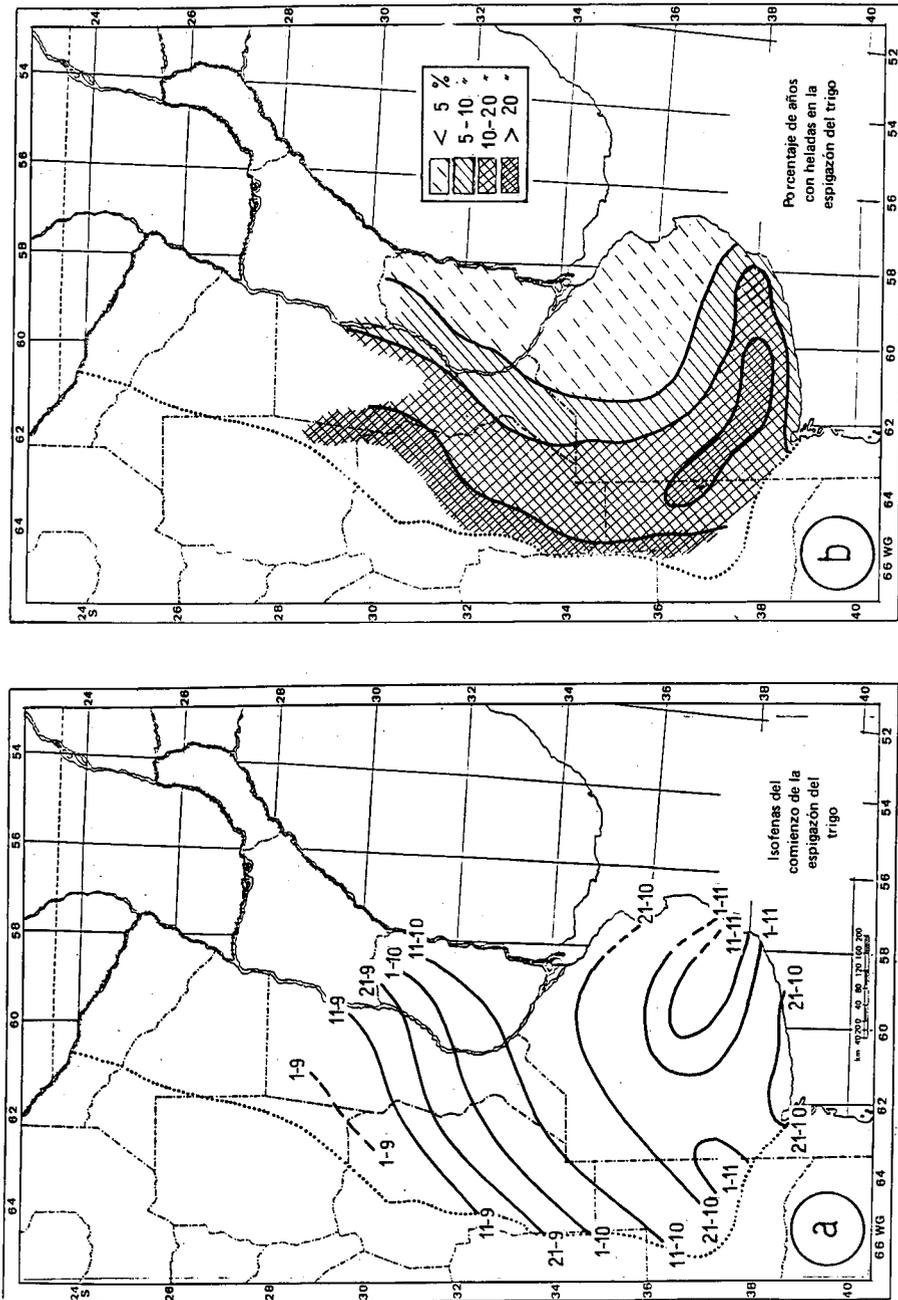


Figura 13. Espigazón del trigo y daños probables por heladas.

la Figura 12a, se comprueba que en las principales zonas paperas la plantación se anticipa entre 10 y 30 días a la fecha media de última helada.

Con respecto a la acción de las temperaturas de setiembre-octubre sobre los cultivos sembrados a comienzo del invierno, puede referirse que los niveles térmicos crecientes y la buena disposición hídrica conducen rápidamente a los estados reproductivos, apareciendo órganos y tejidos sensibles a los posibles descensos térmicos. Las Figuras 13a y 13b reproducen las cartas de las isofenas (línea que une puntos geográficos con igual fecha fenológica) aproximadas de espigazón de los trigos y la frecuencia de años en que pueden registrarse heladas en ese momento fenológico, respectivamente. Por supuesto que los daños que pueden producir estas heladas en las espigas, dependerán de su intensidad, duración y condiciones acompañantes.

El alto riesgo que asigna la carta para el área sudoeste de Buenos Aires y este de La Pampa, antigua parte sur de la subregión V del mapa triguero, confirma el temor empírico que tienen los agricultores de la zona a la helada del 1º de noviembre, festividad de Todos los Santos.

## 2. Características hidrológicas del bimestre setiembre-octubre

El aumento de las precipitaciones durante setiembre, en comparación con las del mes anterior, no alcanza a compensar las evapotranspiraciones potenciales determinadas por las temperaturas en aumento. De allí que la condición hidrológica normal ( $P=0,50$ ) de setiembre no difiere mayormente de la de fines de agosto, excepto en la parte oriental mesopotámica donde se incrementa el área con excesos (Fig. 14a y b).

Para el mes de octubre (Fig. 15a y b), la condición hidrológica normal al final de octubre muestra que una gran extensión, comprendiendo a toda la pradera pampeana, goza de balances equilibrados, que en la Mesopotamia se producen excesos de agua no muy importantes y que en la franja longitudinal del noroeste chaqueño las deficiencias alcanza a algo más de -20 mm.

De acuerdo con las cifras del balance de agua climático, octubre es el mes con mayor magnitud de almacenaje, alcanzando la capacidad de campo en gran parte de la región. Culmina así el período de reposición iniciado con las elevadas precipitaciones del mes de marzo y continuado durante todo el período invernal. A partir de fines de octubre-principios de noviembre la relación aporte/demanda cambia de signo y comienza el desecamiento progresivo de los suelos, anticipando la generalizada deficiencia estival.

La disponibilidad hídrica en los suelos durante este bimestre satisface adecuadamente los requerimientos crecientes de los cultivos invernales que, como respuesta a las temperaturas favorables y en aumento, manifiestan un rápido acrecentamiento de su biomasa total.

En el caso del trigo, durante este bimestre se produce la expresión fenológica de las espigazones (Fig. 13a) favorecidas por los factores térmicos y fotoperiódicos regionales. El factor humedad durante estos dos meses es de gran importancia, pues coincide con el principal período crítico para el agua que se localiza en los 25-30 días previos a la espigazón. Durante este lapso, la abundancia o deficiencia hídrica afectará definidamente los rendimientos.

Los balances hidrológicos medianos para este período crítico que se indican en la carta a de la Figura 16a, muestran que las condiciones hidrológicas resultan favorables, ya que señalan desde pequeñas deficiencias (-10 mm) a suaves excesos (+20 mm). Esto concuerda con los valores que se aceptan como balances de agua normales para las áreas trigueras mundiales, que varían entre 0 y -25 mm en los 30 días anteriores a la espigazón.

Con relación a los cultivos anuales estivales mesotermiales, ya se señaló a este bimestre como la época de siembra. Si después del nacimiento, disponen de temperatura favorable, el crecimiento quedará regulado por la disponibilidad hidrológica. Se recuerda el atraso que debe sufrir la siembra de estos cultivos en la parte norte de la región, hasta que el aumento de las precipitaciones permita un balance de agua favorable para la preparación del suelo, siembra y primeras etapas de crecimiento.

La condición hidrológica durante el mes de siembra del girasol (Fig. 16b) indica que el productor siembra cuando la humedad del suelo es favorable, ya que en el área de mayor densidad de cultivos los balances equilibrados (0 mm) son generales. La isolínea de 5 mm al occidente señala una posibilidad de ocurrencia de falta de agua en el momento de la siembra, lo cual compromete el porcentaje de nacimientos o el crecimiento inicial de las plántulas. En las áreas con balances entre -5 y 0 mm las fechas de siembra son más variables y atrasada que aquellas con balances totalmente equilibrados, lo que estaría confirmando la mayor importancia de la humedad que la de la temperatura.

A pesar de que la condición hídrica mediana de estos dos meses se muestra positivamente favorable, especialmente en octubre, no es menos cierto que la variabilidad relativamente alta de las precipitaciones hace que las Cartas "c" y "d" de las Figuras 14 y 15, ( $p=0,20$  y  $p=0,80$ ) respectivamente, muestren que la posibilidad de ocurrencia de deficiencias generalizadas en el primer caso o excesos extendidos en el segundo, es también una característica de las condiciones hidrológicas del bimestre setiembre-octubre.

Los mayores problemas que suponen estas deficiencias y excesos probables de ocurrir en uno de cada 5 años, concierne a los cultivos de verano, que se encuentran en la etapa de preparación del suelo, siembra y nacimiento. Como fue explicado en el primer capítulo de esta serie, el balance hidrológico seriado que provee los valores con los cuales se confeccionaron las cartas, se refiere a un contenido total de 200 mm de agua para un suelo o capacidad de campo. Según las características regionales o locales de los suelos, esta cantidad de agua se encontraría en un perfil de profundidad variable. Cuando el balance acusa deficiencias por falta de suficientes aportes de lluvias, el desecamiento del suelo comienza en las capas superiores. Esto significa que el laboreo y la siembra estarán dificultados o impedidos, y el nacimiento y/o la supervivencia de las plántulas nacidas quedarán comprometidos.

Desde el punto de vista de los cultivos invernales, los valores de las deficiencias señaladas posibles de ocurrir cada 5 años no entraña mayor daño, pues los sistemas radicales ya plena y profundamente desarrollados pueden extraer el agua desde los horizontes inferiores del suelo, siempre y cuando la reposición hídrica otoño-invernal haya ocurrido normalmente. En la mayor parte de la región las deficiencias no superan los -20 mm que sólo podría significar una cierta reducción en los rendimientos.

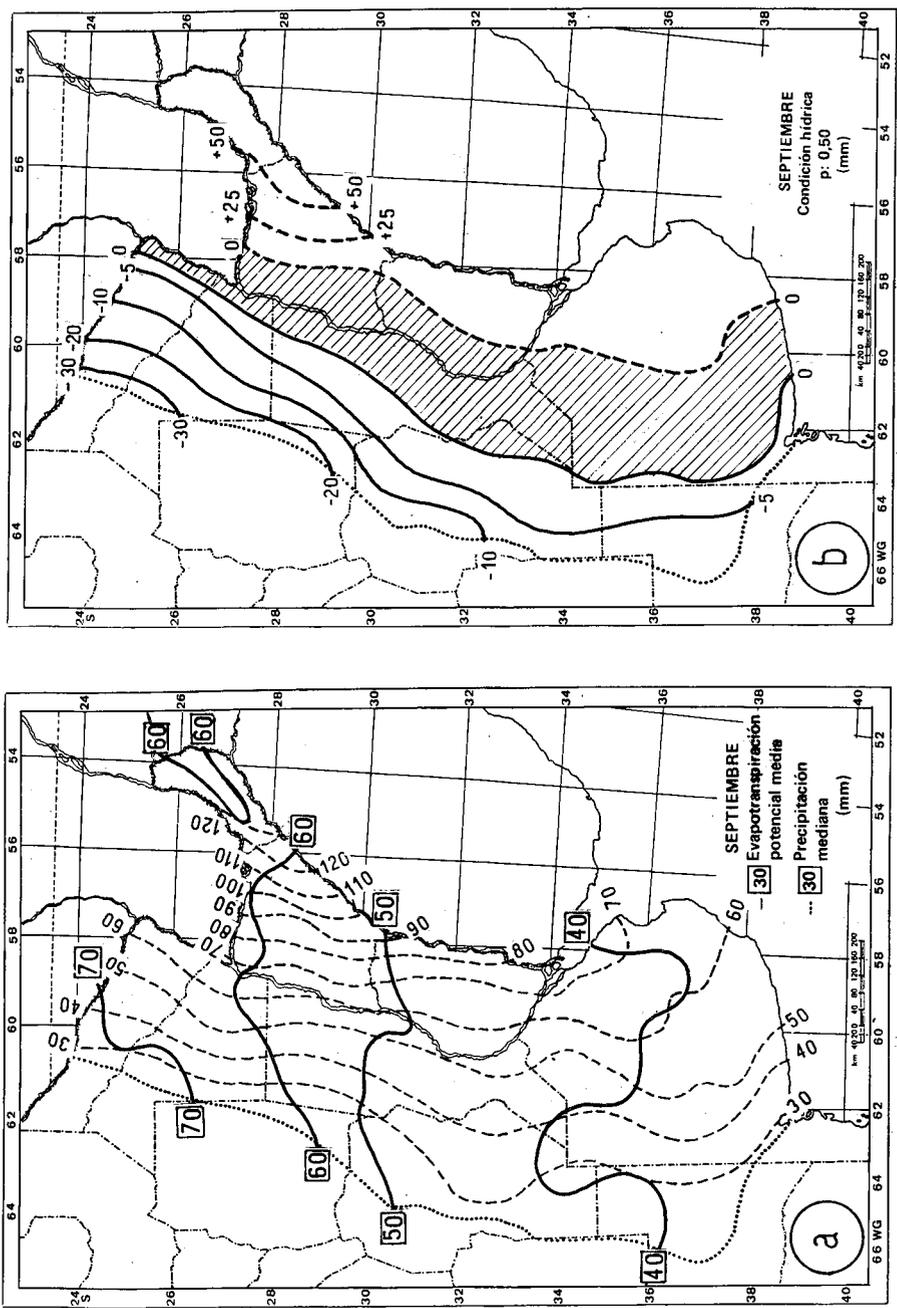


Figura 14. Aspectos hidrológicos del mes de setiembre.

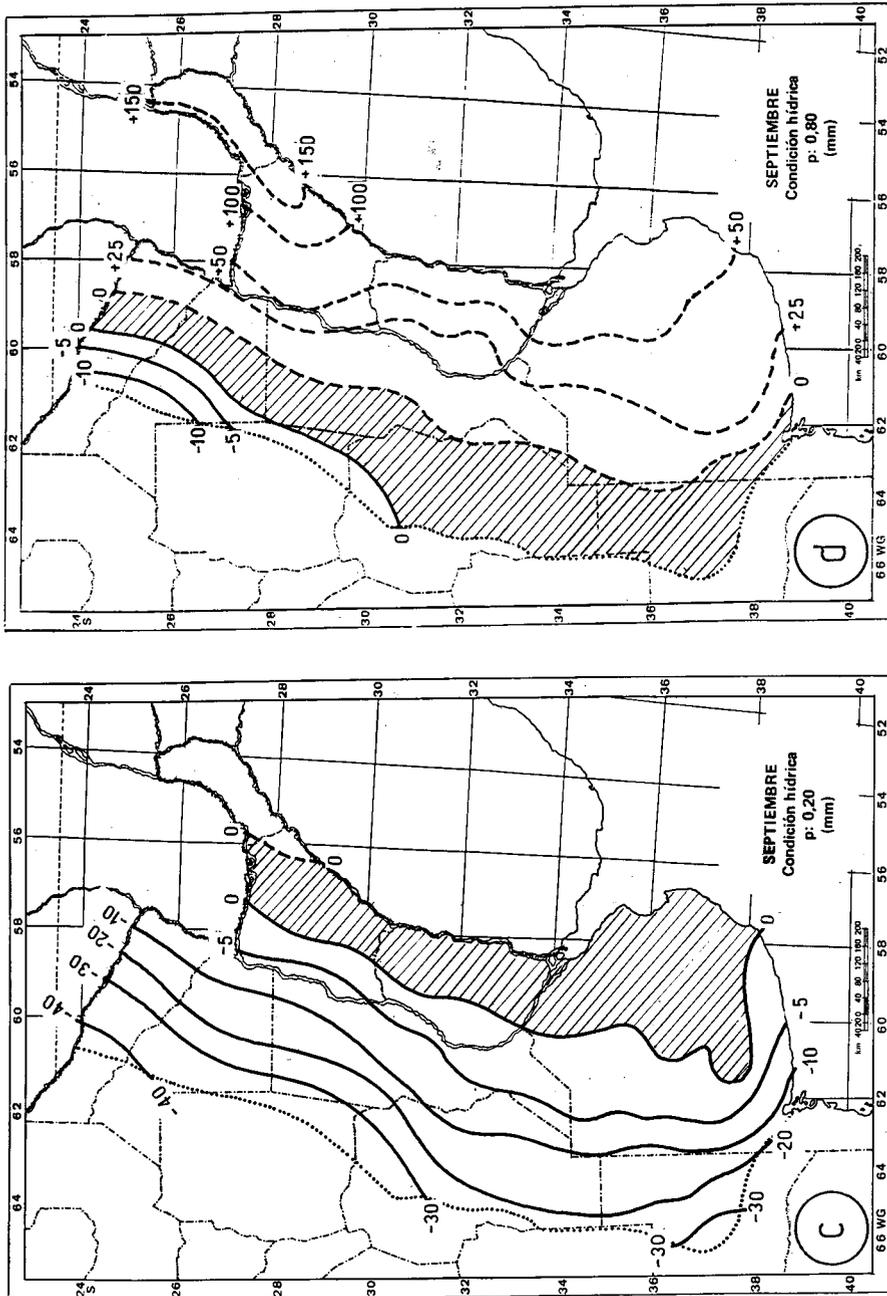


Figura 14. Aspectos hidrológicos del mes de setiembre (continuación).

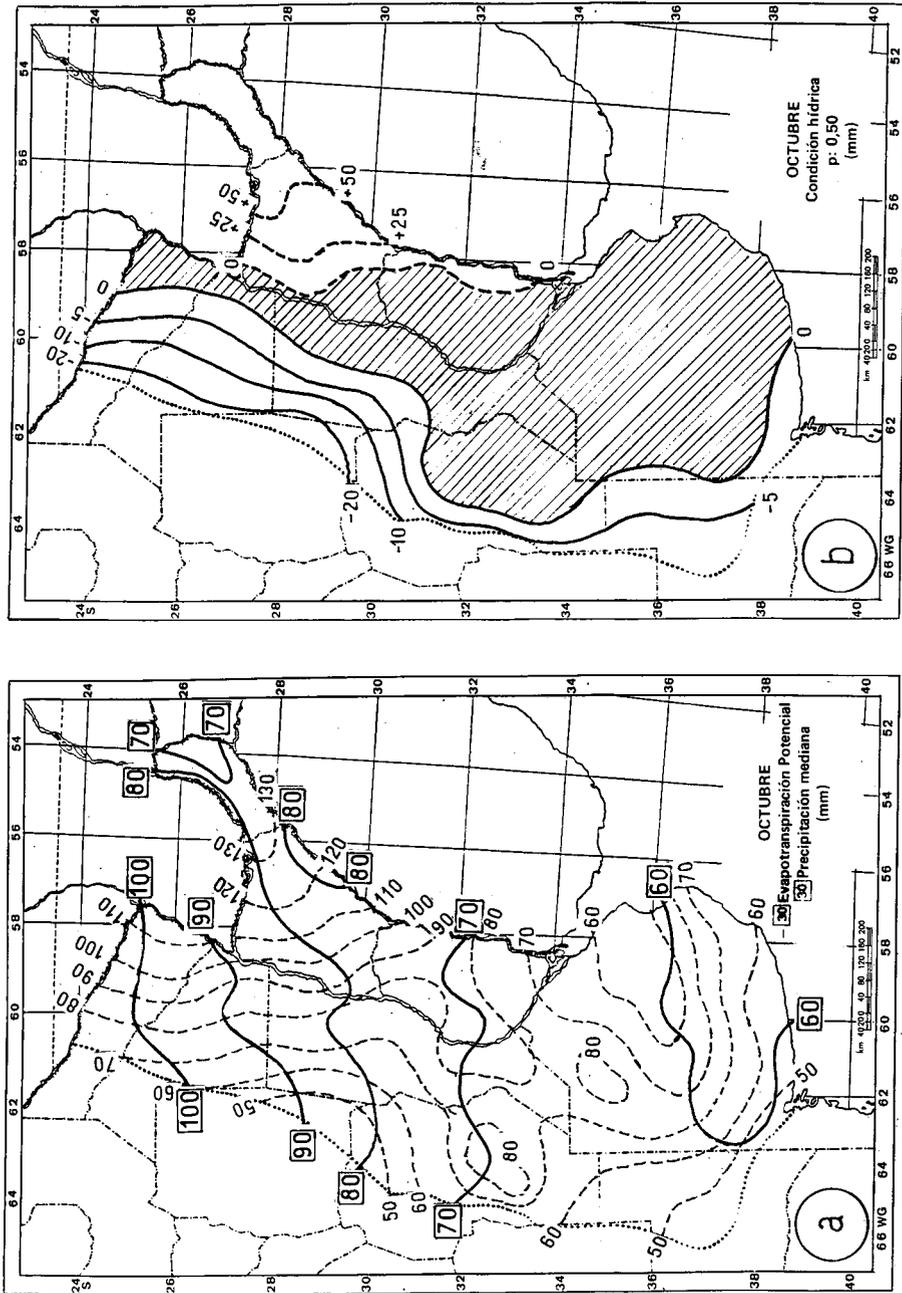


Figura 15. Aspectos hidrológicos del mes de octubre.

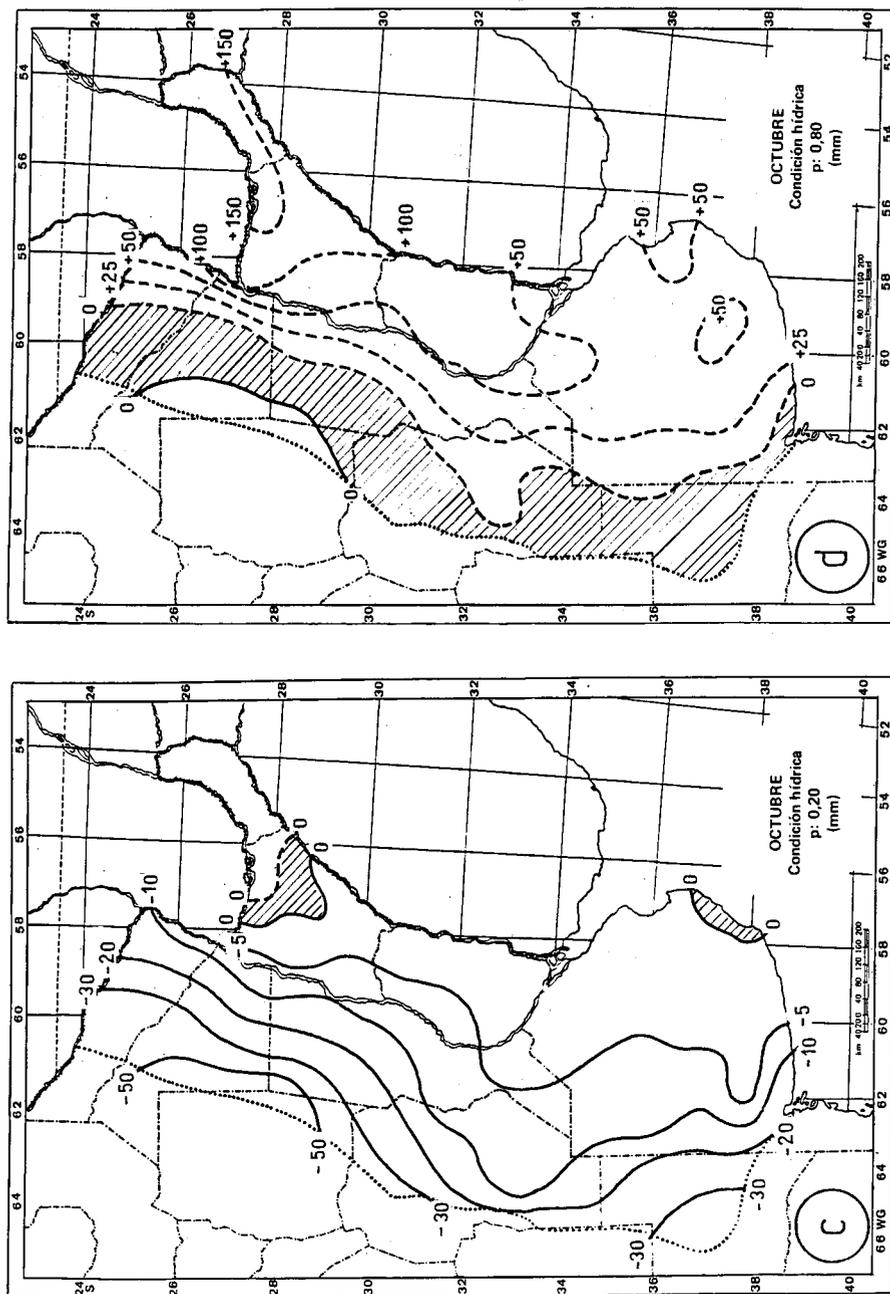


Figura 15. Aspectos hidrológicos del mes de octubre (continuación).

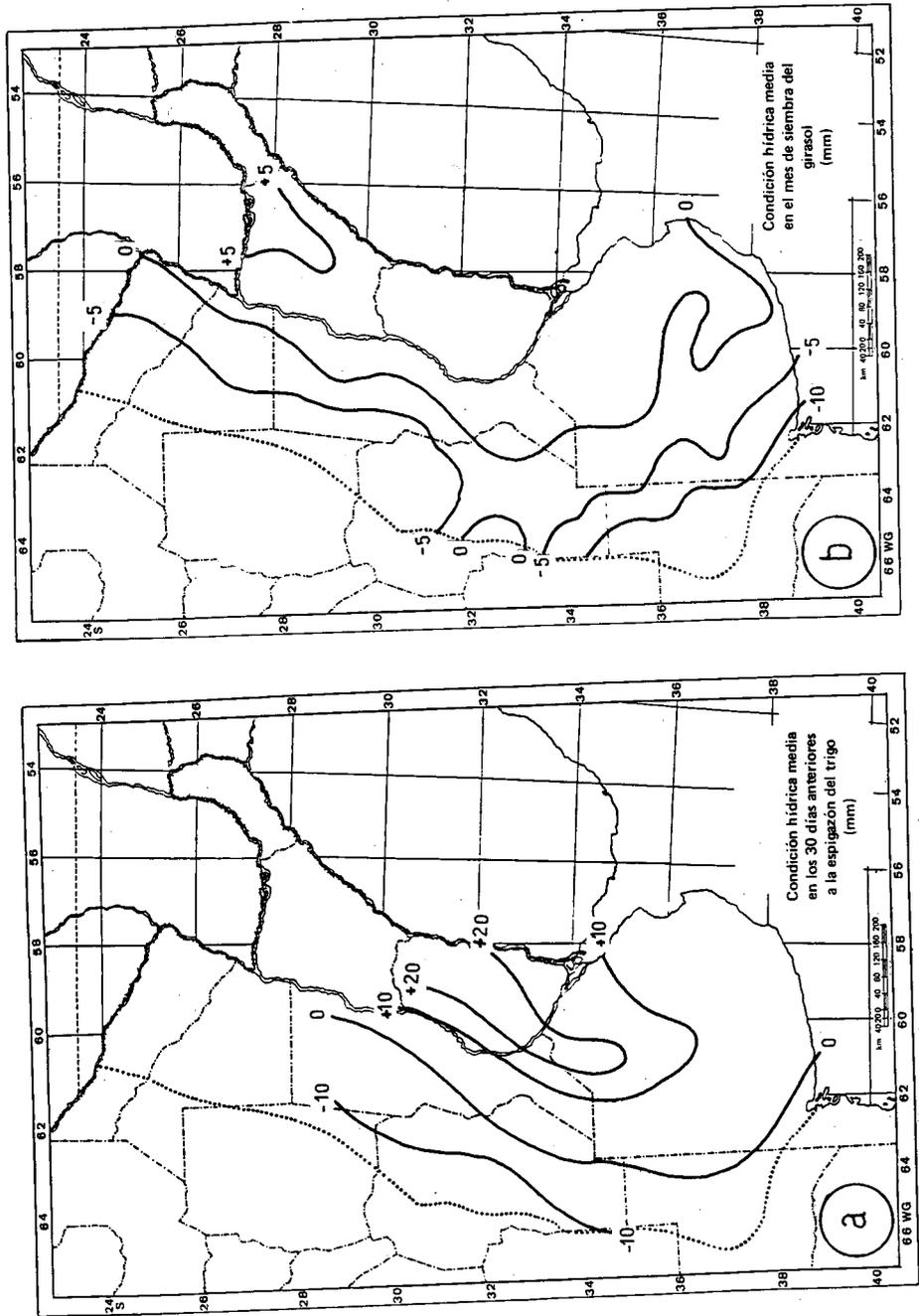


Figura 16. Aspectos hidrológicos en trigo y girasol.

En cuanto a los excesos con  $p=0,80$ , solamente en la parte mesopotámica superan los +50 mm, cantidad que podría significar condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades o remarcar la característica particular de calidad de los trigos cosechados en el aire. Por otra parte, las situaciones de exceso hídrico podrían considerarse un beneficio si se tiene en cuenta que se producen en el área de mayor difusión del cultivo de arroz.

Para tratar de explicar de alguna manera, estas condiciones extremas de los balances de agua, se acompaña el Cuadro 4, en el cual se indican valores de precipitaciones con distintas probabilidades de ocurrencia computadas para varias localidades a partir de series pluviométricas extensas.

Cuadro 4. Precipitaciones mensuales (mm) registradas durante periodos observacionales de 60 ó más años, para distintos porcentajes de años a partir de una escala ordenada ascendente.

Localidad	Setiembre						Octubre					
	% de años						% de años					
	5	10	20	80	90	95	5	10	20	80	90	95
R. Saénz Peña	5	8	13	68	85	109	17	23	409	139	168	218
Posadas	36	52	60	208	245	347	35	64	94	253	323	367
Bella Vista	8	12	30	115	147	188	26	42	53	191	241	281
Ceres	2	4	11	64	103	128	19	27	34	109	154	190
C. del Uruguay	6	16	43	133	160	188	14	24	37	151	211	264
Villaguay	7	16	38	136	188	210	11	22	34	153	195	255
Classson	4	6	19	107	127	154	25	30	46	138	201	284
Bell Ville	1	5	11	76	127	150	19	28	41	128	162	199
Huinca Renancó	0	4	8	61	71	84	9	21	35	104	129	159
9 de Julio	4	9	22	115	145	185	14	34	51	138	185	273
La Plata	8	9	23	127	168	188	12	22	37	111	139	210
Trenque Lauquén	0	6	14	77	98	146	20	30	35	118	170	223
Santa Rosa	1	4	6	59	86	108	12	16	29	111	139	175
Laprida	6	10	17	79	116	147	16	29	38	102	132	160
Puán	3	5	15	65	85	103	17	22	30	116	140	151
Mar del Plata	6	14	25	90	110	125	14	20	31	98	105	175
Bahía Blanca	3	5	11	73	90	116	5	13	20	81	125	159

Al examinar los totales mensuales de lluvia anotados para los tres primeros puntos de la serie ordenada (5, 10 y 20%), correspondientes al mes de setiembre, puede tenerse una idea de la frecuencia con que la falta de precipitaciones en número y cantidad suficiente afectará el laboreo y las siembras de los campos.

