

CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS
DE LA REGION PAMPEANA ARGENTINA
E.A. DAMARIO y A.J. PASCALE (*)

Recibido: 28/3/88

Aceptado: 3/8/88

RESUMEN

Se analizan con criterio agroclimático los principales aspectos de los regímenes térmico e hídrico que en la Pradera Pampeana argentina afectan la producción agrícola y particularmente la de los cultivos anuales extensivos.

La disponibilidad calórica de ambas termofases anuales se examinan mediante índices agroclimáticos como: duración del período libre de heladas, niveles térmicos críticos, bioperíodos térmicos, suma de temperaturas y condiciones de vernalización, mientras que la variación en los niveles de humedad edáfica y las probabilidades de ocurrencia de excesos y deficiencias de agua se usan para caracterizar las condiciones hidrológicas.

A través de una cartografía seleccionada se muestra la variación de estos valores agroclimáticos discutiéndose su repercusión en los cultivos agrícolas.

Palabras clave: Región Pampeana. Índices agroclimáticos. Régimen térmico. Régimen hídrico.

AGROCLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE PAMPEAN ARGENTINE REGION

SUMMARY

The favourable and adverse aspects of thermal and hidric regimes of the argentine Pampean Region for agricultural production and particularly for extensive annual crops, are analyzed with agroclimatic criterion.

Agroclimatic indexes such as frost and frost-free periods duration, critical thermal levels, thermal bioperiods, temperature summations and vernalization conditions are utilized to characterize the caloric availabilities of both annual thermophases. Soil water level variations and the probability of water deficiencie and excess occurrence are used to express the hidrological conditions.

The geographical variation of these agroclimatic values is showed by means a select cartography, discussing their repercussion on pampean agricultural productivity.

Key words: Pampean Region. Agroclimatic Indexes. Thermal regime. Hidric regime.

(*) Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Fac. de Agronomía
U.R.A. Avda. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires -Argentina-

INTRODUCCION

Entre las Provincias Biogeográficas de América del Sur (Cabrera y Willink, 1973), la denominada Pampeana se ubica entre los 30° y 39° de latitud sur abarcando tres países: la mitad austral del estado de Río Grande do Sul en Brasil, toda la R.O. del Uruguay y gran parte de la región centro oriental de la Argentina (Figura 1A).

La parte argentina es una dilatada llanura de aproximadamente medio millón de kilómetros cuadrados, casi plana o ligeramente ondulada, solamente quebrada por las serranías del sur de la provincia de Buenos Aires con alturas máximas cercanas a los 1.200 m (Figura 1B).

El suelo está formado por una capa de loes de origen eólico, constituido por elementos finos, compacto y con elevada retención hídrica en la porción nororiental, más suelto y permeable en la occidental; el subsuelo es arcilloso y a profundidad variable suele tener elementos de tosca, aislados o formando capas impermeables que obligan a las aguas a escurrir hacia lugares bajos donde forman lagunas y cañadones.

El tipo de vegetación natural dominante, resultado de las características climáticas y edáficas, es de tipo estepario o pseudoestepario de gramíneas, que forman matas de hasta 1 m de altura, con doble reposo: en invierno por las bajas temperaturas y heladas, en verano por la deficiencia hídrica del suelo; en ambos casos la pradera aparece seca o amarillenta. Sin embargo, la elevada variabilidad que caracteriza al clima argentino, hace posible la ocurrencia ocasional de inviernos benignos que no interrumpen el crecimiento vegetal, o de veranos anormalmente provistos de lluvias abundantes que mantienen el verdor estival de la pradera.

La comunidad climax es la pradera de flechillas o "flechillar" donde predominan las Gramíneas, junto con representantes de Compuestas, Legumi-

nosas, Ciperáceas, Solanáceas, Crucíferas, etc. Con excepción de algunas áreas, como la gran depresión del Río Salado en el centro oriente de la provincia de Buenos Aires constituida por campos bajos expuestos a inundaciones periódicas y donde se conserva todavía algo de su peculiar vegetación primitiva, la mayor parte del territorio de la Provincia Pampeana (Cabrera y Willink, 1973) o Estepa Pampeana (Parodi, 1947) está dedicada intensamente a la agricultura y a la ganadería y, por lo tanto, su vegetación pristina ha sido casi totalmente alterada o destruida, siendo sólo apreciable en los relictos que quedan junto a las vías férreas y caminos o en algunos campos poco explotados.

Aunque la Pampeana se considera una provincia fitogeográfica, este estudio no lleva el propósito de caracterizar las condiciones climáticas determinantes de su vegetación natural, sino las referentes a los cultivos anuales extensivos, los cuales debieron adaptarse a las peculiares disponibilidades regionales, especialmente a las térmicas e hidrológicas, que son las que fundamentalmente condicionan la cantidad y variabilidad de las cosechas.

Para evaluar estas características, el análisis desarrollado a continuación utiliza índices agroclimáticos reconocidos, seleccionados para que expresen, a manera de síntesis, las aptitudes de la pradera para la producción agrícola, las cuales han determinado se la considere entre las mejores regiones agropecuarias del mundo.

MATERIALES Y METODOS

La mayor parte de las cartas agroclimáticas que se presentan son reproducciones de las contenidas en las publicaciones de los autores que se citan en la bibliografía. Como material básico para su confección se utilizó información climática correspondiente a las 18 estaciones meteorológicas.

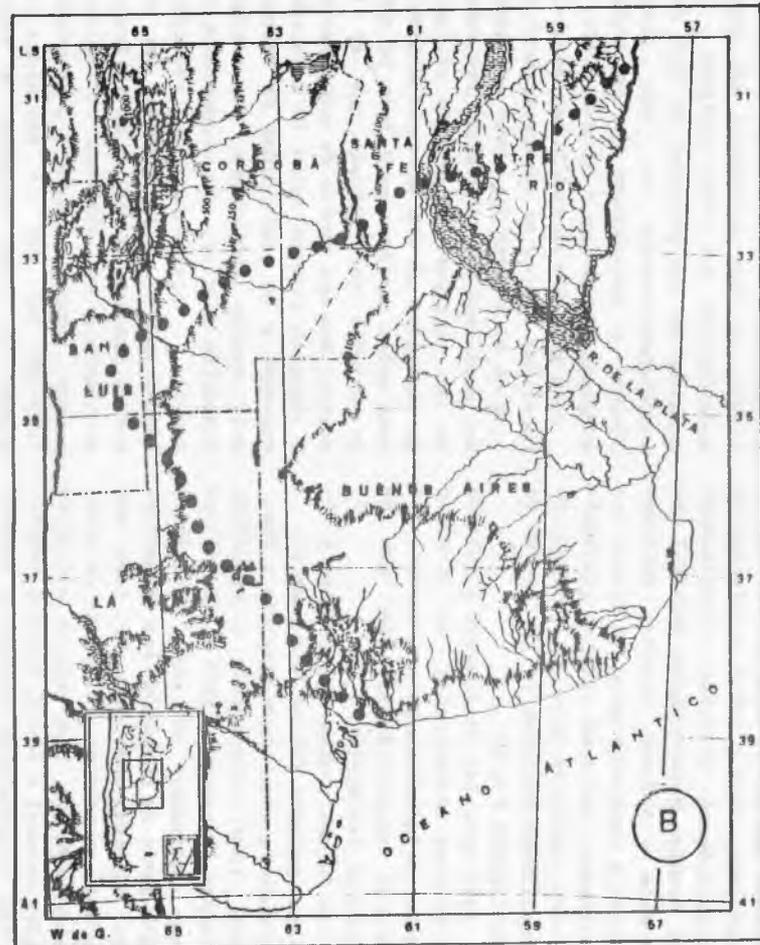
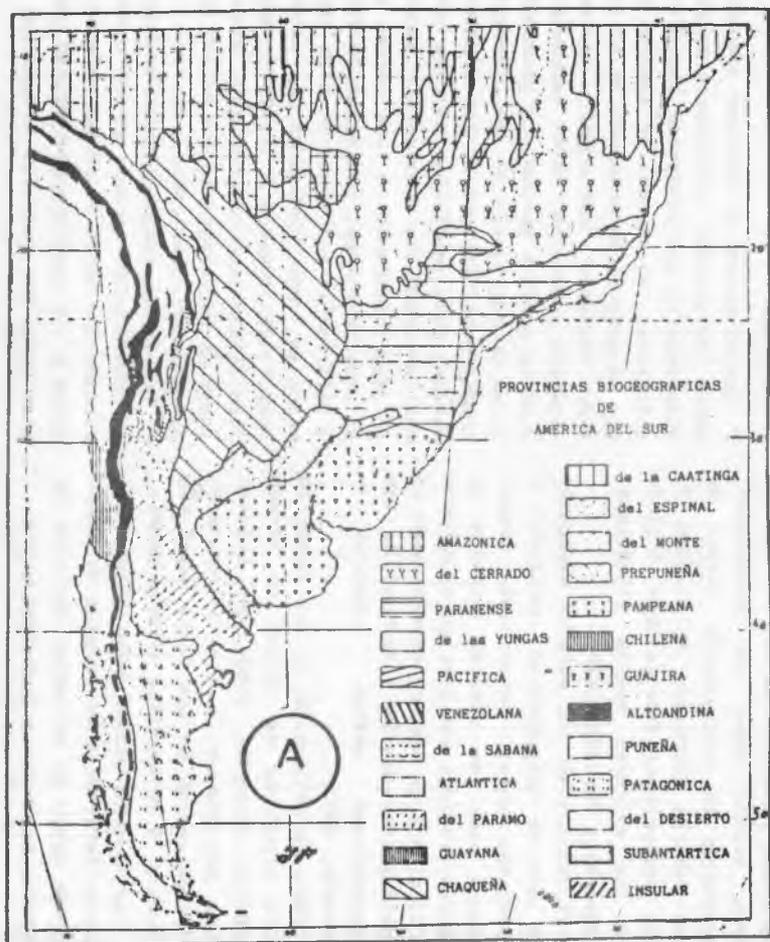


Figura 1 (A): Provincias Biogeográficas de América del Sur (Cabrera y Wilnik, 1973);
 (B): Delimitación, orografía e hidrografía de la Provincia o Estepa Pampeana Argentina.

lógicas que se nombran en las cartas (SMN 1958, 1963 y 1981) e información meteorológica extraída directamente del Archivo Meteorológico Nacional referente a valores térmicos extremos medios y absolutos para las mismas localidades, así como valores pluviométricos mensuales para el centenar de localidades marcadas en las cartas de las figuras 8 a 10.

Este material se computó siguiendo diferentes metodologías, en su mayor parte originales, para obtener los valores agroclimáticos con que se trazaron las cartas.

Las fechas medias de primeras y últimas heladas fueron estimadas siguiendo la adaptación (Damario y Pascale, 1984) introducida a un método gráfico (Papadakis, 1975) que utiliza como estimador al valor climático resultante de promediar las temperaturas mínimas absolutas de cada mes durante un período suficiente de años, valor conocido como mínima *minimorum* media mensual o mínima mensual media.

Las temperaturas máximas y mínimas absolutas probables de ocurrir una vez cada veinte años se obtuvieron, aceptando la distribución normal de los valores térmicos, en función de las respectivas desviaciones típicas de las extremas medias climáticas. (Damario y Pascale, 1980).

El cálculo de los valores mensuales de suma de temperaturas residuales o efectivas sobre determinada temperatura base, se realizó mediante un método original que corrige el sistema tradicional de cómputo considerando la variabilidad diaria y mensual de las temperaturas medias. (Damario y Pascale, 1971).

