

EL CLIMA DE LA REGION NORESTE
DE LA REPUBLICA ARGENTINA
EN RELACION CON LA VEGETACION
NATURAL Y EL SUELO

Por Juan J. Burgos *

I. - INTRODUCCION

En el presente trabajo se trata de describir el clima del Noreste Argentino sobre la base de los elementos que más relación tienen con la formación de los suelos y con los grandes tipos de vegetación natural. Además, se analizan los factores que determinan sus características y se muestra el grado de ajuste que alcanzan en ese ámbito geográfico, los diferentes modelos fito y edafoclimáticos que se pueden hallar en la bibliografía actual. Se considera, como es lógico, que este ajuste no puede ser perfecto por cuanto, tanto el suelo como la vegetación natural, si bien han evolucionado bajo las condiciones del clima actual, tienen sobre ellos el peso del clima de épocas pasadas de cuyos elementos no poseemos registros auténticos. Sin embargo, cuando estos modelos son racionales, tienen la utilidad de mostrar la ubicación relativa de los climas locales en la dinámica de las formas de suelo y vegetación que ostentan. De ellos, por lo tanto, se pueden deducir normas de manejo y explotación que permiten su conservación y mejoramiento.

Varias razones han fijado los límites del presente estudio a la región, un tanto imprecisa del Noreste Argentino. En primer lugar, el interés de la Sociedad Argentina de Botánica que programó los trabajos de este volumen para el mismo dominio geográfico. Pero también debe reconocerse que la región tratada es parte, y continuación hacia el Norte, de la gran región Pampeana Argentina que forma con ella una gran unidad de climas húmedos, subhúmedos y semiáridos con un origen común en la actividad del anticiclón del Atlántico sur, y cuya producción agropecuaria y forestal depende exclusivamente de la precipitación. El límite occidental de esta región lo constituye la inversión del balance de agua a valores negativos que determina los climas semiáridos y áridos del centro y oeste del país, parcialmente distintos en su génesis pero muy diferentes en sus consecuencias.

La metodología seguida en esta descripción es análoga a la adoptada en el ensayo aplicado al espacio de la provincia de Buenos Aires y publicado en la obra "Flora de la Provincia de Buenos Aires", dirigida por el Dr. Angel L. Cabrera (Burgos, 1969) y re-

* Profesor titular de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires.

cientemente editada por el INTA. Por esta razón, no se repetirán aquí algunas consideraciones teóricas que se hicieron en aquel trabajo del cual éste es una continuación. También aquí, la información básica utilizada ha sido, en su mayor parte, la climatológica convencional disponible.

II. - FACTORES DEL CLIMA DEL NORESTE ARGENTINO

1. Latitud

La región noreste del país, tratada aquí, se extiende aproximadamente entre los 24 y 34° Lat. S. y los 54 y 63° Long. W de G. Estas coordenadas ubican el área en estudio en la característica región subtropical de la zona templada. La duración del día más largo y más corto del año en el extremo norte es de 13 h 35' y 10 h 40', respectivamente y en el extremo sur de 14 h 25' y 9 h 40'. Estos valores significan una diferencia de duración del período diurno en el año de 2 h 55' en el norte y 4 h 45' en el sur.

La relativamente pequeña diferencia en la duración del día que existe entre el invierno y el verano contribuye, en buena medida, a disminuir la amplitud de los extremos anuales de la temperatura, como se verá en III, 2, y al carácter subtropical de su régimen.

2. Continentalidad - Oceanidad

Este importante factor del clima tiene, en la amplia porción tratada de la Argentina, las características comunes a los más extensos territorios de los continentes del Hemisferio Sur. La preponderancia de las masas oceánicas se manifiesta en forma notable aún en la faja latitudinal hemisférica que ocupa la región estudiada en donde además, como se dijo anteriormente, tiene poco contraste la duración relativa de los períodos diurnos y nocturnos entre invierno y verano. Así, la mitad norte de esta faja de latitud en el Hemisferio Sur, está constituida por masas oceánicas en un 75 % y la mitad sur por un 84,2 %, mientras que en el Hemisferio Norte, los valores correspondientes son: 65,2 y 57,7 %.

3. Relieve

La región que abarca este estudio ocupa la parte más baja y llana de la cuenca media e inferior de los ríos Paraná y Uruguay y la consecuencia más notable de esta característica sobre su clima es la de permitir la libre circulación de las masas de aire en dirección N-S. Al oeste del Paraná, que constituye el eje central N-S de

la región, los campos son relativamente llanos y aumentan de altura paulatinamente hacia ese rumbo. En cambio, al Este se encuentra la Mesopotamia Argentina cuyo relieve es comparativamente más accidentado. En la provincia de Entre Ríos y parte de Corrientes domina el paisaje un tipo de ondulación de escasa altura que alcanza su máxima expresión en las cuchillas Grande y de Montiel con alturas que oscilan entre 100 y 200 m. Esta morfología facilita el escurrimiento de los excesos del agua que provoca el clima más húmedo de la mitad oriental del territorio pero, como es lógico suponer por su escasa altura, no tiene influencia muy marcada sobre el campo macroclimático de la temperatura y la precipitación. La provincia de Corrientes es, en parte, más llana y ello se revela en la formación de áreas con pantanos y esteros, algunas de gran extensión y permanencia como las del Iberá, que acumulan los escurrimientos superficiales de regiones más extensas sin desagües suficientes.

En el extremo que forma la provincia de Misiones, el relieve accidentado adquiere su máxima expresión en las sierras de Misiones y de Victoria; pero estas ondulaciones que llegan a altitudes de 500 a 800 m son las últimas consecuencias de los plegamientos que más hacia el Este y Norte constituyen las sierras de la Fartura y do Mar, en el sur de Brasil con elevaciones de hasta 2000 m. El relieve de Misiones tiene ya una influencia marcada sobre los elementos del régimen término y también sobre las precipitaciones. Como en Entre Ríos, y en la mitad sudeste de Corrientes, en esta provincia los declives facilitan el escurrimiento de los mayores excesos de agua que soportan.

Los accidentes hidrográficos más importantes, en la mitad occidental de la región, son los ríos alóctonos como el Pilcomayo y Bermejo que nacen en las vertientes orientales de los Andes y del Aconquija y desembocan en el Paraguay; el Salado que con el mismo nacimiento desemboca en el Paraná; y el Carcaraná que conduce al mismo río agua desde las sierras de Córdoba y San Luis. Es decir que la parte occidental en estudio contribuye a los caudales del Paraná con muy escasos y ocasionales escurrimientos. También aquí debe mencionarse la cuenca sin desagüe cuyo fondo forma la laguna Mar Chiquita, con escurrimientos del Aconquija y de las sierras de Córdoba, y que por hallarse en una región con balance de agua negativo, origina una salinidad elevada, tanto en los suelos de la cuenca como en las aguas de la laguna.

En la mitad oriental del territorio estudiado donde el clima es más húmedo, el relieve accidentado facilita un rápido escurri-

miento en casi toda su extensión. El relieve divide aquí el desagüe sobre dos vertientes bien definidas en las provincias de Entre Ríos y Misiones mientras que, en la región más llana del noroeste de Corrientes, se expresa una cuenca con desagües impedidos, compuesta por campos bajos anegados y esteros cuyo centro es la laguna del Iberá ya referida. El balance hidrológico positivo de esta parte del territorio es la causa de la abundancia de suelos hidromórficos ácidos y del carácter dulce de sus masas de aguas superficiales. Los elementos más importantes de este sistema hidrográfico son los ríos Santa Lucía, Corrientes, Guayquiraró y Gualaguay que afluyen al Paraná. Sobre el Uruguay desaguan los ríos Pepiriguazú, Agüapey, Miriñay y Gualaguaychú.

Esta hidrografía tiene poca influencia macroclimática, como no sea la leve deformación del campo térmico en invierno, a lo largo de las considerables y relativamente cálidas masas de agua que se acumulan sobre los grandes ríos Paraná y Uruguay y fluyen hacia el sur; o la uniformidad zonal de la temperatura estival en Corrientes y parte de Santa Fe, Entre Ríos y Chaco. El incremento de las precipitaciones hacia el Este que coincide con el aumento de la evapotranspiración real, por la mayor disponibilidad de agua superficial y la disminución de su salinidad, son hechos asociados que aún no se ha probado en cuanto pueden ser, cada uno, causa y efecto.

Todo lo dicho anteriormente no significa restar importancia al efecto del relieve como factor del microclima. Este existe y es particularmente importante en la región mesopotámica donde las ondulaciones ofrecen la más variada gama de exposiciones a la radiación solar y al viento. Los distintos tipos de circulación superficial del aire que se originan durante el día y la noche, si bien escapan a la observación climatológica convencional tienen consecuencias prácticas sobre el balance de energía de su superficie y el régimen de evaporación-condensación.

4. Naturaleza física de la superficie.

El carácter físico de la superficie es un factor climático de gran importancia en la región debido a la gran variación que manifiesta, especialmente en el sentido E-W.

Si se considera, en primer término, las condiciones que determinan la absorción de la energía de onda corta provista por la radiación solar directa y difusa, se puede afirmar en términos generales que es mayor en la mitad oriental del territorio estudiado.

La parte oriental, por ser en general más húmeda, tiene vegetación más verde, con mayor humedad en sus tejidos, que cubre proporcionalmente mejor el suelo y durante períodos más largos que en la occidental. Ya se vio en los valores de albedo que se recopilaron para ilustrar el trabajo sobre el clima de la provincia de Buenos Aires (Burgos, 1969), que la superficie del suelo en estas condiciones absorbe del 25 al 50 % más radiación que las superficies con suelo seco, con vegetación o sin ella, y que cuando una misma superficie está mojada por precipitaciones absorbe del 25 al 500% más que esa misma superficie seca.

La capa superior del suelo puede considerarse como un elemento de su superficie, puesto que su acción está íntimamente ligada a ésta. La penetración, almacenaje y, en último término, el intercambio de energía entre el suelo y el aire, dependen de las propiedades calóricas de esta capa, que a la vez son una consecuencia de sus características físico-químicas. El calor específico, la conductibilidad calórica y la densidad aparente del suelo son variables directamente proporcionales a la capacidad de almacenaje de energía del suelo y sus magnitudes dependen, principalmente, de un carácter más o menos fijo como la textura y de otro muy variable en el espacio y en el tiempo, como su contenido de agua.

La naturaleza físico-química de los suelos del Noreste Argentino, que determina su textura, acompaña en forma lógica la distribución de sus tipos genéticos y su conjunto muestra una variación armónica en el sentido E-W. En las áreas bien drenadas de la región más húmeda oriental, se encuentran desde los suelos Pardo rojizos lateríticos o ferrolíticos, en el Norte hasta los Pardos grisáceos podsólicos, Grumosoles y Brunisem con B textural, más al Sur. En áreas menos drenadas, los fenómenos de hidromorfismo manifiestan suelos Planosoles, Gley húmicos y pantanosos.

En la mitad occidental, el clima semiárido y árido, va determinando una gradación de tipo de suelo que está de acuerdo con la intensidad de los fenómenos de aridez. Así, a los suelos Brunisem, en los cuales ya no aparece el horizonte iluvial denominado "B textural", suceden los suelos Castaños, franco arenosos y en partes los Castaños rojizos y regosólicos, los Pardos rojizos y Pardos regosólicos. En esta parte de la región, los suelos con drenaje impedido se manifiestan como suelos aluviales y halomórficos que a veces forman extensas áreas salinas con suelos Solonetz, Solonetz solodizados y Solonchak, como se explican en el trabajo que corresponde a suelos de esta misma publicación (Bonfils, 1970).

Los suelos de la porción oriental son por lo tanto, y en general, de texturas más finas y de mayor contenido de agua que los de la porción occidental, y si se tiene en cuenta las constantes calóricas de este tipo de suelos que ya se mencionaron en el trabajo sobre la provincia de Buenos Aires, se puede concluir que a través de ellos fluye de 4 a 10 veces más calor durante la mayor parte del año, que en los suelos más secos de la porción occidental. Además, el mayor contenido de humedad y la mayor densidad aparente de los suelos de la mitad oriental de la región estudiada, permite estimar aproximadamente que su capacidad calórica por unidad de volumen, es el doble de la correspondiente a los suelos más áridos de la región occidental. Pero, como se puede suponer que la profundidad de atenuación de la variación de la temperatura es alrededor del doble en los suelos de la parte oriental, resulta que la capacidad calórica de la columna de suelo que intercambia energía con el hemisferio exterior, es aproximadamente cuatro veces mayor en los suelos húmedos y más compactos del Este.