Para iguales frecuencias, los valores para octubre, aunque algo superiores producirán, sin duda, deficiencias significativas en el balance hidrológico, con las consecuencias que han sido señaladas. Las precipitaciones de ocurrencia posible en los tres puntos finales de la serie ordenada del cuadro (80, 90 y 95%) sólo traerían inconvenientes en las prácticas agrícolas culturales programadas, cuando se trate de suelos de percolación hídrica reducida, no representando mayor riesgo para los cultivos.

Debe tenerse en cuenta que estos totales mensuales pueden corresponder a varios días de lluvia; en términos climáticos normales, para casi toda la región la cantidad media de días de lluvia mensurable, está entre los 5 y 8 días, de los cuales solamente 2 ó 3 corresponden a precipitaciones diarias mayores a 10 mm.

## **IV Comienzo del verano térmico**

El bimestre noviembre-diciembre presenta un panorama agrícola diversificado según los cultivos de la región que cumplen distintas etapas de sus ciclos evolutivos.

En el norte, el algodón, el arroz y el tabaco, y en la Región Pampeana, el girasol y el maíz, están en sus últimas etapas de crecimiento vegetativo o entrando en las fases reproductivas, según áreas y épocas de siembra en los meses anteriores; los cereales invernales y el lino, desde el norte al sur de sus regiones de cultivo, en la etapa de maduración y cosecha. Las pasturas naturales o artificiales muestran la máxima actividad de crecimiento activo y/o floración. Cualquiera sea el área considerada, desde Misiones y Chaca hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, noviembre es el mes de comienzo de la siembra de soja, actividad que prácticamente concluye en diciembre.

Sin duda, las etapas culturales tan diferentes entre los varios cultivos o la diversa expresión fenológica regional de cada uno de ellos, muestran una reacción acorde a la magnitud de los procesos termo-hidrológicos actuantes cuya formulación media como componentes fundamentales del clima resulta en un amplio rango, si se considera que la región analizada abarca unos 15 grados de latitud. A su vez, la respuesta biológica normal puede verse alterada por la reconocida variabilidad de los procesos meteorológicos en las regiones de cultivo de la Argentina. Este es el motivo por el cual, además de las cartas agroclimáticas referentes a valores medios climáticos, se incluyen cartas sobre las situaciones probables de ocurrir con cierta recurrencia, especialmente cuando se considera la fase o subperíodo fenológico de un cultivo en la cual se muestra sensible a un factor meteorológico que, actuando por encima o por debajo de un límite considerado como crítico, actúa como adversidad agroclimática.

### **1. Características térmicas del bimestre noviembre-diciembre**

Agroclimáticamente, el verano térmico es aquella parte del año con más alta expresión y continuidad de las temperaturas medias diarias y la imposibilidad de ocurrencia de heladas, lo cual origina la máxima acción positiva sobre los cultivos regionales.

Para este análisis se considera comienzo del verano térmico a la fecha en que la temperatura normal diaria del aire supera el valor promedio de la de los días integrantes de la termofase positiva anual (Fig. 11b y Fig. 17). En la región, la fecha media de comienzo del verano térmico queda indicada por las isolíneas (isodatas) de la Fig. 18a, mientras que en la carta b de la misma figura se expresa la temperatura media del aire en tal fecha.

Puede comprobarse que la iniciación de la mayor actividad vegetativa por efecto de la temperatura, se concentra en la región en los 15 días que van desde el 25 de noviembre al 10 de diciembre. Como no podía ser de otra manera, existe una diferencia grande entre los extremos térmicos con que comienza el verano térmico en el norte (26 °C) y en el sur (18 °C).

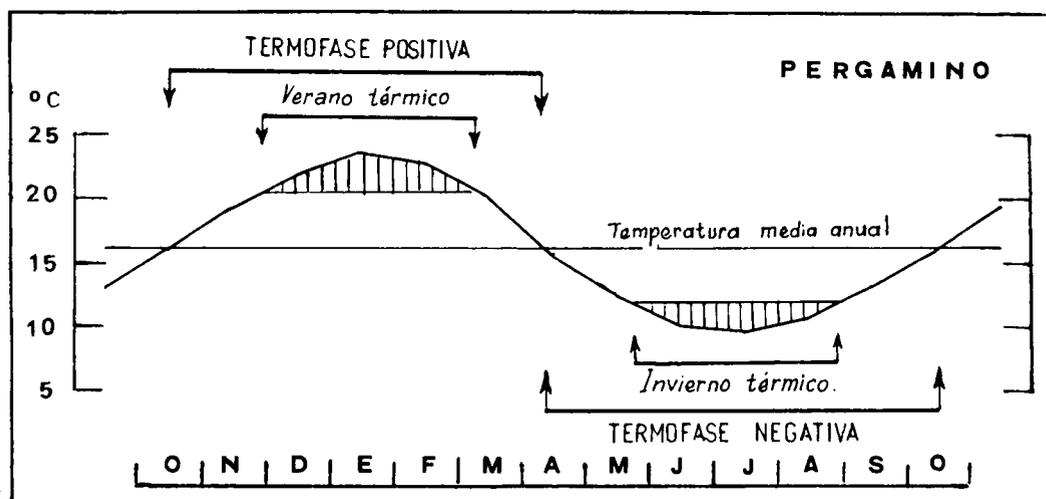


Figura 17. Expresión gráfica de las termofases y estaciones térmicas sobre la curva anual de la temperatura.

Estas variaciones están señalando las razones de la distribución regional de los cultivos estivales, según las exigencias y tolerancias bioclimáticas térmicas de cada uno. En la parte norte, subtropical, se localizan los cultivos anuales con mayor exigencia térmica para el crecimiento y el desarrollo o cultivos estivales megatermales. Hacia el sur, en cambio, utilizando toda la extensión de la Región Pampeana, se ubican los estivales de menor exigencia térmica o cultivos estivales mesotermales. Para ambos tipos de cultivos se debe adecuar las épocas de siembra, no sólo a la temperatura normal del aire sino, fundamentalmente, a la ocurrencia de las últimas heladas primaverales.

Como se dijo, el comienzo del verano térmico se corresponde con el valor climático de temperatura que promueve la aceleración vegetativa de las especies propias de cada lugar. Para los cultivos estivales megatermales, 25 °C representa el nivel térmico que produce tal aceleración, mientras que 20 °C se consideran con el mismo fin para los mesotermales. Usando este criterio bioclimático se confecciona la Carta "c" de la Figura 18 en la cual se diferencian las áreas correspondientes a ambos grupos de cultivos estivales, separadas por un área intermedia y, en cada una de ellas, se han trazado las isodatas de comienzo de los respectivos bioperíodos térmicos de mayor favorabilidad, a saber, de 25 °C para el área septentrional y de 20 °C para el centro-meridional. Así considerados, puede observarse que el 25 de octubre corresponde a la iniciación de los bioperíodos de 25 °C y 20 °C en las partes septentrionales de ambas áreas, tanto la de cultivos megatermales como la de mesotermales y, también, que las fechas más tardías de iniciación de los citados bioperíodos corresponden a mediados de diciembre en situaciones meridionales de ambas áreas. En el sudeste serrano bonaerense y la costa marplatense donde se intensifica la acción de la corriente fría de las Malvinas, las temperaturas medias de los meses integrantes del verano térmico son levemente inferiores a los 20 °C que favorece a un cultivo como la papa, que exige veranos frescos y de escasa amplitud térmica.

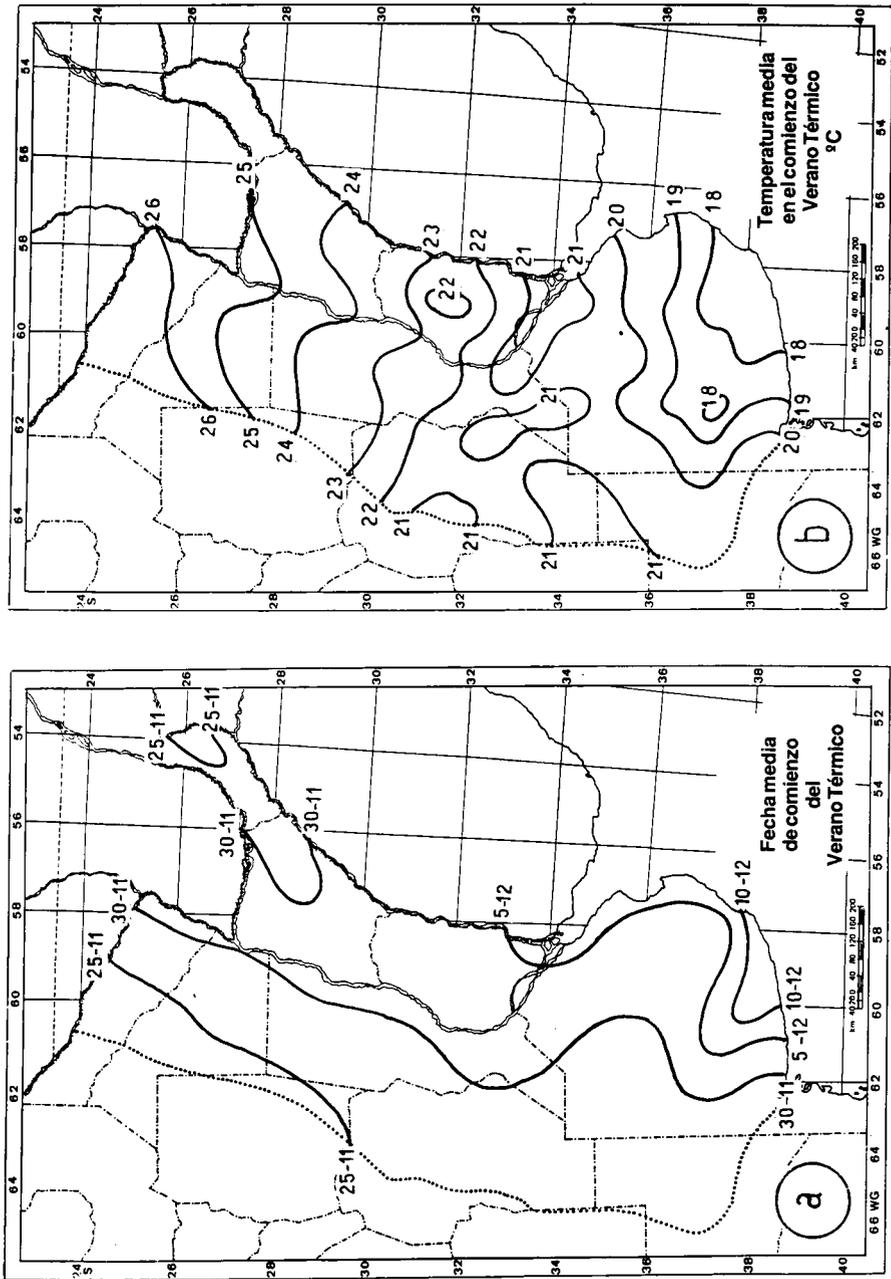


Figura 18. Aspectos térmicos y fotoperíodos del bimestre noviembre-diciembre.

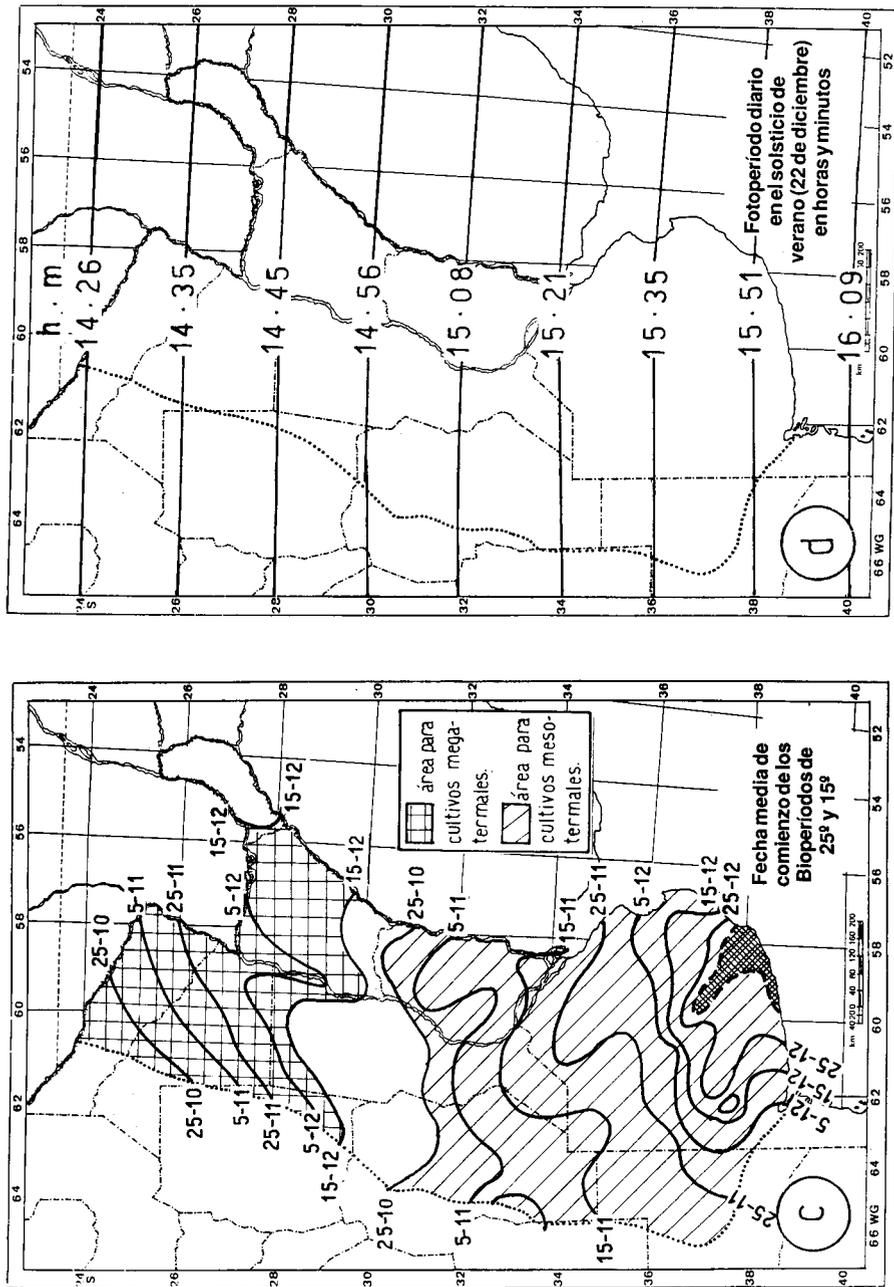


Figura 18. Aspectos térmicos y fotoperiodos del bimestre noviembre-diciembre (continuación).

Así, la Carta "c" complementa con criterio bioclimático la carta a de la misma figura la que, como se ha dicho responde más a un enfoque agroclimático y facilita mediante la trayectoria latitudinal de las isolíneas el entendimiento de las diferencias regionales.

Otro aspecto de importancia biometeorológica asociado al período estival es el relativo a la duración del fotoperíodo, es decir, el lapso diurno con disposición de luz biológicamente activa, que corresponde al día civil (desde salida a puesta de sol) y ambos crepúsculos civiles (el sol 6° por debajo del horizonte). La Figura 18d grafica la duración del fotoperíodo máximo, en horas y minutos, correspondiente a la fecha del solsticio de verano, 22 de diciembre. La contribución crepuscular a la duración de los fotoperíodos en la región, va desde los 50 a los 70 minutos, aumentando en forma directa con la latitud.

Desde el punto de vista biometeorológico, la acción de la duración del período luminoso debe ser especialmente considerada con relación a su influencia sobre la entrada en la etapa reproductiva de los vegetales y, en este sentido, también la luz crepuscular, a pesar de su baja intensidad (entre 10 y 110 lux), obra como estímulo para regular la expresión de la floración. Sintetizando, cabe recordar que en las especies agrupadas como plantas de día largo la superación de un umbral fotoperiódico, característico para cada especie y cultivar, estimula la floración, mientras que en las clasificadas como plantas de día corto, la expresión reproductiva se acelera por duraciones fotoperiódicas cada vez menores a un umbral determinado.

El desarrollo de este tema tiene correlato especial con el cultivo de la soja, especie que presenta una respuesta muy particular al fotoperíodo. La elección del cultivo a usar en cada lugar y de la fecha de siembra, no sólo deben considerar las disponibilidades calóricas e hidrológicas, sino, fundamentalmente, el régimen fotoperiódico local.

Los cultivares de soja producidos muestran umbrales fotoperiódicos limitativos de duraciones muy diversas, por lo que han sido clasificados en grupos de maduración desde el 000, casi indiferente al fotoperíodo hasta el X, con un nivel fotoperiódico crítico de la menor duración de día, vale decir, a medida que aumenta el número del grupo disminuye el fotoperíodo inductivo. Por ejemplo, el grupo VII tiene un umbral fotoperiódico de 13 horas 30 minutos, es decir, las plantas deben estar expuestas a fotoperíodos de menor duración que la indicada para ser inducidas a florecer.

Después del nacimiento, las plántulas de soja pueden sufrir inducción fotoperiódica si el fotoperíodo actuante es menor al de su umbral, es decir, las plantas quedan estimuladas para desarrollar y, tan pronto acumulen la suma de temperaturas característica de cada cultivar podrán florecer, aún bajo fotoperíodos más largos que el de su umbral. Esta floración precoz sobre plantas de biomasa verde reducida, llevará a una fructificación precoz sobre plantas de biomasa verde reducida, llevará a una fructificación y rendimiento por debajo del potencialmente posible en el lugar. Por ello, como regla práctica se recomienda no sembrar soja bajo fotoperíodos menores al umbral inductivo del cultivar que se use.

Las consideraciones precedentes tienden a aclarar porque en toda la extensión latitudinal del área de cultivo de la soja, desde Chaco o Misiones hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, las siembras se realizan durante el mes de noviembre utilizando, en cada caso, cultivares adecuados a las disponibilidades fotoperiódicas y térmicas locales.

Así, en el norte de la región, donde comparativamente se registran los fotoperíodos más cortos, se utilizan cultivares de los grupos IX, VIII y VII los que, cumplida la regla práctica antedicha, se siembran cuando la temperatura alcanza niveles bien favorables para el crecimiento de la especie. Al respecto, la soja tiene una temperatura mínima de crecimiento de 10 °C, pero es aconsejable efectuar la siembra con temperaturas superiores a los 15 °C, con lo cual logra un rápido crecimiento inicial de las plántulas, condición favorable para la defensa contra la maleza. Como se señaló en la Figura 11d, temperaturas medias normales de este tenor se registran durante todo el año en la parte septentrional de la región y desde el mes de agosto en adelante en latitudes mayores a los 30 °C. Sin considerar las limitaciones hidrológicas o de heladas, los cultivos de soja que podrían realizarse en la época invierno-primaveral por temperatura favorable, serían estimulados para su desarrollo por inducción fotoperiódica de los tejidos verdes en las plantas recién nacidas. Para evitar esta influencia desfavorable, las siembras deben retrasarse hasta noviembre, donde encuentran fotoperíodos más largos que el umbral crítico de los cultivares usados y, además, condiciones hidrológicas y calóricas que aseguran un activo crecimiento vegetativo y el rápido cubrimiento total del terreno.

La inducción y posterior floración se producirá con fotoperíodos en disminución, sobre plantas con máximo crecimiento vegetativo.

En la parte meridional de la región, en el centro y sur de la provincia de Buenos Aires, con fotoperíodos largos en los meses de verano (16 horas en el solsticio), pueden sembrarse solamente cultivares de los grupos IV, III y hasta II, de umbrales fotoperiódicos más elevados. Allí la temperatura de 15 °C se alcanza recién en el mes de noviembre, época recomendable para la siembra de la soja.

En el núcleo sojero principal de la Región Pampeana central, se utilizan cultivares de los grupos V y VI que se adecuan a las disponibilidades fotoperiódicas y térmicas zonales del mes de noviembre para las siembras llamadas «de primera», con régimen de humedad edáfica favorable. Las «de segunda», en estos últimos años menos frecuentes, pueden extender su período de siembras hasta fines de diciembre, con utilización de los cultivares más tardíos entre los regionalmente recomendados.

En relación con los cultivos invernales, el incremento que experimenta la temperatura durante el bimestre noviembre-diciembre permite que puedan cumplir convenientemente las etapas finales de su ciclo y alcanzar la maduración de sus producciones. Para ilustrar este aspecto se presentan las cuatro cartas de la Figura 19 referentes a la maduración del trigo en la región.

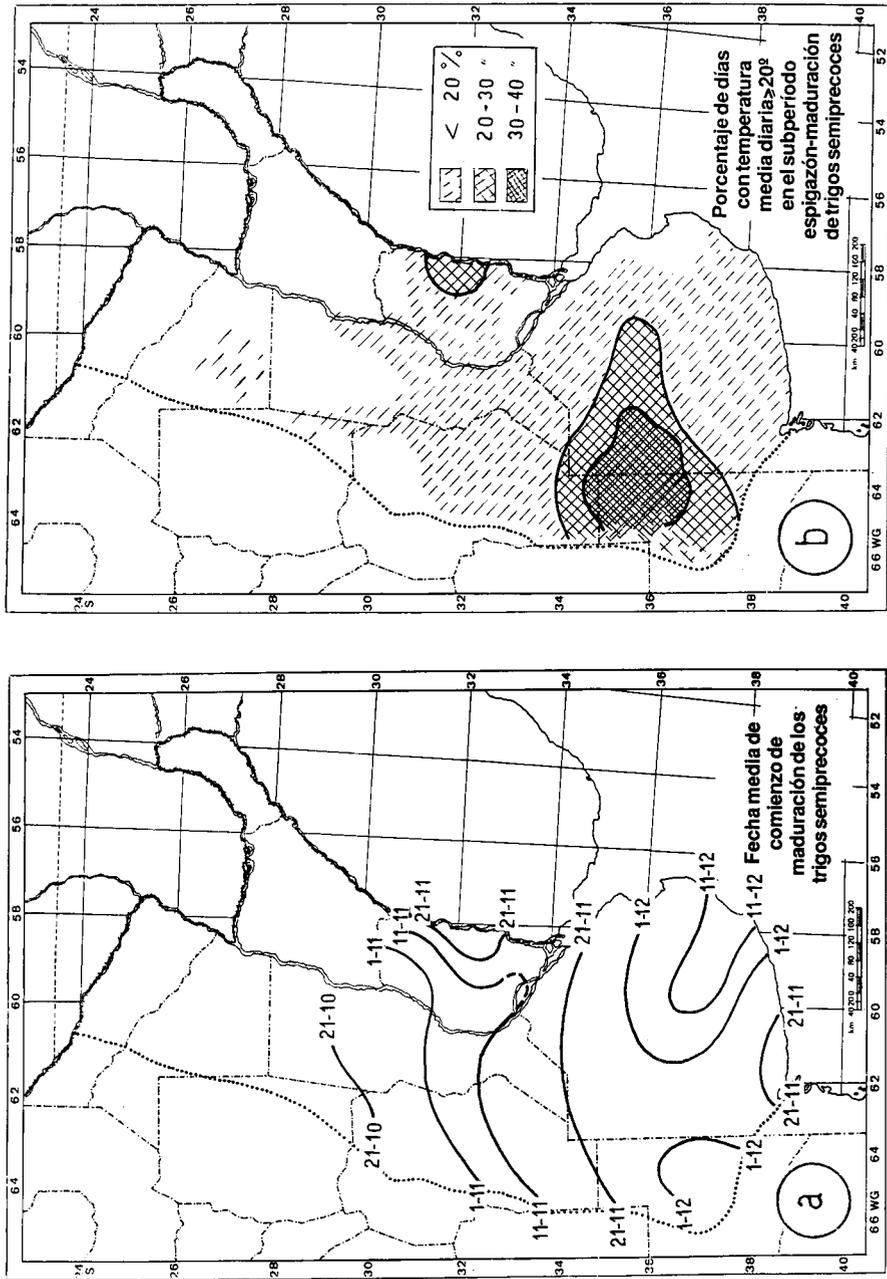


Figura 19. Aspectos fenológicos y térmicos del cultivo de trigo.

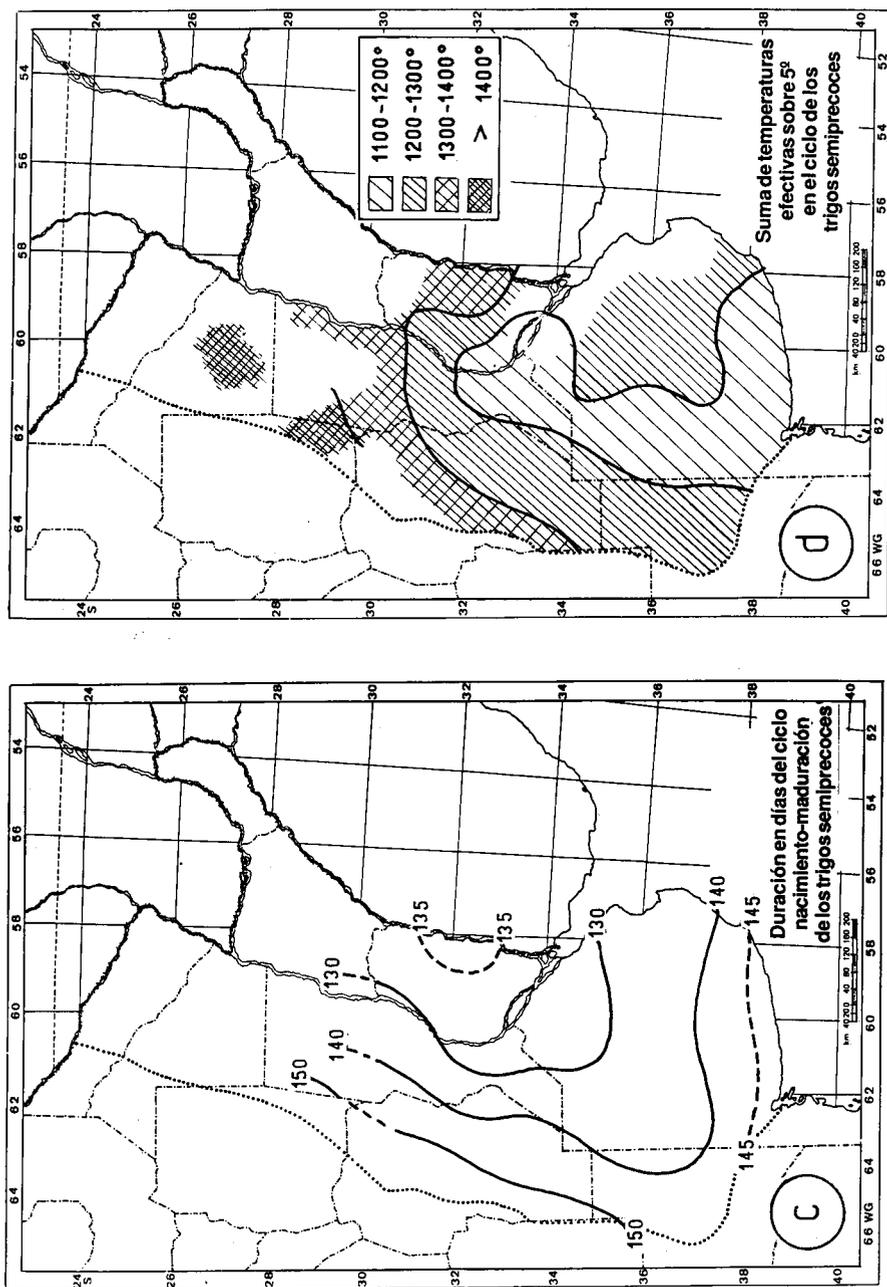


Figura 19. Aspectos fenológicos y térmicos del cultivo de trigo (continuación).

La duración del subperíodo espigazón-maduración da una idea aproximada sobre la influencia de la temperatura en el proceso de maduración del trigo. Un desecamiento acelerado de los granos por altas temperaturas determina un acortamiento del subperíodo, las que si son acompañadas por vientos secos pueden producir «achuzamiento» de los granos; por lo contrario, un subperíodo dilatado por insuficiente calor lleva a una inadecuada proporción de proteína con disminución de la calidad panadera. Si se comparan las cartas de la Figura 13a y Figura 19a, puede deducirse que la duración media del subperíodo espigazón-maduración de los trigos semiprecoces considerados en este análisis, oscilan entre los 30 y los 40 días. Las primeras maduraciones corresponden a los trigales de la parte norte de la región y, especialmente a los cultivos chaqueños, de donde provienen los primeros lotes de cereal que entran al mercado a fines de octubre-principios de noviembre.

Un proceso de maduración normal, de 35-40 días desde el espigazón, se produce con temperatura media del subperíodo de alrededor de 18 °C, pero el proceso se acelera en forma anormal cuando condiciones térmicas más elevadas operan como factor negativo o adverso. Para dar una idea de las áreas trigueras donde las maduraciones pueden verse afectadas por temperaturas elevadas, se ha confeccionado la Carta "b" de la Figura 19, en la cual se indica el porcentaje medio de días con temperatura media igual o superior a 20 °C posible de ocurrir en el subperíodo espigazón-maduración. El noroeste de Buenos Aires y noreste de La Pampa conforman el área con mayor riesgo y, en aquellos años en que las maduraciones soporten días con temperaturas máximas mayores a los 28-30 °C acompañados de vientos desecantes, seguramente se producirá, cuando menos, una disminución en el peso hectolítrico (peso de mil granos) del trigo cosechado.

Para completar la información agroclimática referente al principal cultivo invernal, en las Cartas "c" y "d" de la Figura 19 se indica la duración en días del ciclo total nacimiento-maduración de los trigos semiprecoces y la respectiva suma de temperaturas efectivas sobre 5 °C o grados-día  $\geq 5$  °C acumuladas durante ese período. (Se entiende por grado-día a la suma de temperaturas medias diarias, descontada una temperatura base considera mínima de crecimiento para cada especie, 5 °C en el caso del trigo).

Adaptados al diferente régimen térmico, los trigos argentinos tienen un ciclo intermedio entre los invernales (tardíos) y los primaverales (precoces) del Hemisferio Norte, por lo cual, se los conoce como semiprecoces (ver Fig. 20). La comparación debe referirse a los trigos primaverales del norte, cuyo ciclo medio es de 85-90 días acumulando unos 900-1.250 °C de los sembrados en la Argentina. Debe recordarse que los trigos precoces del Hemisferio Norte se siembran en plena primavera y en latitudes mayores a los 40° N y que los cultivares argentinos actuales tienden a acentuar la precocidad por la incorporación de material genético mejicano.