Para la estimación de las horas de frío efectivas se aplicó un método gráfico (Damario, 1969) que utiliza como estimadores a las temperaturas mínimas medias de los cinco meses más fríos y a la amplitud térmica anual.

Los valores usados para trazar las cartas referentes al régimen de humedad de suelo se estimaron mediante la técnica del balance hidrológico pro-

puesta por Thornthwaite y Mather (1957), el cual interpreta con mayor aproximación que otros sistemas la magnitud de las pérdidas de agua por evapotranspiración en las áreas húmedas y semihúmedas de la región pampeana (Forte Lay y Burgos, 1978).

Para ello fue necesario aproximar la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el espesor de suelo que pueda ser explorado por el sistema radicular de los cultivos. Se decidió utilizar la capacidad de 200 mm considerándola como media uniforme para toda la zona en estudio por estimar que en la estepa, hay una suerte de compensación o relación inversa entre la capacidad regional y la profundidad de raíces; así, suelos arcillosos, de elevada retención capilar, van acompañados de escasa profundización radicular (60-70 cm) y, a la inversa, en los suelos sueltos, arenosos de la franja occidental, los sistemas radiculares pueden adquirir mayor profundidad (100-120 cm) por la necesidad de buscar el agua retenida a mayor profundidad.

Con el objeto de reflejar adecuadamente las grandes variaciones intra e interanuales que presentan las precipitaciones, el balance se realizó según la adecuación propuesta en el llamado "balance hidrológico seriado" (Pascale y Damario, 1977) mediante el cual es posible estimar las probabilidades de ocurrencia de las diferentes condiciones hídricas en los distintos suelos. Esta condición hídrica podrá oscilar desde los estados con excesos de agua (señaladas en las cartas por valores positivos) hasta las de falta o deficiencia con relación a la capacidad de campo (indicadas por valores negativos), pasando a través de aquellas situaciones equilibradas, sin excesos ni deficiencias, que en las cartas aparecen como ceros.

Con la mencionada técnica de balance hidrológico seriado se ha confeccionado una serie de cartas referentes todas a las condiciones hídricas posibles para los cultivos extensivos de

la región oriental argentina (Pascale y Damario, 1983 y 1987) de las que se copiaron aquellas que figuran en este análisis agroclimático. Para simplificar la aplicación de los resultados del balance seriado y facilitar su interpretación, se han elegido las situaciones hídricas correspondientes a los valores de primer quintil, mediana y tercer quintil de la serie ordenada, en milímetros, desde la mayor deficiencia hasta el mayor exceso, los cuales en términos de probabilidad equivalen a $p=0,20$, $p=0,50$ y $p=0,80$, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Características agroclimáticas del régimen térmico

Este aspecto del clima confiere a la región la condición de ser una formación fitogeográfica única en su género y una de las superficies con mayor potencial productivo de granos y carnes.

Sus características térmicas propias resultan de la acción conjunta de varios factores, entre los que debe mencionarse preferentemente a la oceanidad, influencia común a todo el Hemisferio Sud que, atenuando la variación anual de la temperatura, genera veranos frescos e inviernos suaves. En la pradera pampeana, la suavidad del verano térmico se encuentra compensada por su dilatada duración, lo que permite disponer del calor necesario para el desarrollo y maduración de especies termófilas como el maíz, el girasol, el sorgo o la soja, cultivadas extensivamente. El invierno, muy poco intenso en comparación con iguales situaciones latitudinales del Hemisferio Norte, está provisto, sin embargo, de la cuota de enfriamiento suficiente para satisfacer las necesidades de vernalización medianamente intensas de los cultivares de cereales invernales utilizados regionalmente (Pascale y Damario, 1954; Pascale, 1969a).

Para describir y precisar con interés agroclimático las características mencionadas, se presentan en las Figuras 2 a 6 las cartas referentes a los valores del régimen térmico de mayor significación agrícola. Para este fin, se da a la descripción un tratamiento distinto al climatológico clásico, utilizando períodos culturales agrícolas e índices agroclimáticos que permiten valorar el régimen térmico en relación con las exigencias y tolerancias de las principales producciones. Es común, a este respecto, separar a las especies anuales de gran cultivo en dos grandes agrupamientos, cada uno de los cuales comprende a todas las que tienen modalidades biometeorológicas comunes, es decir, similares exigencias y tolerancias. En este análisis se los seguirá designando como cultivos de verano y cultivos de invierno, nombres que hacen referencia a su principal estación de cultivo; se los suele designar también como termófilos y criófilos o como atermocíclicos y paratermocíclicos (Burgos, 1952), respectivamente.

Si bien los ciclos culturales de estos dos grupos son coincidentes en cierta parte del año, resulta conveniente examinar separadamente las principales características agroclimáticas de los períodos en que resulta dividido el año por las fechas medias de primeras y últimas heladas, separando la llamada "estación de cultivo" o "período sin heladas" del "período de enfriamiento invernal" o "período con heladas".

Las cartas de la Fig. 2 muestran las fechas medias de primeras y últimas heladas correspondientes a la región pampeana argentina. Estos elementos del régimen de heladas resultan más convenientes para el análisis que las fechas de comienzo y fin de los bioperíodos de 5°C ó 10°C de uso común en Europa, porque en la mayor parte de la región pampeana las fechas de ocurrencia de primeras y últimas heladas presentan una gran variabilidad climática, es decir, grandes oscilaciones

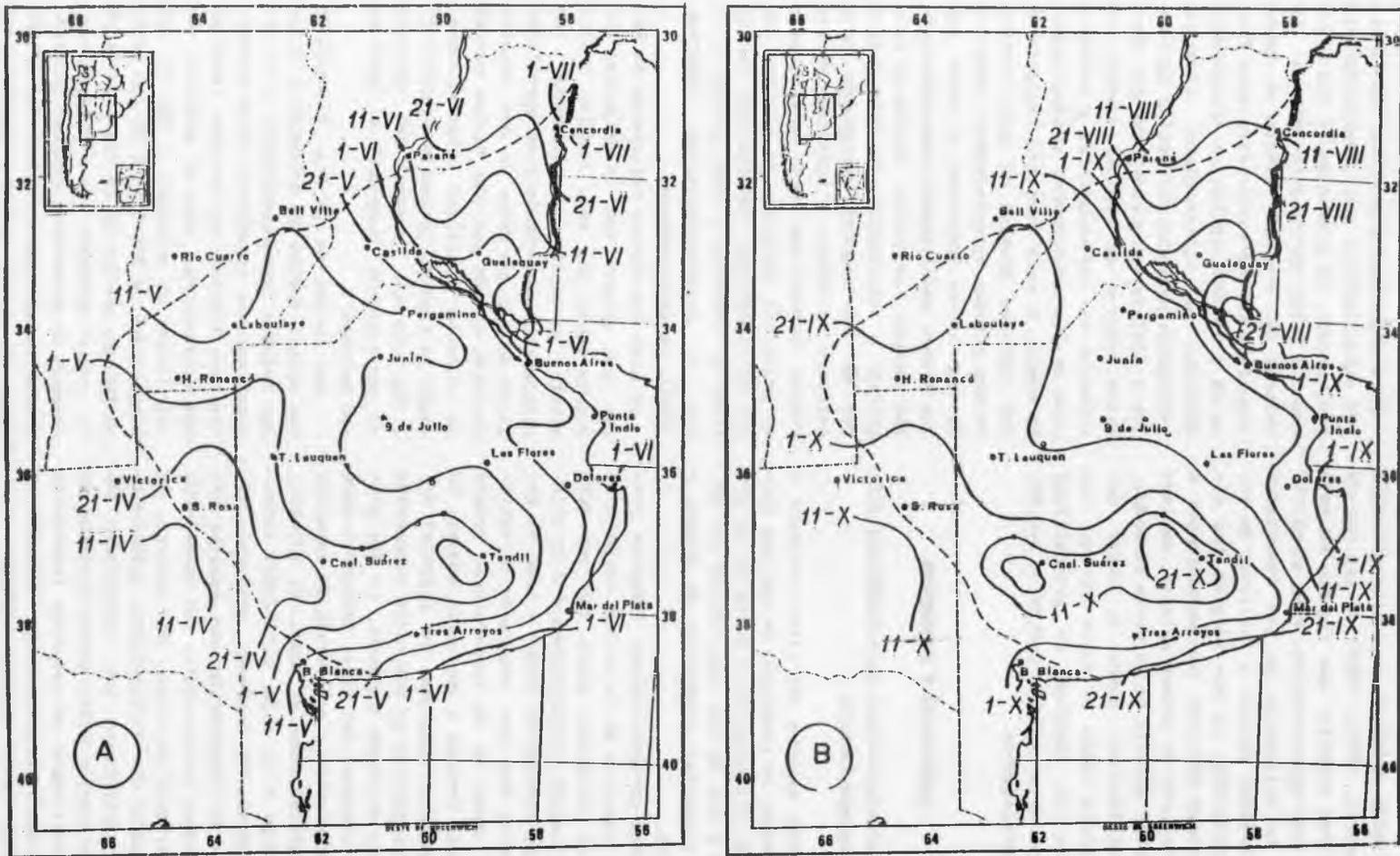


Figura 2 (A): Fechas medias de primeras heladas; (B) Fechas medias de últimas heladas (Damario y Pascale, 1984)

de un año al otro. Si se expresa con valores de desviación típica, es de ± 15 a ± 25 días para las primeras y ± 20 a ± 30 días para las últimas (Burgos, 1963 y 1969). Esta elevada variabilidad es consecuencia del asincronismo que manifiesta la marcha térmica en el clima argentino debido a factores de circulación atmosférica, siendo frecuente que grandes masas de aire frío generadas en regiones antárticas o subpolares, alcancen latitudes medias y aun tropicales, produciendo marcados descensos de la temperatura y ocurrencia de heladas desde principios del otoño hasta primavera avanzada.

Dentro de la pradera pampeana la duración de la estación de cultivo o período medio libre de heladas varía desde 180 días (principios de octubre a mediados de abril) en la parte sudoccidental, hasta 340 días (mediados de agosto a mediados de junio) en la nororiental. Pocas llanuras agrícolas cuentan con una estación de cultivo tan extensa, entre 6 y 11 meses, condición excepcional sólo en parte desmerecida por la mencionada variabilidad de las heladas. Este es el período anual en el cual pueden progresar holgadamente los cultivos de verano, cuya siembra se realiza en primavera después de pasado el peligro de heladas, completando la acumulación de calor requerida para madurar sus frutos y granos antes del comienzo efectivo del invierno siguiente (Pascale, 1953).

Como referencia a la intensidad térmica normal que caracteriza este lapso anual denominado "termofase positiva", la carta de la Figura 3A muestra las temperaturas máximas medias de enero, mes correspondiente a la culminación del verano térmico. Para la mayor parte de la pradera se encuentran entre 28° y 32°C , certificando las condiciones de suavidad climática provocada por la influencia oceánica, fácilmente perceptible sobre la parte sudeste, donde se agrega, además, la influencia de la

corriente fría de Las Malvinas. Esta influencia marítima también determina la disminución en las amplitudes térmicas mensuales; en la misma carta puede observarse la correspondencia existente entre las temperaturas máximas y la amplitud, ambas aumentando progresivamente desde las situaciones costeras hacia el norte y hacia el oeste, la parte más continental y seca de la pampa.