De lo dicho puede deducirse que el carácter físico de la superficie del suelo de la región, considerada en ella su capa más superficial, tiene un marcado efecto climático sobre el campo de la temperatura del aire, y por intermedio de éste sobre el movimiento de los estratos bajos de la atmósfera. Así, en la parte oriental de la región, la mayor absorción de la energía y su mayor capacidad calórica determinan una menor temperatura de la superficie en las horas de máxima y una mayor en las horas de mínima. Con ello, durante el día, y en el verano los gradientes de temperatura en la baja atmósfera serán menores y menor su turbulencia térmica, evaporación y la difusión del CO₂. De noche y en invierno, en cambio, las temperaturas más elevadas originan gradientes mayores con menos riesgo de formación de fuertes inversiones y de heladas, en el semestre frío del año. Es decir que como resultado de este efecto la continentalidad y el clima extremo y riguroso resulta menos frecuente en la parte oriental más húmeda de la región estudiada. Gran parte de estas consecuencias pueden observarse en los mapas del régimen térmico que ilustran los párrafos correspondientes de III, 2.

5. Distancia al mar

No obstante que este factor climático, diferenciado del de continentalidad y oceanidad ya referido, es frecuentemente mencionado en los trabajos topo y mesoclimáticos, podemos afirmar que su influencia en la región estudiada es prácticamente nula.

En general, el efecto de la proximidad del mar queda circunscripto a unos pocos kilómetros de la costa. Su acción se nota por el cambio que provoca en las condiciones térmicas y de humedad de la capa más baja de la atmósfera (\sim 500 m de altura) y que se transporta por el ritmo diario de la circulación local hacia el interior de los continentes. Cuando el continente consigue transformar, por turbulencia y radiación, la base inferior de la masa de aire marítimo que penetra sobre él, la consecuencia de la proximidad del mar cesa y sólo puede quedar un efecto oceánico en las capas más altas no influenciadas por la superficie, como el que ya fue tratado en II, 2.

De este modo, la auténtica influencia de la proximidad del mar prácticamente no se manifiesta en la región estudiada, cuyo límite oriental se encuentra entre 500 y 700 kilómetros alejado de éste, a pesar de que el influjo de la oceanidad hemisférica resulte evidente, por el contrario, sobre todo su territorio.

6. Circulación general y regional de la atmósfera

La circulación planetaria o general afecta el territorio estudiado en forma notable. Aquí, como en el resto de la gran depresión pampásica, la circulación regional en la tropósfera baja resulta de la actividad del flanco occidental del anticiclón del Atlántico sur, que enfrenta la del flanco meridional del anticiclón del Pacífico sur, libre de la sombra dinámica de la cordillera de los Andes. Además, contribuyen en esta acción las vaguadas y ciclones móviles que periódica y estacionalmente se desprenden de la gran faja de bajas presiones subantárticas y la baja térmica continental, cuyo centro con frecuencia se estaciona en la parte central oeste del país.

Durante el invierno, la desaparición de la baja térmica continental, su reemplazo por presiones continentales más altas y el desplazamiento del anticiclón del Atlántico sur hacia el NW, determina el predominio de la actividad del flanco meridional del anticiclón del Pacífico sur y de los ciclones y perturbaciones móviles que migran desde las bajas presiones subantárticas. Esta influencia es manifiesta aún en el extremo norte de la región estudiada. Por el contrario, durante el período estival, con la deriva hacia el sur de los sistemas de presión, el flanco occidental del centro anticiclón del Atlántico sur penetra hacia el SW y es activado por la baja térmica continental. Como consecuencia de esta moción, importantes masas de aire tropical penetran y cubren toda la región, desde el NE. Estas masas de aire al retroceder por el empuje periódico del aire

más frío del flanco meridional de la alta presión del Pacífico, producen las precipitaciones que a intervalos de 5 a 7 días benefician buena parte de la región.

En el cuadro N^o 1, se puede ver la frecuencia del pasaje de frentes fríos y calientes sobre dos localidades ubicadas en los extremos sur y norte de la región estudiada. Los valores corresponden a las localidades de Pergamino y Posadas y constituyen los promedios del período de 10 años, 1946-1955. En este caso, en forma diferente de la provincia de Buenos Aires, se ha adoptado la evaluación de frentes sobre dos localidades, por considerar que los dos extremos de la región noreste se distinguen, en su génesis climática, más profundamente que los análogos de aquella provincia. Por ello es que los valores del promedio de pasajes de frentes sobre ellas, resultan de menor magnitud que cuando se considera el pasaje sobre toda una amplia región geográfica como fue el conjunto de toda la provincia de Buenos Aires. Las diferencias que se notan sobre las dos localidades estudiadas, contribuyen a explicar el esquema de la circulación regional que se ha descrito.

Si se toma en cuenta el pasaje de frentes fríos se puede observar que éstos son más frecuentes sobre Pergamino (45,8 en el año), que en Posadas (37,7 en el año) y que la mayor actividad frontogénica de este tipo corresponde al período de primavera y comienzo del verano. Esto confirma que las masas de aire sobre la parte sur de la región noreste son potencialmente más frontogénicas cuando el anticiclón del Pacífico sur comienza su deriva hacia el Sur, y el del Atlántico inicia su expansión sobre esta parte del continente.

La actividad de los frentes fríos es menor en Posadas que en Pergamino en todo el año, y puede constatarse que en ambas localidades disminuye durante el fin del verano; otoño e invierno, o sea desde el máximo desarrollo del anticiclón del Atlántico sobre el continente, hasta su retroceso hacia las bajas latitudes.

Si por otra parte, se observan los valores del pasaje de frentes calientes, aún cuando en general son menos frecuentes que los frentes fríos, en Posadas resultan más conspicuos que en Pergamino. Este fenómeno ocurre en el norte de la región estudiada de 1 a casi 2 veces por mes en el período invernal y comienzo de primavera, mientras que su extensión a la parte sur puede ocurrir cada 2 meses y medio aproximadamente, sin una marcada prevalencia estacional. Este comportamiento confirma que la génesis del frente caliente radica en la actividad del anticiclón del Atlántico sur

CUADRO Nº 1

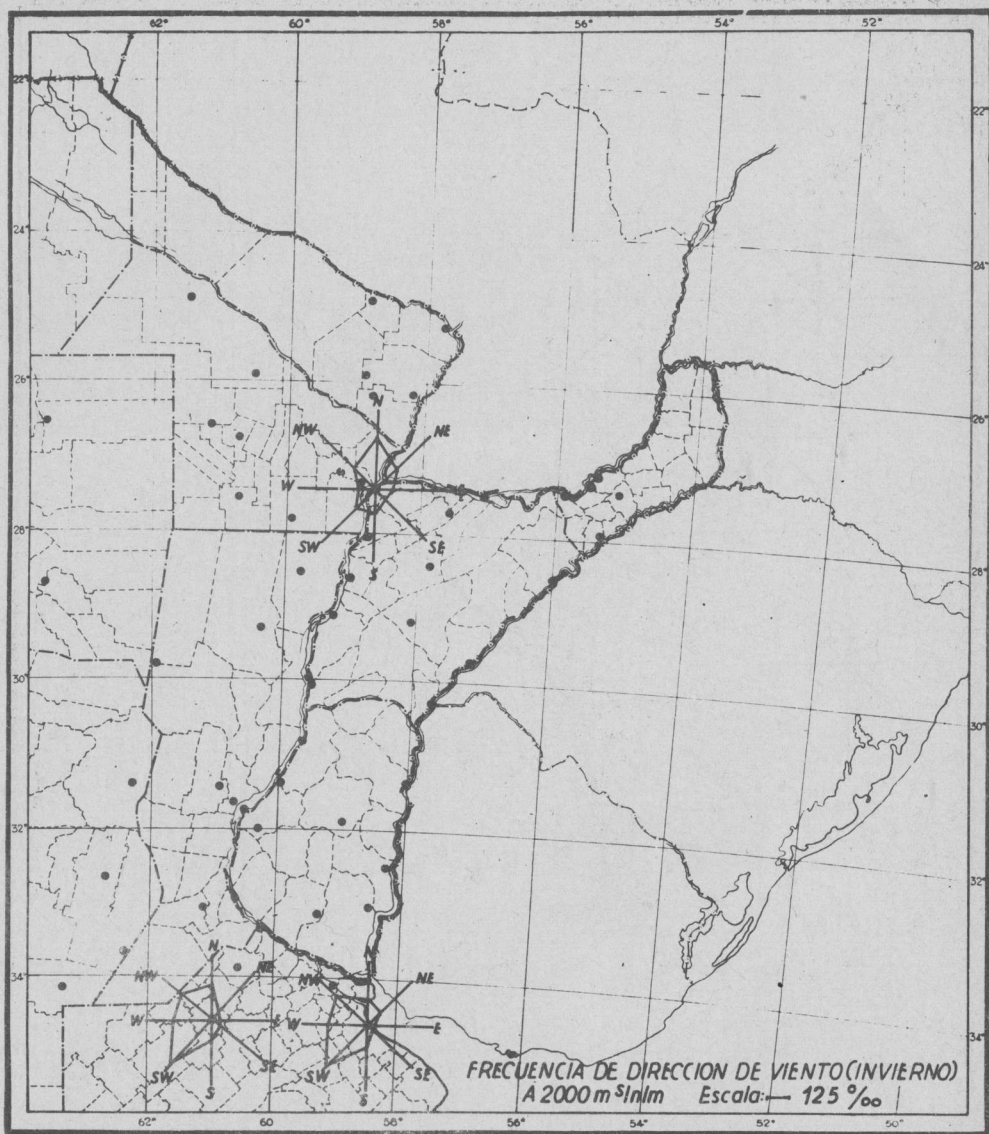
Número de frentes fríos y calientes que pasan sobre las localidades de Pergamino (Buenos Aires) y Posadas (Misiones). Valores mensuales y anuales promedio de 10 años (1946 - 1955).

PERGAMINO	Jul.	Agos.	Sct.	Oct.	Nov.	Dic.	Ener.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	AÑO
Frentes fríos	2.6	3.1	3.8	4.1	4.3	5.3	4.4	3.9	4.4	3.5	3.2	3.2	45.8
Frentes calientes	0.8	0.5	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2	0.5	0.7	0.2	0.4	0.2	4.8
Total	3.4	3.6	4.1	4.2	4.9	5.6	4.6	3.4	5.1	3.7	3.6	3.4	50.6
POSADAS													
Frentes fríos	2.8	3.1	4.2	3.8	3.7	3.2	2.6	3.2	2.9	2.5	3.0	3.5	37.7
Frentes calientes	1.4	1.9	1.1	1.8	0.5	0.7	0.6	1.1	0.8	0.5	0.6	1.2	12.1
Total	3.6	5.0	5.3	5.6	4.2	3.9	3.2	4.3	3.7	3.0	3.6	4.7	49.8

durante la época en que disminuye la afluencia de aire frío del Sur, y que sólo en sus empujes más notables llega a la parte meridional de la región estudiada. Los valores totales anuales de frentes fríos y cálidos sugieren que los cambios bruscos de tiempo ocurren en toda la región con una frecuencia que casi alcanza a la de la semana.