En este bimestre comienza en la región la entrada a la etapa reproductiva de los cultivos de maíz, la cual se extiende hasta el mes de enero en la parte sur. Como se explicó al tratar la carta de siembra (Fig. 12c) las fechas de comienzo de panojamiento indicadas por las

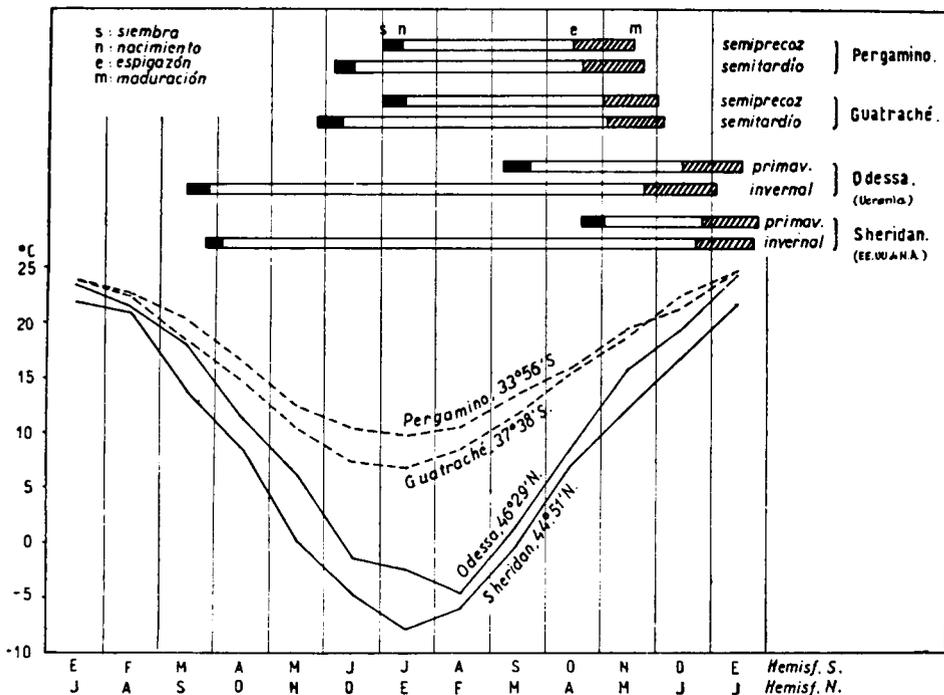


Figura 20. Datos fenológicos del cultivo de trigo en dos localidades argentinas y dos del Hemisferio Norte, con sus respectivas curvas de marcha térmica anual.

isofenas de la Figura 21a, podrían adelantarse algunos días debido a la mayor precocidad de los maíces utilizados actualmente. La mayor ventaja del acortamiento del ciclo reside en que el panojamiento se produce cuando todavía es reducido el riesgo de ocurrencia de temperaturas muy elevadas capaces de afectar la producción y viabilidad del polen y, por consiguiente, reducir la fecundación de los estigmas durante la floración femenina que sucede al panojamiento. Para ilustrar la posible variación zonal de las temperaturas máximas, se han calculado los valores de la Carta "b" de la misma figura que indican la frecuencia media estimada de días en los cuales las máximas alcanzan a superar los 30 °C y 35 °C en el mes de panojamiento del maíz. En la principal área maicera del país pueden ocurrir, durante esa etapa fenológica, unos 15 días con temperaturas máximas de 30 °C o más, y sólo uno o dos días con superiores a 35 °C, condiciones no preocupantes si el cultivo dispone de suficiente provisión hídrica. De cualquier forma, lograr un panojamiento más temprano reduce el riesgo de daños por excesos térmicos (una disminución de un 20 a un 30% para un adelanto de 10 días) y, además, aleja a los cultivos de la coincidencia del período crítico para agua con la deficiencia hídrica generalizada del mes de enero.

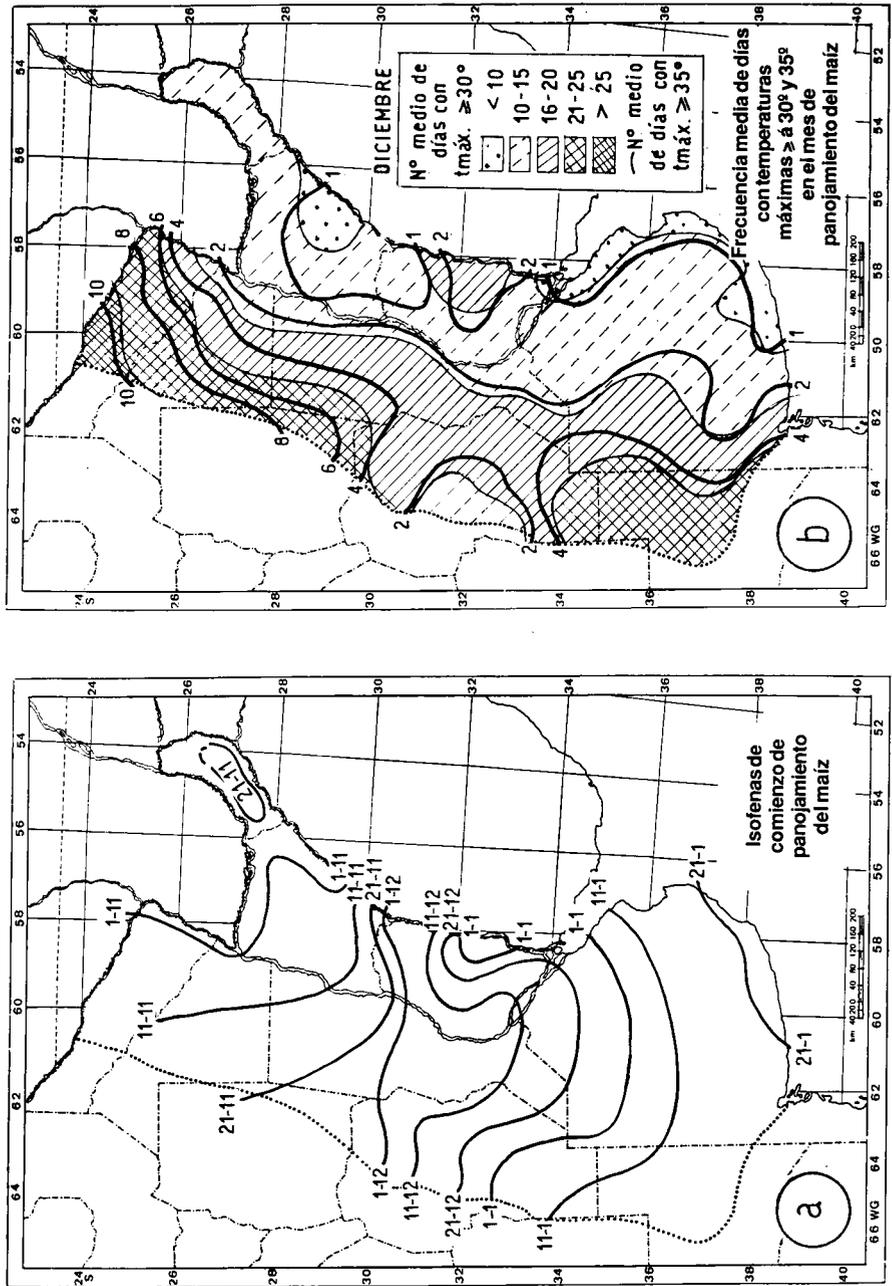


Figura 21. Aspectos fenológicos térmicos del cultivo de maíz.

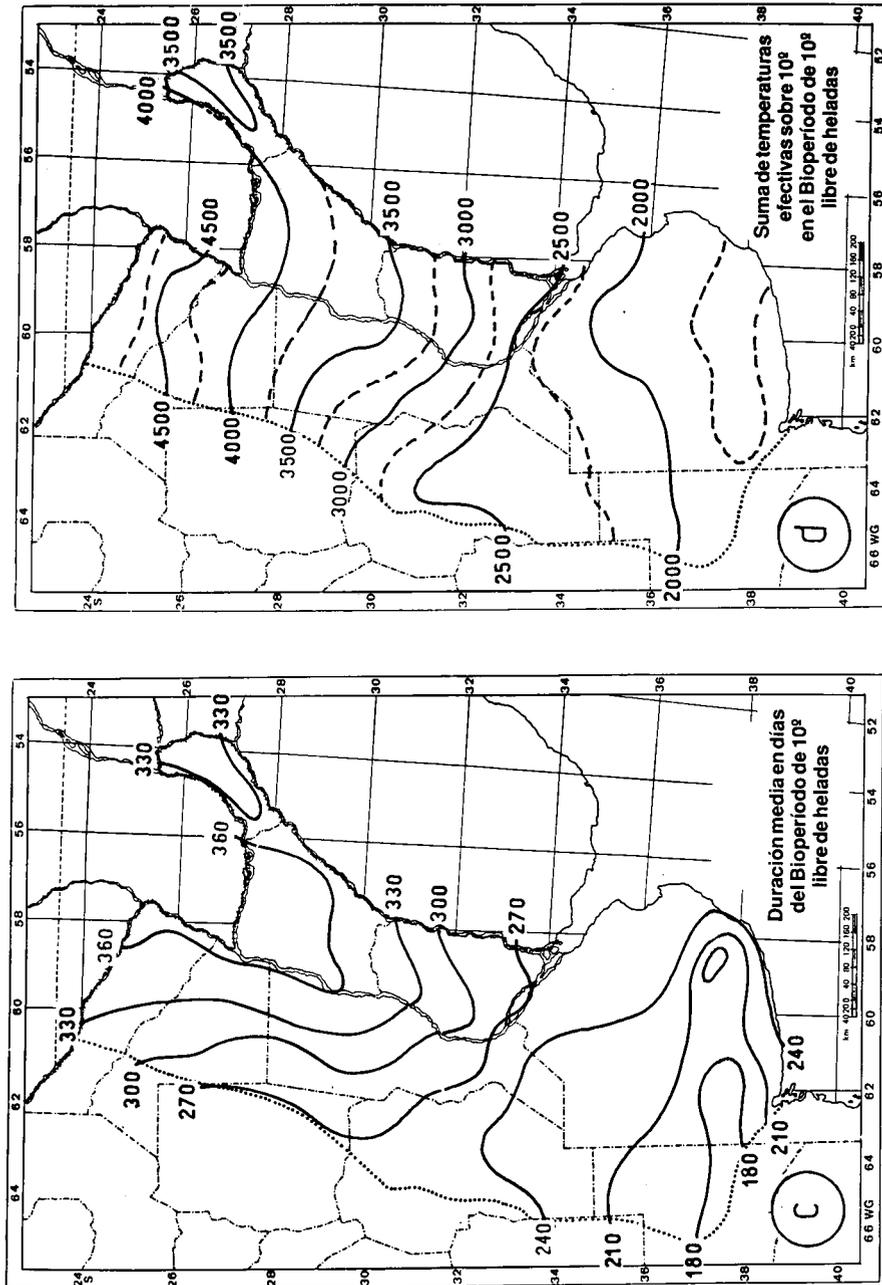


Figura 21. Aspectos fenológicos térmicos del cultivo de maíz (continuación).

En la Figura 21, se incluyen las Cartas "c" y "d" con valores agroclimáticos generales de aplicación a todos los cultivos mesotermiales, pues en ellas se ha representado la duración en días del bioperíodo de 10 °C libre de heladas o «efectivo» y la suma de temperaturas superiores a 10 °C en el mismo.

En la región considerada en estos análisis agroclimáticos, así como en casi todo el resto del territorio continental argentino, las fechas medias de primeras y últimas heladas (ver Figuras 2c y 12a) ocurren con temperatura media del aire superior a los 10 °C, es decir, quedan incluidas dentro del bioperíodo total de 10 °C. Atendiendo a consideraciones bioclimáticas, la duración total del período anual con temperaturas mayores de 10 °C debe ser reducida por aquella circunstancia, obteniéndose el bioperíodo libre de heladas o «efectivo». Así, en el norte de la provincia de Buenos Aires el bioperíodo total de 330 días queda reducido a uno efectivo de 240 días, que representa, asimismo, un período agrícola extenso.

Computada la disponibilidad calórica durante los bioperíodos señalados en la carta c, se trazaron las isolíneas de la carta d sobre suma de temperaturas efectivas  $\geq 10$  °C que en el norte de la región alcanzan a los 4.000-4.500 °C duplicando la disponibilidad térmica registrada en el sur de la provincia de Buenos Aires, área donde el valor calórico reducido de la termofase positiva anual, hizo necesario crear cultivares de maíces precoces y con menores exigencias térmicas para el crecimiento.

## 2. Aspectos hidrológicos del bimestre noviembre-diciembre

Las cartas de las Figuras 22 y 23 son bien ilustrativas de las condiciones que hacen a la disponibilidad hidrológica de los cultivos durante este bimestre. En primer lugar, la carta a del mes de noviembre señala claramente que para la mayor parte de la región las medianas de precipitación muestran valores inferiores a la necesidad de agua o evapotranspiración potencial. Solamente en la parte superior de la Mesopotamia (Corrientes-Misiones) y parte ribereña de Chaco y Formosa las lluvias igualan o superan algo a la demanda, lo que equivale a una condición media de equilibrio o débiles excesos en el balance hidrológico como lo muestra la carta b ( $p=0,50$ ). En el resto de la región deben ser usadas las reservas hídricas del suelo para cubrir el 20 o 30% de la diferencia entre precipitación y evapotranspiración potencial. En gran parte del área, la existencia de suficiente agua en el suelo determina condiciones de equilibrio (área rayada en las cartas). Los suelos de la franja occidental del centro norte de la región ya casi agotados en agua durante los meses anteriores, comienzan ahora a señalar en el balance ligeros aumentos en los valores negativos o de deficiencia, a pesar de que las lluvias del mes superan a la de octubre. Estas consideraciones son las que anticipan las condiciones de deficiencia posibles de ocurrir en esta área, en uno de cada cinco años (Carta "c",  $p=0,20$ ), con valores superiores a los 20 mm, indicativos de una sequía de gran intensidad, suficiente para ocasionar por sí sola la muerte de los tejidos verdes, tanto más cuando generalmente es acompañada de vientos calientes y secos, frecuentes en ésta época.

Por primera vez después del invierno, las áreas orientales de la región, comienzan a experimentar en forma generalizada deficiencias del orden de -10 mm o más que, sin duda, afectarán el crecimiento de los cultivos estivales y podrán llegar a su destrucción si las deficiencias continúan por muchos días.

La variabilidad típica de las precipitaciones determina que con igual recurrencia de uno de cada cinco años, la condición hídrica más favorable de noviembre corresponde a la señalada en la Carta "d" de la Figura 22, con equilibrios en la faja occidental, y excesos entre +25 y +50 mm en la faja central, y algo mayores en el litoral oriental. Estas condiciones hídricas son menos positivas que las ocurridas en octubre para igual recurrencia, lo que está certificando lo anteriormente dicho en el sentido de que en noviembre ya comienza a manifestarse la condición de secamiento hídrico que caracteriza al verano térmico de la región.

Las cartas de la Figura 23 corresponden al mes de diciembre, el primero de los tres meses del año con temperaturas medias más elevadas, y en el cual las precipitaciones medianas sólo alcanzan a cubrir apenas el 60% de las potencialidades evapotranspiratorias regionales (Carta "a"). Los suelos, ya disminuidos en su disponibilidad hídrica durante el mes anterior, son incapaces de compensar la intensa demanda y aparecen deficiencias generalizadas en los balances hidrológicos correspondientes a las situaciones medianas (Carta "b") con valores aún reducidos en las áreas pampeanas y central (entre -5 y -10 mm), y ya severos en la porción noroccidental de la región.

La situación crítica para los cultivos que presenta este mes en relación a la disponibilidad de agua, se hace evidente en la Carta "c", donde aparece la condición hídrica por defecto, posible en uno de cada cinco años ( $p=0,20$ ). La intensidad de la sequía mostrada por esta carta, es una adversidad importante para los cultivo primavera-estivales que pasan, durante este mes un período crítico para agua, sea en la etapa de su crecimiento activo o en la de floración-fructificación. En girasol y maíz está comprobada la estrecha dependencia que tienen el rendimiento con la deficiencia hídrica durante la etapa de floración en el primero y en la de panojamiento-maduración lechosa en el segundo.

Por último, la Carta "d" con las condiciones hídricas favorables a esperar en uno de cada cinco años, muestra también una reducción del área y de la intensidad de los posibles excesos con relación al mes anterior.

Para relacionar estas condiciones presentadas por los balances hidrológicos de ambos meses con años más secos o más húmedos que lo normal, así como para interpretar la repercusión agrícola de los valores referentes a las condiciones hídricas de las cartas y estimar lo que ocurriría con otras recurrencias, en el Cuadro 5 se consigna la magnitud de las precipitaciones máximas registradas, con diferente probabilidad, sobre períodos de 60 o más años en localidades de la región. Puede observarse que en el 5% de los años (1:20 años), las lluvias del mes de noviembre alcanzan como máximo a los 30 mm y a los 35 mm para diciembre. En ambos casos, estas lluvias sólo cubren un porcentaje muy reducido de

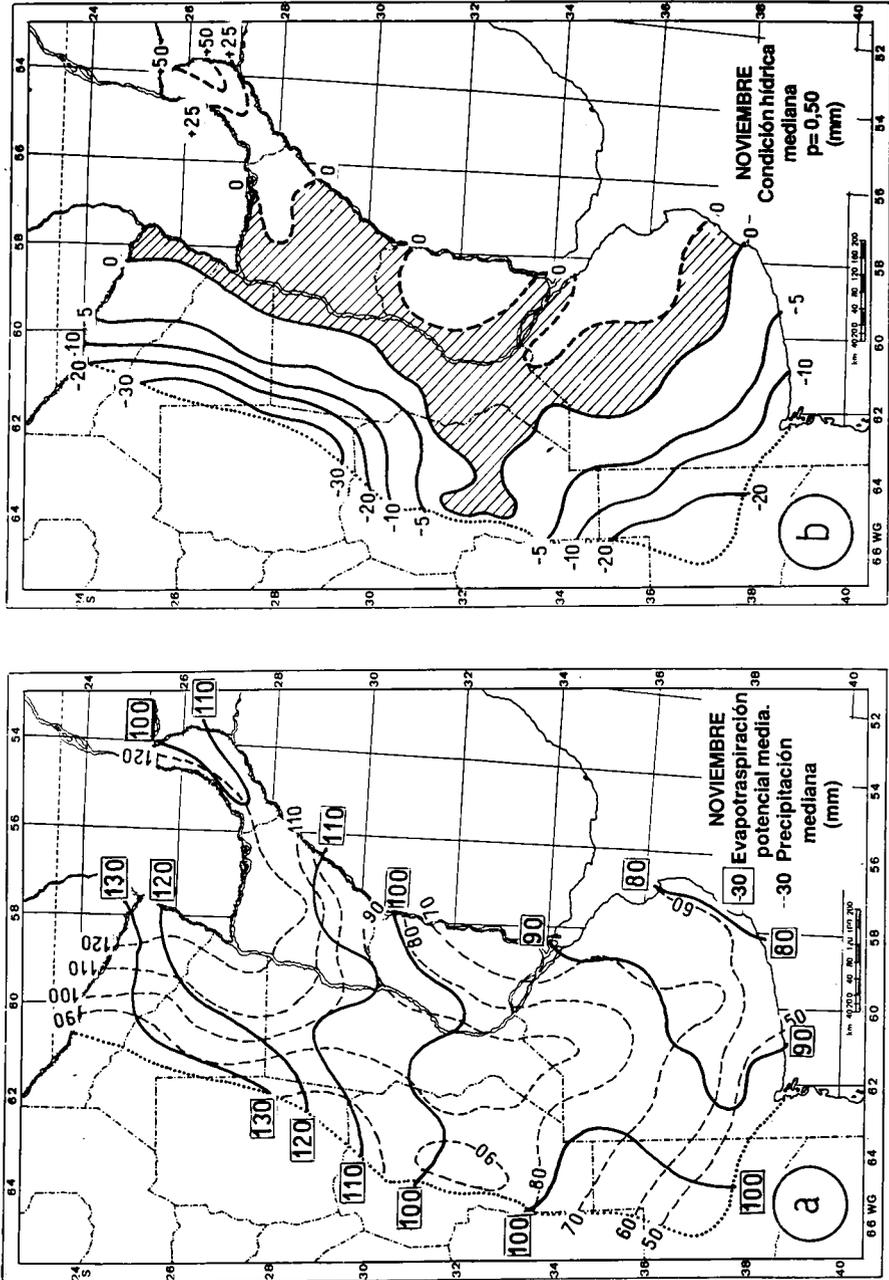


Figura 22. Aspectos hidrológicos del mes de noviembre.

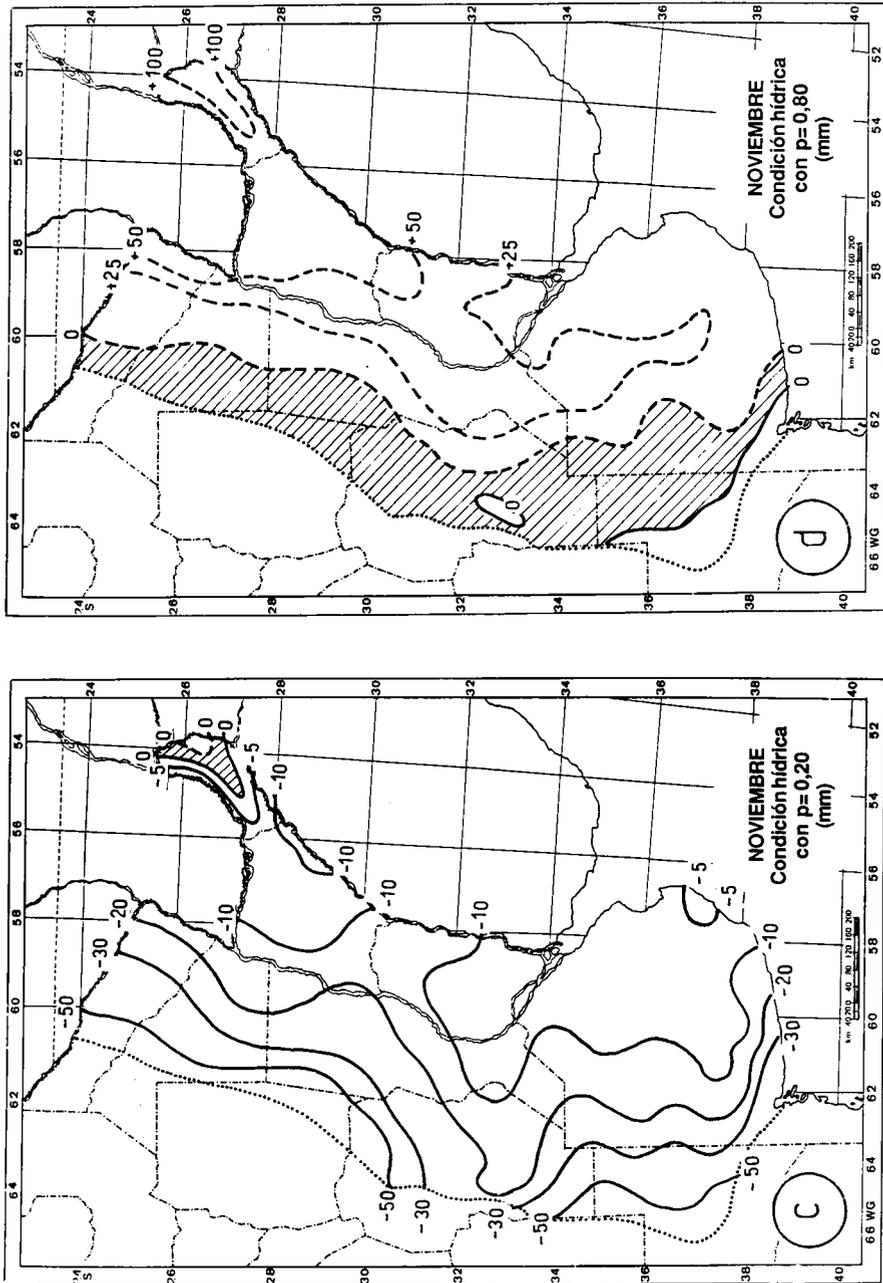


Figura 22. Aspectos hidrológicos del mes de noviembre (continuación).

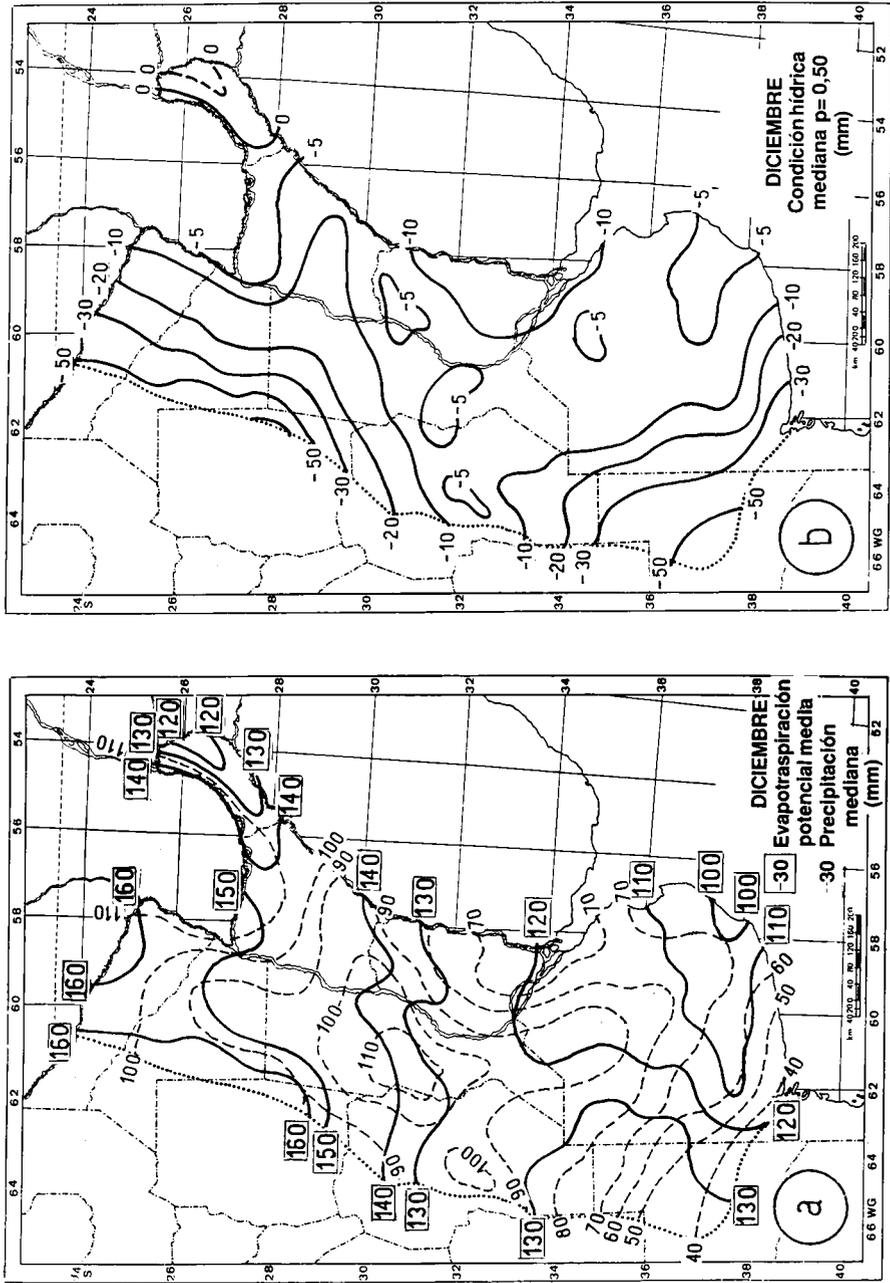


Figura 23. Aspectos hidrologicos del mes de diciembre.

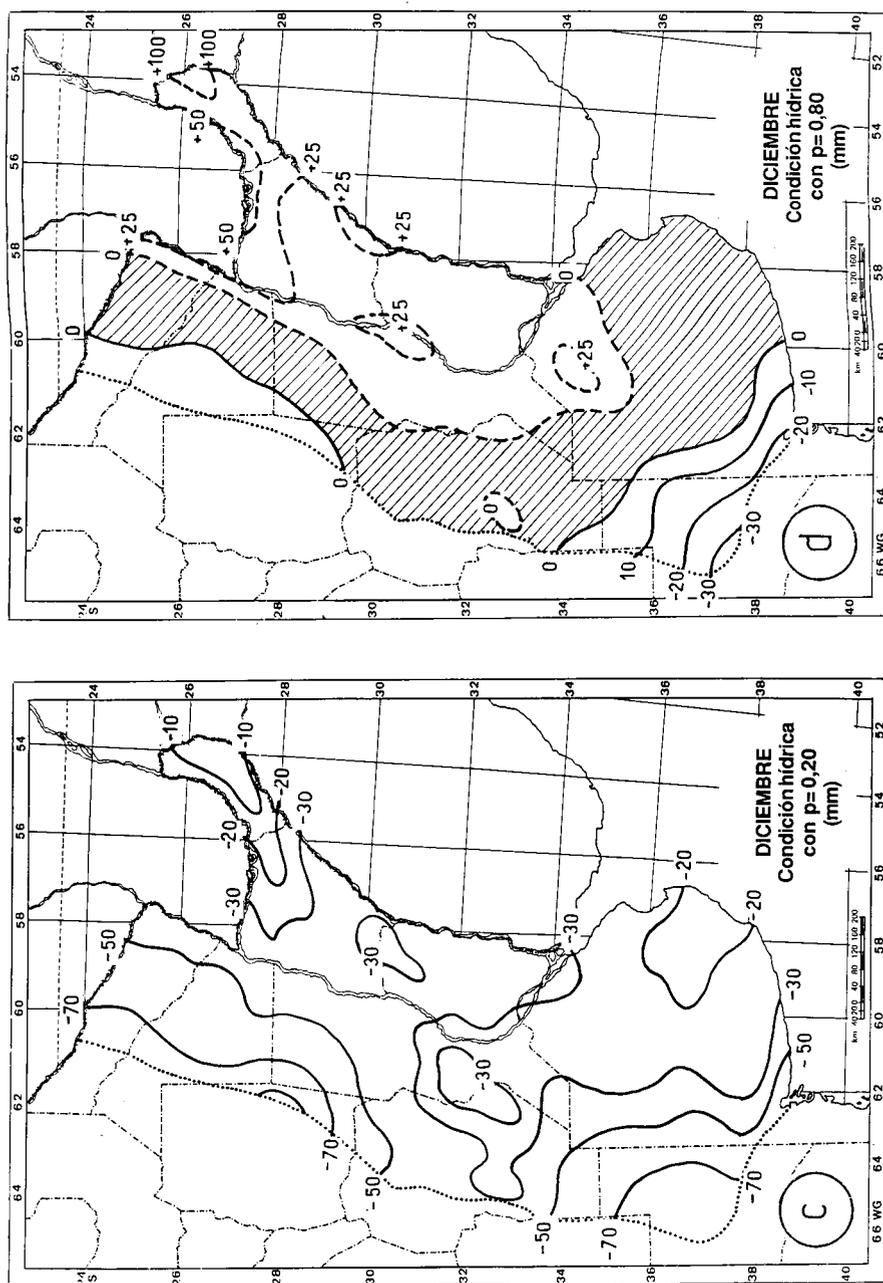


Figura 23. Aspectos hidrológicos del mes de diciembre (continuación).

Cuadro 5. Precipitaciones mensuales (mm) registradas durante periodos observacionales de 60 ó más años, para distintos porcentajes de años a partir de una serie ordenada ascendente.