Las temperaturas máximas absolutas ocurridas en lo que va del siglo muestran en cambio una mayor uniformidad, porque responden a irrupciones de aire cálido tropical que, persistiendo durante varios días, terminan por anular las diferencias térmicas zonales. El interés agroclimático se funda no tanto en el conocimiento de la intensidad absoluta sino en la frecuencia con que puedan presentarse los extremos térmicos. La carta de la Figura 3B muestra que en un año de cada veinte las temperaturas máximas absolutas pueden alcanzar en la mayor parte de la región entre 41°C y 44°C , ocurriendo normalmente en los meses de enero o febrero como culminación de una serie de días con temperaturas paulatinamente crecientes. Estas altas temperaturas suelen causar daño a los cultivos, especialmente por las condiciones de sequía atmosférica que las acompañan.

Para completar el análisis agroclimático referente a la termofase positiva, las cartas de la Figura 4 grafican las disponibilidades caloríficas regionales de la estación de cultivo, valoradas por la "suma de temperaturas" ó "suma de grados-día", índice corrientemente usado en biometeorología para cuantificar las exigencias energéticas de los cultivos.

Para fines comparativos se presentan dos cartas referentes a suma de temperaturas. La primera (A), obtenida totalizando todas las temperaturas medias diarias mayores a 0°C , provee una imagen climática de la cantidad de calor disponible regionalmente en relación con la duración e intensidad térmica del período sin heladas. Desde

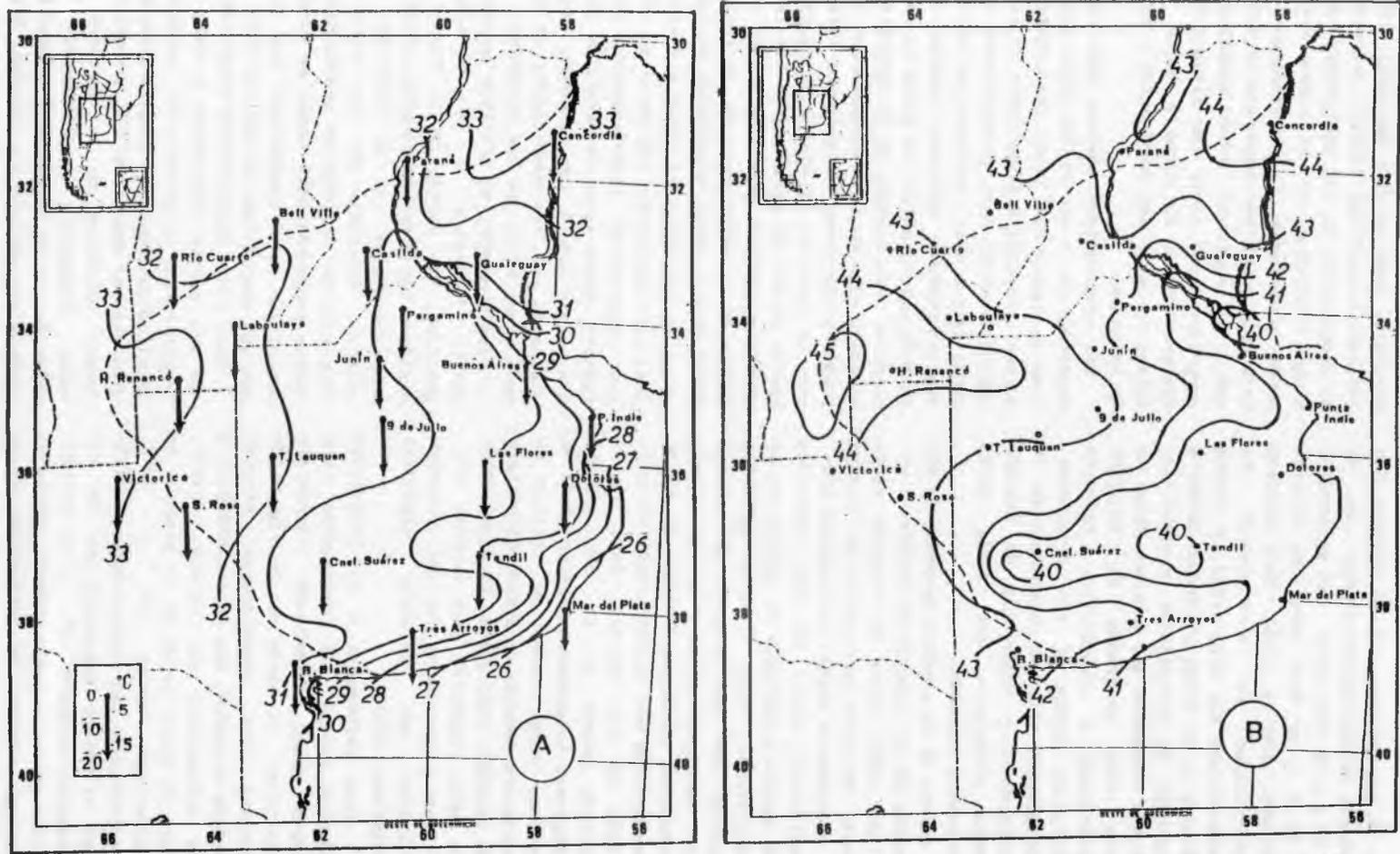


Figura 3 (A): Temperatura máxima media normal (isolíneas) y amplitud media diaria (flechas) del mes de enero °C;
 (B): Temperaturas máximas absolutas probables en uno de cada 20 años, °C. (Damario y Pascale, 1980)

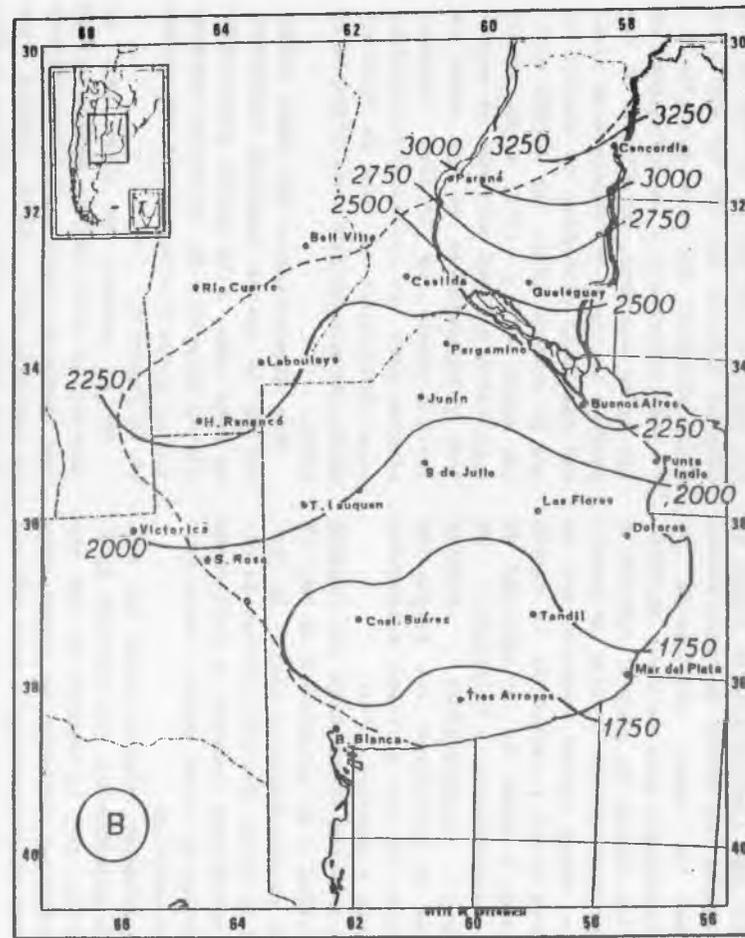
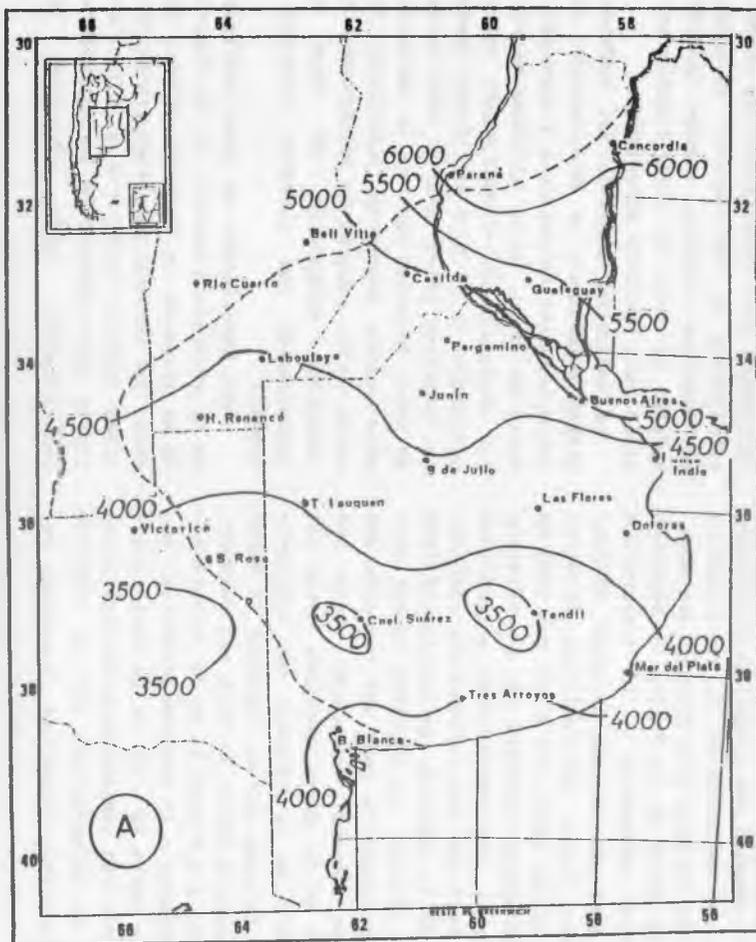


Figura 4 (A): Suma de temperaturas durante el período medio libre de heladas, sobre 0°C; y (B): Sobre 10°C. (Damario y Pascale, 1983).

el punto de vista agroclimático resulta más ilustrativa la carta B, pues indica las "sumas de temperaturas activas" de mayor utilización en biometeorología para cultivos termófilos, los cuales en general admiten a los 10° como umbral inicial de crecimiento. Ambas cartas muestran que en la parte norte y centro de la región Pampeana, a pesar de la suavidad de las temperaturas estivales, se alcanzan acumulaciones térmicas capaces de satisfacer las exigencias calóricas de los cultivos extensivos (Damario y Pascale, 1974).

En aquellas zonas donde por razones de altitud o de proximidad al mar el verano es más fresco y corto, la cantidad de sumas térmicas activas se reduce debiéndose recurrir a cultivares termófilos de ciclo corto y baja exigencia calórica.

La estación invernal puede ser descripta someramente, con sentido agroclimático, por la mención de las características térmicas de mayor significado biometeorológico para las especies que, como los cereales de grano fino, cumplen sus etapas de crecimiento y la satisfacción de su exigencia en frío durante este período del año.

La carta de la Figura 5A presenta valores referentes a la temperatura del aire para el mes de mayor enfriamiento, julio. Las isolíneas de mínimas medias entre 1°C y 7°C dan idea de la relativa suavidad de la estación invernal, con variaciones geográficas que reflejan las influencias combinadas de la latitud, la continentalidad y la altitud. La amplitud normal diaria se presenta como más reducida que la de verano, oscilando desde los 8-9°C en la parte marítima hasta los 15-16°C en la interior más continental. En este mes se registra la mayor frecuencia media de días con heladas, que de 3 a 5 para la parte noreste mesopotámica y la costera atlántica, aumenta hasta 16 - 18 en la parte occidental. Las temperaturas mínimas anuales se caracterizan por su reducida variabilidad climática, mostrando re-

lativa constancia de un año para otro con oscilaciones que en el 75% de los años no superan los 2°C en más o en menos alrededor del valor promedio.