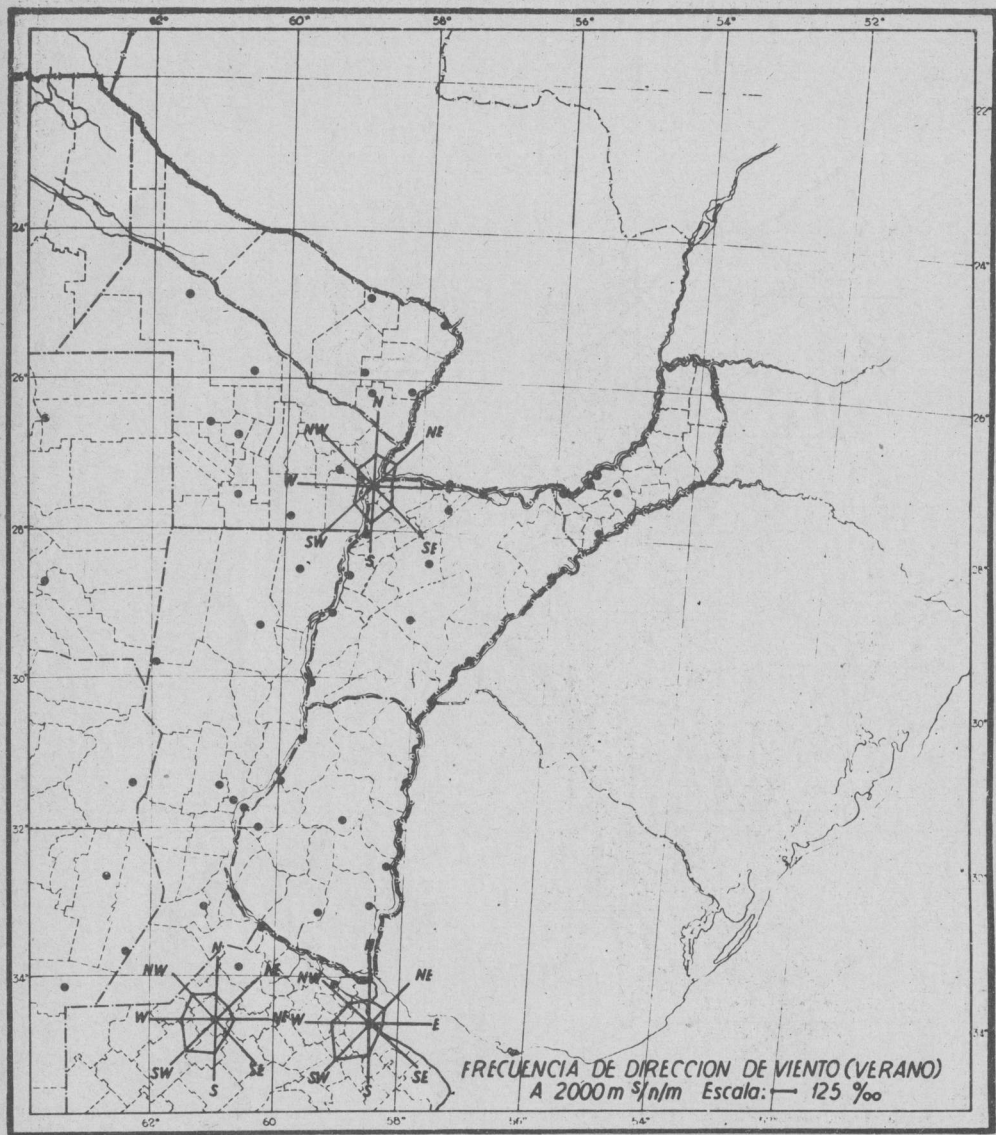
El régimen del viento en altura y en superficie, tal como se puede estudiar con los valores disponibles de frecuencias por direcciones, es otro elemento que contribuye a explicar el tipo de circulación regional referido. En la figura N° 1, a y b, se ha representado este régimen para una altura de 2.000 m sobre el nivel del mar, en invierno y verano, es decir aproximadamente en el límite superior de la capa convectiva de la tropósfera y fuera del alcance de la fricción terrestre. Se puede observar así que a esa altura y en el Norte resultan predominantes las direcciones N-S sin diferencias notables entre las estaciones extremas del año. En la parte sur de la región y a esa altura, en cambio, se nota una predominancia de vientos del SW y W que es mayor en invierno. En esta circunstancia se percibe el efecto remanente del flanco meridional del anticiclón del Pacífico en la parte sur de la región y el neto predominio en el norte del flanco occidental del anticiclón del Atlántico. La diferencia estacional marca, especialmente en la parte sur de la región, el aumento, en invierno, de la frecuencia de los vientos del W, SW, NW y N y una disminución en los rumbos S, SE y E, mientras que en el norte se muestra solo una muy escasa diferencia en las mismas direcciones.

La figura N° 1, c y d representan la frecuencia de rumbos del viento a 10 metros sobre la superficie de la estación, en el territorio estudiado. Estas distribuciones, cuando se comparan entre sí distintas localidades con valores que corresponden a un mismo intervalo de tiempo, manifiestan notablemente las características locales de la ubicación del anemómetro y a veces el factor personal de la observación, cuando el instrumento es de observación directa. Si se comparan, en cambio, las diferencias entre los valores de Julio y Enero, de las mismas localidades se puede notar, en forma independiente de la influencia local, las características de la circulación regional. Así, especialmente en el Sur y en el mes de Julio, se observa un aumento de la frecuencia de los vientos del W, SW y una disminución de los del SE y E, que en el Norte no es tan evidente, lo cual puede vincularse al mayor influjo estacional en Julio de los sistemas de presión del Pacífico y subantártico. Durante el mes de Enero, la situación es inversa y su causa puede vincularse al predominio de la circulación desde el Atlántico, estimulada por la depresión continental.

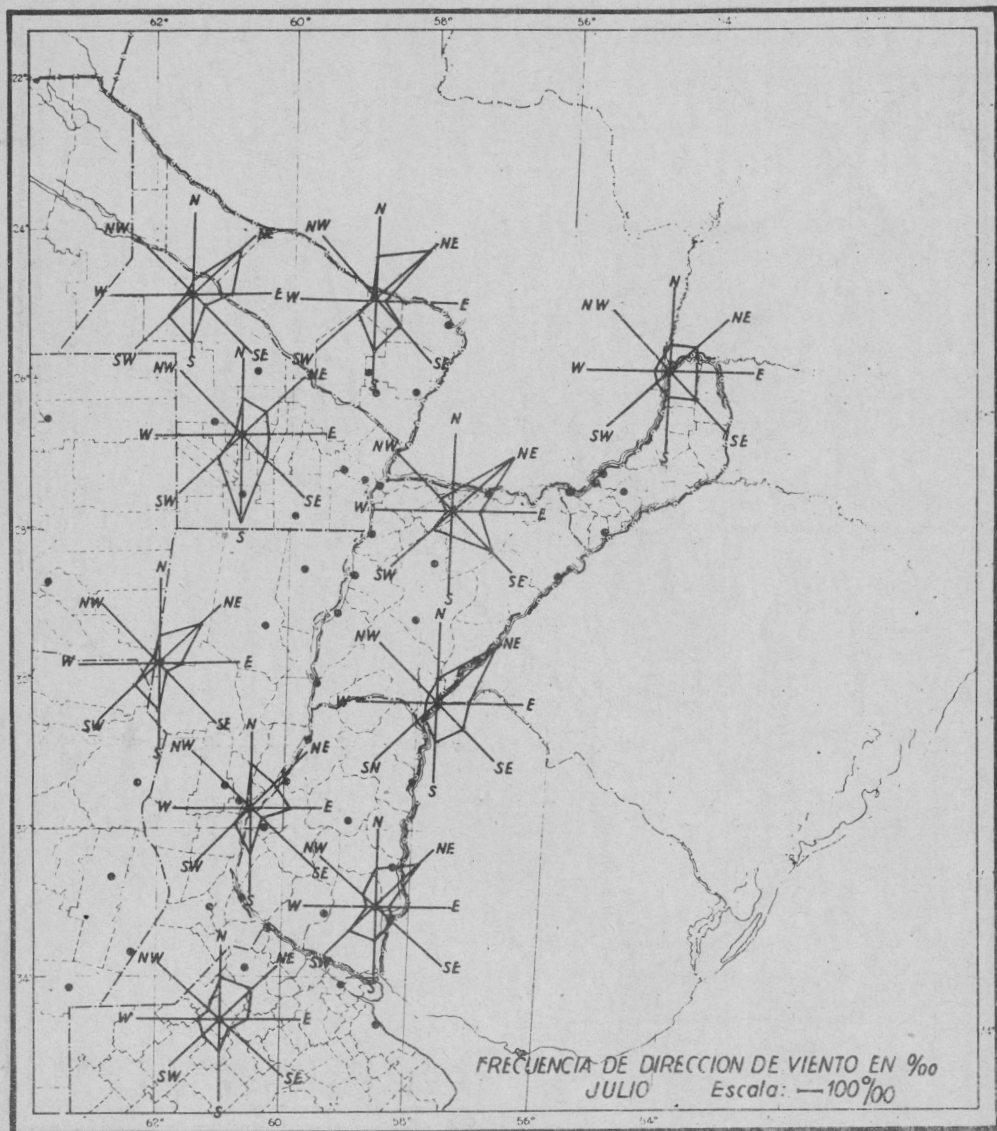


a

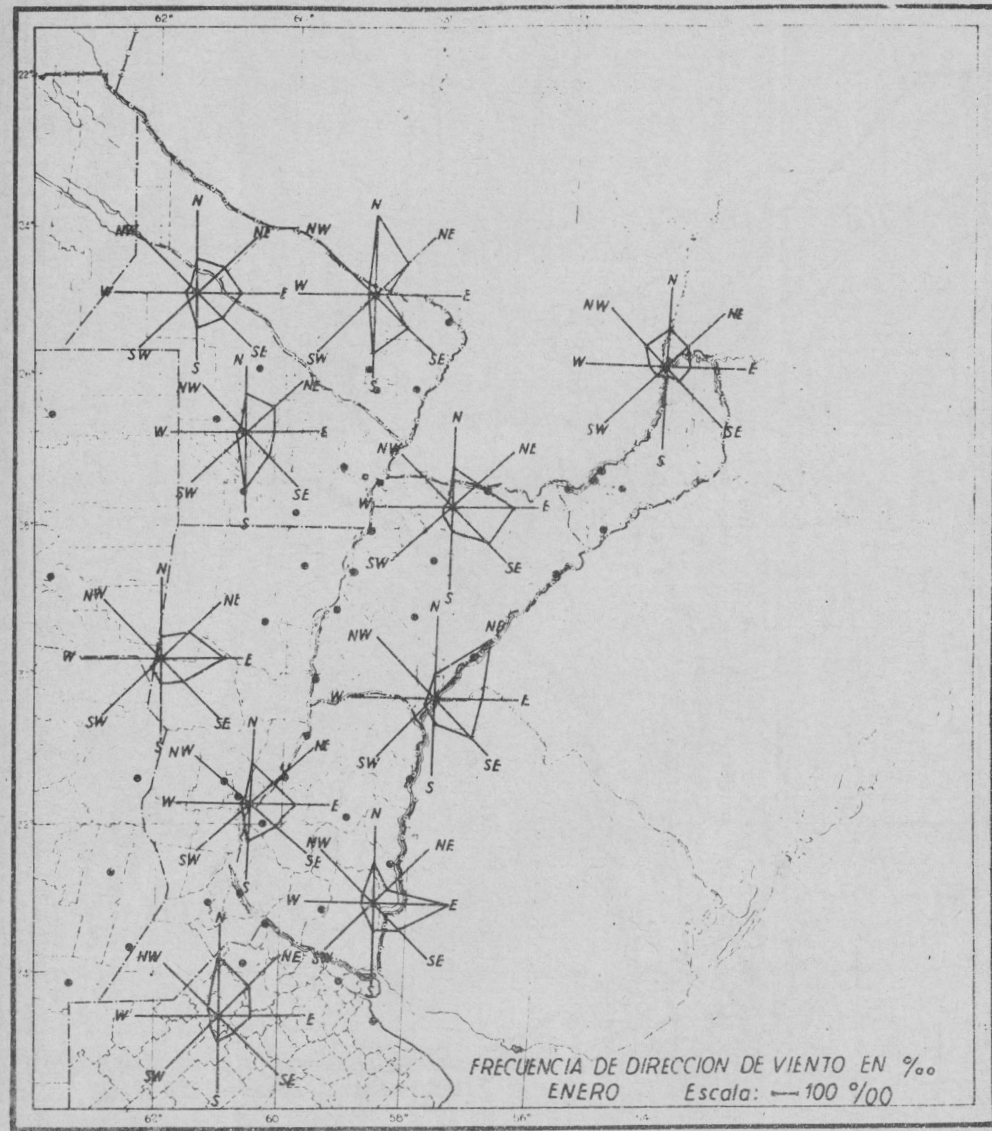
Fig. Nº 1. Régimen del viento. Frecuencia de direcciones: a y b, Invierno y verano; c y d, Julio y enero.