Localidad	Noviembre						Diciembre					
	% de años						% de años					
	5	10	20	80	90	95	5	10	20	80	90	95
Pcia. R.S. Peña	27	41	57	168	232	241	36	51	63	176	211	261
Posadas	20	30	58	193	267	305	28	44	60	211	238	285
Bella Vista	12	32	47	162	183	210	14	32	47	177	212	261
Ceres	26	39	63	152	177	221	22	31	567	172	194	214
C. del Uruguay	20	26	35	136	183	223	17	21	34	151	209	249
Villaguay	27	34	47	134	164	210	17	289	38	175	250	291
Classon	21	35	54	157	195	246	24	37	59	173	194	245
Marcos Juárez	31	37	47	132	170	203	35	42	49	145	173	241
Huinca Renancó	9	19	45	124	189	220	16	29	44	126	173	212
9 de Julio	13	35	51	132	152	170	20	41	51	173	192	202
La Plata	14	22	34	124	160	230	13	15	34	116	160	192
Trenque Lauquén	7	25	45	118	151	202	17	25	44	132	177	186
Santa Rosa	11	19	36	113	142	202	8	11	26	116	152	162
Laprida	11	22	35	103	122	137	19	26	34	120	129	149+
Puán	4	14	28	105	148	190	5	10	22	111	144	174
Mar del Plata	19	28	41	102	132	166	23	33	43	111	143	163
Bahía Blanca	7	17	27	87	115	143	0	3	16	88	113	142

la demanda por evapotranspiración potencial, y originaran deficiencias importantes aún cuando existiera un almacenaje normal de agua en el suelo. En el otro extremo de la serie ordenada, es decir, para los años con precipitaciones mensuales superiores a la normal, las cantidades anotadas para el 90 o 95% de los años prácticamente duplican los valores de evapotranspiración potencial, confirmando plenamente los excesos de agua señalados para ciertas áreas en las Cartas "d" de las Figuras 22 y 23.

Las Cartas "a" y "b" de la Figura 24 explican de manera concluyente las características hidrológicas del mes de diciembre. En estas cartas se considera especialmente la cantidad de agua almacenada en el suelo (expresada en mm) al final del mes, de acuerdo a los resultados del balance hidrológico seriado. Cada carta explica una situación particular, habiéndose elegido una escala irregular de zonificación para expresar las recurrencias de un años cada 50, 20, 10, 5, 3, 2 y 1,25. La carta a zonifica los porcentajes de años en que el almacenaje de agua edáfica es menor a la magnitud correspondiente al punto de marchitez permanente, es decir, marca una situación de «sequía absoluta», sin agua útil.

La Carta "b" por lo contrario, zonifica las áreas con porcentaje de años que podrían considerarse «sin sequía» porque el contenido hídrico del suelo es mayor al valor correspondiente al 50% del agua útil, considerado como una disponibilidad de agua adecuada para los cultivos. Con las lógicas variaciones regionales, las áreas donde se registra la menor frecuencia de años con sequía absoluta corresponde al SE de la provincia de Buenos Aires, donde las condiciones favorables obedecen no tanto a las precipitaciones cuanto a las menores temperaturas, y a la provincia de Misiones donde si responden a las mayores precipitaciones.

Las mayores temperaturas medias mensuales y las reducidas precipitaciones en la franja occidental de la región analizada, se ven reflejadas en el aumento del porcentaje de años sin agua útil, mayor del 50%, con excepción de la región pedemontana oriental de las sierras del sur de Córdoba, donde se registran mayores precipitaciones por efecto orográfico.

Sobre esta misma carta se ha representado mediante isolíneas el porcentaje de años en que el balance hidrológico seriado acusa deficiencias de -50 mm, o sequías más intensas. Como es de suponer, estas isolíneas se corresponden, en trayectoria y magnitud, con los porcentajes de años con sequía, presentándose los mayores valores (entre 20 y 50%), en la franja occidental seca.

La Carta "b", que presenta las situaciones de humedad edáfica favorable para los cultivos, señala a la provincia de Misiones y mitad oriental de la de Corrientes, como el área con mayor porcentaje de años sin sequía (50-80%). Mediante isolíneas superpuestas, se indica en la misma carta el porcentaje de años en que pueden ocurrir deficiencias moderadas, desde -25 mm o más. Otra vez, el sudeste bonaerense aparece como el área menos propensa a soportar sequía lo que, complementando la menor probabilidad de años con sequía, la señalaría como la más favorable desde el punto de vista hidrológico, donde los cultivos sólo muy ocasionalmente podrían sufrir la falta de agua.

La alternancia de períodos secos y húmedos es un fenómeno común debido a la variabilidad anual de las precipitaciones, hecho que provoca diversas alternativas agrícolas. Así, durante períodos húmedos y usando técnicas adecuadas, pudieron consolidarse las formaciones medanosas, fácilmente desplazables por el viento, de las provincias de La Pampa y de Buenos Aires, las que actualmente son sólo un recuerdo. Toda esta parte sur en la franja occidental de la amplia región que se está analizando, es típicamente agrícola-ganadera, con capacidad productiva en disminución de orientada a occidente. El balance hidrológico más favorable ocurre durante el invierno y por ello, los cultivos principales son los cereales invernales. Debido a la deficiencia de agua estival, sólo el sorgo resulta aconsejable como cultivo de verano, debido a su característica adaptación a ambientes con menor disponibilidad hidrológica.

La típica variabilidad pluviométrica alteró en años recientes las condiciones del área. En efecto, durante la década del 70 un aumento de las precipitaciones estivales generó la abundancia anormal de agua edáfica, haciendo posible la siembra de cultivos más higrofilos y de mayor rentabilidad económica que el sorgo. Las Cartas "c" y "d" de la Figura 24 ilustran sobre el aumento de las precipitaciones medias registradas en diciembre en esa década en relación con los valores normales (1921-1980), y la similar comparación entre la condición hídrica media decenal resultante en el balance hidrológico seriado computado para ambos períodos. Esta situación favorable de diciembre se repitió aumentada en los siguientes meses de verano. La continuidad de los años húmedos determinó un aumento de la superficie sembrada con maíz y girasol y, sorpresivamente, comenzó a sembrarse soja, especie que tiene un período crítico a la falta de agua durante los meses de enero-febrero precisamente los de mayor deficiencia hídrica regional normal.

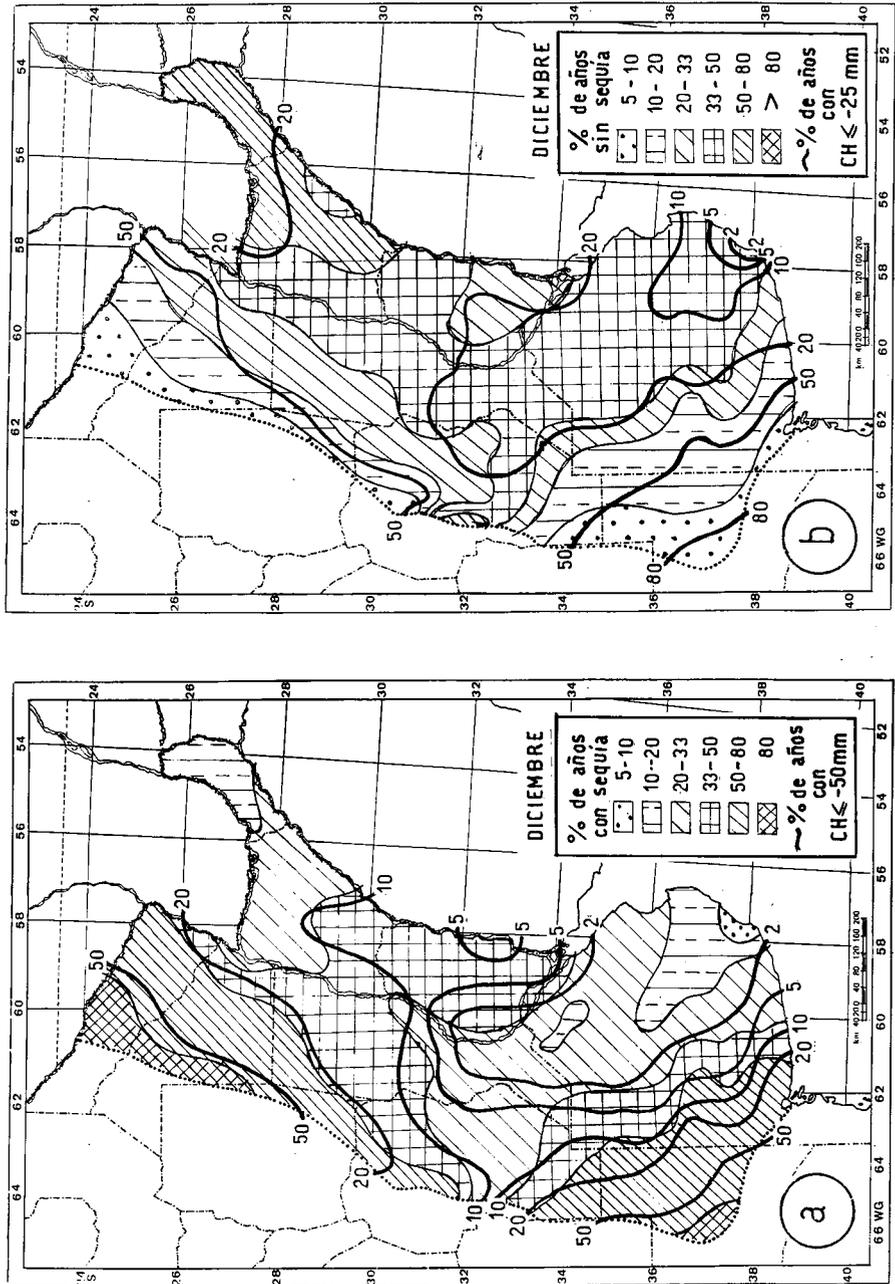


Figura 24. Aspectos hidrológicos del mes de diciembre. Porcentaje de años con sequía absoluta (a) y sin sequía (b). Comparación entre las precipitaciones medianas normales (1921-80) y las del decenio 1971-80 (c) y entre las condiciones hídricas medianas para los mismos periodos.

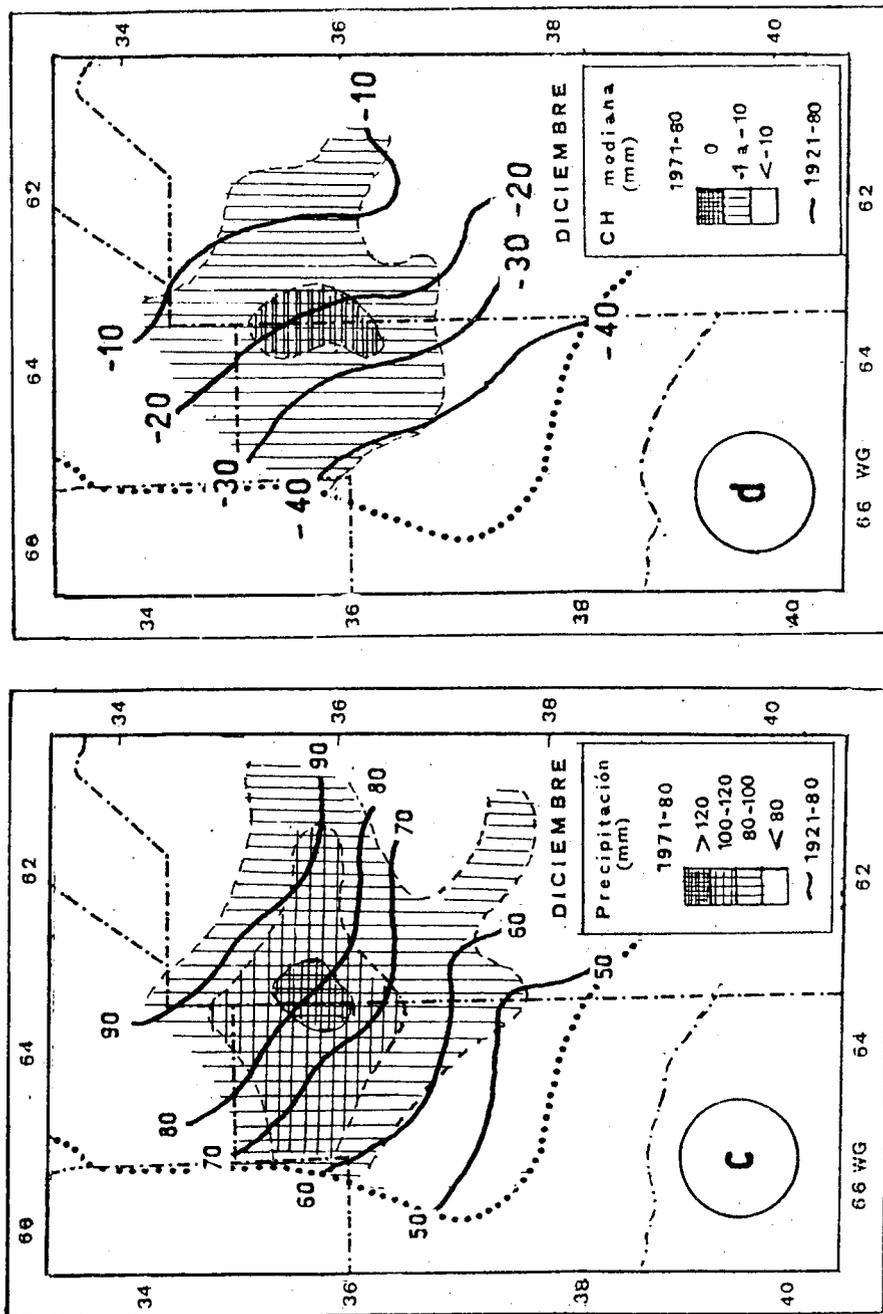


Figura 24. Aspectos hidrológicos del mes de diciembre. Porcentaje de años con sequía absoluta (a) y sin sequía (b). Comparación entre las precipitaciones medianas normales (1921-80) y las del decenio 1971-80 (c) y entre las condiciones hídricas medianas para los mismos periodos (continuación).

La repetición año a año en la década del 70, de períodos estivales más húmedos que los normales determinó, así, un desplazamiento de la frontera de agricultura de secano. Como lo demuestran los estudios sobre series de precipitaciones seculares, la situación hidrológica sucedida en ese decenio no marca una tendencia positiva permanente de las lluvias sino solamente una fluctuación climática temporal. Es conveniente alertar sobre las consecuencias desfavorables de esta expansión agrícola pues, los suelos de las áreas donde aumente la superficie dedicada a cultivos de verano, pueden sufrir degradaciones por manejo distinto al que corresponde a una región semiárida.

Los ejemplos de regiones hidrológicamente frágiles en el mundo han conducido a la desertificación por manejo agrícola inadecuado, ya que en condiciones de semiaridez la variabilidad de las precipitaciones aumenta y la alternancia de períodos con años húmedos y secos es mayor.

Estas consideraciones se efectúan a la luz de estudios disponibles según la Climatología actual, pero no descartan la posibilidad de cambios climáticos posibles, de acuerdo con las previsiones sobre aumento de la temperatura y de las precipitaciones que, para principios-mediados del siglo XXI, estiman un aumento de las disponibilidades hidrológicas en nuestra Región Pampeana, con desplazamiento de las fronteras de la agricultura de secano en forma definitiva y no transitoria.

## **V Plenitud del verano térmico**

La disponibilidad térmica en los meses de enero y febrero es una característica agroclimática de importancia relevante para el comportamiento de los cultivos anuales estivales que culminan durante este bimestre su período vegetativo con las etapas de floración o fructificación, según las especies y las zonas de cultivo. Así, por ejemplo, la soja comienza el desarrollo con la floración y fructificación, el algodón florece e inicia el crecimiento de las cápsulas, mientras que las especies menos exigentes en temperaturas estivales, como el girasol y el maíz, terminan la floración y/o comienzan la maduración, de acuerdo con sus fechas de siembra.

Tan importante es la temperatura en esta etapa de los cultivos, que la disponibilidad de una determinada cantidad de calor es limitante para la expansión cultural de las especies. Por ejemplo, temperaturas medias mensuales superiores a 25-26 °C en el mes más cálido del año señalan las áreas con máxima aptitud térmica para el algodón que, obviamente, por tal motivo no puede prosperar económicamente en la región sur del paralelo de 30 °C. La siembra de la soja hasta hace poco tiempo sólo era posible en áreas con temperaturas medias mensuales superiores a 20 °C en el mes más caliente del año, aunque la obtención de cultivares capaces de prosperar con temperaturas más bajas, ha permitido en el Hemisferio Norte la expansión del área de cultivo a regiones con veranos frescos. La con-

centración del cultivo de papa en el sudeste de la provincia de Buenos Aires obedece a que esta especie requiere veranos de temperaturas suaves, como son los que ocurren en el área. Asimismo, la difusión del cultivo de girasol en el sur y sudeste bonaerense responde también a las reducidas temperaturas estivales y a la muy baja frecuencia media de días con máximas mayores de 35 °C (menos de uno por mes), pues registros térmicos superiores durante los subperíodos de floración y de fructificación, producen una disminución sensible en el porcentaje de aceite y rendimiento total, lo cual constituye una de las limitaciones de este cultivo hacia el norte de la región analizada.

Estos pocos ejemplos indican la necesidad de un análisis crítico de la disponibilidad calórica y la característica de los meses en los que culmina la termofase anual de la temperatura.

### 1. Características térmicas del bimestre enero/febrero

Si bien la máxima intensidad del goce de radiación se produce a fines del mes de diciembre, el retraso en el balance calórico provoca un desplazamiento en la fecha de registro de las temperaturas diarias normales más altas, las que en toda la región en estudio ocurren durante la segunda quincena del mes de enero. Las isotermas de la Figura 25 (a y b), indican las temperaturas normales mensuales más elevadas del termoperíodo anual de la región, ligeramente mayores en enero, con variaciones zonales desde los 28 °C en el norte de Formosa hasta algo menos de 20 °C en el sudeste de Buenos Aires. En términos amplios la temperatura media normal de febrero es aproximadamente entre 0,5 °C y 1 °C menor que la de enero.

La disponibilidad térmica señalada permite la difusión de cultivos megatérmicos de gran requerimiento en calor como el algodónero o la soja, pudiendo esta última ampliar su área de difusión hacia el sur de la provincia de Buenos Aires, donde la menor disponibilidad calórica aconsejaría la experimentación de cultivares de menor exigencia térmica para su desarrollo que la de los grupos III-II, actualmente utilizados.

Una característica del régimen térmico a destacar es que la estabilidad interanual de las temperaturas medias mensuales a través de los años es más marcada en los meses de verano que en los de invierno. En efecto, las Cartas "c" y "d" de la Figura 25 señalan este aspecto con los valores promedio de las desviaciones típicas de diciembre, enero y febrero, frente a igual cómputo para los meses de junio, julio y agosto. El verano ofrece una variabilidad uniforme con valores entre  $\sigma = \pm 1$  °C y  $\sigma = \pm 1,4$  °C, mientras que el invierno presenta una variabilidad mayor, entre  $\sigma = \pm 1,2$  °C y  $\sigma = \pm 2,0$  °C, creciendo hacia el norte, lo que estaría indicando que el calentamiento del continente en verano es más definido y los factores de circulación más uniformes que el enfriamiento y circulaciones invernales.

La acentuación de los valores de desviación típica durante el invierno podría atribuirse a los factores de circulación determinantes de una mayor frecuencia en la penetración y

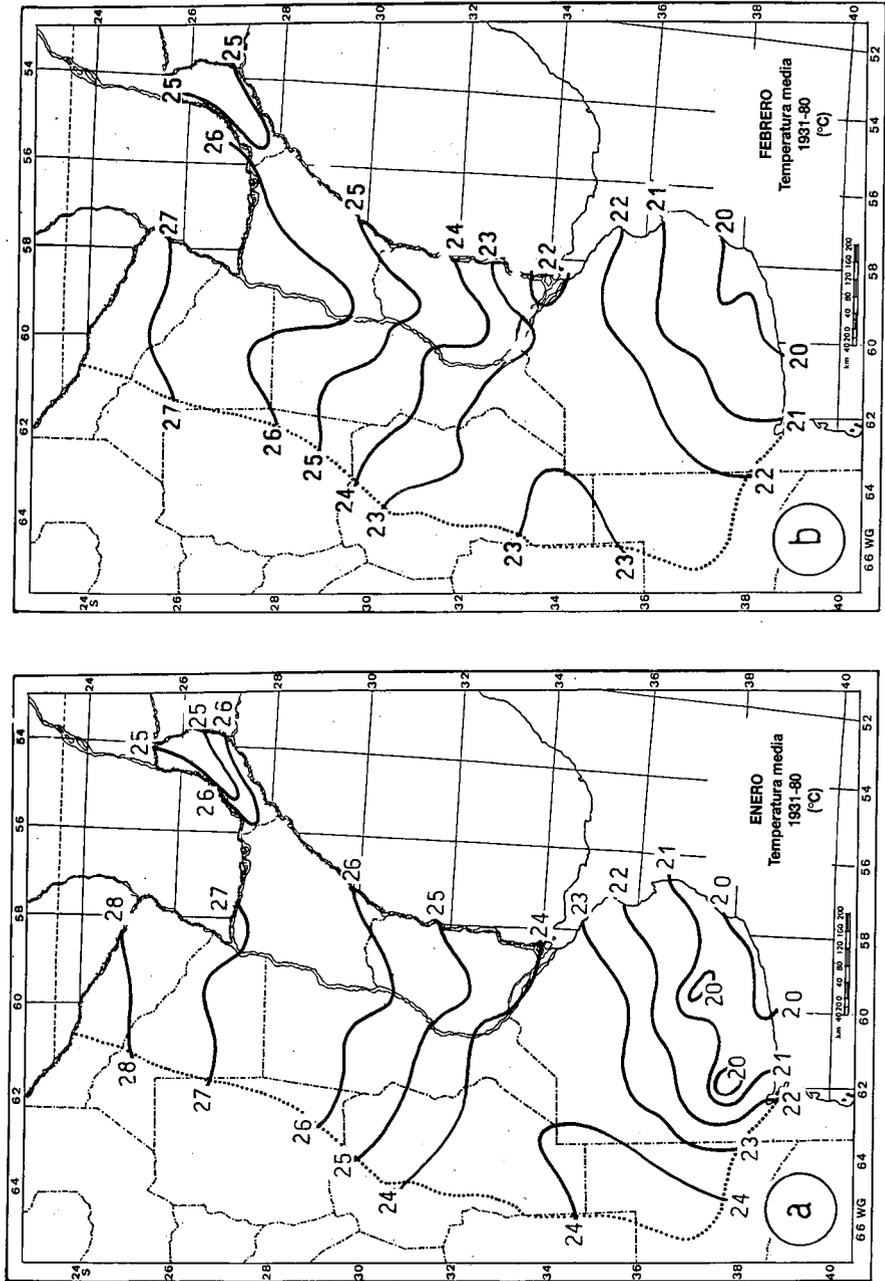


Figura 25. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero.

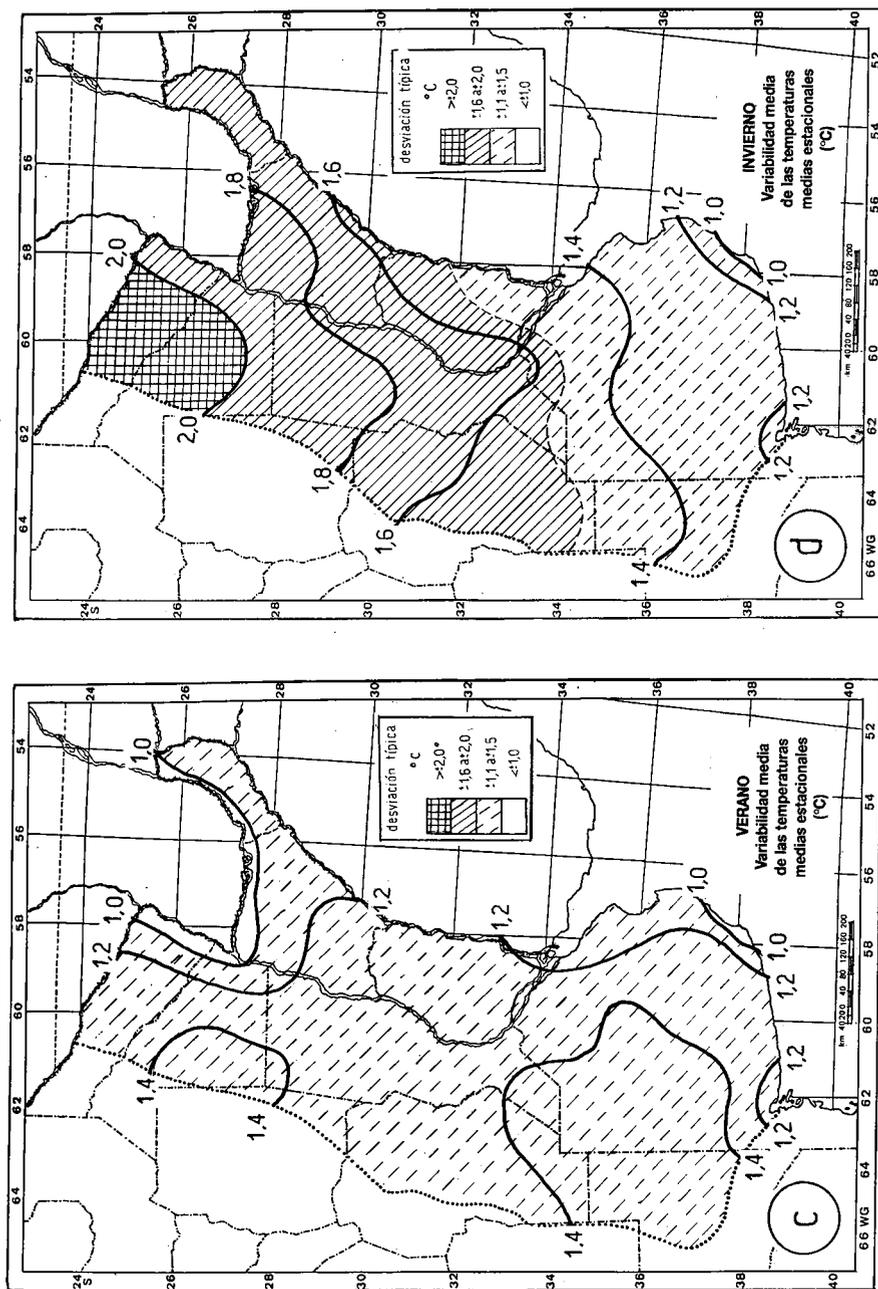


Figura 25. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero (continuación)

persistencia de las trayectorias de las células del anticiclón Pacífico y especialmente las del anticiclón Antártico. En cambio, durante el verano los anticiclones mencionados difícilmente superan la zona central y litoral, siendo mucho menos frecuentes y duraderos los empujes de origen antártico.

Desde el punto agrícola, la diferente variabilidad de las temperaturas de verano y de invierno tienen importancia en la estabilidad de los rendimientos. La consecuencia de la irregularidad del enfriamiento invernal, se refleja en aquellos cultivos con exigencia definida en bajas temperaturas, como los cereales invernales y los frutales criófilos. Debe recordarse que si bien las desviaciones típicas de las temperaturas medias mensuales invernales no son muy elevadas en comparación con las del Hemisferio Norte, la característica suavidad de las mismas puede llevar, en años con inviernos templados, a situaciones límites o decididamente carenciales de enfriamiento que se traducirán en anomalías fenológicas y productivas. En este sentido, la labor fitogenética para la obtención de cultivos que superen estos inconvenientes ha sido constante y ha conducido a una identidad entre las disponibilidades térmicas invernales regionales y las necesidades biológicas.

En cambio, la mencionada mayor regularidad de las temperaturas durante los meses más calientes, asegura la satisfacción normal de las exigencias calóricas de los cultivos estivales termófilos en las distintas áreas agrícolas, fundamentalmente, de la disponibilidad hídrica durante sus ciclos vegetativos.

La intensidad de las temperaturas medias estivales, guarda estrecha relación con la cantidad de calor disponible y con la ocurrencia de días con máximas elevadas capaces de afectar la actividad vegetativa y la maduración de los frutos durante la termofase positiva del termoperíodo anual. Lamentablemente, son escasos los estudios referentes a la acción perjudicial de las altas temperaturas, tanto en su efecto letal como en las alteraciones fisiológicas resultantes.

Para dar una idea sobre los extremos térmicos posibles, en la Figura 26 "a" y "b" se presentan, respectivamente, las cartas de temperatura máxima anual media y de máximas absolutas registradas en la región estudiada. La primera es el resultado de promediar las máximas absolutas de cada año de una extensa serie, mientras que la segunda es el valor más alto o máxima maximorum registrado en la serie climática 1928-1980. En ambas cartas se observa un campo térmico relativamente uniforme, con valores extremos que difieren en sólo unos 6 °C. Estas temperaturas máximas, inferiores por cierto a las observadas en iguales latitudes del Hemisferio Norte, señalan diferencias regionales mucho menos acentuadas que las de las extremas mínimas (Fig. 6a).

La variabilidad de la temperatura máxima anual media oscila en la región y en todo el territorio continental argentino, entre valores de  $\sigma = \pm 1$  °C poco más de  $\sigma = \pm 2$  °C, rango muy reducido que resulta del efecto moderador térmico de las masas oceánicas que afectan todo el continente sudamericano y que reproduce, aunque con menores valores, lo que sucede con la variabilidad del frío invernal.

Esta característica de escasa variabilidad explica porque los valores de la Carta "d" de la misma Figura 25, que son las máximas diarias más elevadas registradas en el período 1928-80, sólo difieren con las máximas anuales medias en unos 2-3 °C en la parte norte y hasta 4-5 °C en el sudeste bonaerense.

La consecuencia agronómica de este régimen de temperaturas máximas resulta obvia cuando se considera que temperaturas mayores de 30-35 °C son deprimentes tanto para el crecimiento como para el desarrollo de las especies cultivadas. Períodos estivales que registren temperaturas alcanzando esos o valores mayores durante el día, provocan un estrés térmico que lleva a las plantas a oponer mecanismos de defensa los que, finalmente, influyen disminuyendo su potencial de rendimiento, especialmente cuando ocurren asociados a fuertes déficits de saturación del aire y demandas evaporativas insatisfechas. Para salvar las posibles dificultades debidas a esta adversidad térmica, son recursos comunes la adecuación de la fecha de siembra o la elección de cultivares cuyos subperíodos vegetativos críticos no coincidan con lapsos de mayor probabilidad de ocurrencia de altas temperaturas.

En lo que hace a la cantidad de calor disponible para los cultivos de este bimestre, la cual queda expresada por la suma de temperaturas biológicamente activas, es conveniente relacionarla con la duración total del bioperíodo anual con temperaturas favorables al crecimiento y a la cantidad total de calor que se acumula durante el mismo. Para las especies anuales de cultivo estival la temperatura de 15 °C es un umbral térmico adecuado para calificar agroclimáticamente la aptitud agrícola regional mediante la acumulación de las temperaturas efectivas.

Las Cartas "c" y "d" de la Figura 26 se refieren a la duración media en días de ese bioperíodo y a la suma de temperaturas iguales o mayores a 15 °C durante el mismo. Para dar significado a estas duraciones y las respectivas acumulaciones térmicas correspondientes a la región oriental de secano analizada, resulta útil compararlas con las registradas en otras zonas agrícolas mundiales.

El Cuadro 7 es ilustrativo al respecto, pues se presentan localidades argentinas de la región oriental de siembra en secano, clasificadas por rangos de temperaturas del mes más caliente del año, en comparación con otras del Hemisferio Norte de similares características. Se puede comprobar que en todos los casos, a iguales temperaturas medias mensuales corresponden mayores amplitudes térmicas anuales en el Hemisferio Norte, que la duración de los bioperíodos de 15 °C es siempre más prolongada en la Argentina y mayor la acumulación de temperaturas superiores a 15 °C durante los mismos.