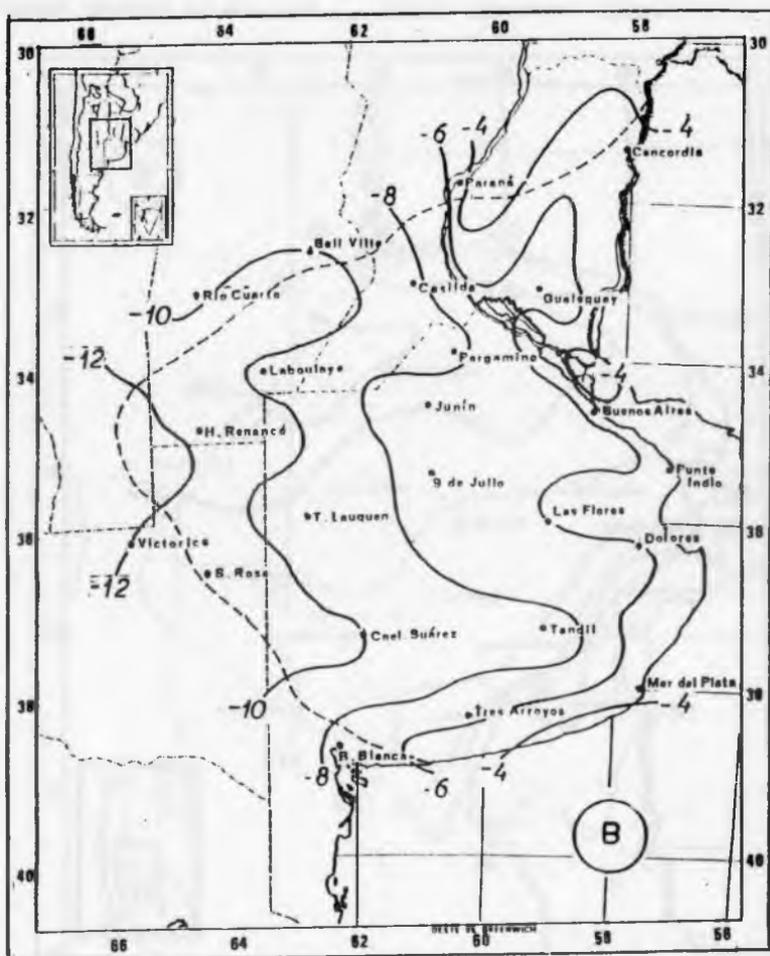
Como referencia a la intensidad de los fríos extremos, la Figura 5B reproduce la carta de temperaturas mínimas absolutas probables de ocurrir en uno de cada 20 años, las cuales oscilan entre -4°C y -12°C, según zonas. Como estas mínimas extremas se registran principalmente en los meses de julio y agosto, no resultan inconvenientes para los cultivos invernales, cuya resistencia al frío es naturalmente elevada durante esta etapa de su ciclo.

Otra característica del rigor invernal de la estepa pampeana referente, en este caso, a la acción biometeorológica favorable de las bajas temperaturas, queda sintetizada en las cartas de la Figura 6.

En la primera de ellas (A), se muestra la distribución geográfica de las "horas de frío" acumuladas durante el período 1/V - 30/IX. Aunque este índice agroclimático se utiliza preferentemente para cuantificar las disponibilidades de enfriamiento exigidas por arbóreas crófilas, pueden también señalar el nivel de vernalización posible para cultivos cerealeros.

La variación regional del enfriamiento condiciona la distribución de los cultivares de cereales y especialmente de trigo, cuyos biotipos de mayor exigencia en vernalización deben cultivarse en la zona meridional donde se totalizan entre 1000 a 1200 horas de frío, mientras que en la noroeste sólo pueden prosperar cultivares de ciclo corto, capaces de satisfacer sus reducidas exigencias en frío a temperaturas más elevadas (Pascale, 1969a).

Como complemento de este análisis de la estación invernal, en la Figura 6B se presenta la duración normal, en días, del período con temperaturas mínimas diarias inferiores a 7°C, otro índice agroclimático de la aptitud de vernalización. Puede observarse la



Características agroclimáticas...

y amplitud media diaria (flechas) del mes de julio, °C;
 uno de cada 20 años, °C. (Damario y Pascale, 1980)

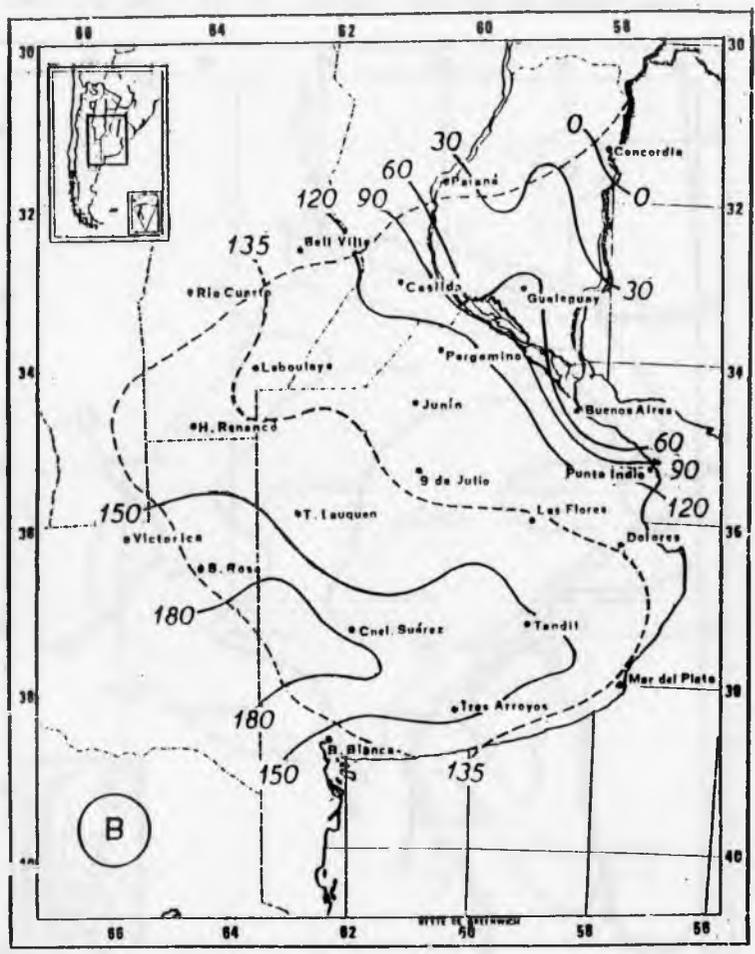
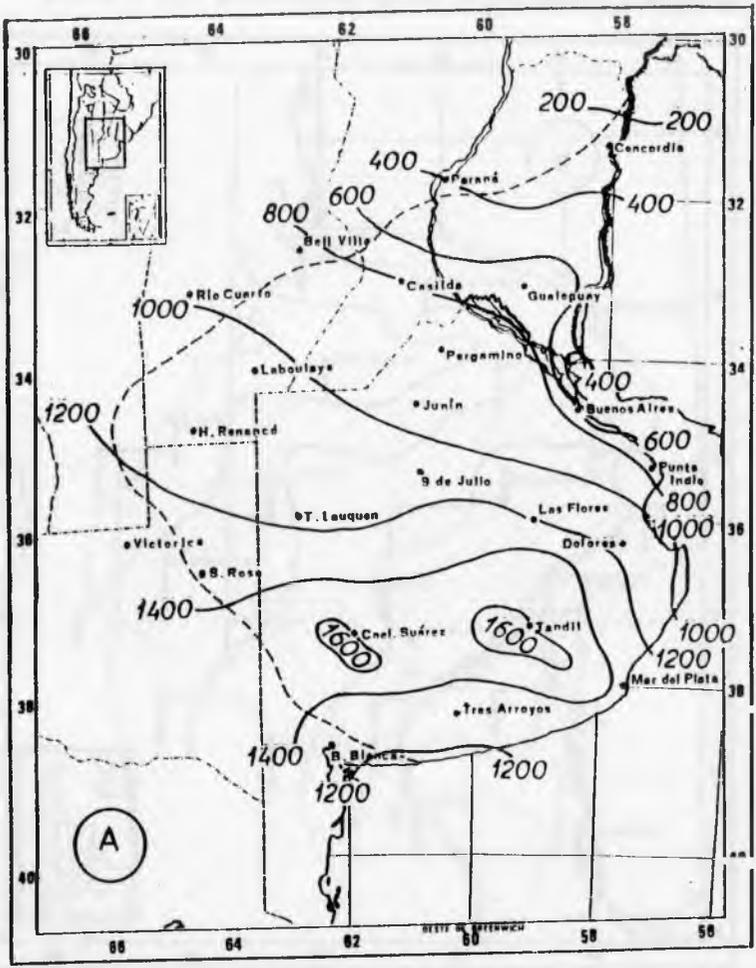


Figura 6 (A): Horas de frío efectivas normales acumuladas durante el período 1/IV 30/IX. (Damario, 1969)
 (B): Cantidad normal anual de días con temperatura en mínimas diarias iguales o inferiores a 7°C.

enorme variación existente desde el nordeste prácticamente carente de termofase negativa, hasta los seis meses que dura en el extremo sur y región serrana, donde se concentra la siembra de los cultivares más exigentes en vernalización.

b) Características agroclimáticas del régimen hídrico

Como para cualquiera región de agricultura extensiva, los regímenes térmico e hidrológico representan, sin duda, los factores más condicionantes de la producción agrícola de la Región Pampeana y, sus variaciones en tiempo y espacio, se reflejan en la magnitud y fluctuación de las cosechas regionales.

La región Pampeana recibe en promedio durante el año un aporte de agua de precipitación entre 1100 mm en la parte norte y solamente unos 550 mm en el sudoeste, distribuyéndose irregularmente en el curso del año, respondiendo a un régimen de transición entre el subtropical atlántico y el subtropical continental (Prohaska, 1952). El invierno es la estación menos lluviosa seguida en orden creciente, aunque con gran diferencia, por el verano, el otoño y la primavera. En casi toda la región los valores mensuales más elevados de precipitación se registran en marzo y octubre (Figura 7A).

Al comparar regionalmente los valores totales de lluvias con las necesidades estimadas por la evapotranspiración potencial, (Fig. 7B) puede apreciarse que, en términos medios, una gran extensión de la pradera Pampeana presenta balances hidrológicos equilibrados y aún con ligeros excesos, característica reforzada por la coincidencia entre la época de mayor evapotranspiración potencial y la de mayor pluviosidad. La variabilidad climática de las lluvias mensuales introduce algunas modificaciones a este esquema

normal, las que se evidencian por los valores resultantes de los balances hidrológicos seriados con los que se confeccionaron las cartas de las Figuras 8, 9 y 10, donde se presentan las "condiciones hídricas" posibles de ocurrir en el 20, 50 y 80 % de los años durante los meses de enero, abril, julio y octubre. Estos meses, resultan útiles para analizar la influencia de la disponibilidad de agua edáfica en relación con las principales etapas culturales y de desarrollo de los cultivos anuales, considerándose especialmente la de siembra, la de crecimiento activo, la de período crítico para agua y la de cosecha.