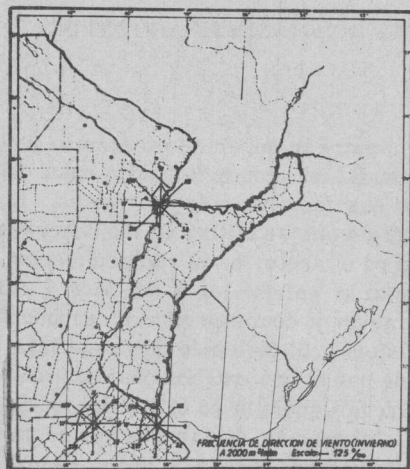
b



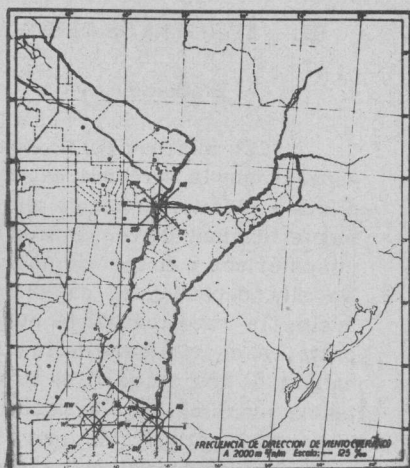
c



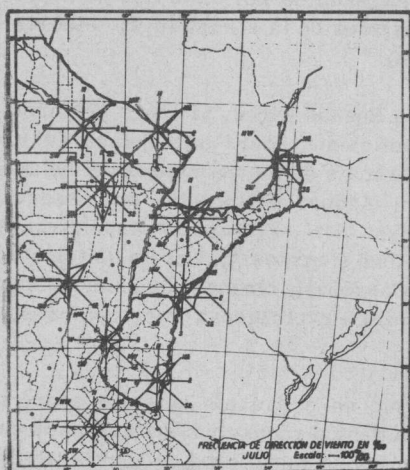
d



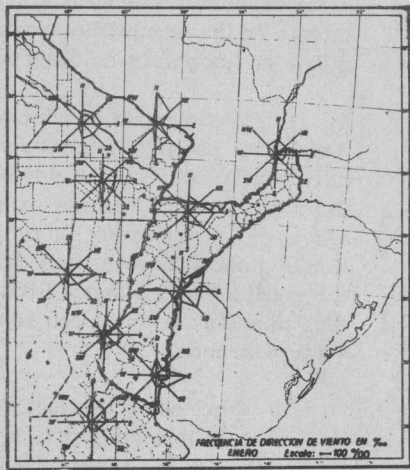
a



b



c



d

Fig. № 1. Régimen del viento. Frecuencia de direcciones: a y b, Invierno y verano; c y d, Julio y enero.

III. - ELEMENTOS CLIMATICOS DEL N. ORESTE ARGENTINO

1. Radiación

El intercambio de energía entre la superficie terrestre y el espacio que la circunda es, sin duda, el elemento fundamental del clima y al mismo tiempo uno de sus factores más relevantes. La fuente original de casi toda la energía que se utiliza en los procesos atmosféricos y en los que ocurren en el suelo, es la radiación solar. De ella dependen el calentamiento o enfriamiento del aire y del suelo, la magnitud de la evaporación y condensación y, en buena parte, el movimiento de la atmósfera. Si todo esto que significa el habitat de los seres vivos tiene de por sí una extraordinaria importancia bioclimática, se puede agregar que ella es utilizada, aunque en pequeña proporción, para la elaboración de las sustancias que componen el cuerpo de los vegetales en el proceso de la fotosíntesis y que éstos constituyen el sustento de la vida animal sobre la tierra. Por todas las razones expuestas anteriormente, resulta lamentable la ignorancia y desinterés que ha existido por este tipo de conocimiento en los organismos responsables de la climatología, especialmente en los países en desarrollo.

Como en la provincia de Buenos Aires, tampoco el Noreste Argentino posee información suficiente como para elaborar una cartografía con observaciones directas de los elementos del balance de radiación. Solamente existen algunos pocos años con observaciones de piranógrafo de radiación total (Q), algo interrumpidas en Resistencia (Chaco), Las Lomitas (Formosa), Loreto (Misiones), Concordia (Entre Ríos) y Pilar (Córdoba) y observaciones de balance de radiación, también con repetidas y prolongadas interrupciones en Pilar (Córdoba).

Por estos motivos, como en el trabajo anterior sobre la provincia de Buenos Aires, se ha debido recurrir a las estimaciones de Budyko (1963), cuyos fundamentos se expusieron en aquel trabajo.

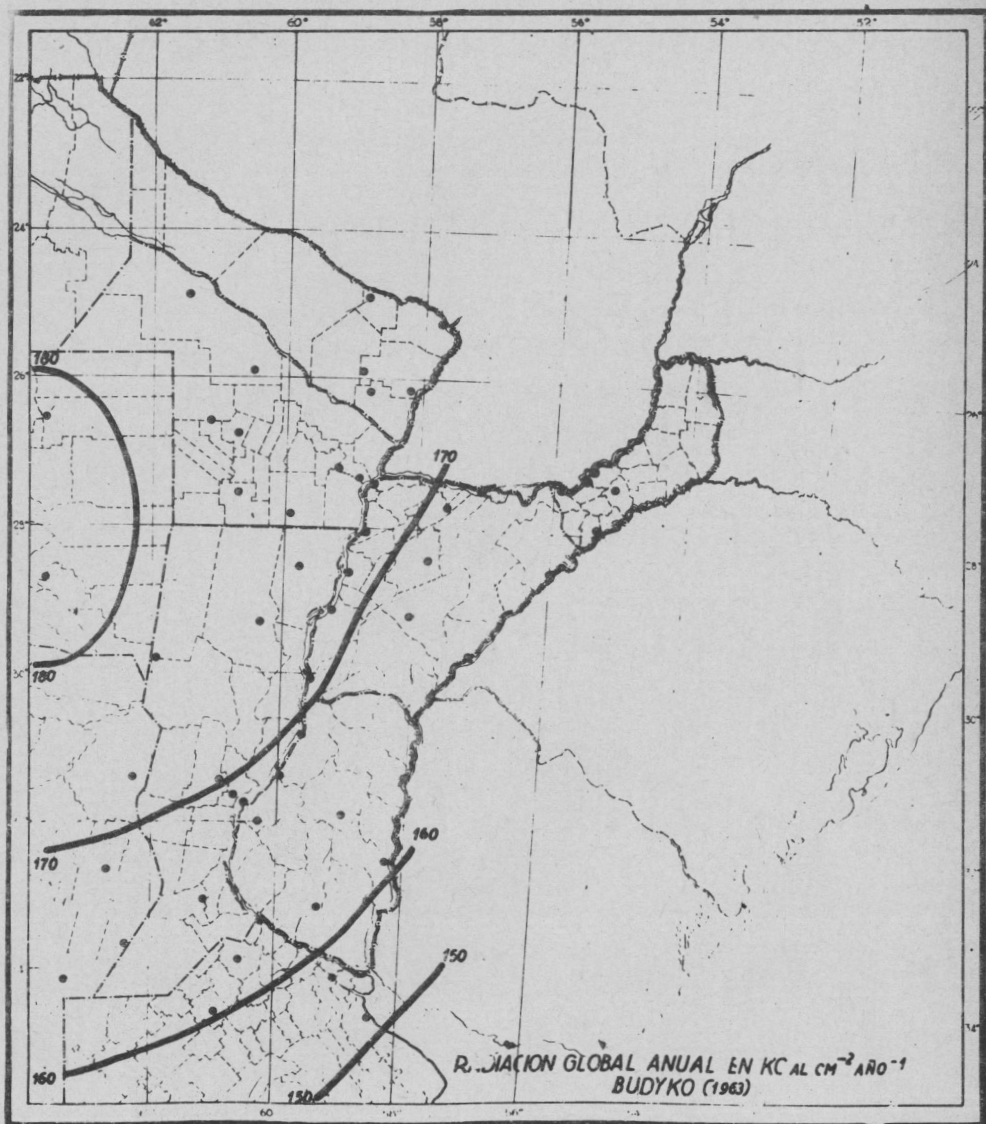
En la figura N° 2, a, se muestra la distribución de la radiación total anual que llega a la superficie terrestre (Q). Se puede ver así que los valores van desde las 150 Kcal cm⁻² año⁻¹ en el sur, sobre el río de La Plata, a un centro de máxima energía de 180 Kcal cm⁻² año⁻¹ en el centro oeste de la provincia de Santiago del Estero. Las isóneas sobre el noreste se distribuyen en dirección NW-SE y la intensidad de la radiación, por lo tanto, disminuye en el sentido SE-NW. En tales características se refleja, como es lógico, la distribución de los elementos que sirvieron para su cálculo: la radiación que llegaría a la superficie de la tierra a través de un cielo sin nubes y el grado de nubosidad.

La figura N° 2, b, corresponde a la distribución del balance de radiación sobre la superficie terrestre (R), cuyas características evidencian un aumento paulatino en dirección que va desde el SW hacia el NE. Las magnitudes estimadas de este elemento resultaron de $70 \text{ Kcal cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en el SW, a valores algo superiores a $80 \text{ Kcal cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en el NE sobre el norte de Corrientes, y sur de Misiones y la parte más oriental del Chaco y Formosa. En la marcha de este elemento también se manifiestan las magnitudes de los que se utilizaron en la estimación: una disminución del albedo (a) hacia el NE debido a la menor reflectividad de las superficies, cada vez más húmedas en esa misma dirección, y a una disminución de la irradiación efectiva (I) por el aumento de la humedad del aire que se experimenta en ese mismo rumbo.

En el cuadro N° 2, se indican los valores mensuales y anuales de estos dos elementos como resultan de las observaciones disponibles, escasas en extensión superficial y en el tiempo y con frecuentes interrupciones. Llama la atención no encontrar aquí la misma correlación que pudo comprobarse con las pocas estaciones disponibles de la provincia de Buenos Aires.

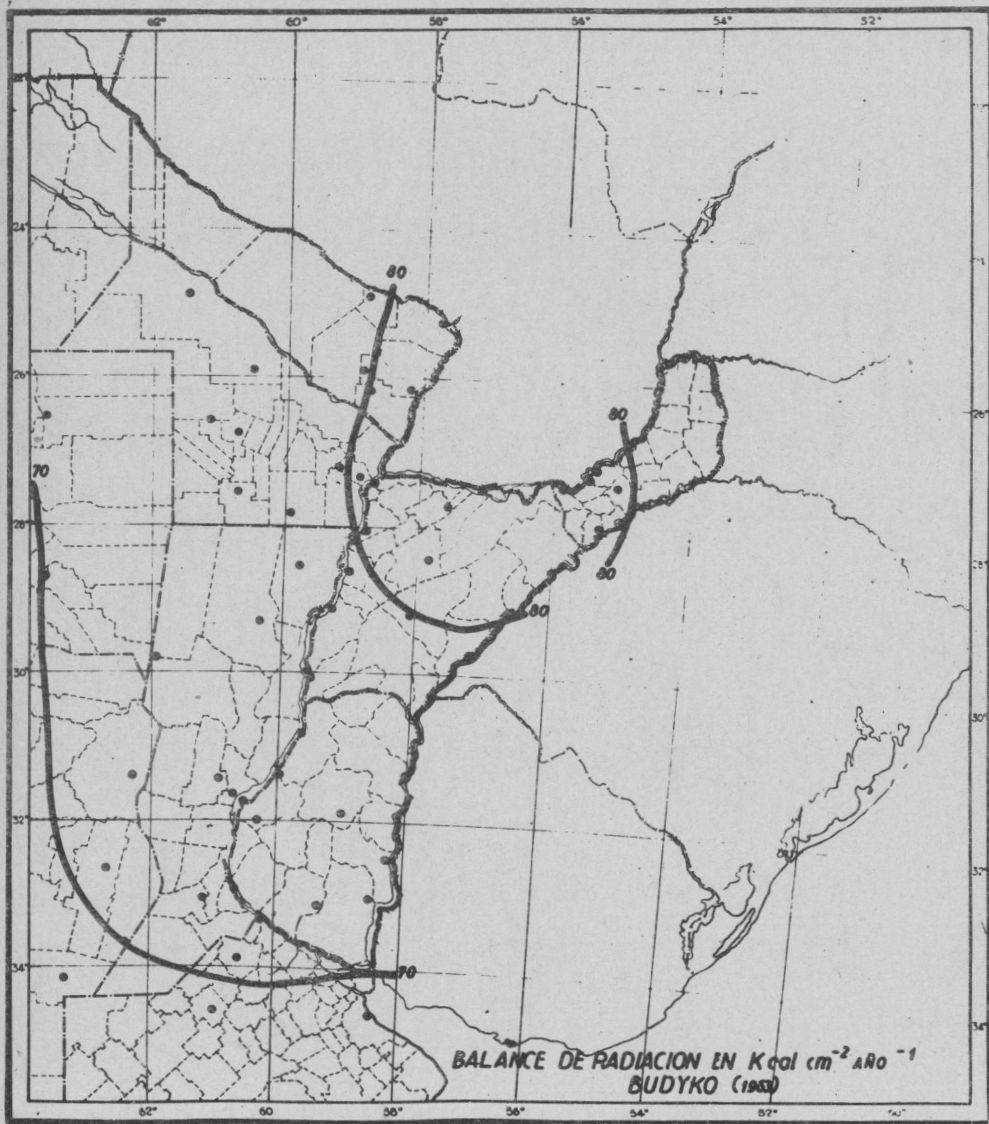
Los valores observados de radiación global resultan, en todas las estaciones de la región, inferiores al valor estimado en aproximadamente un 10 %. Es conveniente notar aquí que la ubicación de las localidades de la provincia de Buenos Aires que dieron mayor ajuste con las estimaciones se halla al sur de los 34° Lat. S.; mientras que las disponibles para el Noreste Argentino lo están en latitudes más típicamente subtropicales, al norte de los 30° Lat. S. Tal vez de un tipo de nubosidad diferente podrían resultar estimaciones distintas como ha sido demostrado en forma experimental por Grunow (1962) y Goyşa (1964). Las pocas observaciones disponibles parecerían indicar que las isolíneas de radiación global, en la mitad norte del Noreste Argentino, deberían tener una orientación N-S y valor absoluto algo menor que los obtenidos por la estimación de Budyko.