El análisis precedente permite comprobar la mayor disponibilidad regional de las localidades argentinas, aunque hay que tener en cuenta que en el país una parte del bioperíodo de 15 °C no es utilizable por la ocurrencia de heladas. Al comentar las cartas del comienzo y fin del bioperíodo de 15 °C en páginas anteriores se hizo amplia referencia a la reducción del período efecto del bioperíodo de 15 °C debido al probable registro de heladas de

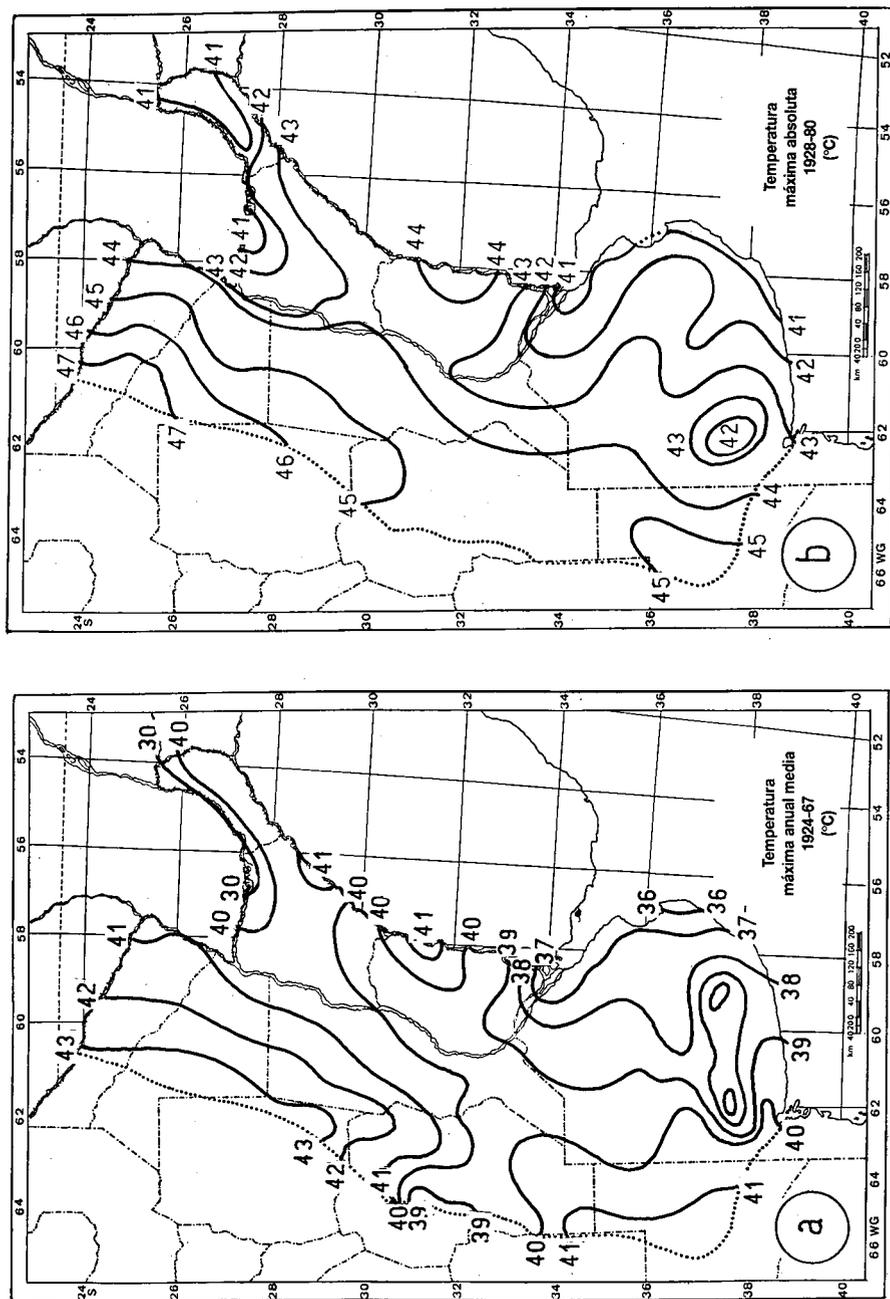


Figura 26. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero.

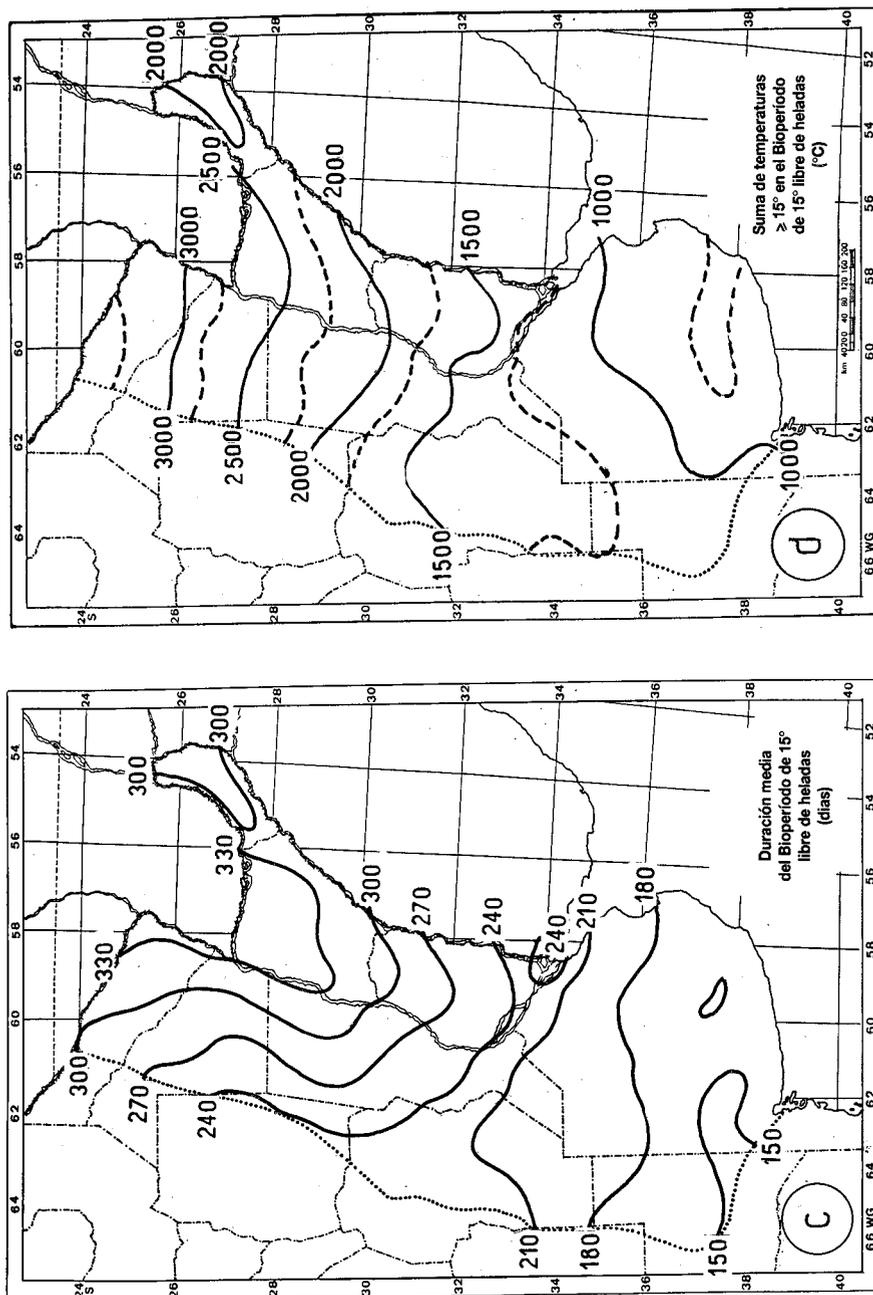


Figura 26. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero (continuación).

Cuadro 7. Comparación de las condiciones térmicas (temperatura y sumas térmicas) de localidades argentinas y extranjeras, agrupadas según la temperatura media (°C) del mes caliente del año.

Rango de temperatura mes más caliente (°C)	ARGENTINA						HEMISFERIO NORTE			
	Localidad	Temperatura media mes más caliente (°C)	Amplitud media anual (°C)	Biotemperado de 15°		Localidad	Temperatura media mes más caliente (°C)	Amplitud media anual (°C)	Biotemperado de 15°	
				Duración días	Suma de temp. ≥ 15°				Duración días	Suma de temp. ≥ 15°
20-22	Balcarce (Bs. As.)	21,2	13,2	159	638	Balcarce (Bs. As.)	20,5	18,4	151	465
	Cnel. Suárez (Bs. As.)	21,8	14,8	153	672	Cnel. Suárez (Bs. As.)	21,8	20,7	132	665
	Azul (Bs. As.)	21,6	13,8	152	654	Azul (Bs. As.)	20,0	24,7	129	650
22-24	Dolores (Bs. As.)	21,6	12,6	177	717	Dolores (Bs. As.)	20,1	21,3	131	465
	Las Flores (Bs. As.)	22,3	12,9	180	826	Las Flores (Bs. As.)	23,3	16,8	170	895
	Pergamino (Bs. As.)	23,0	13,2	195	981	Pergamino (Bs. As.)	22,2	23,7	150	750
	Casilda (Sta. Fe)	23,8	13,4	206	1.153	Casilda (Sta. Fe)	22,1	26,2	139	680
	Río Cuarto (Cba.)	23,8	14,1	199	1.158	Río Cuarto (Cba.)	23,6	24,6	149	800
24-26	Gral. Pico (L.Pampa)	24,0	15,6	201	1.077	Gral. Pico (L.Pampa)	25,7	23,9	146	1.150
	Villaguay (E. Ríos)	24,6	12,5	244	1.395	Villaguay (E. Ríos)	24,8	17,4	195	950
	Bell Ville (Cba.)	24,1	14,3	210	1.190	Bell Ville (Cba.)	24,2	19,5	159	920
	Esperanza (Sta. Fe)	25,8	13,4	246	1.620	Esperanza (Sta. Fe)	24,9	37,9	135	880
26-28	Mercedes (Ctes.)	26,6	12,2	302	1.976	Mercedes (Ctes.)	27,9	18,0	222	1.695
	Corrientes (Ctes.)	27,8	11,5	365	2.493	Corrientes (Ctes.)	26,5	18,1	197	1.370
	Pcia. R.S. Peña (Ch.)	27,9	11,8	365	2.230	Pcia. R.S. Peña (Ch.)	27,5	17,8	221	1.730
	Ceres (Sta. Fe)	26,6	13,4	263	1.827	Ceres (Sta. Fe)	27,6	21,7	214	1.930

primavera y de otoño, como lo señalan las isolíneas de la Carta "c" de la Figura 26. Las variaciones indicadas en el norte podrían discutirse por la ocurrencia en la región de un cierto porcentaje de años sin heladas, pero pueden aceptarse como adecuadas para expresar el verdadero período de cultivo de las especies muy termófilas, que son intolerantes no sólo a heladas sino también a períodos de bajas temperaturas invernales, como los que allí ocurren todos los años.

La disponibilidad calórica regional en el bioperíodo efectivo de 15 °C libre de heladas queda indicada en la carta d de la Figura 26, debiendo aclararse que los valores de sumas térmicas de las localidades argentinas incluidas en el Cuadro 7 no coinciden totalmente los de esta carta pues con el fin de compararlos con las del Hemisferio Norte, no fueron corregidos por variabilidad ni por amplitud térmica como los que se usaron para trazar la carta.

Puede señalarse que cultivos muy exigentes como el algodón, podrían desarrollarse dentro del área con más de 1.750 °C, valor que aproximadamente se corresponde en la Argentina con la isolínea de 3.000 °C de suma de temperaturas mayores de 10 °C (Carta 21) que, para algunos autores, señalaría la disponibilidad calórica mínima para esa especie agrícola (Cuadro 8).

Otras especies de menor exigencia podrán alcanzar las áreas más australes de la región, donde se totalizan unos 600-700 °C sobre 5 °C (2.000 °C sobre 10 °C) en poco más de 5 meses libres de heladas. Esto sería posible a condición de que no existieran otras desfavorabilidades agroclimáticas que impidieran su cultivo.

Todo el análisis efectuado, relativo a la disponibilidad calórica regional y a la posibilidad de cultivos actuales o potenciales, se fundamenta en la consideración del clima actual y en el conocimiento de las necesidades bioclimáticas de las especies y cultivares hoy existentes. Sin embargo, surge la pregunta de cual podría ser la situación a corto plazo se confirman las tendencias pronosticadas de cambios climáticos globales. En función del posible calentamiento terrestre por causa del sostenido aumento en el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera, se han desarrollado predicciones estimativas de cuales serían las temperaturas en los años futuros.

Cuadro 8. Requerimientos calóricos de algunos cultivos según Seleaninov, computando suma de temperaturas efectivas superiores a 10 °C (de Ventskevich, 1961).

Cultivo	Suma de temperaturas °C	Cultivo	Suma de temperaturas °C
Colza	700-900	Maíz (cultivares intermedios)	2.000-2.300
Papa	900-1.000	Remolacha azucarera	2.200-2.400
Remolacha hortícola	1.200-1.500	Vid temprana	2.500-2.800
Zanahoria	1.200-1.500	Algodón intermedio	2.700-3.000
Lino	1.500-1.700	Algodón tardío	3.600-4.000
Trigo primaveral	1.500-1.700	Citrus	4.000-4.500
Tomate	1.800-2.000	Datilera	4.500-5.000
Pepino	1.900-2.200		

Especialistas en el tema, informaron el posible incremento de la temperatura en el continente sudamericano y especialmente en la Argentina, a comienzos y mediados del siglo XXI. La Carta "a" de la Figura 27 reproduce las temperaturas medias del aire pronosticadas para los meses de enero y julio en el año 2010 y la Carta "b" los valores térmicos similares para el año 2050.

Según esa estimación, las temperaturas del mes más caliente del año tendrían hacia el 2010 un aumento de poco más de 1 °C a lo largo de toda la región oriental argentina de siembra en seco y que, para el mes de julio, ese incremento sería algo mayor. Para el año 2050 los valores pronosticados adquieren otro aumento similar a los alcanzados en la carta para 2010.

Estos aumentos de enero y julio determinarían una disminución paulatina en la amplitud térmica media anual. Las Cartas "c" y "d" de la Figura 27 permiten comparar las amplitudes regionales en una centuria. Esas diferencias, aunque pequeñas, son altamente significativas desde una interpretación climática y biometeorológica.

Resumiendo, puede suponerse que el aumento de las temperaturas conducirá a una mayor disponibilidad calórica estival, y a una estación invernal con menor frecuencia e intensidad de heladas pero con una disminución de la cuota de frío necesario para las especies criófilas.

En el estudio citado, también se pronostica la probable evolución que tendrían los valores de precipitación. En efecto, una mayor temperatura determinaría una mayor demanda evapotranspiratoria y, consiguientemente, un aumento de las sequías si no se presentaran mayores lluvias. Para la Argentina se pronostica un aumento variable de las precipitaciones desde el noreste hacia el sudoeste, es decir, aumentarían en las áreas semiáridas de la región del Monte y las áridas del norte de la Patagonia.

El posible incremento de la precipitación en la Argentina y el desplazamiento de las regiones agrícolas en la misma dirección debido al aumento de la temperatura, provocaría una distinta distribución geográfica de los cultivos, con aumento del área para especies megatermales y mesotermas, así como un desplazamiento de las criófilas anuales o perennes hacia áreas donde puedan satisfacer sus necesidades de frío en las nuevas regiones agrícolas generadas por el aumento de las precipitaciones.

Sin embargo, queda un aspecto a presentar y es el referente a la preparación del material biológico que deberá crearse para adecuarlo a las nuevas disponibilidades térmicas ya que, si bien podrá existir un desplazamiento de especies y sus cultivares a otras áreas agrícolas, es muy probable que los nuevos complejos atmosféricos tendrían disponibilidades distintas a los actuales pues las variaciones térmicas no serían regulares a través del año, ni los valores de precipitación aumentarían o variarían según los regímenes actuales. Esto sin contar las posibles variaciones en el goce de radiación, en la humedad atmosférica, en los distintos fotoperíodos actuantes por los desplazamientos norte-sur, en los problemas edafológicos, etc.

Sin duda, el tema es apasionante y se esperan nuevos estudios que permitan adecuar la tecnología agropecuaria a las probables nuevas situaciones térmicas y pluviométricas que se presentarían dentro de pocos años.

## 2. Características hidrológicas de enero-febrero

Como se ha venido anticipando en las cartas hidrológicas anteriores referentes al verano térmico, durante los meses de enero y febrero culmina y se generaliza a toda la región la situación deficitaria que presenta la condición hídrica edáfica señalada por el balance de agua seriado.

Esta condición, que por otra parte afecta a casi todo el país, remarca la mayor desventaja que presentan nuestras áreas agrícolas, cual es la reducida disponibilidad de precipitaciones capaces de compensar las demandas estimuladas por las elevadas temperaturas estivales. En efecto, la observación de las cartas a de las Figuras 28 y 29 son suficientemente ilustrativas al respecto. La comparación puntual de las isolíneas de la precipitación mediana con las de evapotranspiración (que expresan la necesidad potencia en agua), permite advertir como el cubrimiento por lluvia de la demanda posible, sólo alcanza en enero a un 60-70% en la parte chaqueña y a menos de un 50% en la pradera pampeana húmeda. Esta condición mejora algo en febrero, mes durante el cual, a pesar de alguna leve disminución de las lluvias, el descenso importante de las cifras de evapotranspiración potencial determina una mejor relación entre demandas y aportes, aunque esto no se verá reflejado en el almacenaje de agua del suelo, como se comentará posteriormente. La condición hídrica normalmente deficitaria en la región, resulta adversa para los cultivos y se torna absolutamente perjudicial cuando la escasez de lluvias durante los meses anteriores han producido previamente la disminución o aún el agotamiento del agua útil en el perfil de los suelos, explorado por las raíces.

Las Cartas "b" de ambas figuras que hacen referencias a la presentación mediana ( $p=0,50$ ) de esta condición hídrica estival, muestra la magnitud normal de las deficiencias en las diferentes áreas de la región, las cuales oscilan entre los -5 mm y los -50 mm. En cada zona, estas magnitudes medianas son las mayores posibles de ocurrir en cualquier otro mes del año y resultan muy comprometedoras para los cultivos de verano que, por estar pasando por los subperíodos fenológicos de floración o fructificación transcurre un período crítico para agua con repercusiones directas en el rendimiento final.

Atendiendo a la natural variabilidad que presentan las precipitaciones en estos meses del año, el balance seriado indica que con una recurrencia de 1 cada 5 años podrán ocurrir deficiencias más intensas que las indicadas por las isolíneas de las Cartas "c" de ambas figuras ( $p=0,20$ ). Esas condiciones, indicadoras de sequía de elevada intensidad, provocan en los cultivos una situación de estrés hídrico de muy difícil recuperación que llevará a la anulación de la cosecha.

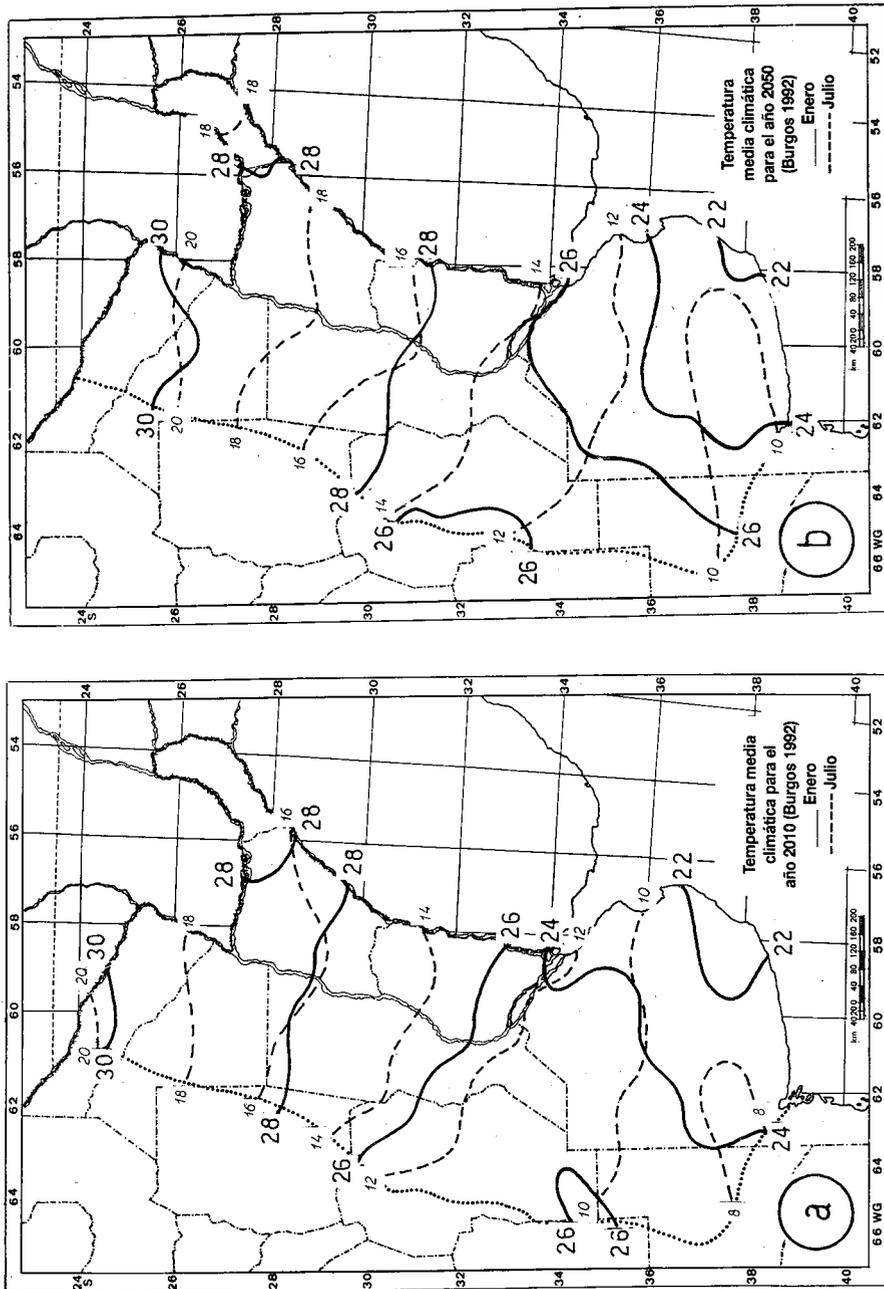


Figura 27. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero.

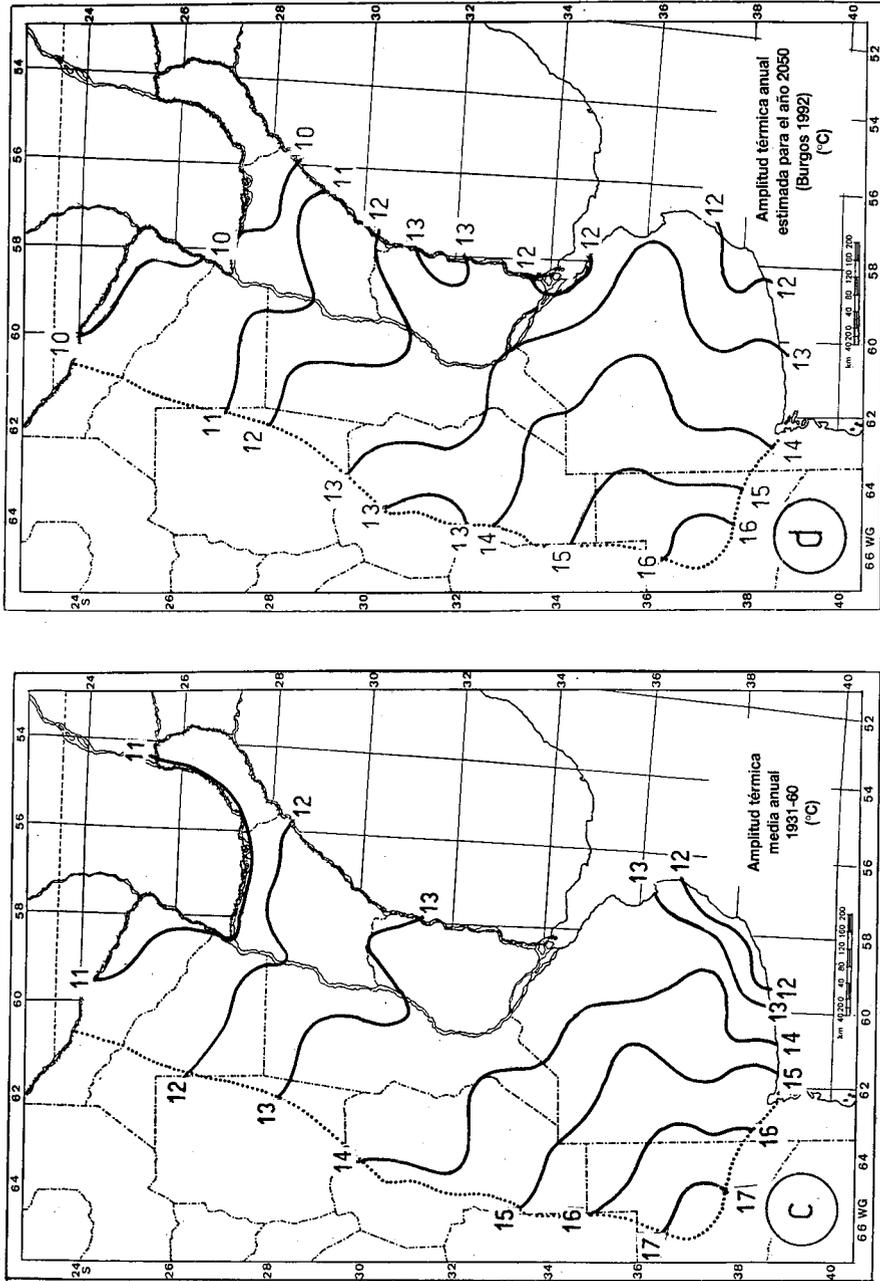


Figura 27. Aspectos térmicos del bimestre enero-febrero (continuación).

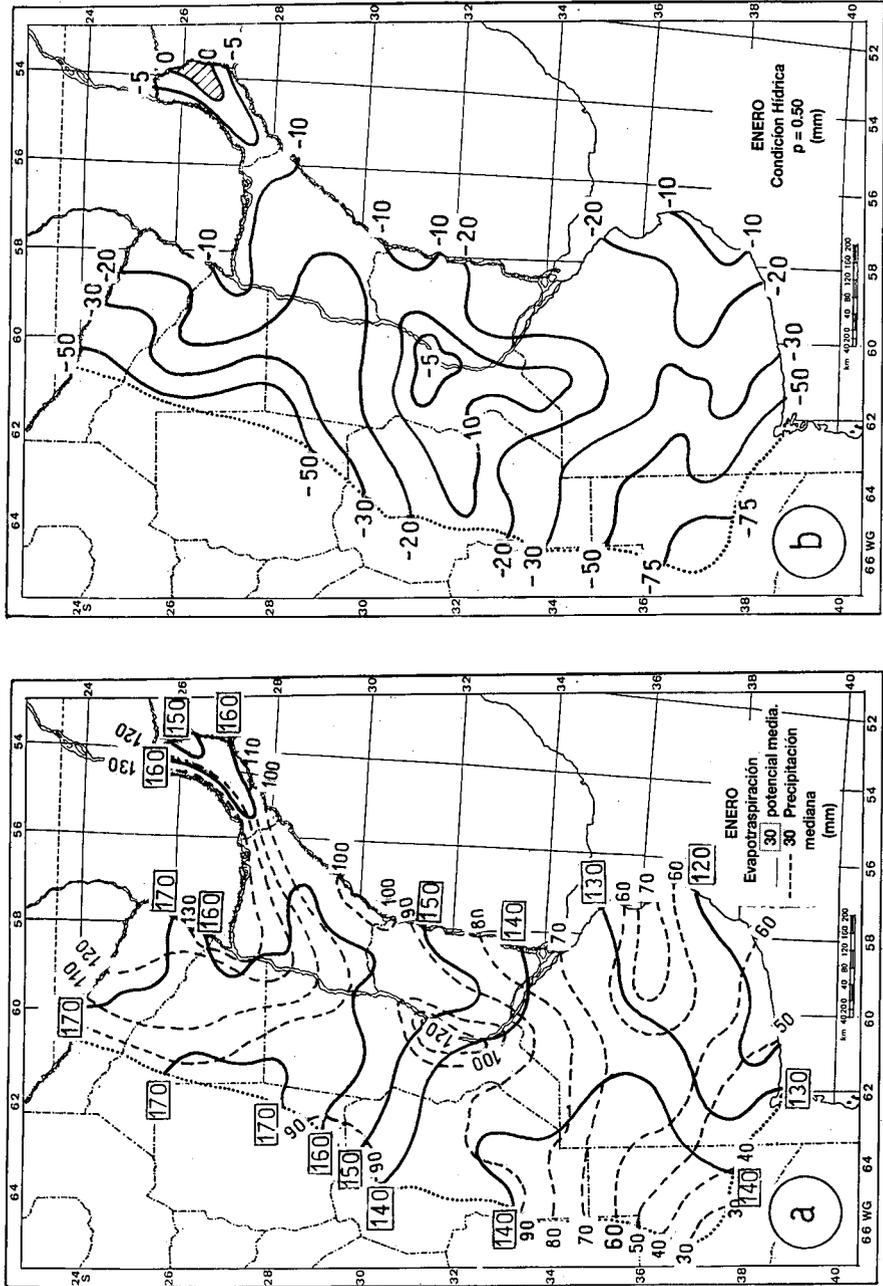


Figura 28. Aspectos hidrológicos del mes de enero.

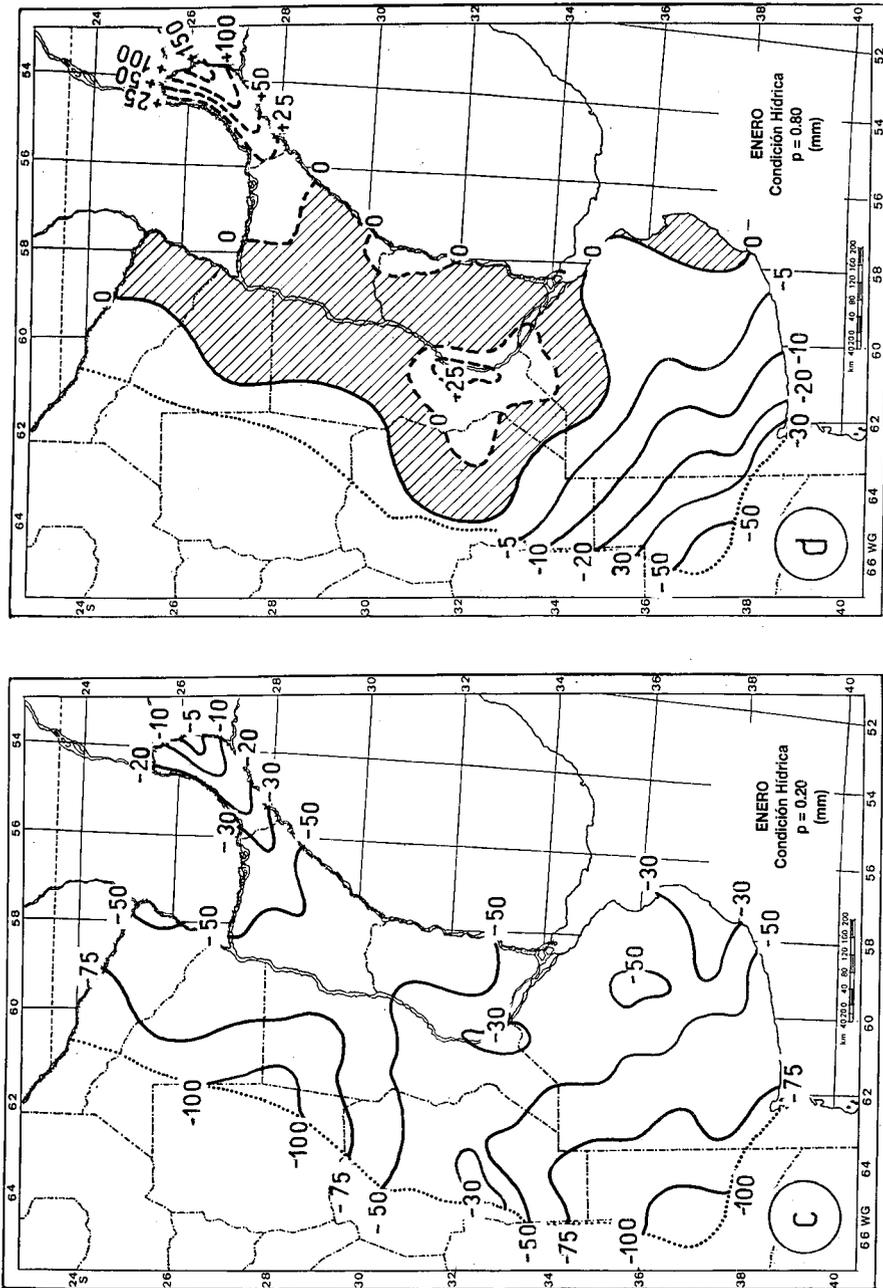


Figura 28. Aspectos hidrológicos del mes de enero (continuación).