Los cereales invernales (trigo, centeno, avena, y cebada) y algunos otros cultivos como lino, y forrajeras de crecimiento invernal, se siembran en la región pampeana argentina desde mayo en el sur hasta julio en el norte.

Las pequeñas deficiencias de agua probables de ocurrir durante este período en el 20% de los años, (Fig. 9D), y las que con igual probabilidad y similar intensidad pueden esperarse durante las etapas culturales anteriores (cartas B y C de la misma figura), conforman la privilegiada aptitud agroclimática de la pradera pampeana para cultivos invernales (Pascale y Damario, 1961).

Como lo muestran las cartas B y C de la Figura 10, las condiciones de humedad excesiva posibles de suceder con cierta frecuencia pueden causar demoras en la preparación del suelo y atrasar las siembras de los cereales, atraso soportables sin mayores consecuencias porque los cultivares utilizados poseen suficiente plasticidad en este aspecto.

Durante el período de espigazón, los excesos de agua que solamente en alguna zona pequeña de la pradera pueden superar los 50 mm en uno de cada cinco años (Figura 10D), no alcanzan a niveles tan críticos como para actuar negativamente, por ejemplo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

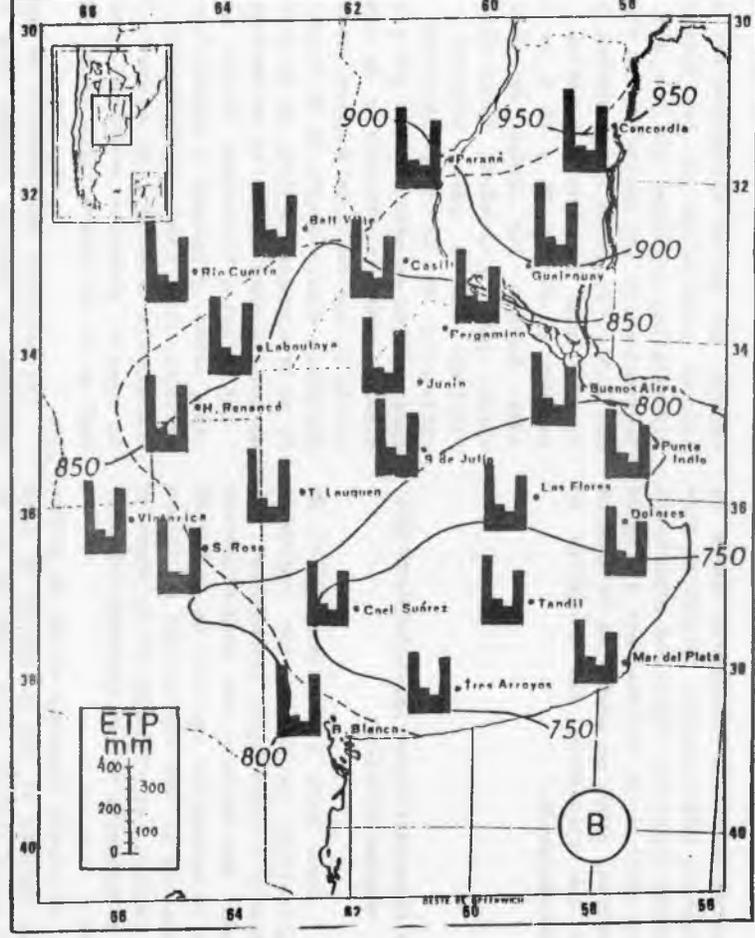
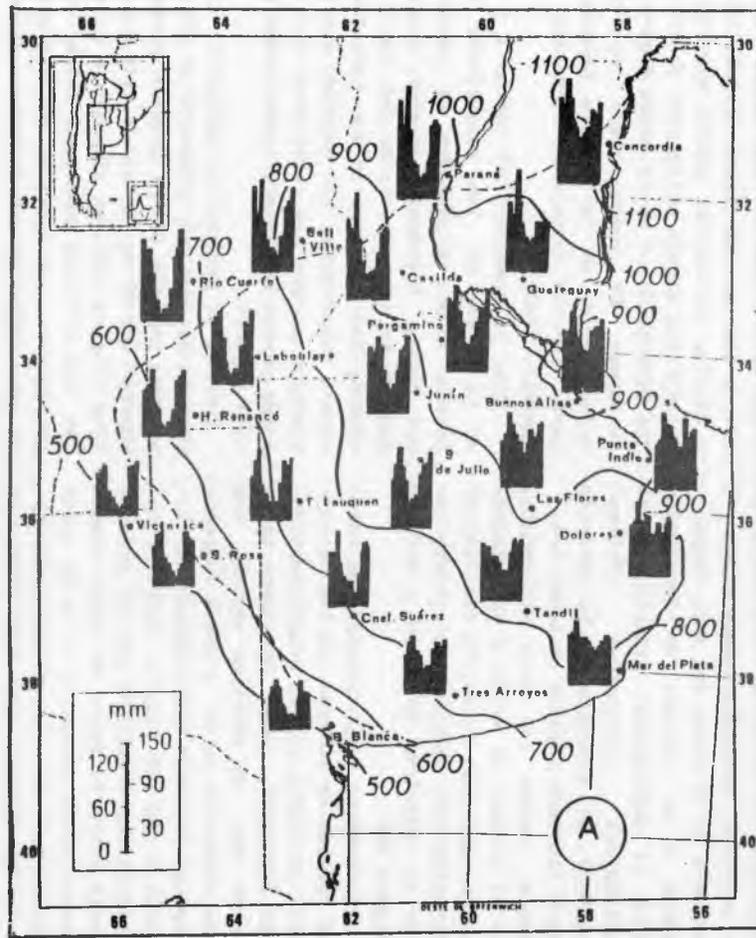


Figura 7 (A): Precipitación anual (isolíneas) y su distribución mensual (barras)
 (B): Evapotranspiración potencial anual, según Thornhwaite, 1948 (Burgos y Vidal, 1951) y totales trimestrales.

Excesos invernales importantes y perjudiciales pueden suceder cada 15 a 20 años, cuando lluvias otoño invernales de magnitud muy superior a la normal, excediendo la capacidad de saturación y percolación de los suelos, producen acumulaciones de agua superficiales, las cuales, por el reducido declive e insuficiente desagüe de la llanura, inundan los campos, destruyen cultivos y pastoreos, llegando incluso a provocar pérdidas en ganados por muerte o inanición. Un panorama como el descrito se produjo en el centro y sudeste de la provincia de Buenos Aires en el invierno de 1980.

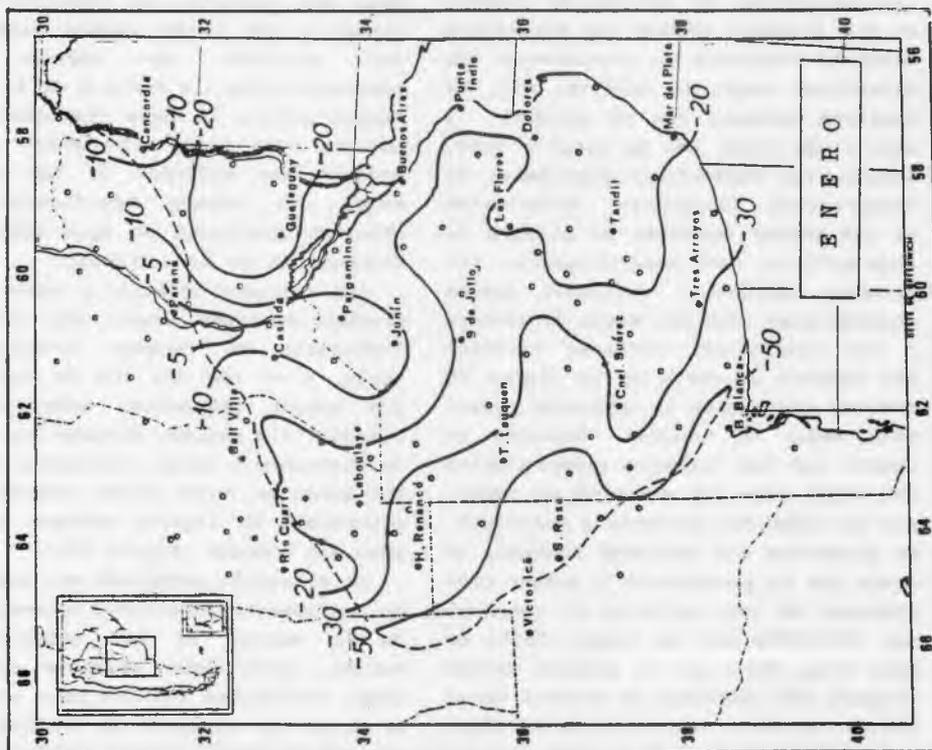
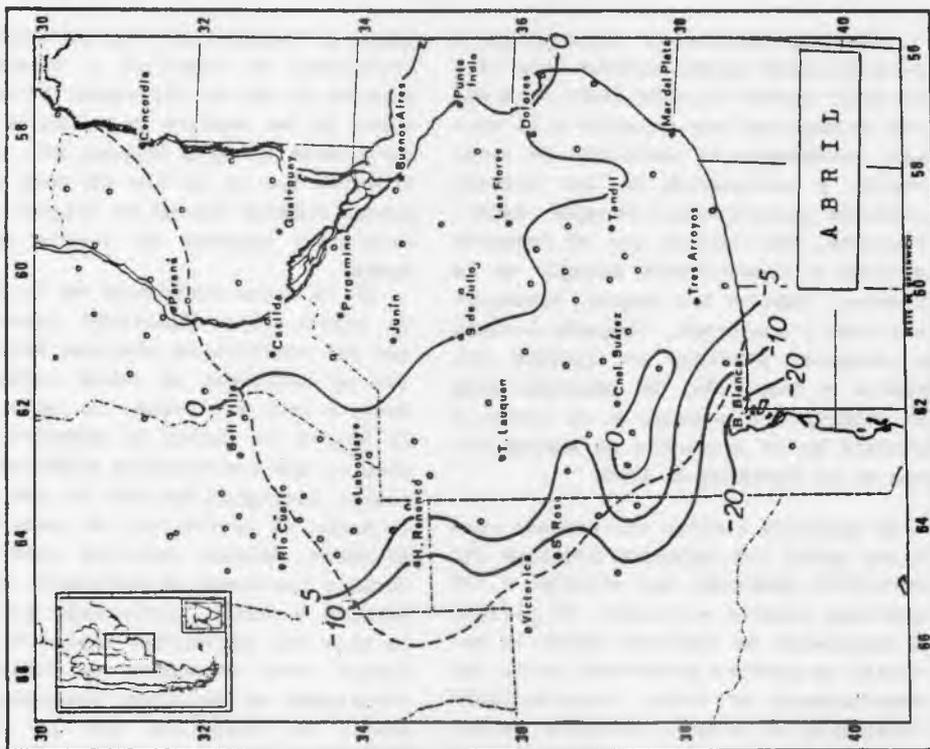
Un análisis similar corresponde realizar sobre los aspectos hídricos del agroclima pampeano que afectan a los cultivos anuales estivales. El período a considerar se extiende desde la estación de siembra primaveral hasta las maduraciones de otoño, comprendiendo totalmente al verano, estación caracterizada por la gran demanda evapotranspiratoria. El período de siembra es muy dilatado porque las exigencias térmicas iniciales de crecimiento son diferentes según el cultivo; así, se realizan primero las de girasol y maíz y más tarde las de sorgo y soja. Además, las variaciones regionales de temperaturas introducen diferencias en las fechas normales de siembra de cada cultivo. Como generalización, setiembre, octubre y noviembre suelen considerarse como los meses de siembra y las condiciones hídricas normales que muestra la carta de la figura 8D indican claramente la adecuada provisión media de humedad. Teniendo en cuenta que los trabajos preparatorios del suelo para las siembras se realizan al final del invierno o principio de primavera con adecuada humedad, es común que la germinación y primer crecimiento de los cultivos no resulten muy afectados por la ligera falta de agua (Fig. 9D) o por el pequeño exceso (Figura 10D) posibles de ocurrir en el 20% de los años. Las siembras tardías, por ejemplo de girasol o soja, se ex-

ponen a fracasar por las deficiencias crecientes en magnitud y frecuencia durante el mes de diciembre. El mes de enero ya se muestra normalmente como deficiente de agua (Figura 8A), deficiencias que en un año de cada cinco pueden superar los 50 mm (Figura 9A) y constituir sequías de fuerte intensidad.