Los valores de balance de radiación que pueden obtenerse con los pocos datos disponibles de Pilar (Córdoba), resultan, en cambio, superiores en casi un 15 % a los estimados de los mapas de Budyko. Lamentablemente, la carencia total de información de este elemento en todo el resto de la región impide por ahora efectuar un análisis crítico valedero de este método.

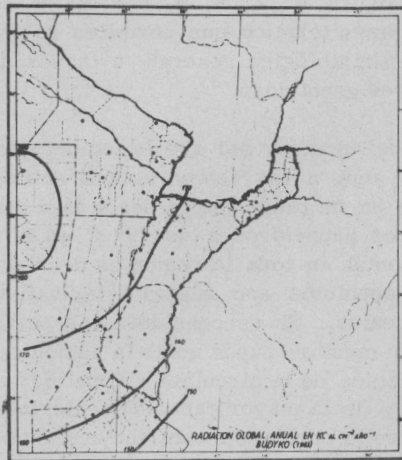


a

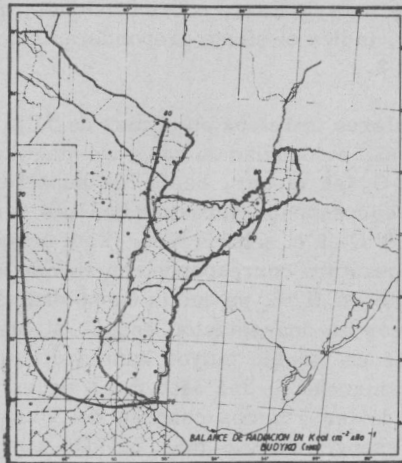
Fig. № 2. Radiación solar: a, Radiación total Q (directa + difusa);
b, Balance de radiación R ; ambas en $\text{Kcal cm}^{-2} \text{año}^{-1}$.



b



a



b

Fig. N° 2. Radiación solar: a, Radiación total Q (directa + difusa);
b, Balance de radiación R ; ambas en $\text{Kcal cm}^{-2} \text{año}^{-1}$.

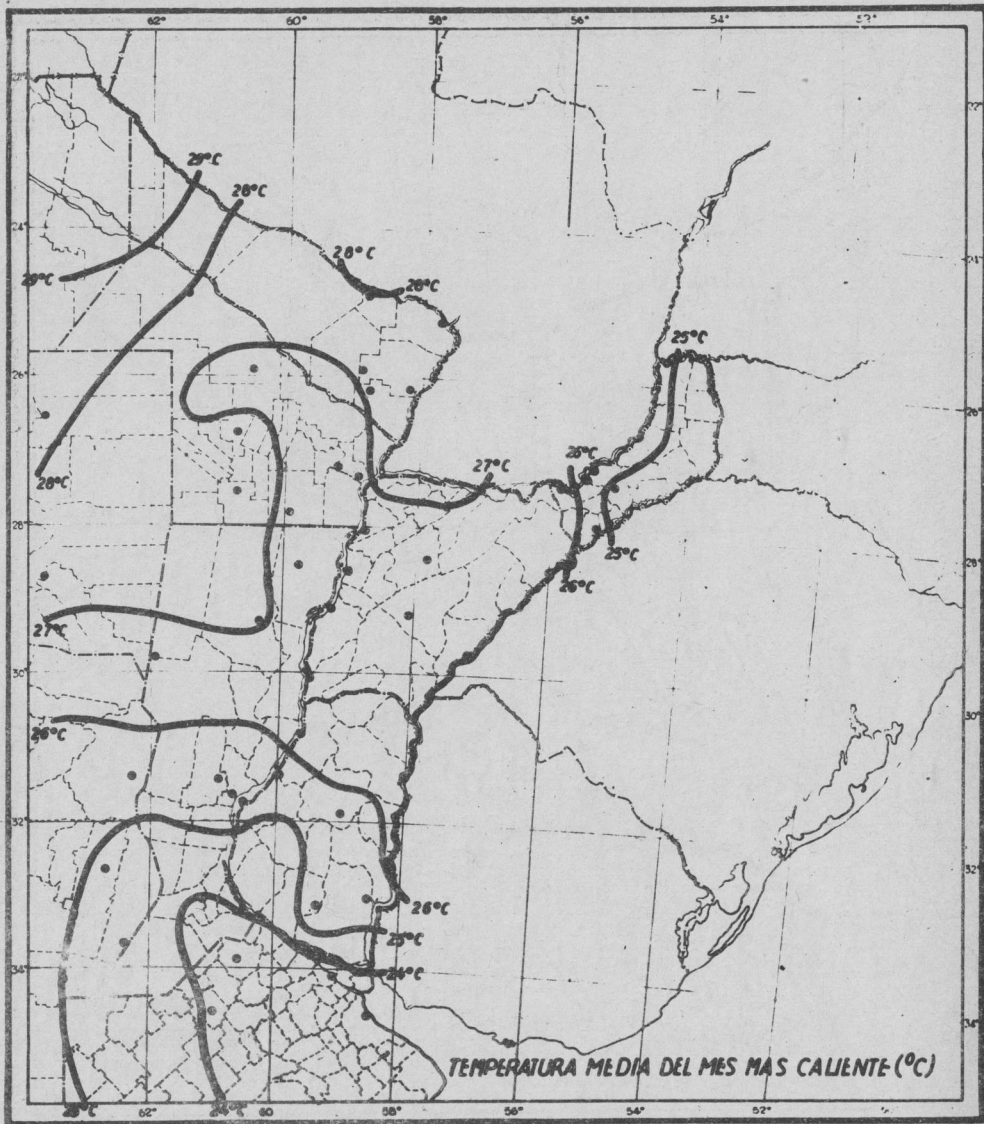
2. Régimen térmico

En la figura N^o 3, a, b, c y d, se muestran diferentes índices del régimen térmico que permiten su evaluación desde un punto de vista climatológico general, a la vez que ponen de manifiesto sus factores genéticos.

Se puede apreciar así que la temperatura media de Enero, que representa aquí a las temperaturas estivales, se distribuye sobre la región en un rango que va desde algo menos de 24^o C en el SE hasta valores superiores a los 29^o C en el NW, o sea que la variación horizontal en toda la región es de 5^o C aproximadamente. Estos valores absolutos son bastante indicativos del dominio de climas subtropicales. Si se considera las particularidades de las isolíneas de este mes, se puede notar la acción combinada del efecto de la intensificación de la circulación zonal de la estación, mencionada en II, 6, y de la mayor capacidad calórica de los suelos de la mitad oriental de la región que contribuye a uniformar las temperaturas estivales sobre la Mesopotamia Argentina. En el oeste, en cambio, la menor capacidad calórica de los suelos puede motivar el mayor gradiente horizontal observado en el sentido N-S. La dirección de las isotermas de Enero sobre Misiones, que es semejante en el mes de Julio, indica el efecto preponderante del relieve, como se mencionó en II, 3.

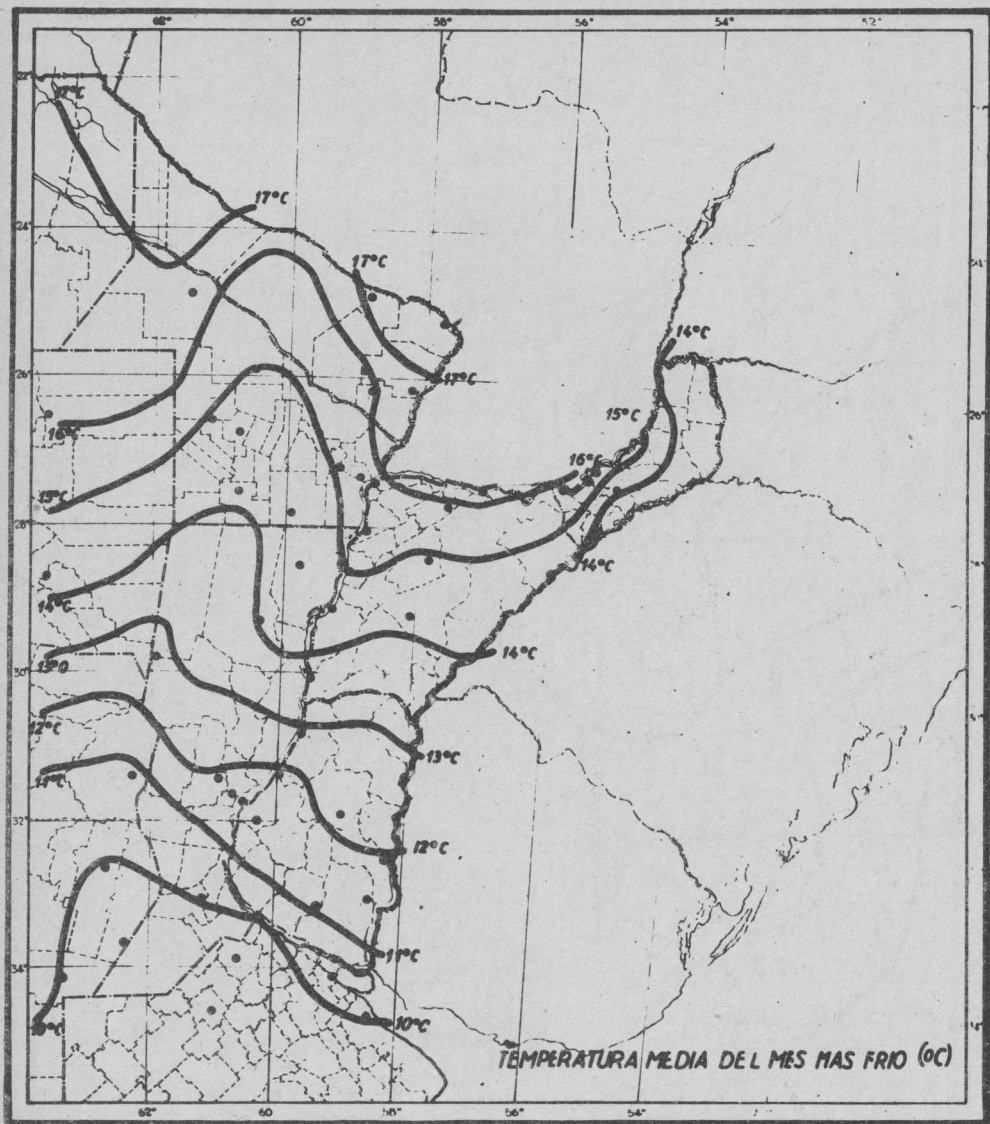
Los valores térmicos en el mes de Julio, que representa la estación invernal, evidencian un rango de magnitudes desde las algo menores a 10^o C, en el sur, hasta las superiores a 17^o C en el norte, lo cual corresponde aproximadamente a una variación horizontal de unos 7^o C en el sentido N-S. Esta mayor gradación latitudinal de la temperatura corresponde con el menor intercambio zonal del aire referido en II, 6, ya que la capacidad calórica del suelo no puede ser menor en una estación en que si bien aumenta algo su albedo, contiene en cambio mayor humedad. Resulta también perceptible, en la marcha de las isotermas de este mes, el efecto de fondo acuático de las grandes cuencas del Paraná y el Uruguay al resultar éstas sensiblemente más cálidas que las regiones más mediterráneas vecinas, en el mes de máximo enfriamiento continental.