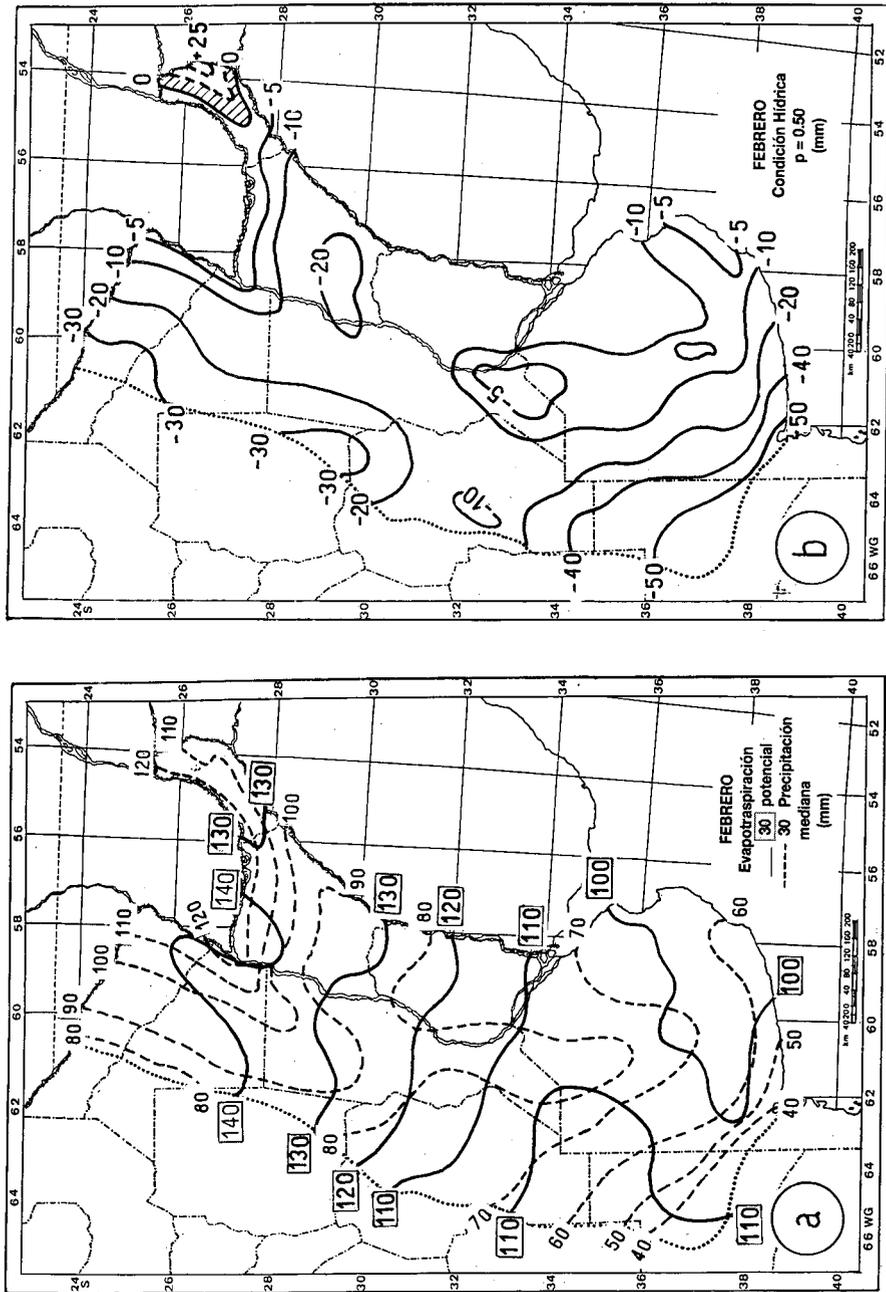


Figura 29. Aspectos hidrológicos del mes de febrero.

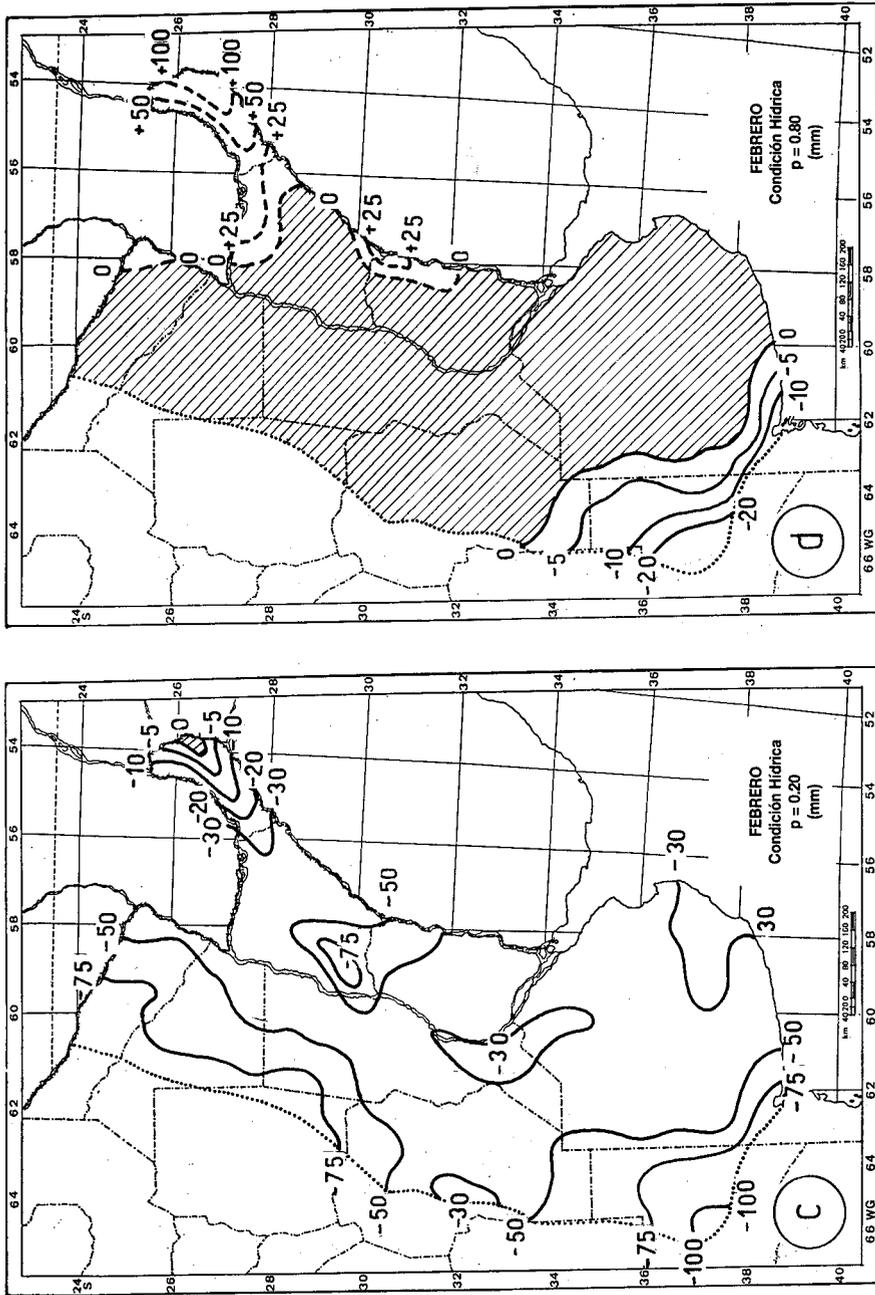


Figura 29. Aspectos hidrológicos del mes de febrero (continuación)

Para dar una idea más clara de la significación de estas deficiencias estivales, se han computado a partir del balance hidrológico mensual seriado, las cantidades de agua presentes en el suelo al final de los meses de enero y febrero, expresadas como dos situaciones diferenciales, a saber: a) como sequía absoluta, cuando el contenido de agua en el suelo está por debajo del coeficiente de marchitez, es decir, no hay agua útil y, b) cuando el contenido es mayor que la cantidad correspondiente al 50% del agua útil, condición hídrica que puede considerarse como «sin sequía».

Las Cartas "a" y "b" de la Figura 30 muestran para el mes de febrero la frecuencia porcentual de años con estas dos situaciones en la región. Para enero, las frecuencias de sequía son regionalmente algo menores y similares los porcentajes de años sin sequía. Es en febrero cuando el balance seriado indica la culminación del desecamiento edáfico, de tal forma que casi toda la región presenta una condición de sequía absoluta en más del 50% de los años y no existe ninguna zona con menos del 30% de años secos. Como se dijo, si bien en febrero las necesidades hídricas de los cultivos, indicada por la evapotranspiración potencial, son mejor compensadas por las precipitaciones que en enero, la máxima desecación del suelo según el balance hidrológico se produce en este segundo mes del bimestre.

Estas condiciones de sequía intensas producirán grandes perjuicios agrícolas en los años en que se manifiesten conjuntamente en los dos meses y, alcanzarán su máxima expresión de catástrofe agropecuaria, cuando se extiendan ininterrumpidamente a todo el verano térmico. A pesar de que el balance hidrológico seriado mensual, solamente indica la condición hídrica al final del mes, y no permite apreciar las posibles variaciones semanales o diarias, cuando los meses sucesivos acusan condiciones hídricas deficitarias, puede considerárselas como una continuidad.

Las Cartas "c" y "d" de la Figura 30 se refieren a la continuidad de contenidos hídricos edáficos favorables o desfavorables durante los 4 meses de verano térmico, desde diciembre a marzo incluido. Condiciones sin agua útil en el suelo en forma continua durante los 4 meses pueden ocurrir, con una recurrencia de 1 cada 10 a 20 años, en el sudeste de Buenos Aires, en el sur santafecino-norte de Buenos Aires y en la porción litoraleña correntina-misionera. En cambio, la faja occidental semiárida de la región puede sufrir condición de sequía continua en el cuatrimestre cálido en el 50-80% de los años.

La probabilidad de ocurrencia de condiciones hídricas favorables, como lo muestra la Carta "d", ofrece recurrencia complementarias con las correspondientes a las situaciones deficitarias anteriormente apuntadas.

La incidencia de las condiciones hídricas comentada sobre el estado de crecimiento y desarrollo de los cultivos de la región, guardan una estrecha correlación con el comportamiento final de las distintas especies agrícolas. La coincidencia bimestral con etapas culturales sensibles a la falta de agua, hace imprescindible conocer las disponibilidades agroclimáticas hidrológicas con la finalidad de asesorar sobre prácticas culturales tendientes a minimizar las consecuencias regionales del balance de agua negativo.

Se hará referencia a los cultivos estivales más expandidos en la Región Pampeana: maíz, girasol y soja. El maíz tiene su período crítico para agua en el lapso desde antes de la floración masculina hasta la maduración lechosa. Según Shaw sería desde 3 semanas antes del panojamiento hasta 6 semanas después. Los ejemplos de investigaciones sobre la incidencia de falta de agua durante esta etapa del ciclo del maíz son contundentes sobre la necesidad de eludir esta adversidad para evitar las mermas en el rendimiento. El adelanto de la fecha de siembra, posible por la creación de cultivares precoces adaptados a bajas temperaturas en los primeros estados de crecimiento, ha sido la innovación cultural más relevante, para hacer coincidir la floración en el mes de diciembre, el cual ofrece un menor riesgo de sequía en comparación con enero. La Carta "a" de la Figura 31 permite corroborar la coincidencia de los mayores valores de rendimiento en la región maicera pampeana con las áreas hídricamente más favorables durante los meses de mayor rigor térmico estival.

Algo similar sucede con el cultivo del girasol, para el cual las investigaciones realizadas ubican a la floración como un período crítico para agua y principal factor en la variación del rendimiento. Por tal motivo, cualquier práctica cultural que aleje este momento fenológico de la época con balance de agua más deficitario, favorecerá su posibilidad de cultivo. La Carta "b" de la Figura 31 muestra cual es la situación hídrica normal ( $p=0,50$ ) durante la plena floración del girasol considerando regionalmente el período más frecuente en que ocurre esta expresión fenológica. La condición ligeramente deficitaria coincide con la mejor área girasolera argentina, entre equilibrio (0 mm) y 5 mm de deficiencias (-5 mm). Valores positivos señalan crecientes posibilidades de excesos de agua, condición hídrica que también se ha señalado como de afecto negativo en los rendimientos. A partir de las isolíneas de -10 mm en el norte y de -30 mm en el sur, se encontraría el límite geográfico del cultivo de girasol por deficiencia de agua durante la floración.

Un caso interesante se presenta con relación al cultivo de la soja en el país, pues representa un acabado ejemplo de como las disponibilidades agroclimáticas regionales satisfacen adecuadamente las necesidades bioclimáticas de la especie, fundamentalmente en sus requerimientos hídricos.

La soja, prácticamente desconocida en el país antes de la década del 70, es actualmente un cultivo significativos en la Región Pampeana con alrededor de 5 millones de hectáreas sembradas. Más aún, el rendimiento se ha estabilizado con valores medios para todo el país superiores a los 2.000 kg/ha desde comienzos de la década del 80, a pesar de que la expansión geográfica del cultivo haría suponer la utilización de áreas periféricas o marginales a las de mayor disponibilidad agroclimática. Esta valoración del cultivo ubica a la Argentina junto a Canadá y EE.UU. como los de más alto rendimiento unitario en el mundo y en cuarto lugar en el total de la producción, luego de EE.UU., Brasil y China.

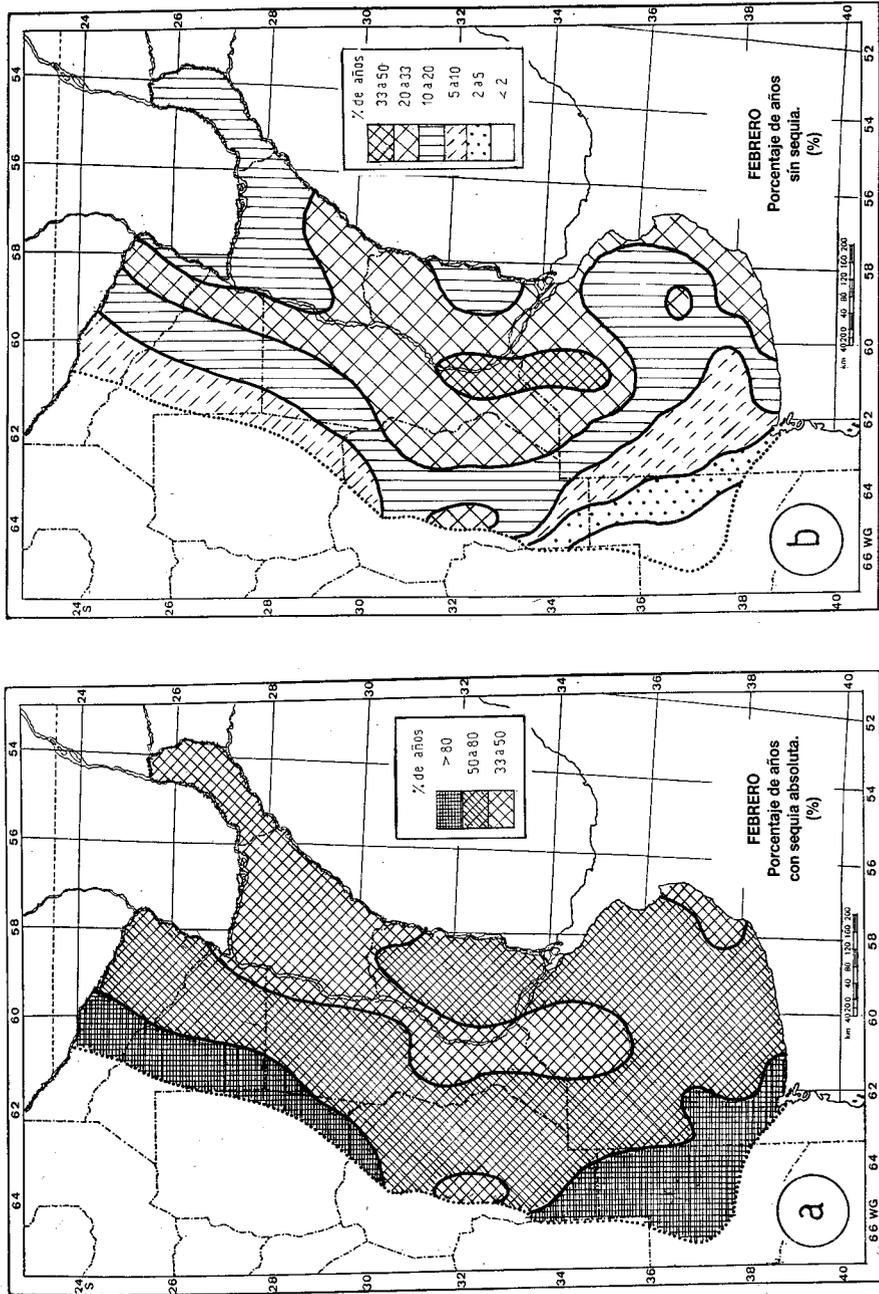


Figura 30. Aspectos hidrológicos del bimestre enero-febrero.

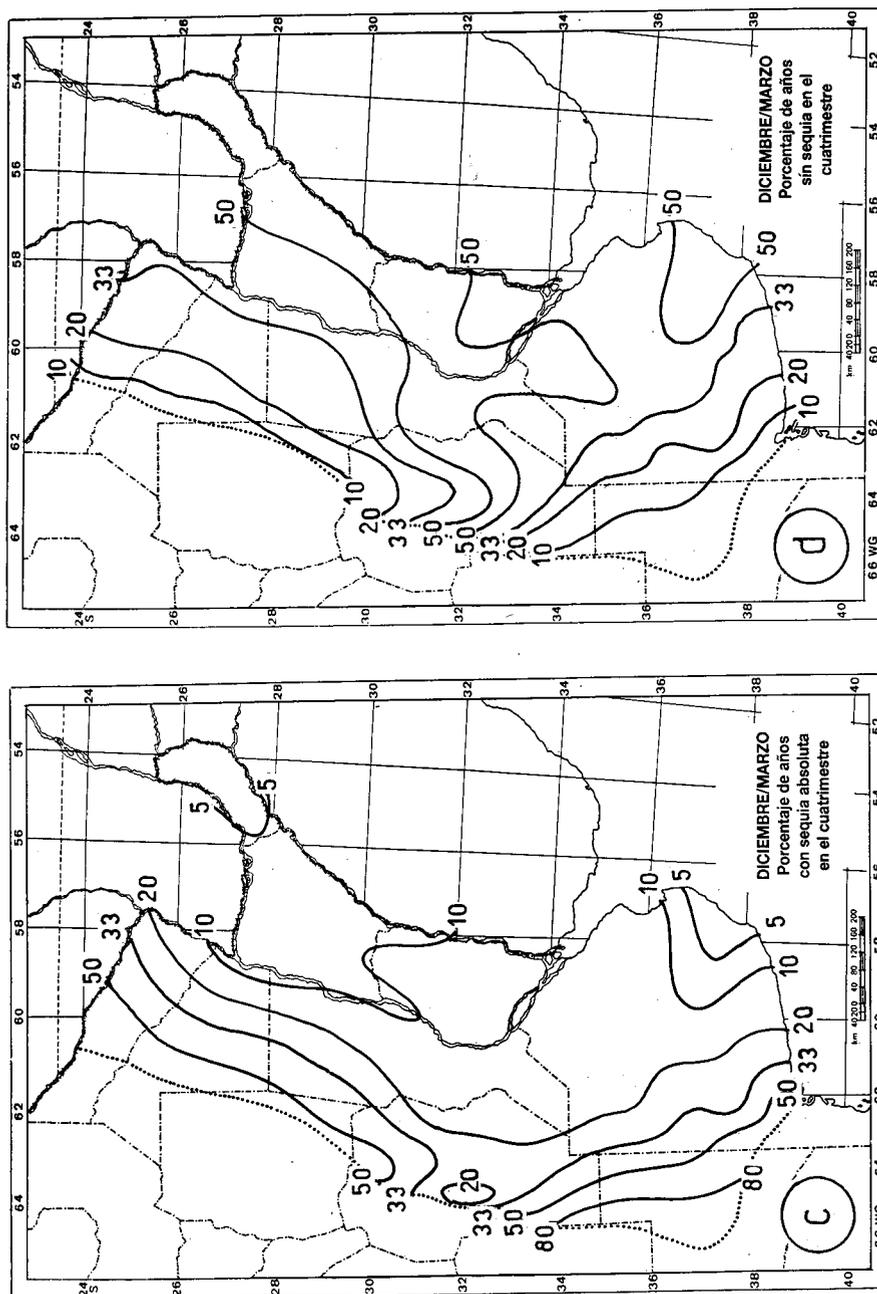


Figura 30. Aspectos hidrológicos del bimestre enero-febrero (continuación).

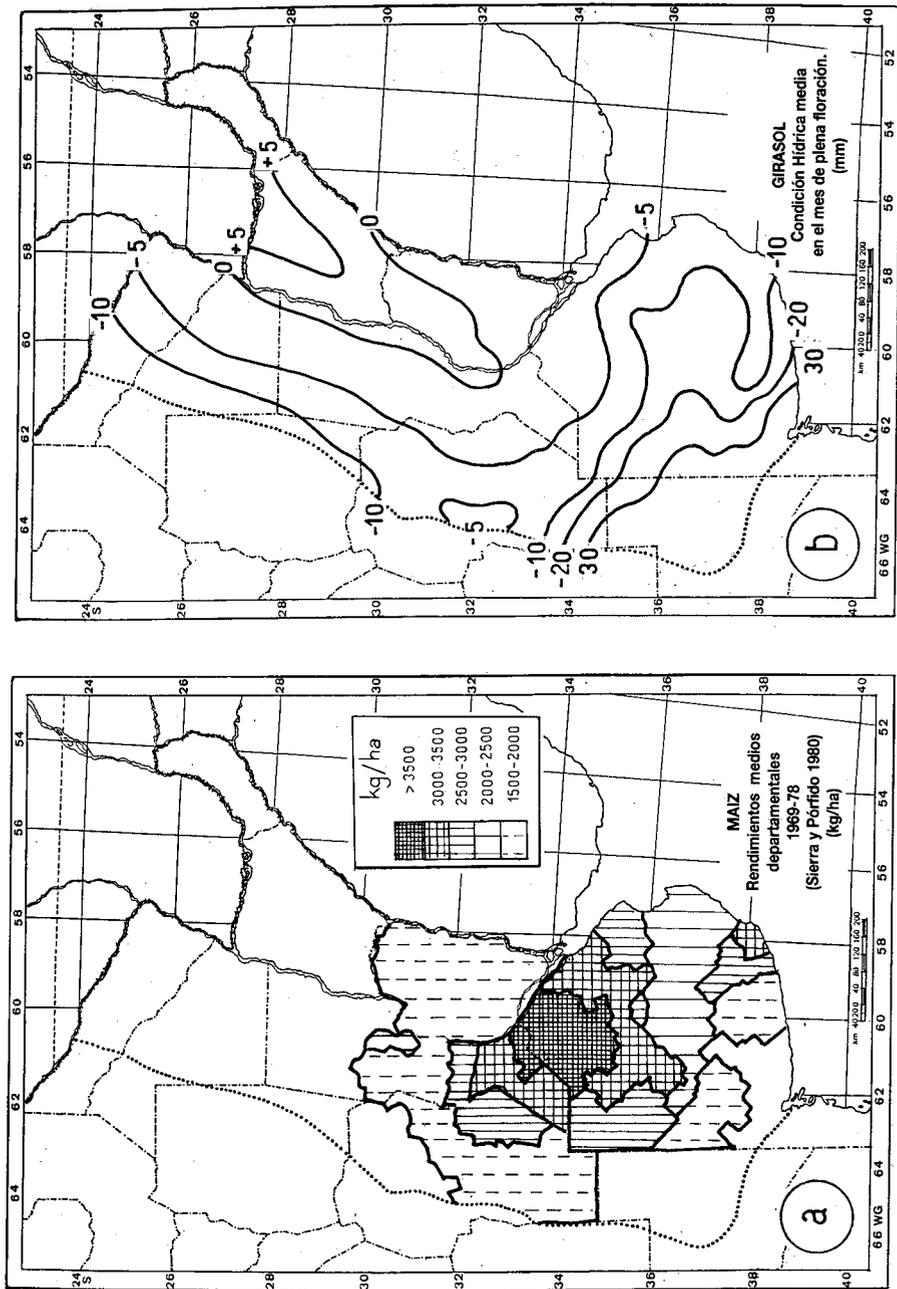


Figura 31. Aspectos agrícolas del régimen hidrológico estival.

Para determinar la aptitud agroclimática del territorio argentino para el cultivo de la soja, se efectuaron estudios que pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) no existen limitaciones térmicas en la región con 20 °C de temperatura media más caliente del año (actualmente en el Hemisferio Norte se admite un límite térmico inferior por la creación de nuevos cultivares).
- b) desde el punto de vista hídrico los 100 mm de deficiencia de agua en el bioperíodo de 15 °C separa la región de secano de la que requiere irrigación para satisfacer las necesidades del cultivo. Tal valor se utilizó para limitar la región oriental de siembra de soja en secano en la Argentina, la cual, muy aproximadamente, coincide con la región analizada en este estudio agroclimático.

La etapa más crítica para agua durante el período vegetativo de la soja coincide con el subperíodo comienzo de fructificación-peso máximo de las vainas, que en la región oriental argentina se produce en enero-febrero por lo cual, en la investigación se determinó que:

- a) en los años con balances de agua más negativos, cuando las deficiencias sumadas de enero y febrero eran mayores de 51 mm esta situación hídrica se consideró como «año malo» para el cultivo, y
- b) cuando en el bimestre enero-febrero el valor del balance sumaba menos de 17 mm de deficiencias o ligeros excesos, se consideró «año bueno».

Es interesante consignar que en la región núcleo de siembra de soja en secano no se registran excesos durante la etapa crítica, como sucede por ejemplo en gran parte de la región brasileña, lo cual podría llegar a ser un factor negativo. Al respecto, obsérvense las Cartas "d" del balance hidrológico climático para enero y febrero de las Figuras 28 y 29, donde una vez cada 5 años ( $p=0,80$ ) estadísticamente se pueden producir equilibrios o excesos de hasta sólo +25 mm en la mayor parte de la región, con excepción de la zona misionera.

Las dos valoraciones hídricas anuales durante el período crítico para agua de enero-febrero, de 51 mm o más y de -17 mm o menos, se han representado regionalmente en las Cartas "a" y "b" de la Figura 32, que muestran la distribución de los porcentajes de años con desfavorabilidad o favorabilidad hidrológica, respectivamente, para el cultivo de la soja en secano.

En la Carta "a", la isolínea de más de 50% de los años desfavorables representa el límite regional para el cultivo en secano, con la serie climática de años utilizada en el estudio (1921-70). Si se hubieran tomado en cuenta series climáticas con valores de precipitación que incluyeran las décadas 70-80, se produciría un ligero desplazamiento del límite hacia occidente, debido a la incidencia del incremento de las lluvias estivales en ese lapso, tal

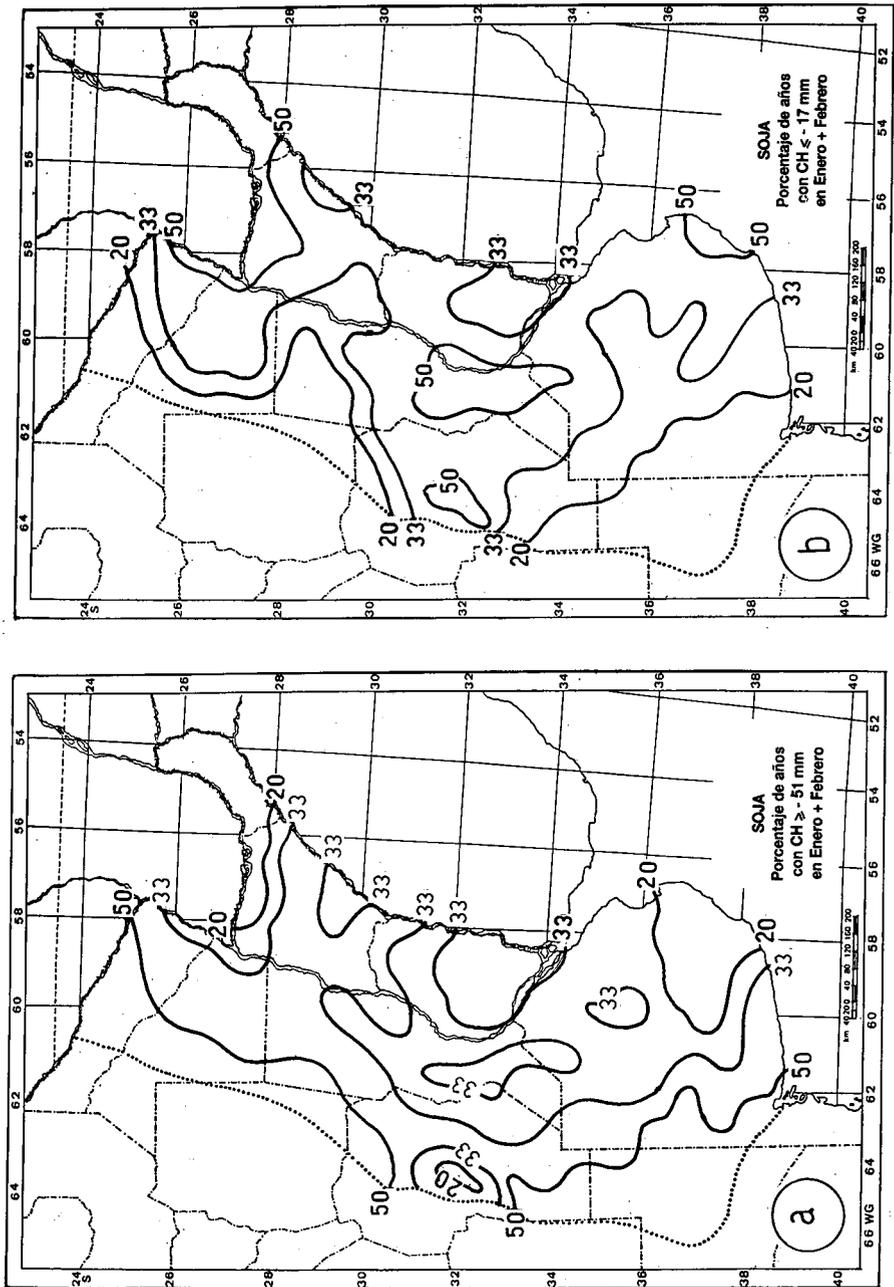


Figura 32. Aspectos agrícolas del régimen hidrológico estival.