En la mitad occidental de la pradera existe una probabilidad importante que las condiciones hídricas deficientes se mantengan en forma continuada durante todo el verano. La carta A de la Figura 11 indica el porcentaje de años en que los balances hídricos mensuales consignan humedad de suelo inferiores al coeficiente de marchitez, es decir, sequía absoluta continuada durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, porcentaje que para la faja más occidental supera el 50%. Aunque esta secuencia se refiere a resultados de balances mensuales, es decir, no significa que la sequía edáfica se mantenga durante todos los días del período, es indicativa del riesgo a que pueden quedar sometidos los cultivos de verano. Por contraposición, la carta B de la misma figura señala la baja frecuencia con que en esta mitad occidental de la pradera los balances de los cuatro meses del verano manifiestan una adecuada provisión de agua edáfica a disposición de los cultivos.

Las regiones oriental y norte de la pradera pampeana acusan una reducida frecuencia de veranos íntegramente secos, y en más del 50% de los años los suelos permanecen adecuadamente húmedos, sin sequía, durante los meses de diciembre a marzo. Solamente en estas áreas es donde puede esperarse la ocurrencia de ligeros excesos en los años más húmedos (Figura 10A).

La situación detallada es, sin duda, un aspecto importante a considerar en el manejo de los cultivos de verano, pues debe evitarse que la etapa fenológica crítica para el agua se produzca durante el período con mayor deficiencia (enero y febrero). A



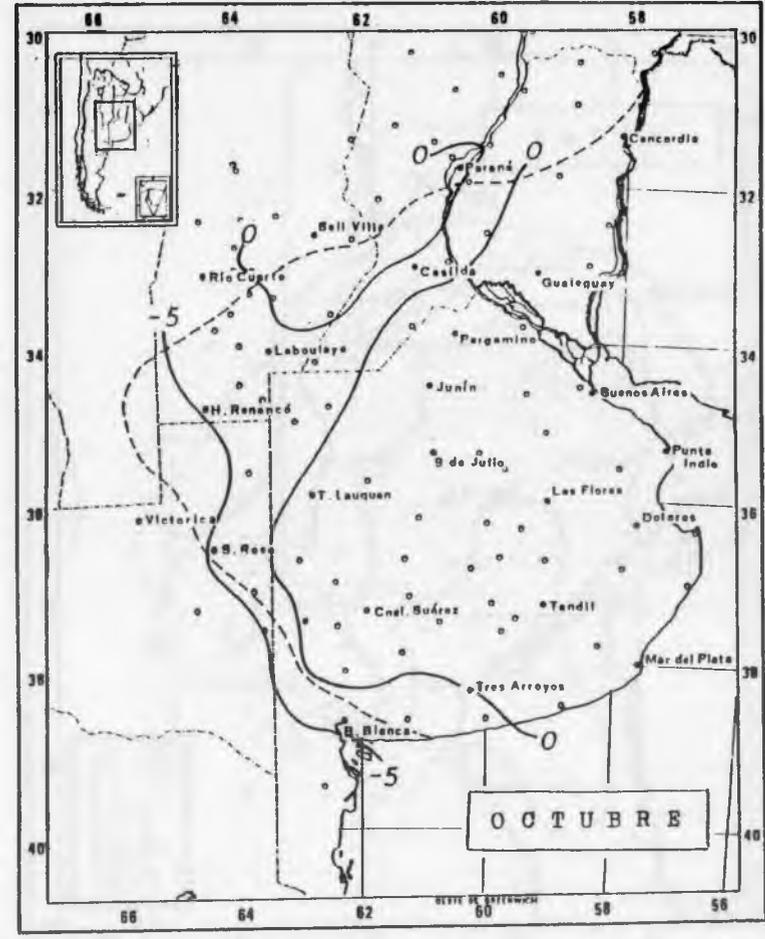
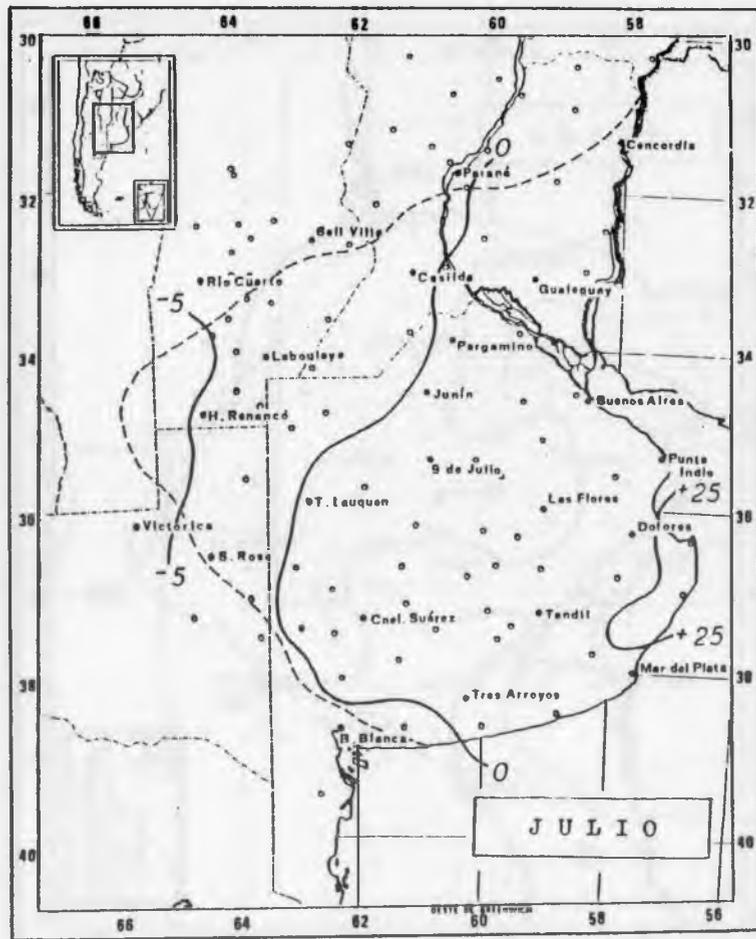
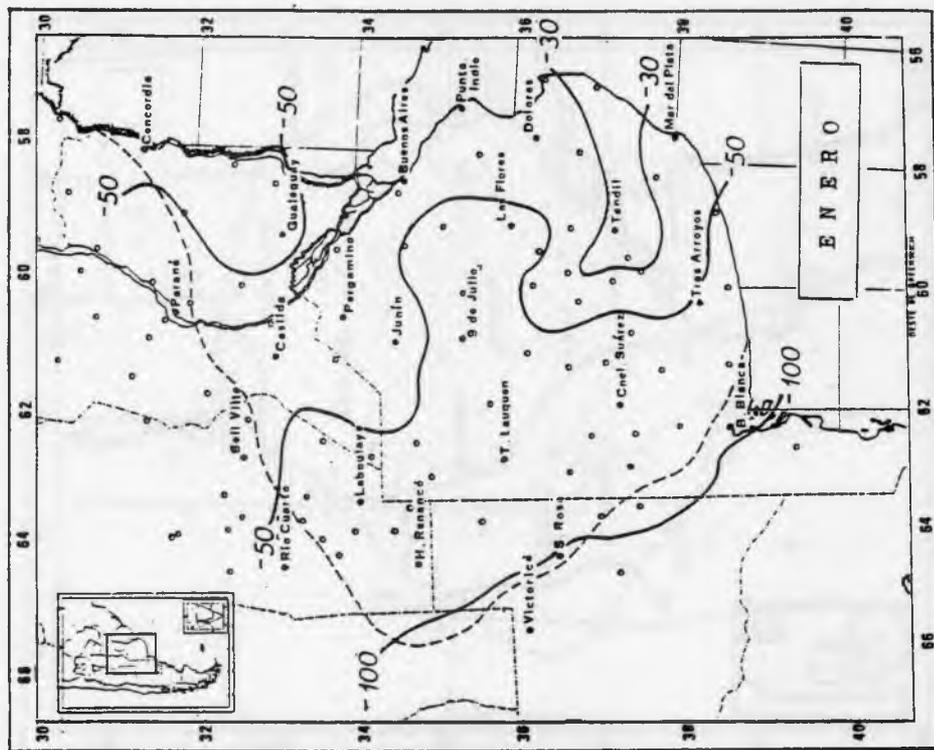
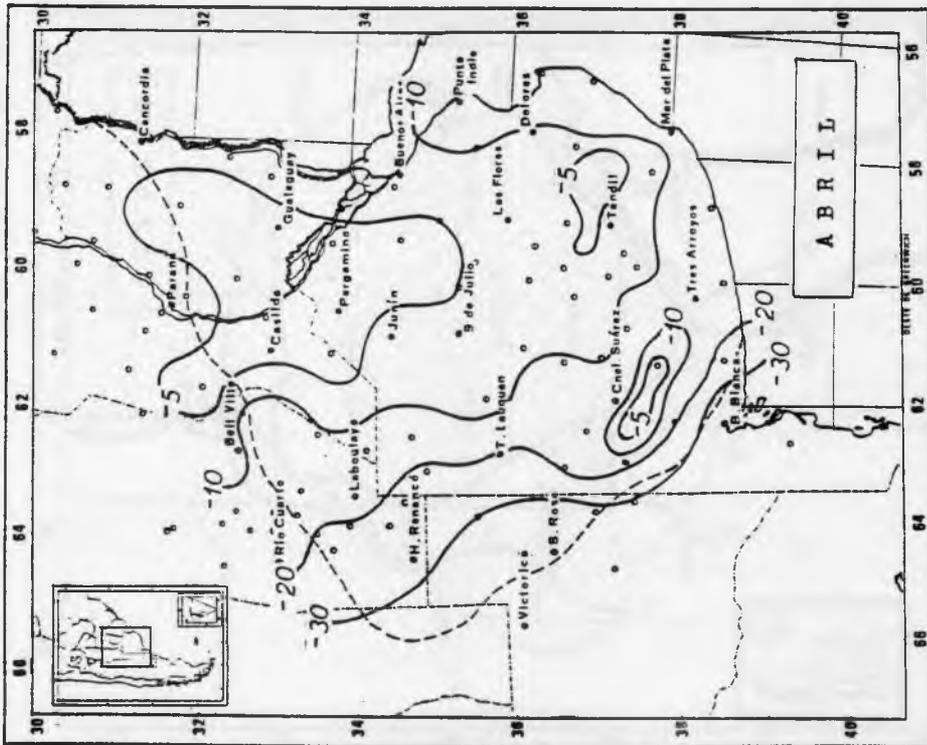


Figura 8 : Situaciones hídricas probables en el 50% de los años ($p=0,50$) en la región pampeana para los meses de: enero, abril, julio y octubre (Pascale y Damario, 1983).