La amplitud anual de variación de la temperatura integra en sí los valores de los meses extremos y por lo tanto las múltiples causas que los determinan. Estas isolíneas que en Buenos Aires muestran una dirección general N-S, en el Noreste Argentino manifiestan una dirección NW-SE, disminuyendo su magnitud hacia el

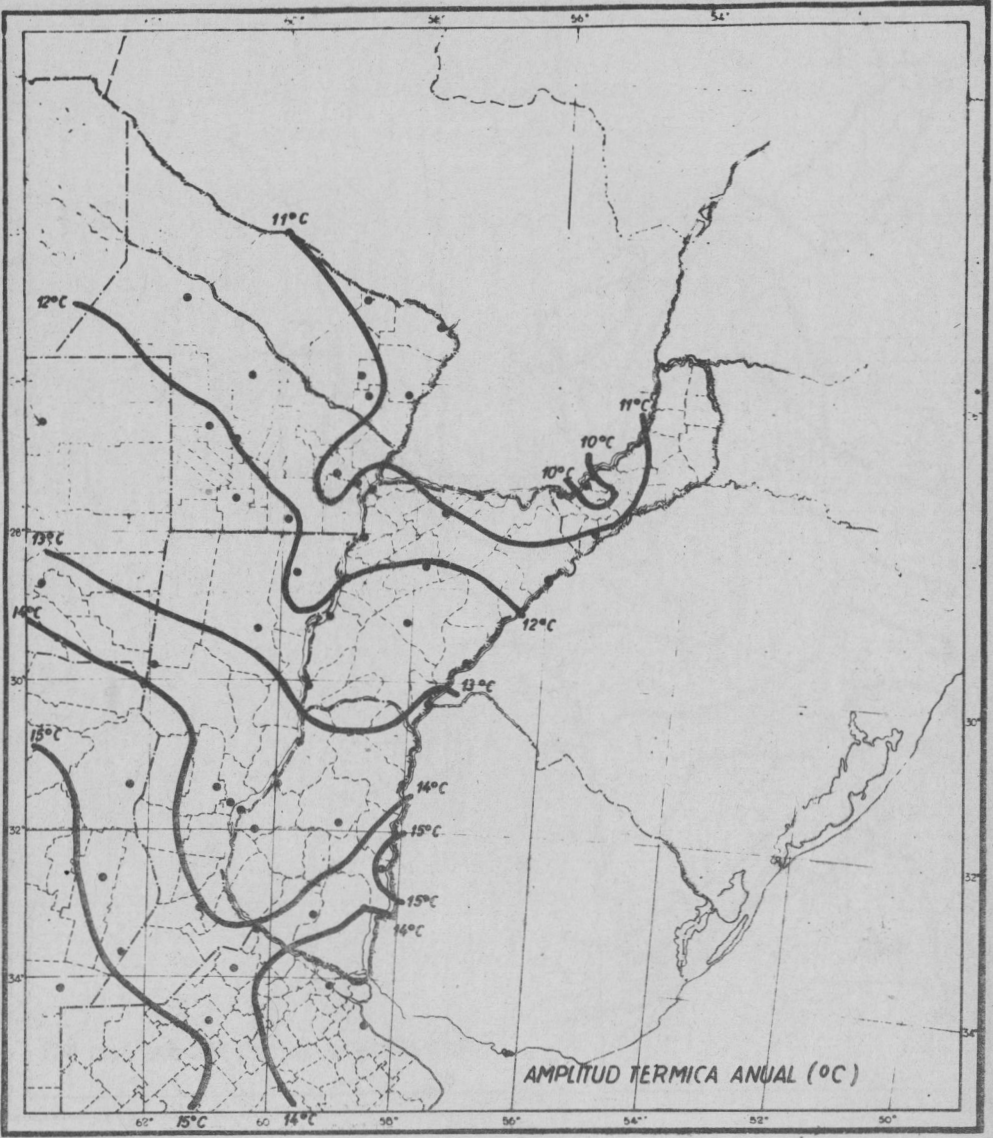


a

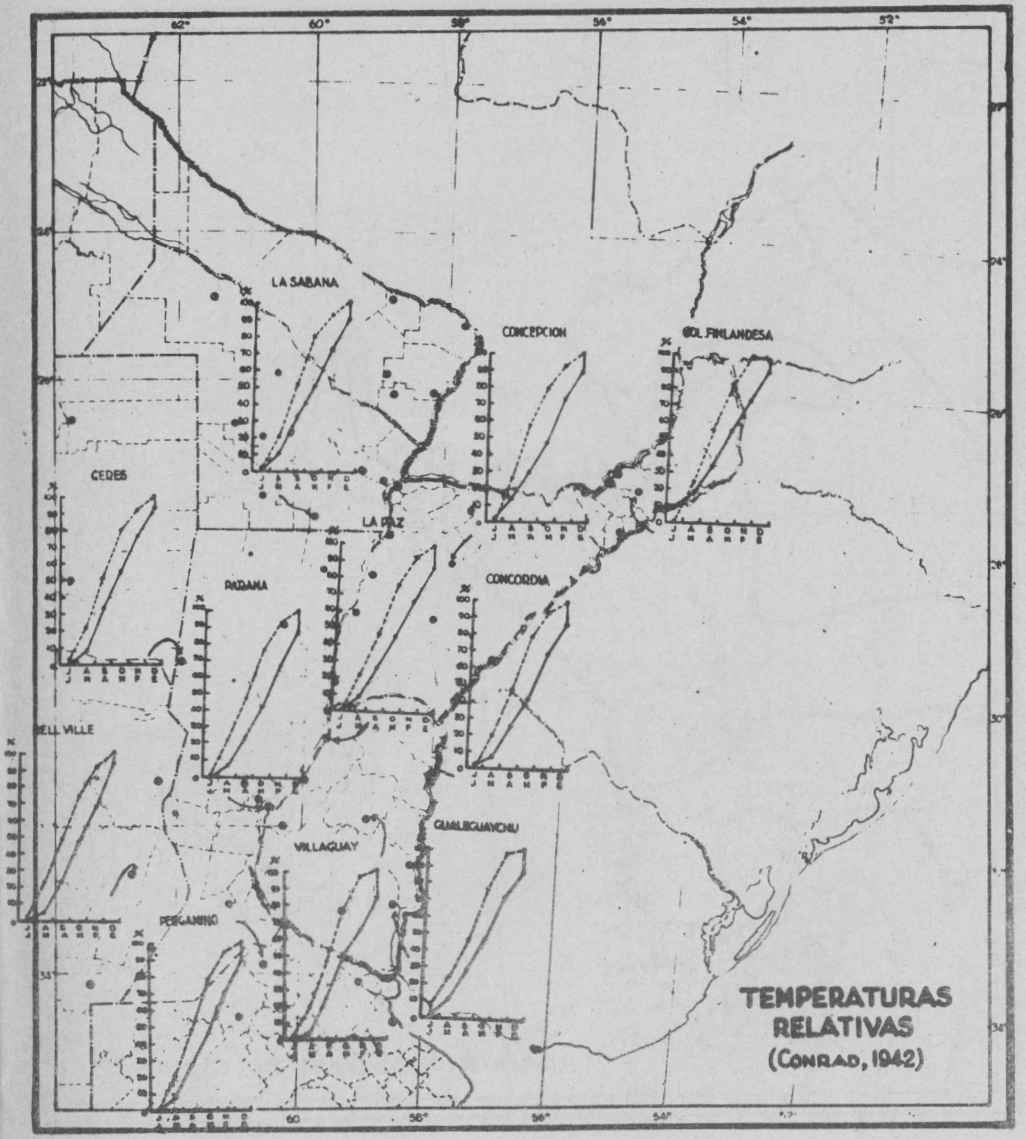
Fig. Nº 3. Índices climáticos del régimen térmico: a y b, Isotermas de enero y julio; c, Amplitud de variación anual de la temperatura; d, Temperaturas relativas de estaciones seleccionadas. Línea continúa: julio a diciembre y línea discontínua: enero a junio.



b



c



d

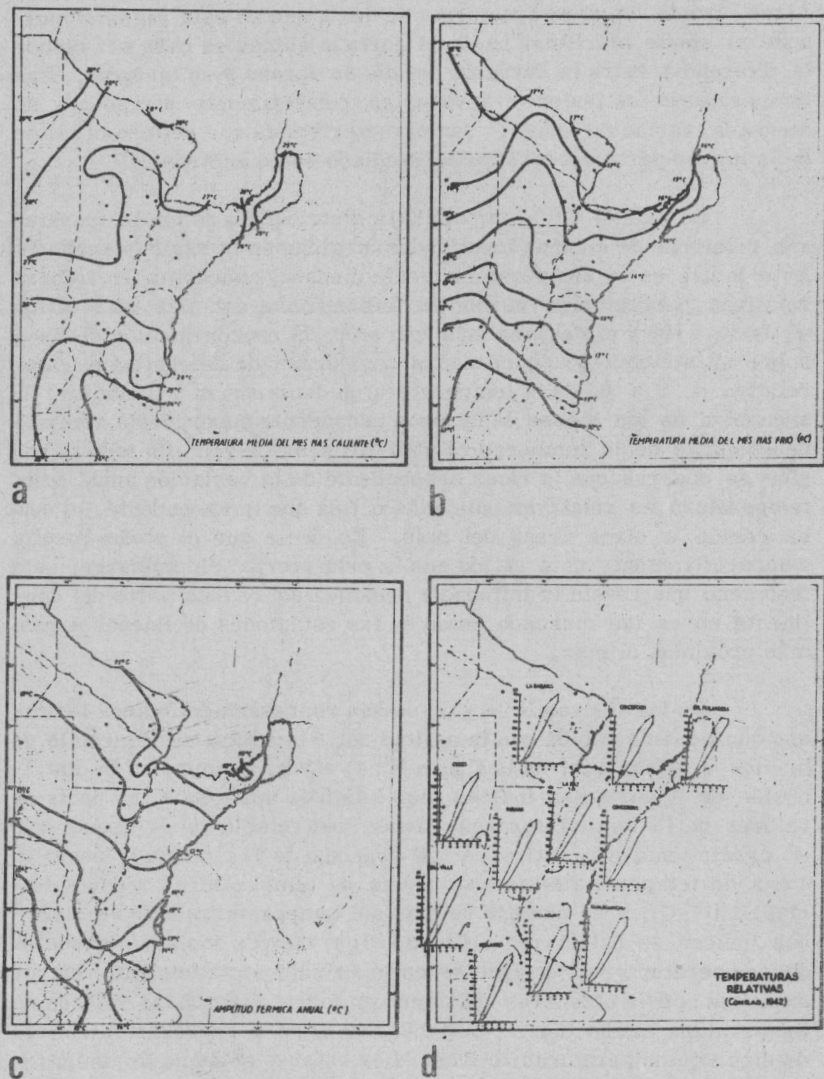
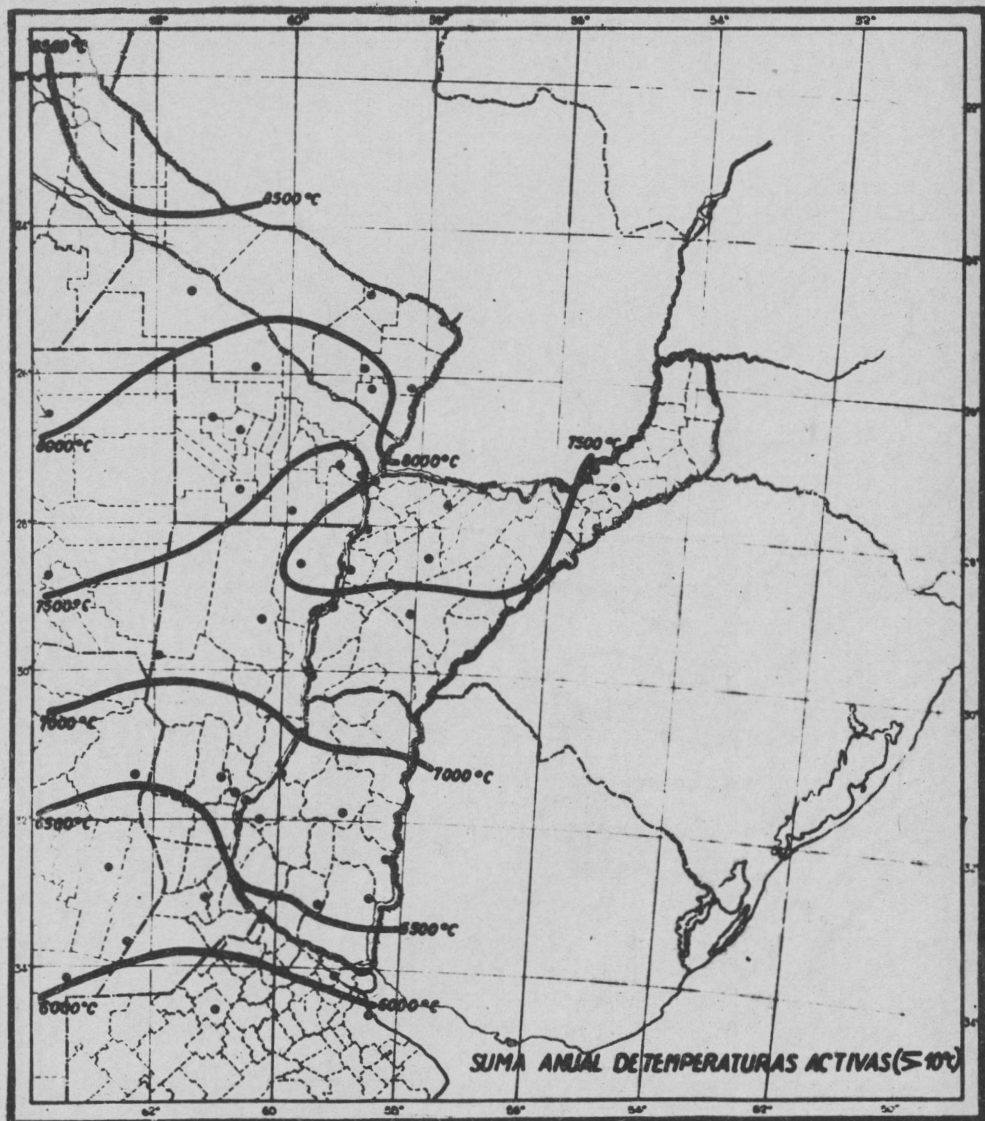