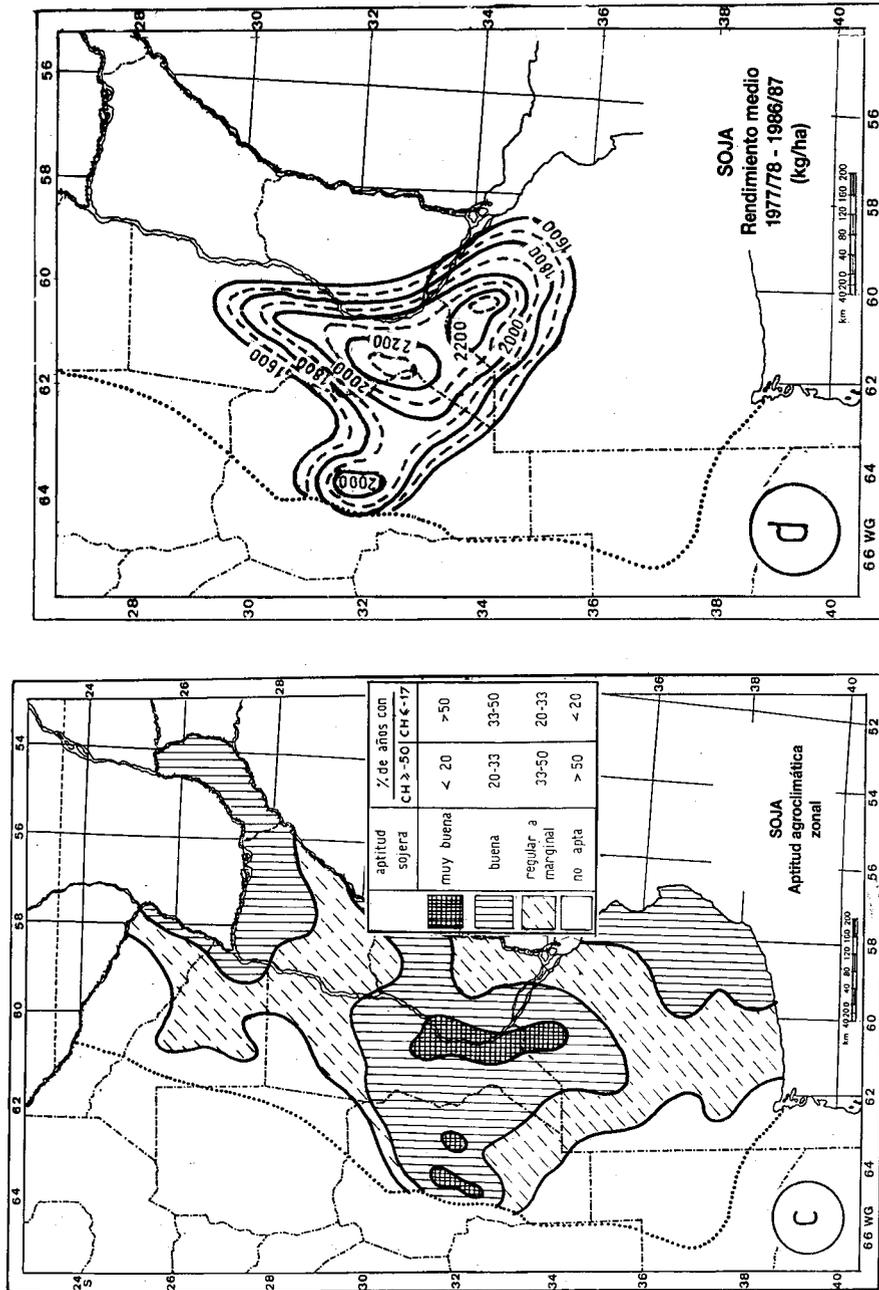


Figura 32. Aspectos agrícolas del régimen hidrológico estival (continuación).

como se analizó anteriormente. En la misma carta a, las isolíneas de 33% y 20% de los años desfavorables determinan regiones con mejor aptitud hídrica. Del mismo modo, las isolíneas de la Carta "b" con valores del 50% o más, delimitan las áreas más favorables hídricamente, y los valores de 33% y 20%, aumentan progresivamente la desfavorabilidad hídrica.

La superposición de las Cartas "a" y "b" permitió el trazado de la Carta "c" de la Figura 32, que combina las probabilidades de años hídricamente buenos y malos para el cultivo de la soja, teniendo en cuenta la distinta satisfacción anual del requerimiento en agua en el subperíodo fructificación-peso máximo de las vainas durante enero-febrero. Para un cultivo «de segunda», los cálculos hidrológicos mencionados deberían trasladarse a las deficiencias sumadas de febrero y marzo.

Pueden determinarse así dos áreas hídricamente beneficiadas que combinan más del 50% de años con deficiencias de -17 mm o menores (pasando por equilibrios o ligeros excesos) durante enero y febrero y menos del 20% de los años con más de 51 mm de deficiencia en el mismo bimestre. Estas se ubican al sur de la provincia de Santa Fe y norte de la provincia de Buenos Aires, donde la demanda atmosférica durante los meses de enero y febrero se satisface casi plenamente mostrando un balance de agua con muy reducida deficiencia, permitiendo un balance de agua con muy reducida deficiencia, permitiendo expresar toda la capacidad productiva de los cultivos de soja que se siembran en el área, y en el centro-oeste de la provincia de Córdoba, donde la mejoría en la disponibilidad hídrica obedece a un aumento zonal de la precipitación debido a un efecto orográfico.

Circundando las áreas hidrológicamente mejores se ubican las buenas, regulares y marginales por disminución de la probabilidad de años buenos y aumento de los hídricamente malos.

La Carta "c" de la Figura 32 señala las áreas climáticamente más aptas desde el punto de vista hidrológico y no tiene en cuenta la capacidad de uso de los suelos. Por lo tanto, no valora la reducida aptitud para el cultivo que tienen áreas con limitaciones en ese aspecto como por ejemplo, en la provincia de Corrientes y en la cuenca del Salado.

La combinación de la aptitud climática y de la aptitud edáfica determina la aptitud ecológica, la cual se ve reflejada por la mayor probabilidad de buenos rendimientos unitarios y de menor variabilidad anual. La Carta "d" de la Figura 32 muestra la distribución de los rendimientos en kg/ha del período 1977/78-1986/87, década comienzo de la estabilización del rendimiento señalado precedentemente y que muestra como los superiores a 2.000 kg/ha se ubican en aquellas áreas indicadas como las mejores desde el punto de vista hidrológico para el cultivo (Carta "c" de la Fig. 32).

## **VI Termina el verano**

A diferencia del bimestre anterior, en el cual los cultivos de verano presentaban una serie diversificada de alternativas biológicas en sus distintas etapas del desarrollo reproductivo, marzo-abril sólo concentra las maduraciones, aunque con diferente grado de evolución según la región y las fechas de siembra, ya que algunos cultivares precoces o aquellos implantados en épocas anticipadas, comienzan ya a cosecharse.

La temperatura del aire en franco decrecimiento y la humedad del suelo y del aire en aumento constante son los factores climáticos reguladores de la velocidad de maduración, proceso tanto más lento cuanto más tardíamente entran los cultivos a la etapa reproductiva. La condición meteorológica adversa no es la falta de agua sino la posibilidad de ocurrencia de excesos hídricos, pues las plantas reducen su evapotranspiración al disminuir o detener el ritmo de su actividad vegetativa y de crecimiento, restando para concluir el ciclo sólo la maduración y desecación de sus producciones reproductivas. Bruscos descensos de la temperatura con ocurrencia de heladas muy tempranas, podrían alterar o interrumpir anticipadamente el proceso, con reducción de cantidad y/o calidad del producto final cosechable.

Un aspecto realmente importante del bimestre es lo referente a la recomposición del contenido hídrico del suelo, agotado por la larga sequía del verano, reposición que en gran medida asegurará regionalmente el éxito de los cultivos invernales siguientes. En efecto, las precipitaciones normales de marzo son las más importantes del año y junto con las de abril, superan holgadamente a la evapotranspiración potencial llevando el almacenaje hídrico de los suelos a la capacidad de campo en toda la región analizada.

### **1-Características térmicas del bimestre marzo-abril**

La Figura 33a indica las fechas medias en que se interrumpe el período de temperaturas altas del año, según se graficó y explicó con la Figura 17. El verano térmico finaliza durante la primera quincena del mes de marzo en fechas crecientes hacia el este, con isodatas corriendo prácticamente con sentido norte sur, en tanto que la temperatura del aire en esa fecha tiene una expresión latitudinal que va desde algo más de 26° en Chaco-Formosa hasta 18° en el sudeste de Buenos Aires, tal como se señaló en la Figura 18b.

Unos 30 días más tarde de la finalización del verano térmico concluye la termofase positiva anual, es decir, el momento del ciclo térmico en que las temperaturas medias diarias decaen el valor de la temperatura media anual. Las isodatas de la Carta "b" de la misma Figura 33 muestran que en toda la región el fin de la termofase positiva se produce en abril, cuando la temperatura media del aire llega a los 23 °C en el norte y a algo menos de 10 °C en el sur de la región, respectivamente, en correspondencia con las temperaturas medias anuales.

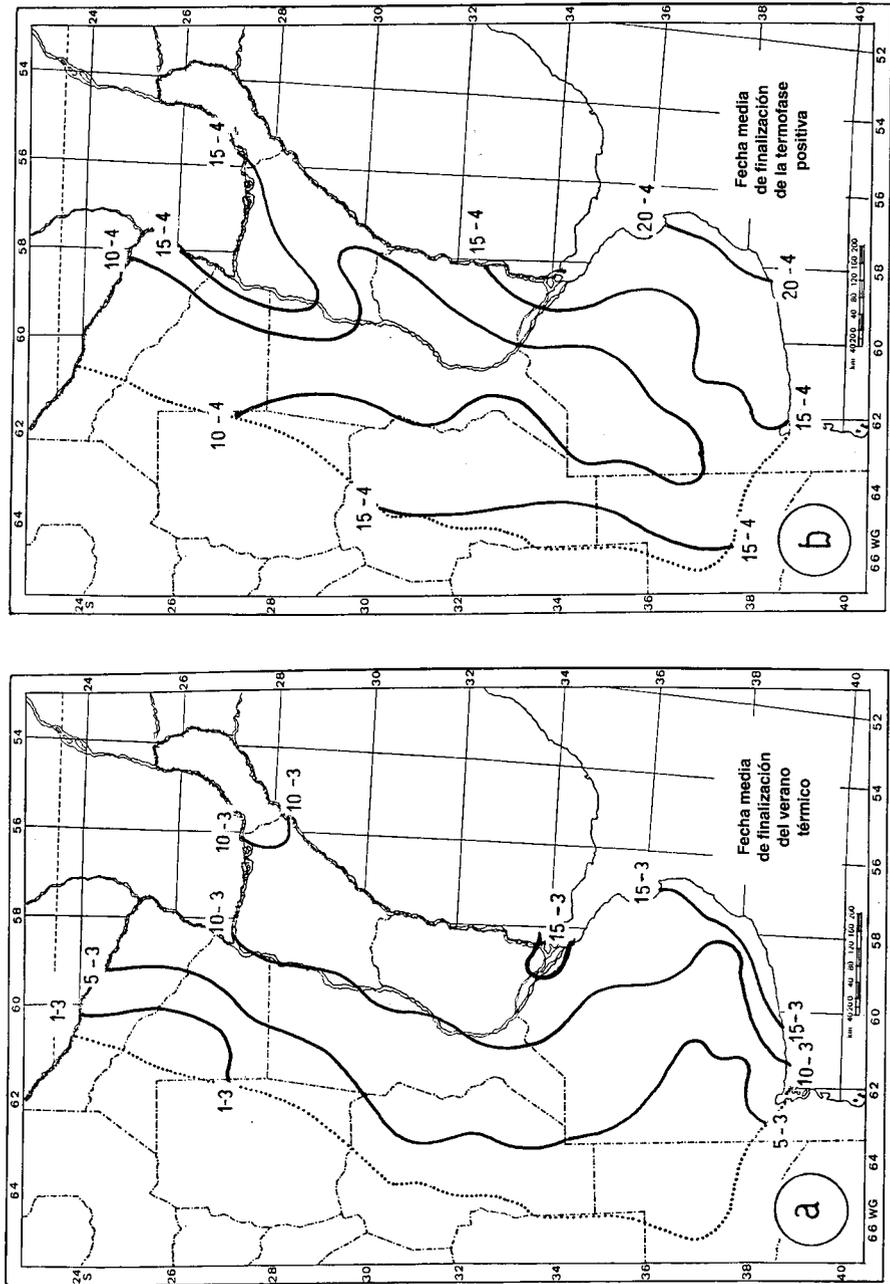


Figura 33. Aspectos térmicos del bimestre marzo/abril.

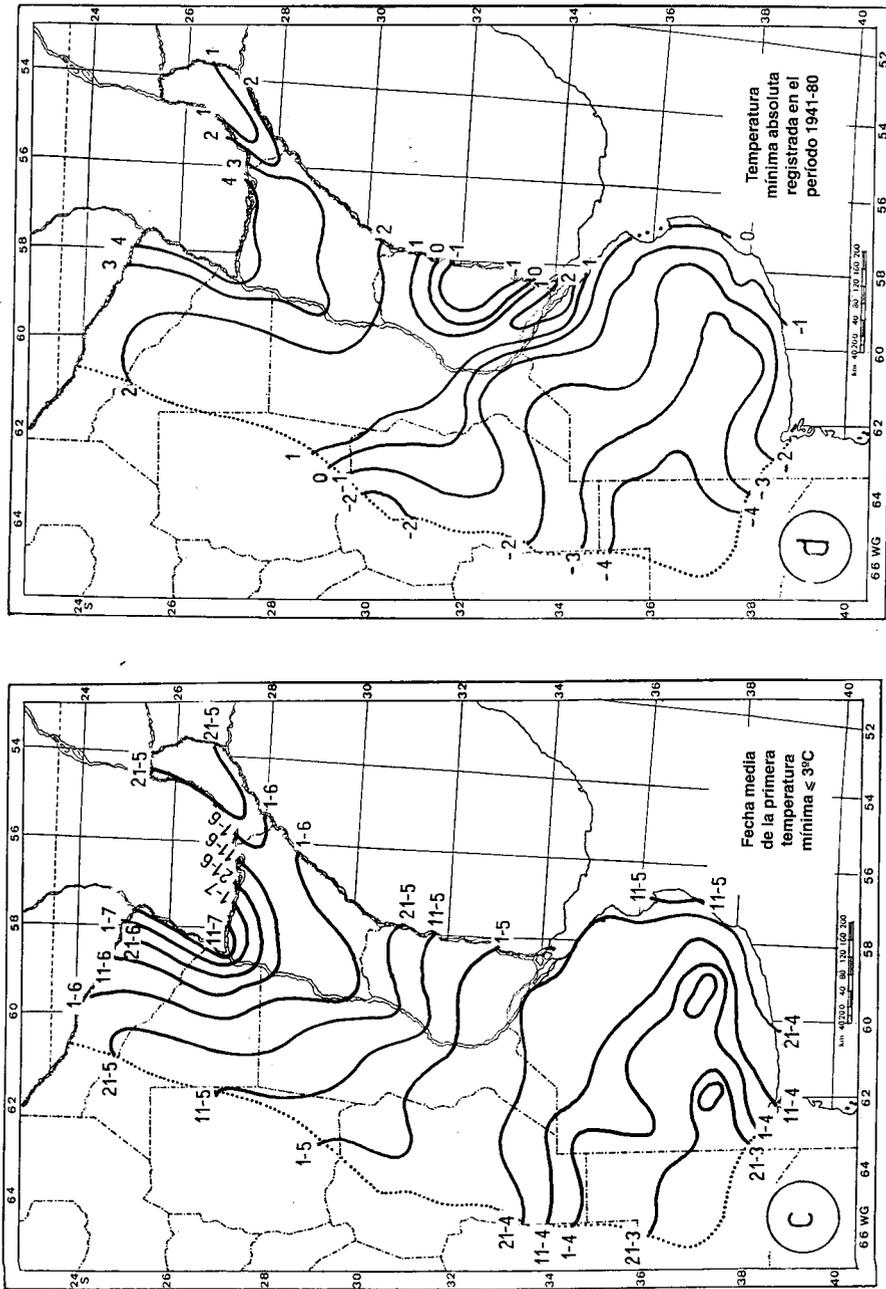


Figura 33. Aspectos térmicos del bimestre marzo/abril (continuación)

El descenso de la temperatura del aire entre la primera quincena de marzo y la primera quincena de abril, de aproximadamente 3 °C en el norte de la región y de 4 °C en el sur, produce una paulatina reducción de la actividad vegetativa para el cultivo del algodón, y la finalización del ciclo para el cultivo de soja, en ambas áreas extremas respectivamente, con evolución declinante diferente en el resto de la región según cultivo y época de siembra considerados.

La finalización de los ciclos culturales se anticipa cuando ocurren períodos tempranos de bajas temperaturas. Para ilustrar este aspecto, que preanuncia el comienzo del invierno térmico, se presentan las Cartas "c" y "d" de la Figura 33 que muestran las fechas medias del registro de primeras temperaturas mínimas del aire inferiores a 3 °C y las temperaturas mínimas absolutas registradas en abril en el período 1941-80, respectivamente.

En atención a que la diferencia media entre las temperaturas mínimas registradas en el abrigo o casilla meteorológica a 1,5 m de altura y las que se registran a nivel del suelo es alrededor de los 3 °C, las fechas indicadas en la carta c supondrían la ocurrencia, en esas fechas de las primeras heladas para cultivos de bajo porte. Estos valores corresponden a abril en la provincia de Buenos Aires, y hacia el norte se van atrasando hasta el comienzo de julio, dando idea de la posible extensión del período vegetativo en cada área. La Carta "d", en cambio, presenta las temperatura mínimas absolutas registradas en los 40 años indicados, cuya intensidad regional concuerda con los de la carta anterior, pues los valores menores a -4 °C, ocurrieron en el SW de la región, en la provincia de La Pampa, y los mayores de más 4 °C en las áreas ribereñas de Formosa, Chaco y Corrientes.

Con referencia a los cultivos de verano, los momentos del ciclo térmico anual en que las temperaturas medias diarias registran menos de 20 °C y 25 °C podrían tomarse como el comienzo de la desaceleración de los procesos vitales en cultivos meso y megatermales, respectivamente. Las fechas en que ocurren estos niveles bioclimáticos térmicos se presentan en la Figura 34a complementaria de la Figura 18c y con las cuales se podrán calcular la duración de los períodos activos de crecimiento de los cultivos megatermales al norte y mesotermiales al sur de la región, respectivamente, o lo que es lo mismo, la duración de los bioperíodos térmicos de 20 °C y 25 °C. Para ambos tipos de cultivos la duración del período vegetativo más activo se cumple entre 115 y 95 días, aunque con una acumulación térmica diferente de acuerdo con el requerimiento bioclimático específico de cada grupo de especie. En esta carta, aparece una zona intermedia sin isodatas donde es posible el cultivo de especies de ambos grupos y donde, obviamente, las isodatas de 20 °C y 25 °C se entrecruzan.

Para dar una idea de la disponibilidad calórica regional durante estos bioperíodos térmicos se han confeccionado las Cartas "b" y "c" de la Figura 34 con las sumas de temperaturas iguales o mayores a los 25 °C y a los 30 °C durante el trimestre diciembre-febrero. Por su mayor aplicación a los cultivos megatermales, la información se concreta a la parte septentrional de la región, en la que la temperatura media del mes más caliente -enero- supera los 25 °C.

Fuera de lo correspondiente a ese bimestre y con el único objeto de completar el análisis térmico realizado a través de todo el año, dentro de las características agroclimáticas de la región oriental de cultivos en secano, debe señalarse un aspecto relevante que por la extensión geográfica que manifiesta es difícil de encontrar en otras áreas agrícolas del mundo. Se hace referencia a la disponibilidad de temperaturas y acumulaciones térmicas adecuadas para el crecimiento de cultivos de siembra invernal. Para estos, se considera como 5 °C la temperatura límite vital inferior y tal registro, en valores mensuales medios, no se interrumpe en ningún momento del año en la región analizada. Por lo tanto, el bioperíodo con temperaturas mayores a 5 °C es de 365 días en toda la región y, por otra parte, la disponibilidad calórica, acorde con la extensión del bioperíodo y las temperaturas que se alcanzan en la culminación de la termofase positiva son realmente considerables, como puede observarse en la Carta "d" de la Figura 34. Los valores de 6.500 °C de suma de temperaturas efectivas sobre 5 °C durante el bioperíodo de 5 °C en el norte y los 3.500 °C en el sur representan una disponibilidad calórica regional anual elevada, aunque al considerar los cultivos de siembra invernal habrá que computar sólo la de los meses de cultivo, cantidad que es igualmente elevada.

## **2-Aspectos hidrológicos del bimestre marzo-abril**

Como se ha dicho, desde el punto de vista agrícola las condiciones hidrológicas del bimestre marzo-abril no revisten mayor importancia directa para los cultivos y pasturas, que están pasando una etapa del ciclo fenológico anual caracterizada por no necesitar del recurso hídrico. Por el contrario, en etapas de maduración de frutos, los primeros se ven favorecidos por condiciones hidrológicas más bien deficitarias, y las segundas completado o a punto de completar su proceso vital, se aprestan a pasar la etapa invernal de reposo vegetativo. Sin embargo, la importancia del aspecto hidrológico reside en que comienza la etapa anual de la recuperación del contenido hídrico de los suelos, disminuida hasta casi el agotamiento durante el bimestre anterior. En efecto, normalmente las precipitaciones de marzo y abril, las más notorias del año (Cuadro 9), comienzan a producir balances de agua positivos que, poco a poco, van elevando los niveles hídricos del perfil edáfico hasta alcanzar los valores de la capacidad de campo en casi toda la región analizada.

Basta observar las Cartas de las Figuras 35 y 36, donde se comparan, como en los meses anteriores, las cantidades medianas de agua aportada mensualmente por las precipitaciones con las cantidades máximas posibles de perder por evapotranspiración. Podrá observarse que, a diferencia de lo que venía sucediendo desde el mes de octubre, las disponibilidades comienzan a superar a los consumos, condición que se manifiesta en la casi totalidad de la región, con excepción de su borde occidental. Esto último obedece a un doble motivo: por un lado, el aumento notable de las precipitaciones de marzo, las mayores del año, y por el otro, la reducción del consumo a consecuencia de las menores temperaturas y gastos evapotranspiratorios. Ello da como resultado que, en las condiciones

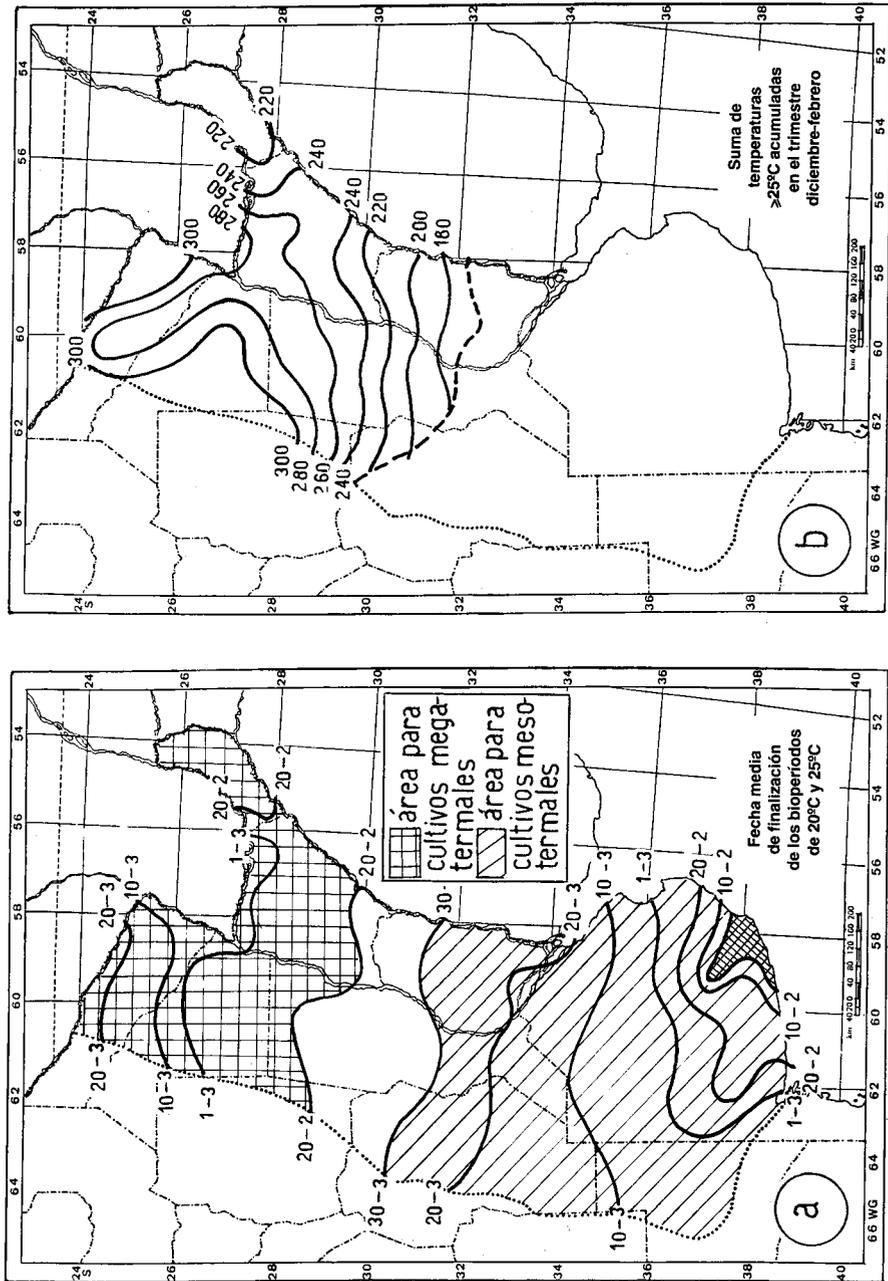


Figura 34. Aspectos térmicos complementarios.

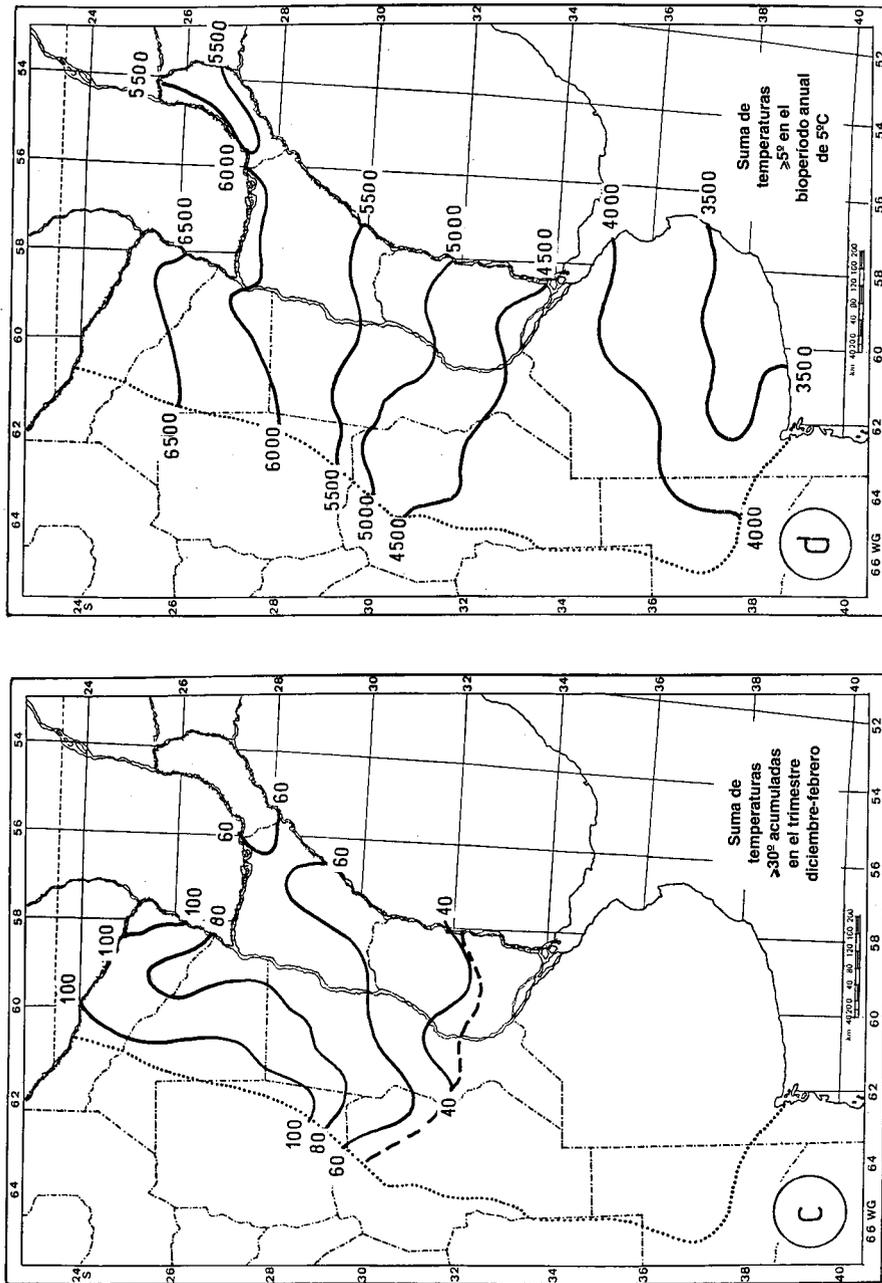


Figura 34. Aspectos térmicos complementarios (continuación).

Cuadro 9. Precipitaciones mensuales (mm) registradas durante períodos observacionales de 60 ó más años, para distintos porcentajes de años computados a partir de una serie ordenada ascendente.

Localidad	Marzo						Abril					
	% de años						% de años					
	5	10	20	809	90	95	5	10	20	80	90	95
Pcia. R.S. Peña	34	45	68	195	210	272	20	31	50	149	187	204
Posadas	26	40	56	204	262	275	42	47	69	272	341	377
Bella Vista	31	47	85	206	243	320	17	26	51	190	228	307
Ceres	28	45	67	209	234	284	7	14	21	96	112	132
C. del Uruguay	32	40	54	188	271	330	12	20	34	152	212	321
Villaguay	24	38	56	205	256	352	11	26	36	180	244	317
Classon	26	52	86	225	275	334	10	12	27	151	193	247
Marcos Juárez	24	32	56	163	201	255	9	13	24	128	145	223
Huinca Renancó	16	23	43	136	170	183	4	7	13	90	118	128
9 de Julio	20	45	59	184	241	272	7	11	33	132	164	192
La Plata	13	18	37	150	179	237	13	18	34	146	188	227
Trenque Lauquen	13	32	47	151	197	214	3	7	24	97	120	148
Santa Rosa	16	24	34	138	168	190	0	1	7	77	108	202
Laprida	12	23	49	145	171	200	6	14	22	103	132	150
Puan	5	20	37	127	172	199	5	10	19	87	147	165
Mar del Plata	8	32	51	153	184	228	8	17	27	90	116	147
Bahía Blanca	12	22	35	128	173	201	0	4	11	99	115	135

medias normales, el balance hidrológico produzca la situación de equilibrio que se muestra en las Cartas "b" de ambos meses. Las deficiencias, señaladas por las isolíneas con valores negativos, quedan reducidas a la franja que corre por todo el borde occidental, deficiencia que, por otra parte, es un hecho normal durante todo el año, aunque aquí el incremento de las lluvias produce una reducción brusca en las cifras deficientes que mostraba la carta de fines de febrero.