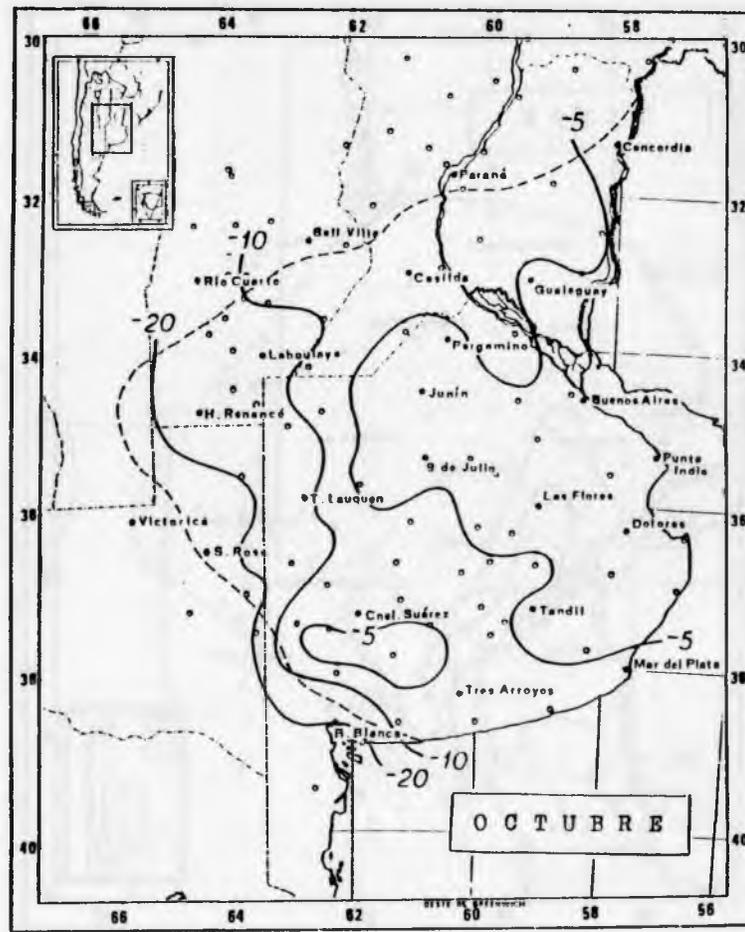
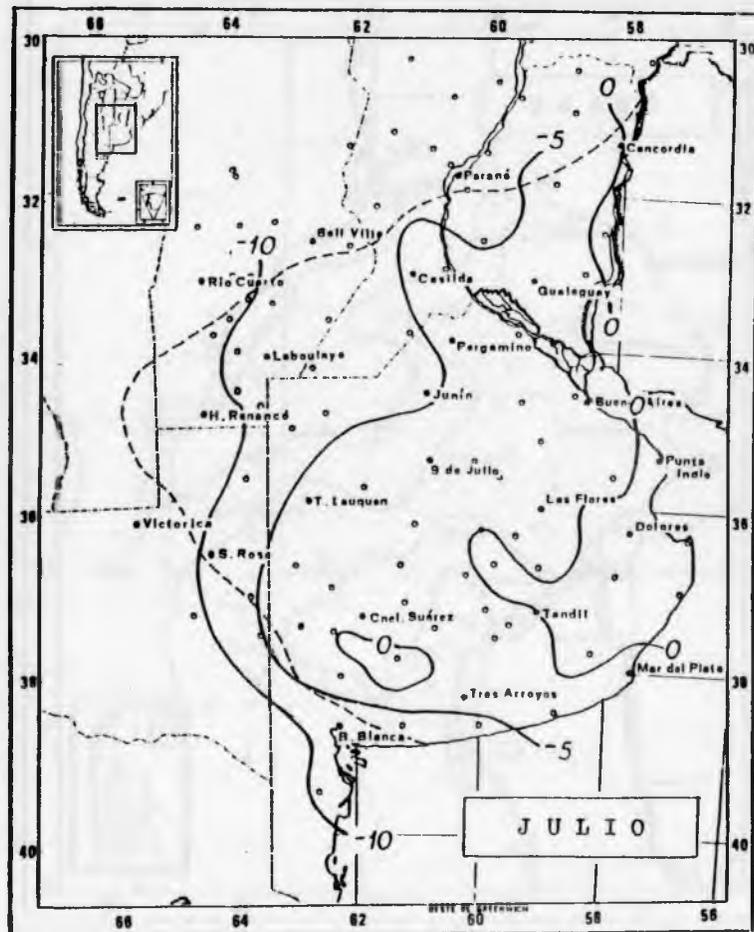
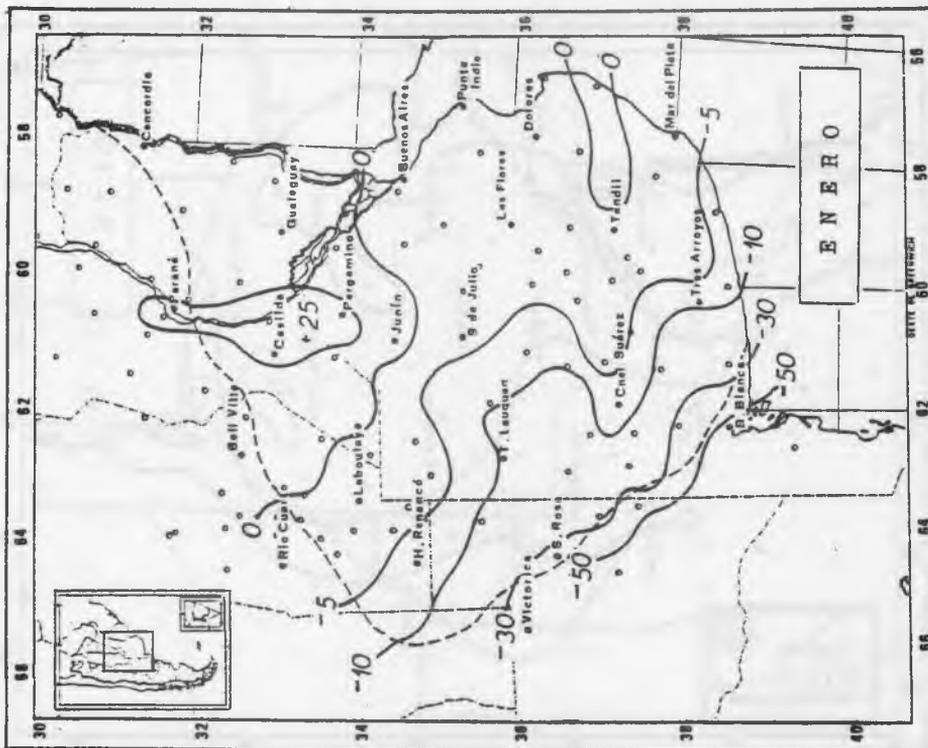
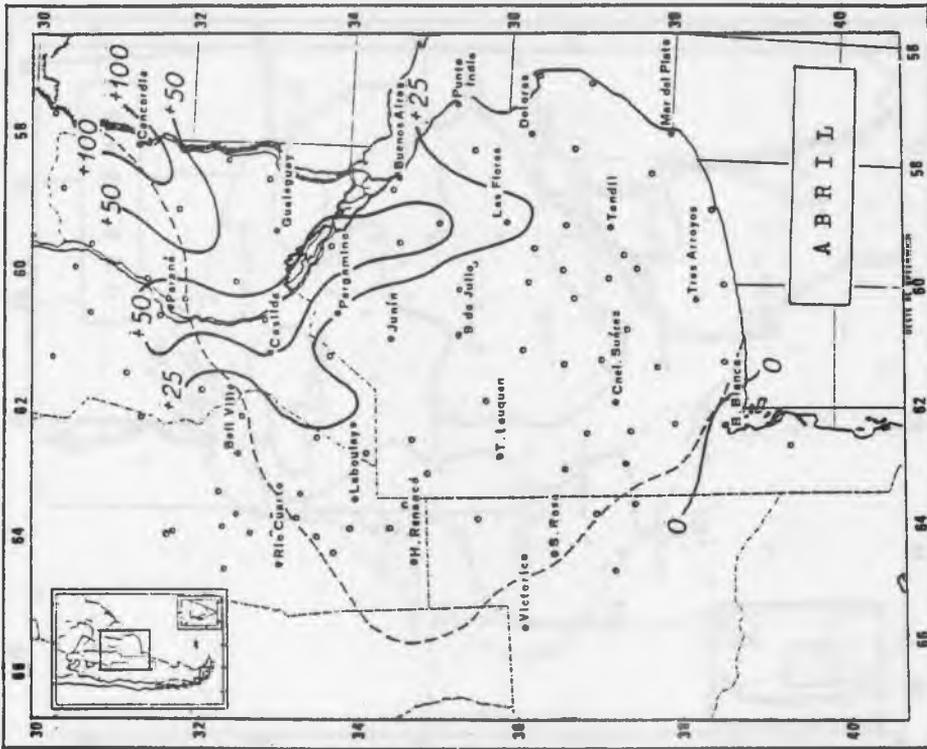


Figura 9 : Situación hídrica con $p= 0,20$ en los meses de enero, abril, julio y octubre. En uno de cada cinco años puede esperarse menor humedad que la indicada por las isolíneas. (Pascale y Damarío, 1983).