Fig. N° 3. Indices climáticos del régimen térmico: a y b, Isothermas de enero y julio; c, Amplitud de variación anual de la temperatura; d, Temperaturas relativas de estaciones seleccionadas. Línea continua: julio a diciembre y línea discontinua: enero a junio.

Norte. Se observa así que desde los 14° C en el sur, la variación anual disminuye a casi 10° C en el norte. Esta disminución de la amplitud y el cambio en su distribución con respecto a Buenos Aires, puede interpretarse como debida a que en esta región disminuye el efecto marítimo hacia el norte mientras es cada vez menor la diferencia entre la duración del día en verano y en invierno. Las temperaturas estivales e invernales relativamente elevadas y su atenuada variación anual, son características que definen el clima de la mayor parte del territorio estudiado como subtropical.

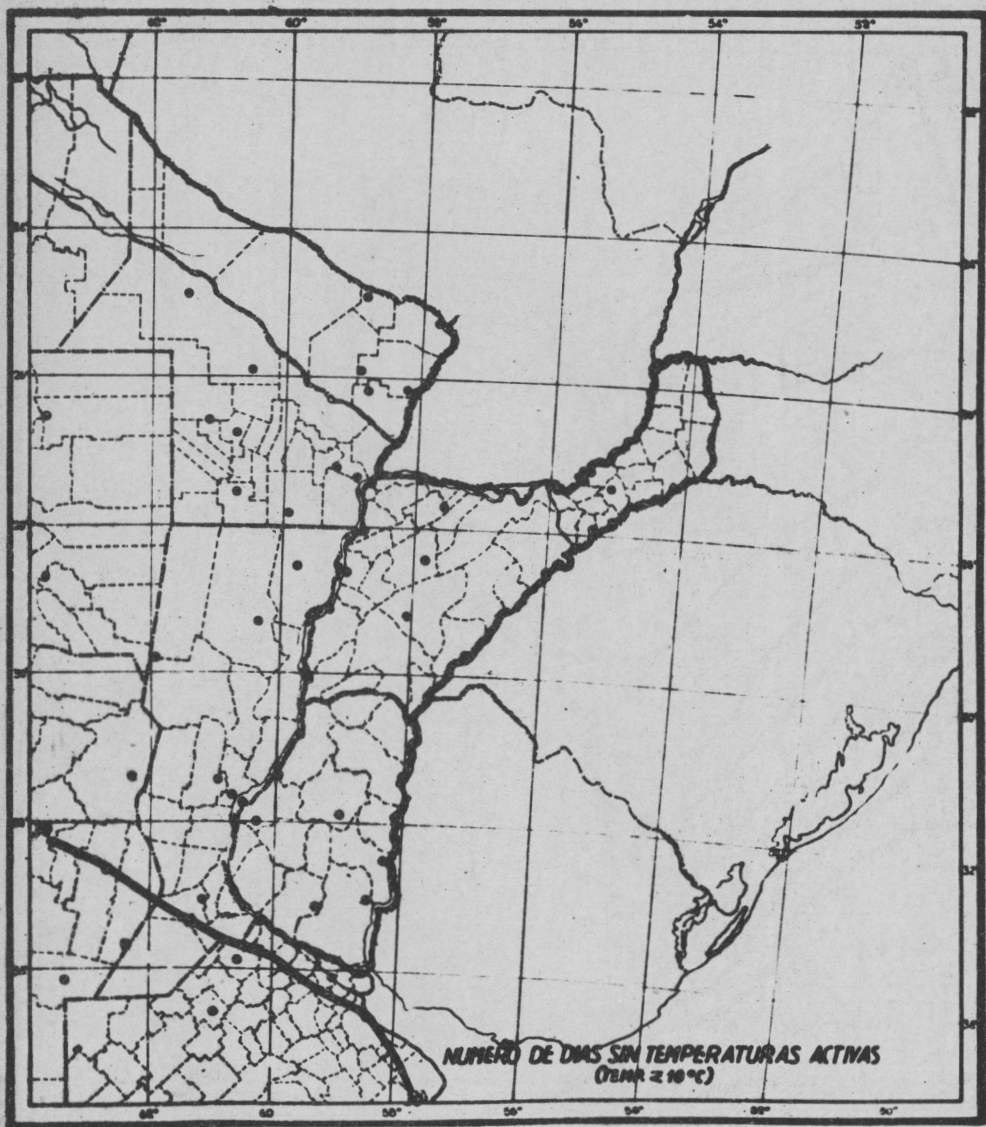
La figura N^o 3, d, indica la distribución de las temperaturas relativas de algunas localidades elegidas en la región estudiada. Este índice es la temperatura media mensual convertida en valores relativos porcentuales cuando la temperatura del mes más cálido equivale a 100 y la del mes más frío a 0. Su representación se hace sobre un sistema de coordenadas cuya ordenada determina el valor relativo de 0 a 100 de la temperatura media mensual y la abscisa, la secuencia de los meses de la rama ascendente superpuesta sobre la descendente de la temperatura (VII-XII sobre I-VI). En toda la región se observa que la rama descendente de la variación anual de la temperatura es relativamente más cálida que la ascendente, lo cual es común a otras áreas del país. Es decir que el otoño resulta comparativamente más cálido que la primavera. Sin embargo, este fenómeno que revela la influencia oceánica sobre esta parte del continente no es tan marcado como en las estaciones de Buenos Aires, más próximas al mar.

En las figuras N^o 4 y 5, se han representado índices térmicos que tienen relación con la aptitud del clima para el desarrollo de la vida vegetal. Así en la figura N^o 4, a y b, se muestra la distribución de importantes índices bioclimáticos auxégenos, es decir de valores de la temperatura que tienen una relación muy directa con el crecimiento vegetativo de los órganos de las plantas, como la suma de temperaturas activas (suma de temperaturas medias diarias $\geq 10^{\circ}$ C), y el número de días sin temperaturas activas. Ambos índices se calcularon utilizando los valores medios mensuales de temperatura por lo cual se estiman sólo aproximados. Mayor exactitud podría obtenerse utilizando en forma directa los valores de temperatura media diaria, especialmente para expresar el número de días sin temperaturas activas. Los valores de suma de temperaturas en la región estudiada van de 6.000° C en la parte sur a 8.500° C en el extremo norte y prácticamente en toda ella ocurren temperaturas activas aún en los meses más fríos. Esto confirma el carácter subtropical de la región, ya asignado por el análisis de otros índices climatológicos del régimen térmico. La distribución

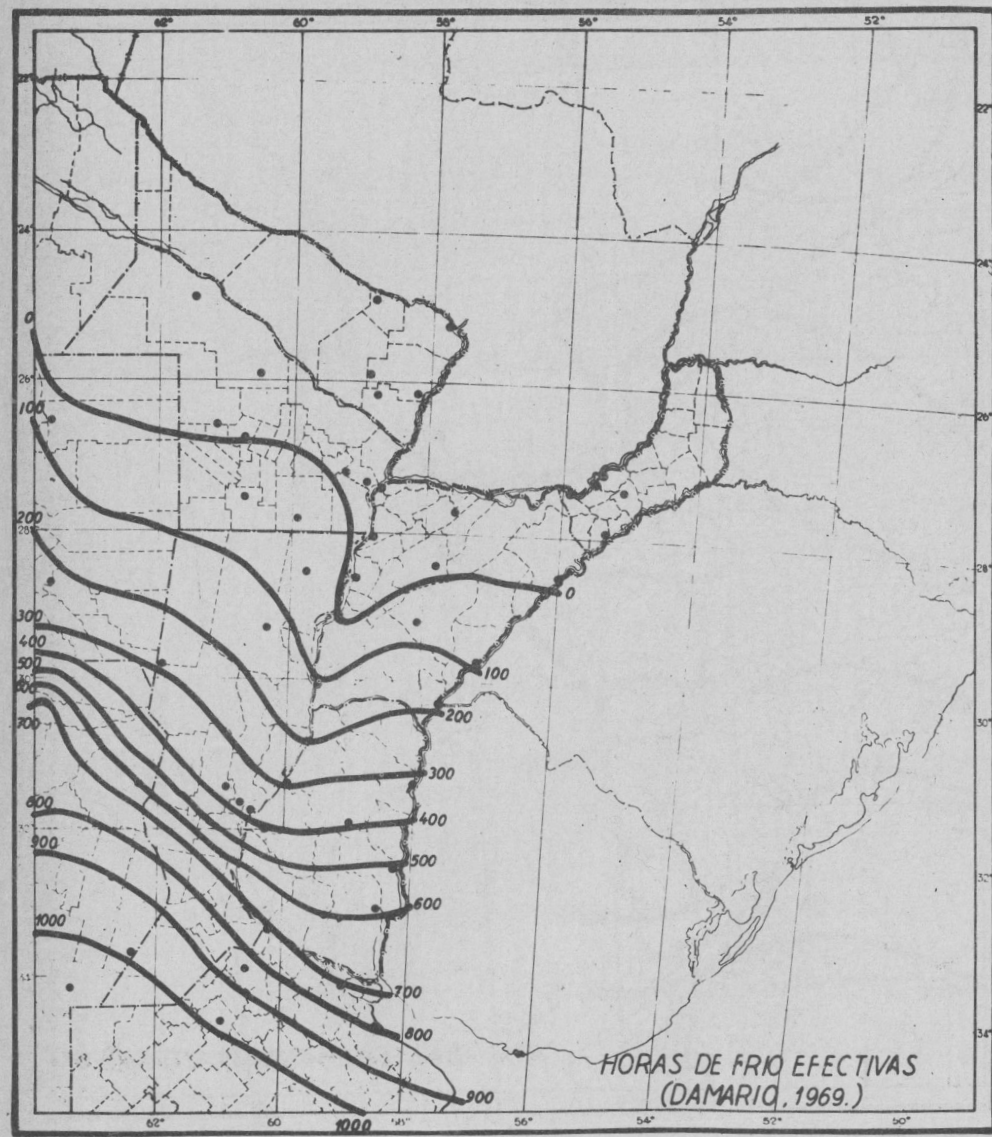
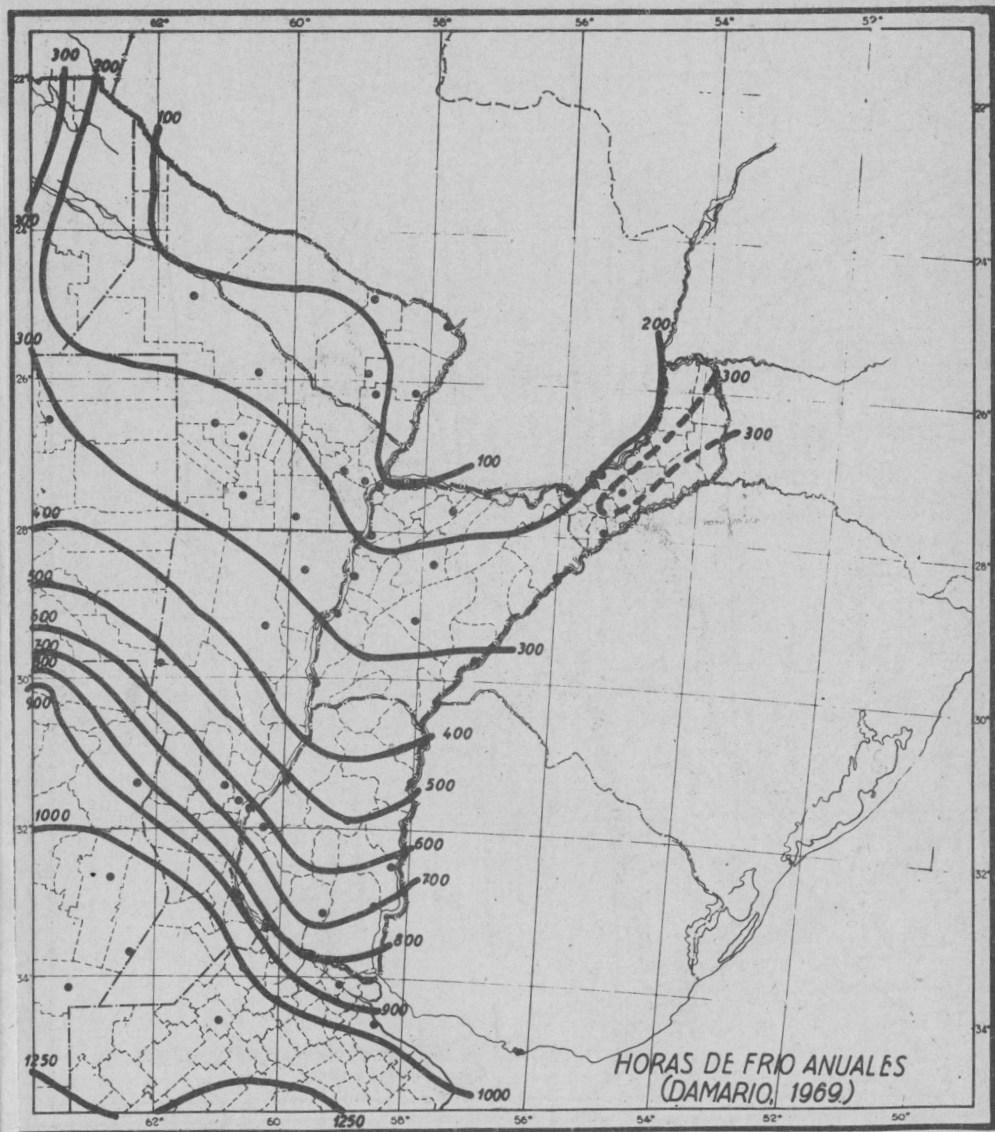