Como una consecuencia de la variabilidad interanual característica que manifiestan las lluvias, en una cierta proporción de años las deficiencias generales medias ( $p=0,50$ ) que mostraba el mes de febrero se continúan y aún se acentúan durante el mes de marzo, produciendo la condición hidrológica presentada en la Carta "c" de la Figura 35, con valores posibles de ocurrir con una frecuencia de 1 cada 5 años, término medio. Es durante esos años, con la precipitación de marzo deficiente con la iniciación del período lluvioso otoñal atrasado, cuando pueden suceder tales balances deficitarios. De cualquier manera, la intensidad en esos casos de deficiencias regionales, son marcadamente inferiores a las posibles en febrero.

Si las etapas formativas de los frutos y granos de los cultivos se hicieron anteriormente bajo buenas condiciones hídricas, las deficiencias mostradas en las Cartas "c" ( $p=0,20$ ) podrían hasta resultar favorables para una correcta maduración y desecamiento.

En cambio, revisten importancia las posibles condiciones hidrológicas que señalan excesos de agua, es decir, las magnitudes indicadas por valores positivos en las cartas. Si bien los excesos que se anotan en condiciones medianas ( $p=0,50$ ) comprenden áreas

muy reducidas y son por otra parte de escaso valor, no sucede lo mismo con las acusadas en las Cartas "d" de ambas figuras, referentes a las condiciones hidrológicas posibles de ocurrir en 1 de cada 5 años, cuando las precipitaciones excesivas colman la capacidad de almacenaje de los suelos y ocasionan excesos importantes, la mayor parte de los cuales se pierden por escurrimiento o anegan la superficie si la pendiente es poco pronunciada. En esta época del año, tales excesos se presentan como una seria adversidad agroclimática, produciendo perjuicios de diversa índole, tales como: detención de las maduraciones, aparición de enfermedades criptogámicas, pérdida de calidad de los frutos, atrasos en las cosechas, impedimento para las maquinarias, posible erosión hídrica, etc. En la mitad oriental de la región, que es donde son posible de ocurrir con esa recurrencia ( $p=0,80$ ), se van intensificando durante el bimestre y a fines de abril ya muestran los valores y superficie cubierta que *permanecerá con ligeras variantes durante todo el invierno y la primavera.*

En estas condiciones y tiempos, los excesos bimestrales de hasta +20 o +25 mm no causan mayores problemas, pero a partir de esta cifra los perjuicios de la cosecha serán cada vez más notorios. Para dar una idea de las áreas que, dentro de la región, acusan mayor riesgo de afectación de cosechas por excesos de agua y su posible relación con los cultivos extensivos, se agregan las 4 Cartas de la Figura 37.

Las Cartas "a" y "b" indican mediante isolíneas la frecuencia regional con que pueden presentarse excesos mayores de +25 mm en cada uno de los dos meses. Las cifras son de por sí elocuentes, llamando la atención el aumento señalado en la región que comprende el sud de Santa Fe, norte de Buenos Aires, y centro de Entre Ríos, consecuencia de las mejores condiciones hídricas y mayores precipitaciones de los meses anteriores y las mejores características de almacenaje de los suelos.

Las Cartas "c" y "d" de la Figura 37 se refieren a cultivos de girasol, aunque podrían admitirse también su aplicación al maíz. Los valores de ambas cartas han sido calculados a partir de las cifras provistas por el balance hidrológico seriado, considerando en forma regional el mes más general de maduración de esa oleaginosa. Como puede apreciarse en la Carta "c" referente a la condición hídrica normal en la etapa de maduración, la mayor parte de la región es hídricamente muy favorable para el proceso de evolución y desecamiento de los capítulos; solamente en el área noroccidental se pueden presentar condiciones adversas con sequías moderadas. Si se considera el riesgo de excesos, en la Carta "d" la condición hídrica esperable en 1 de cada 5 años ( $p=0,80$ ) vuelve a señalar a la zona santafecino-bonaerense-entrerriana como la más propensa a registrar años con excesos de agua iguales o superiores a los valores indicados.

Los problemas que pueden presentarse con los excesos de agua en la etapa final del ciclo para los cultivos de girasol y maíz, se ven acentuados cuando se hace referencia a la soja, ya que esta especie suele sembrarse algunos años tardíamente por falta de humedad adecuada o «de segunda» luego del trigo, lo cual determina maduraciones irregularmente dilatadas durante otoños húmedos, especialmente en el área señalada precedentemente.

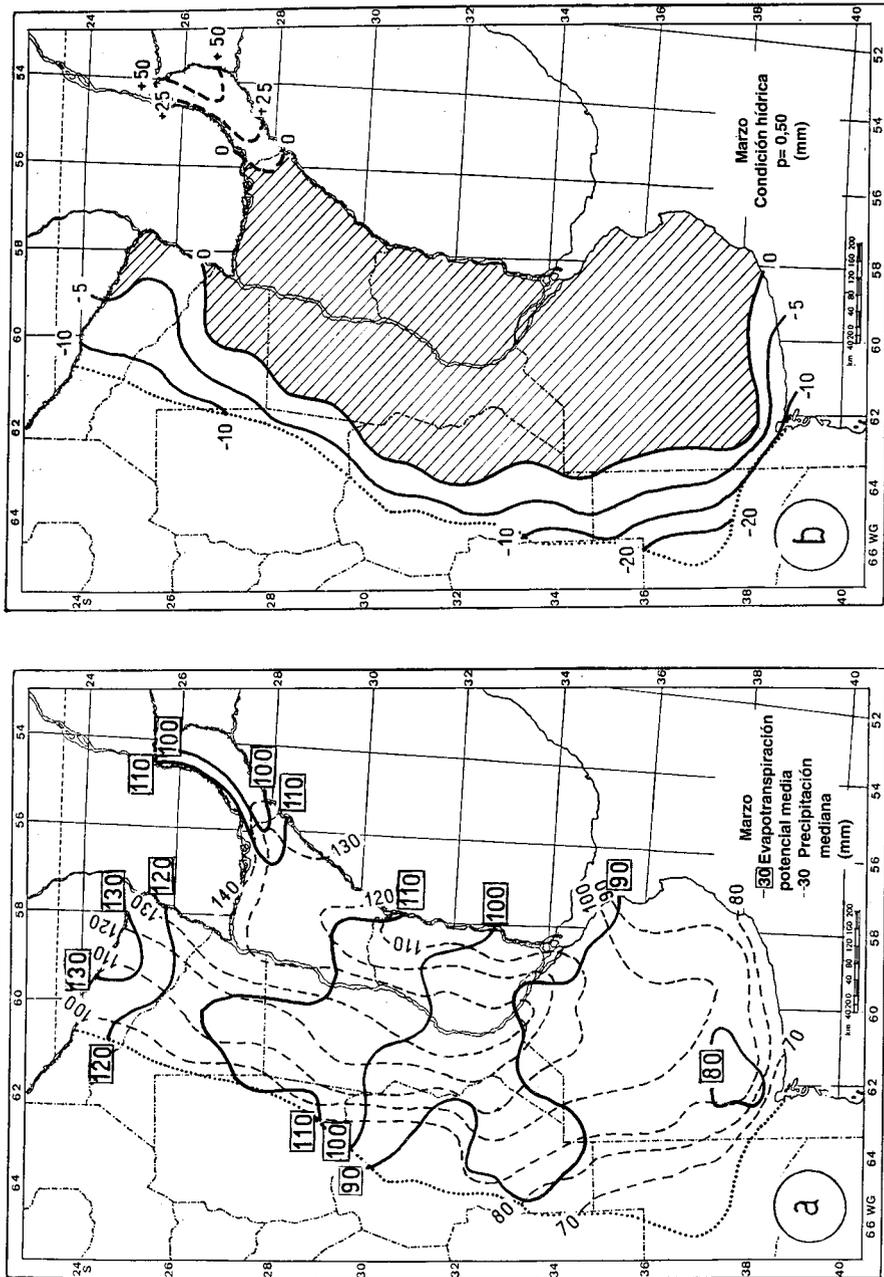


Figura 35. Aspectos hidrológicos del mes de marzo.

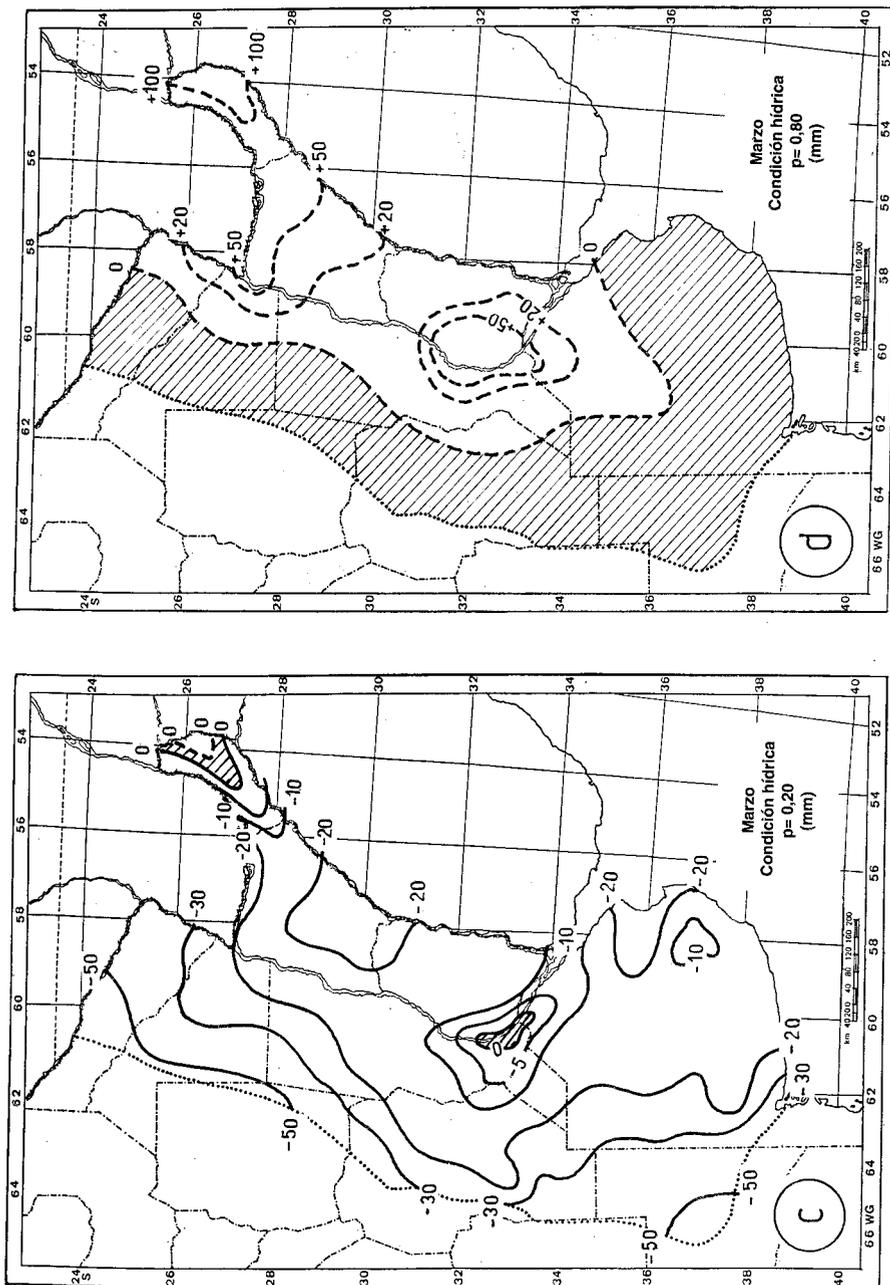


Figura 35. Aspectos hidrológicos del mes de marzo (continuación).

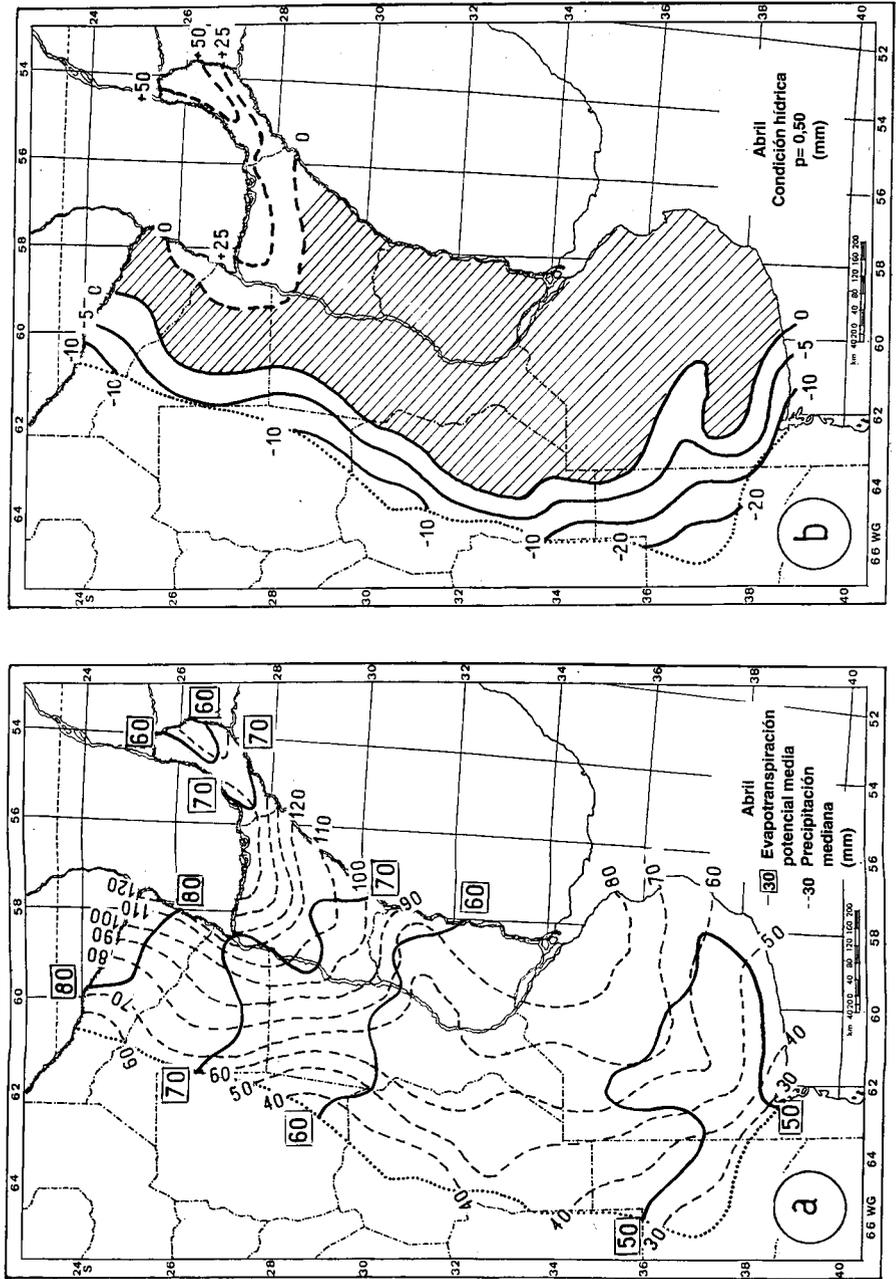


Figura 36. Aspectos hidrológicos del mes de abril.

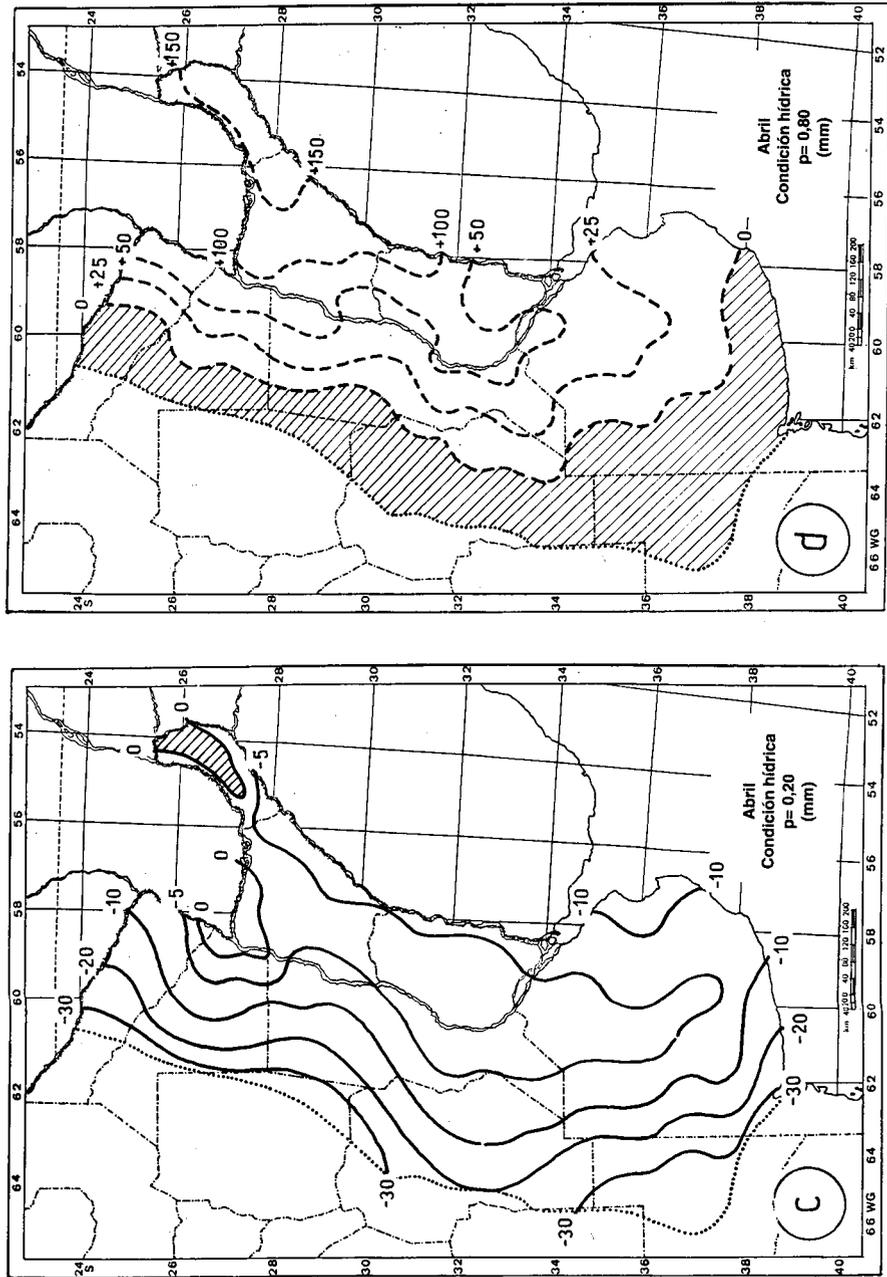


Figura 36. Aspectos hidrológicos del mes de abril (continuación).

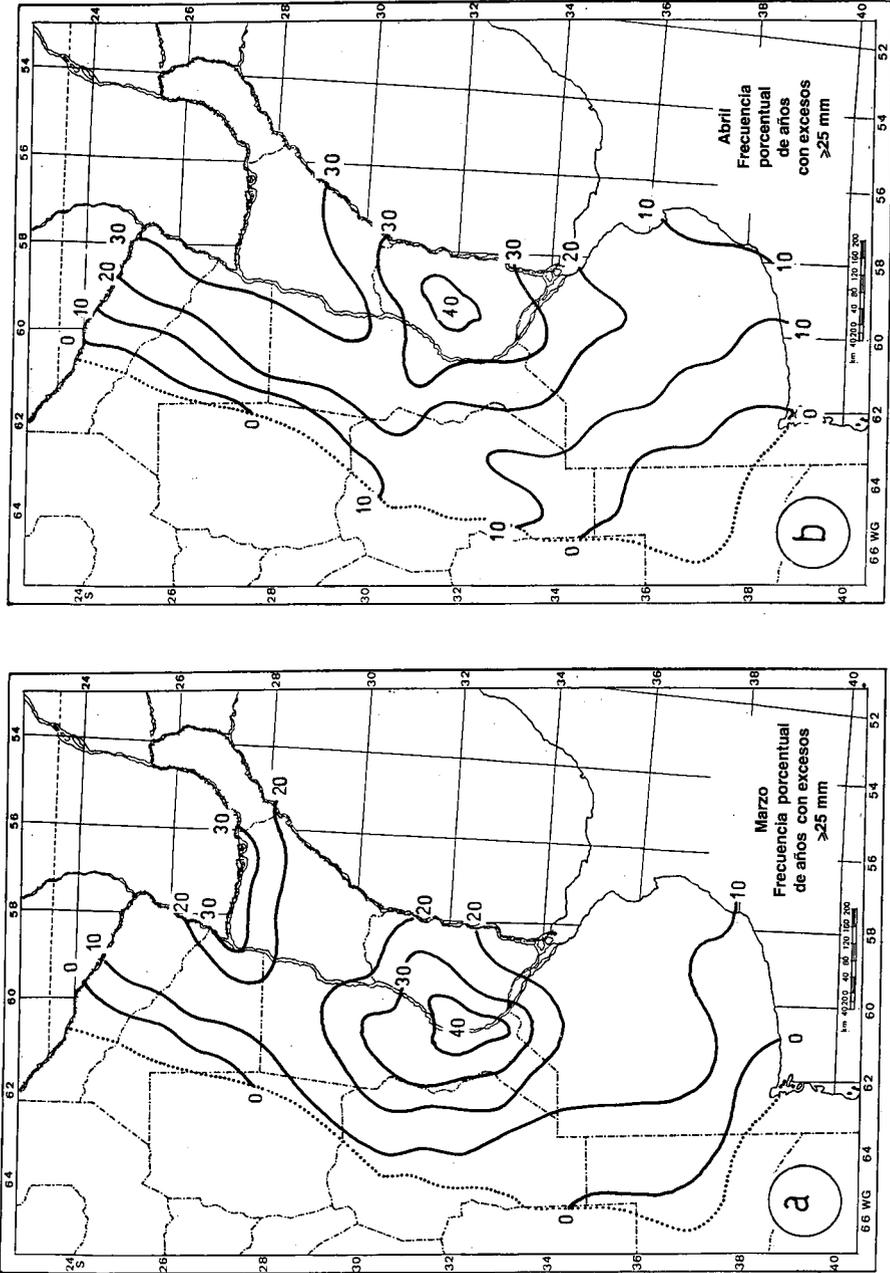


Figura 37. Aspectos hidrológicos del bimestre marzo/abril

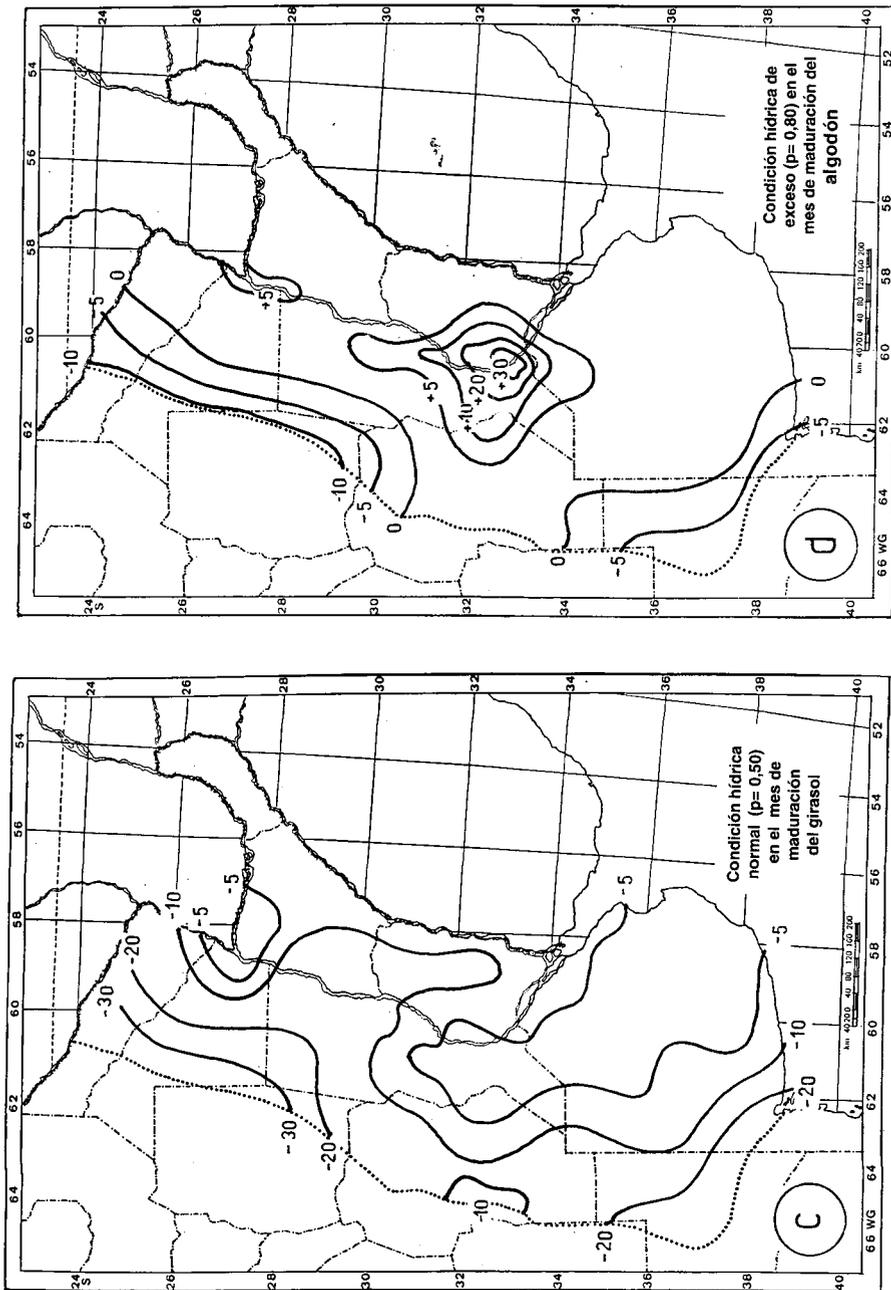


Figura 37. Aspectos hidrológicos del bimestre marzo/abril (continuación).

## BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- ARGENTINA-SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Estadísticas climatológicas varias 1901-1980, y datos del Archivo Nacional de Meteorología.
- ARGENTINA-SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1953. Atlas Agroclimático Argentino. Serie Índices Agroclimáticos Buenos Aires.
- BURGOS, J.J. 1946. Carta de plantación de la papa en la región pampeana de la República Argentina. *Revista Argentina de Agronomía* 13(4): 293-309.
- BURGOS, J.J. 1963. Las heladas en la Argentina. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, 388 pág.
- BURGOS, J.J. 1992. «Escenarios del impacto económico-social del cambio global del clima en la República Argentina». Encuentro Meteo-92, Sociedad Meteorológica Española, Madrid.
- BURGOS, J.J. y A. VIDAL. 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Meteoros* 1(1): 3-32. Buenos Aires
- CORSI, W.C. and R.H. SHAW. 1971. Evaluation of a stress index for corn in Iowa, *Iowa St. J. of Sci.*, 46(1): 79-85.
- DAMARIO, E.A. 1969. Carta estimada de horas de frío de la República Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía y Veterinaria* 17(2): 25-38. Buenos Aires.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1974. Agroclimatología de las disponibilidades calóricas en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía de La Plata* (3ª. época), 50(1-2): 103-126.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1980. Intensidad y variabilidad de las temperaturas extremas». *Rev. Facultad de Agronomía* 1(3): 121-132. Buenos Aires.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1983. Disponibilidades calóricas regionales para diferentes cultivos en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía* 4(1): 45-58. 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. Facultad de Agronomía* 5(3): 193-211.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1987. Deficiencias hídricas estivales para los cultivos extensivos en la Región Pampeana. *Actas de la III Reunión Argentina de Agrometeorología*, 125-131. Córdoba.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1988. Características agroclimáticas de la Región Pampeana Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía* 9(1-2): 41-64. Buenos Aires.
- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. (ex aequo). 1992-93. Cartas agroclimáticas de las regiones Pampeana, Chaqueña y Litoral de cultivo en seco. *Proceder Agroclimático* 1: 32-44, 1992; 2:8-23, 1992; 3:24-39, 1992; 4:34-51, 1992; 5:28-47, 1993; 6:1-13, 1993.
- DENMEAD, O.T. and R.H. SHAW. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agr. J.*, 52: 272-274.
- MURPHY, G.M. 2008. Atlas Agroclimático de la República Argentina. Editorial Facultad de Agronomía. 130 pp.
- PASCALE, A.J. 1953. Mapa fenológico del maíz en la Argentina. *Meteoros* 3(4): 383-394. Buenos Aires.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1961. Agroclimatología del cultivo de trigo en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía y Veterinaria* (Buenos Aires), 15(1): 3-119.
- PASCALE, A.J. y G.M. MURPHY. 1975. Condiciones agroclimáticas para la maduración de la soja en la sub-región oriental. 4ta. Reunión Técnica Nacional de Soja. *IDIA*, Suplemento Nº 31:40-53. Bs. As.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. *Rev. Facultad de Agronomía de La Plata*, 53(1-2): 15-34. La Plata.
- PASCALE, A.J. y RO. RODRÍGUEZ. 1977. Aptitud mesoagroclimática hídrica de la subregión oriental para el cultivo de la soja. 5ta. Reunión Técnica Nacional de Soja, Miramar (Bs. As.) *Actas*, 2: 414-424.
- PASCALE, A.J.; G.M. MURPHY y A. TROHA. 1977. Condiciones agroclimáticas del cultivo de girasol en la Argentina. IADO. 3ra. Reunión Nacional de Girasol, Buenos Aires. *Actas*, 1:16-36.

- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1983. Variación del agua edáfica para los cultivos en la región oriental de la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía* 4(2): 141-181.
- PASCALE, A.J. y LAURA T. de FASSI. 1987. Régimen hídrico estival en la región semiárida sudoccidental Pampeana durante la década del setenta. III Reunión Arg. de Agrometeorología, *Actas*, 155-163, Córdoba.
- SIERRA, E.M. y O.D. PORFIDO. 1980. «Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina». *Rev. Facultad de Agronomía* 1(2): 49-64.
- SIERRA, E.M. y G.M. MURPHY. 1986. Agroclimas del cultivo de girasol en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía* 7(1): 25-44.
- THORNTHWAITE, C.W. and J.R. MATHER. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute of Technology. *Publication in Climatology*, 10(3): 185-311.
- VENTSKEVICH, G.Z. 1961. Agrometeorology. Translated from Russian -C. 300 p. Published for the National Sciences Foundation- Washington D.