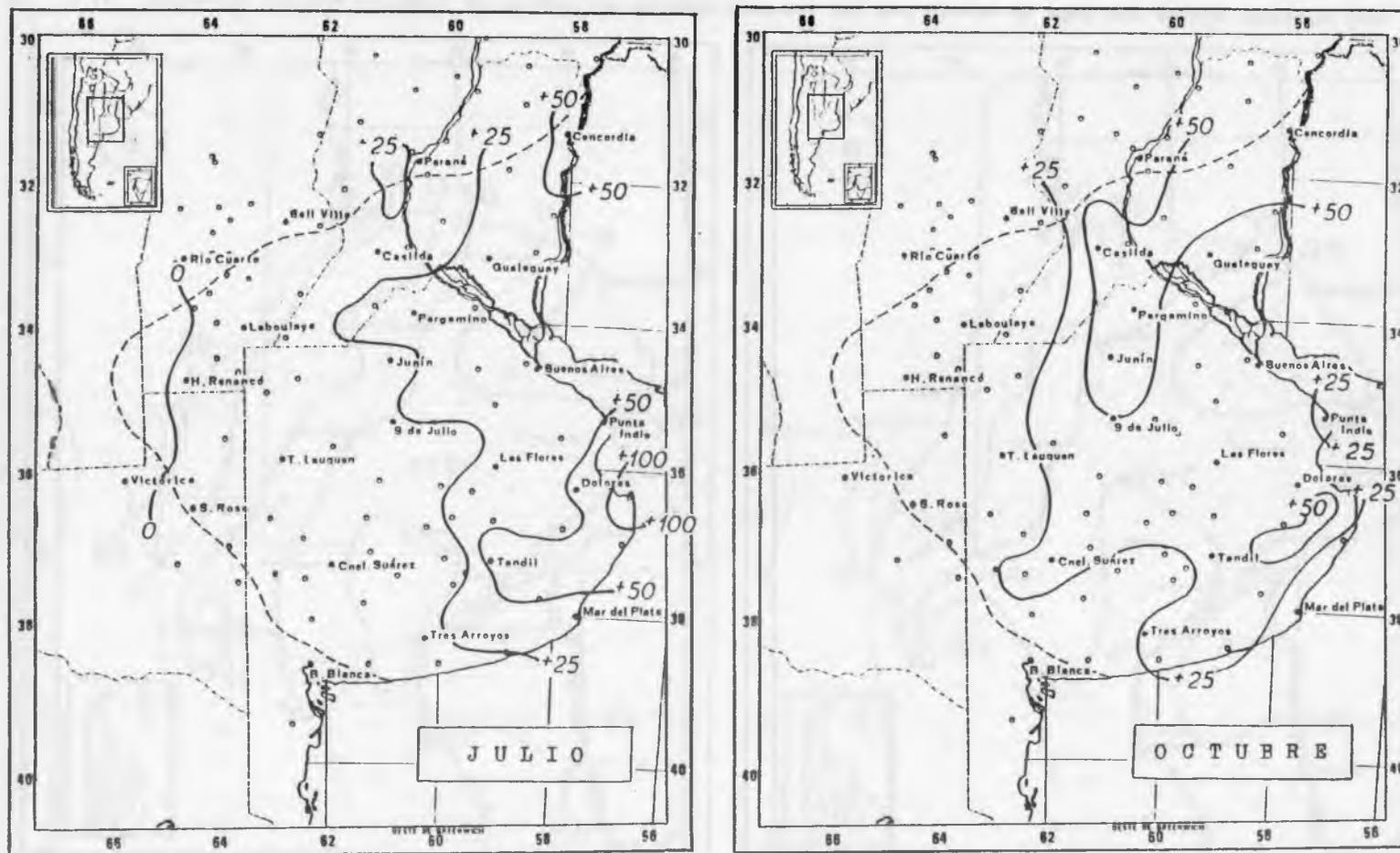


Figura 10 : Situación hídrica con $p = 0,80$ en los meses de enero, abril, julio y octubre. En uno de cada cinco años puede esperarse mayor humedad que la indicada por las isolíneas. (Pascale y Damario, 1983)

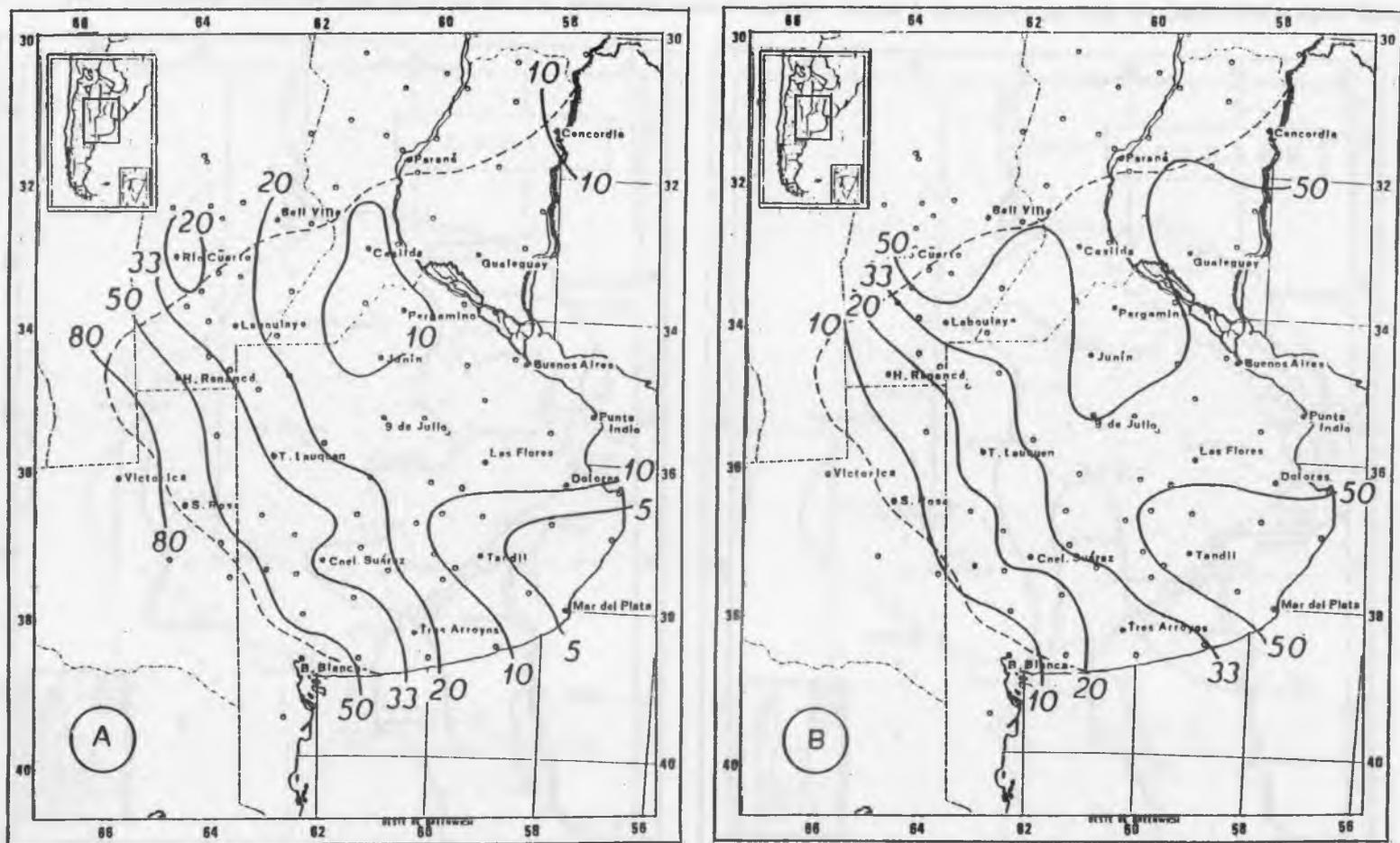


Figura 11 : Condición hídrica estimada en el período diciembre-marzo: (A) Por ciento de años con sequía absoluta (sin agua útil);(B)Por ciento de años sin sequía (humedad de suelo superior al 50% del agua útil) (Damario y Pascale, 1987)

tal fin, los cultivares y la época de siembra para maíz, girasol y sorgo deben elegirse de forma que el panojamiento y la floración, etapas críticas con relación al agua, ocurran antes o después del período con mayor probabilidad de deficiencias. Menor regulación puede hacerse con el cultivo de la soja, cuya particular exigencia fotoperiódica impide variar mucho la época normal de siembra (Pascale, 1969b).

La maduración de estos cultivos requiere condiciones de escasa humedad edáfica y atmosférica que favorezcan el paulatino desecamiento de los granos y permitan su oportuna recolección. Estas condiciones, a fines de verano-principio de otoño, generalmente acompañan a los cultivos de siembra temprana, pero no sucede lo mismo con los de siembras tardías, cuyas madura-

ciones y cosechas coinciden con pleno o avanzado otoño, cuando normalmente las condiciones se presentan húmedas en exceso. Obsérvese que la Figura 8 B muestra al mes de abril con equilibrio hídrico en el 50% de los años, situación que cambiará a condiciones de mayor humedad en los meses siguientes, como consecuencia de la disminución evapotranspiratoria. Ya en el mes de abril, principio de otoño, los excesos de agua comienzan a ser importantes para estos cultivos en uno de cada cinco años (Figura 10B), especialmente en el N de la región donde es frecuente que los cultivos de girasol y soja de maduración tardía sufran problemas por excesos de agua (enfermedades, imposibilidad de cosecha mecánica, volcamiento de plantas, etc.) que afectan la calidad y cantidad de la producción (Pascale, 1969b).

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARGENTINA, SMN. 1958. *Estadísticas climatológicas, 1941-50*. Pub. B1 N° 3. Buenos Aires.
- 2) ARGENTINA, SMN. 1963. *Estadísticas climatológicas, 1951-60*. Pub. B1 N° 6. Buenos Aires.
- 3) ARGENTINA, SMN. 1981. *Estadísticas climatológicas, 1961-70*. Serie B N° 35. Buenos Aires.
- 4) BURGOS, J.J. 1952. *El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales*. *Meteoros*, 2(3-4):215-242. Buenos Aires.
- 5) BURGOS, J.J. 1963. *Las heladas en la Argentina*. Colección Científica del INTA. Tomo III, 388 pág. Buenos Aires.
- 6) BURGOS, J.J. 1969. *Clima de la provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo*. En: Cabrera, A.L. "Flora de la Provincia de Buenos Aires". Tomo I: 33-99, Buenos Aires.
- 7) BURGOS, J.J. y A.L. VIDAL. 1951. *Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite*, *Meteoros*, 1(1):3-32.
- 8) CABRERA, A.L. y A. WILLNIK. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. O.E.A., 120 pág. Buenos Aires.
- 9) DAMARIO, E.A. 1969. *Carta estimada de horas de frío de la República Argentina*. *Rev. Fac. Agro. y Vet. de Bs. As.*, 17(2):25-38. Buenos Aires.

- 10) DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1971. Estimación de sumas de temperaturas efectivas normales para estudios agroclimáticos. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Bs. As.*, 15(3):109-124.
- 11) DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1974. Agroclimatología de las disponibilidades calóricas en la Argentina. *Rev. Fac. Agr. La Plata.*, 50(1-2):103-126. La Plata.
- 12) DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1980. Intensidad y variabilidad de las temperaturas extremas en la Argentina. *Rev. Fac. Agr.*, 1(3):121-132. Buenos Aires.
- 13) DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1984. Fechas medias estimadas de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos en la Argentina. *Rev. Fac. Agr.*, 5(3):193-211. Bs. As.
- 14) DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1987. Deficiencias hídricas estivales para los cultivos extensivos en la región pampeana. III Reunión Argentina de Agrometeorología, Vaquerías (Córdoba), 9-12/III/87. *Actas*, 1:125-131.
- 15) FORTE LAY, J.A. y J.J. BURGOS. 1978. Verificación de métodos de estimación de la variación del almacenaje de agua en suelos pampeanos. La sequía y el Hombre. Taller Argentino-Estadounidense sobre sequías. Mar del Plata. Argentina. Ed. J.J. Burgos. CONICET. y N.S.F. Washington USA. p. 162-180. 1983.
- 16) PAPADAKIS, J. 1975. *Climates of the World and their potentialities*. Ed. por el autor. 200 p. Bs. As.
- 17) PARODI, L.P. 1947. La Estepa Pampeana. En: *Soc. Arg. Est. Geogr. "Geografía de la República Argentina" III*: 147-207. Buenos Aires.
- 18) PASCALE, A.J. 1953. Mapa fenológico del maíz en la República Argentina. *Meteoros.*, 3(4):383-394, Buenos Aires.
- 19) PASCALE, A.J. 1969(a). Requerimientos bioclimáticos de trigos argentinos. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Bs. As.*, 17(2):7-17.
- 20) PASCALE, A.J. 1969(b). Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Bs. As.*, 17(3):31-48.
- 21) PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1954. El Índice Heliotérmico aplicado a los trigos argentinos. *Meteoros*, 4(3):129-157. Buenos Aires.
- 22) PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1961. Agroclimatología del cultivo de trigo en la República Argentina. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Bs. As.*, 15(1):3-119. Buenos Aires.
- 23) PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. *Rev. Fac. Agr. La Plata.*, 53(1-2):15-34. La Plata.
- 24) PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1983. Variación del agua edáfica disponible para los cultivos en la región oriental de la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía*, 4(2):141-181.
- 25) PROHASKA, F. 1952. Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos. *Meteoros*, 2(1-2):68-71. Buenos Aires.
- 26) THORNTON, 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. Centerton, N.J., USA.