a

Fig. Nº 4. Índices bioclimáticos auxégenos: a, Suma anual de temperaturas activas ($\geq 10^{\circ}\text{C}$); b, Número de días sin temperaturas activas ($\approx 10^{\circ}\text{C}$). Índices bioclimáticos anaptígenos: c, Número de horas de frío anuales ($\approx 7^{\circ}\text{C}$); d, Horas de frío efectivas.



b



d

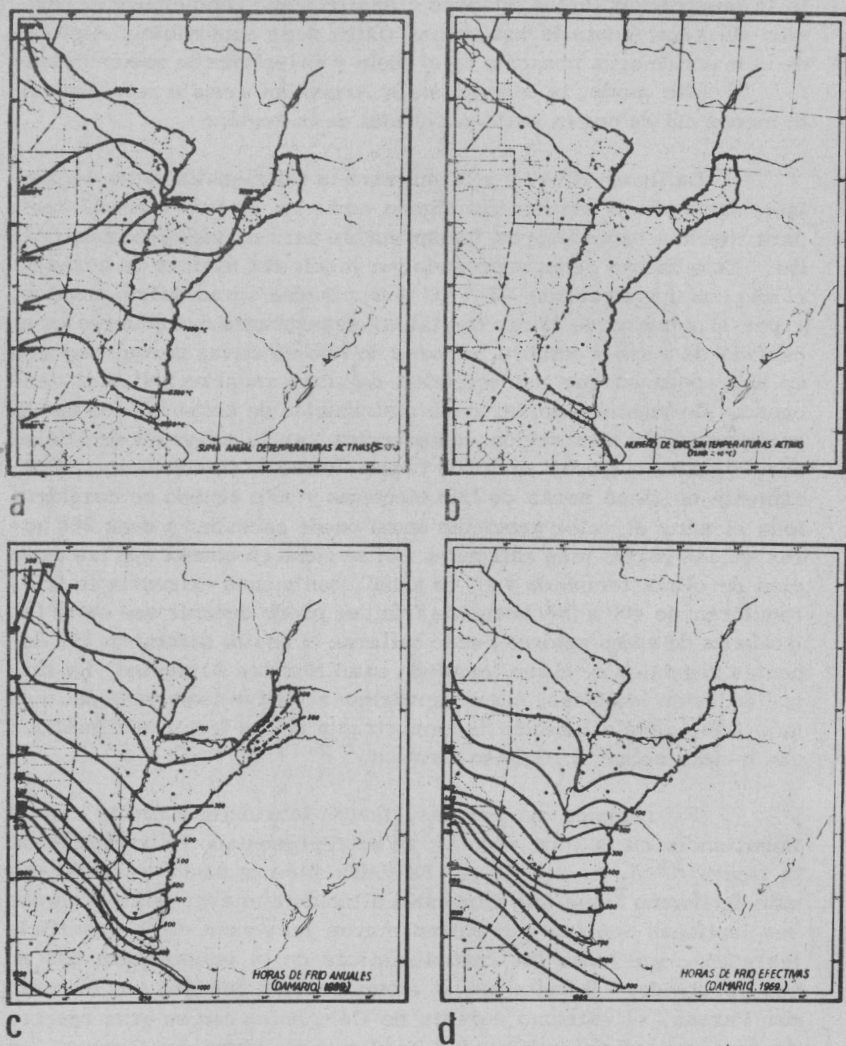


Fig. N° 4. Indices bioclimáticos auxégenos: a, Suma anual de temperaturas activas ($\geq 10^{\circ}\text{C}$); b, Número de días sin temperaturas activas ($\geq 10^{\circ}\text{C}$). Indices bioclimáticos anaptígenos: c, Número de horas de frío anuales ($\geq 7^{\circ}\text{C}$); d, Horas de frío efectivas.

de las isolíneas de suma de temperaturas activas, revela nuevamente la importancia de los factores climáticos que condicionan el régimen térmico, como la naturaleza física de la superficie y el efecto de la masa de agua presente en el suelo y en las vías de escurrimiento. De este modo, la Mesopotamia Argentina resulta relativamente menos cálida que la parte occidental de la región.

La figura N° 4, c y d, muestra la distribución de un importante factor bioclimático anaptígeno como es el frío invernal que, para muchas especies, es indispensable para un adecuado desarrollo. Este factor se ha expresado por medio del número de horas en el año con temperaturas $\geq 7^{\circ}$ C denominadas horas de frío anuales, y por el número de horas con tales temperaturas que ocurren en el período de mayo a octubre, u horas de frío efectivas porque ocurren en una época en que los vegetales de ritmo anual se hallan en descanso. Se puede observar de la distribución de estos índices que la parte norte de esta región comprendida por la extensión de Misiones, Formosa, buena parte de Chaco, norte de Corrientes, prácticamente no tiene horas de frío efectivas y sólo cuando se considera todo el año, el valor promedio anual puede ascender a unas 200 horas en las partes más extremas. Si se tiene en cuenta que las especies de clima templado y ritmo anual, con menos exigencia en frío, requieren de 400 a 300 horas de frío, se puede deducir que entre las isolíneas de estos valores puede hallarse el límite natural de las especies vegetales de clima templado en el Noreste Argentino. La forma de estas isolíneas, que se aproxima al de las isoterms del mes más frío, revela también la importancia de los factores climáticos que inciden sobre el régimen térmico.

El régimen de heladas, factor tanatoclimático de capital importancia en la vida vegetal, se ha representado en los mapas de la figura N° 5, a, b, c y d. En todos ellos se puede observar que este fenómeno tiene una expresión altamente microclimática ya que sus isolíneas son las que sufren mayor influencia de la superficie terrestre, que todas las características de la temperatura que se han mostrado. Resulta así el elemento más influido por el curso del Paraná, el extremo noreste de Corrientes con su gran reserva de agua superficial y humedad edáfica y el curso del Uruguay, en contraste con los suelos más secos del oeste. Es decir que, este importante factor que se insinúa en todos los elementos de la temperatura adquiere en este elemento tanatoclimático, en particular, su máxima expresión.

Si se observa la figura N° 5 a, se puede ver que, prácticamente, toda la región goza de un período medio libre de heladas en

el año, de más de 260 días y que los valores máximos se alcanzan en la confluencia del Paraguay, Paraná y Pilcomayo, en el territorio comprendido por los Departamentos de Capital, San Cosme, Itatí, Empedrado, Saladas y Bella Vista, de la provincia de Corrientes, en donde el período libre de heladas puede llegar a 360 días o más y los fríos extremos del invierno, inferiores o iguales a -2°C , sólo son posibles 1 vez cada 20 años, mientras que sólo 1 vez cada 5 años pueden llegar a 0 ó -1°C . Es por lo tanto esta región que menos riesgo de helada tiene en todo el territorio del país. Lo dicho no significa, sin embargo, que pueda considerarse a esta limitada región del país, como libre totalmente de heladas. Ya fue señalado en un trabajo anterior (Burgos, 1963), que valores tan bajos como del 8 y 9 % de años con heladas, como los de las ciudades de Corrientes y General Paz, son poco confiables por la naturaleza de las observaciones en que se basan, pero sin duda esta región es la que, en el país, tiene más bajo porcentaje de años con heladas.

Si se observan los mapas correspondientes a los índices CK de heladas invernales, figura N^o 5 b y c, se puede constatar una marcha de sus líneas, similar a la del período libre de heladas. Se nota un aumento del riesgo de heladas invernales en la provincia de Misiones, donde 1 vez cada 20 años pueden esperarse fríos inferiores a -6°C , semejante sólo al riesgo del oeste del Chaco y noroeste, centro y sur de Santa Fe. Sin embargo, debe tenerse en cuenta con respecto a este riesgo, que los efectos de las heladas deberán ser más generales en esta última región, que en Misiones, por la mayor uniformidad del relieve. En esta provincia, el relieve fuertemente accidentado facilita el drenaje de aire nocturno y libera de daños de helada las áreas en pendiente sobre la altura media de la región. También puede aplicarse lo dicho a la peligrosidad de las heladas en Entre Ríos, cuyo relieve es más accidentado que en Santa Fe. En general, el riesgo de los fríos invernales aumenta en forma notoria hacia el W, al extremo de que a la altura del centro de Santa Fe, en una distancia en línea recta de E a W de menos de 200 km, puede existir una diferencia de casi 4°C en los riesgos de fríos invernales intensos (-2 a -6°C , $\text{ICK P} = 20\%$ y -4 a -8°C , $\text{ICK P} = 5\%$).

El índice CK de las heladas primaverales, que no es sino la temperatura normal del aire de la fecha después de la cual ocurren heladas sólo en un 20 % de los años, muestra una distribución un tanto distinta, pero coherente con las observaciones anteriores. De un valor mínimo inferior a 13°C en los departamentos de Gualeguay y Gualeguaychú, en la provincia de Entre Ríos, que corresponde al de menor riesgo, se llega a un valor máximo de 20°C en el

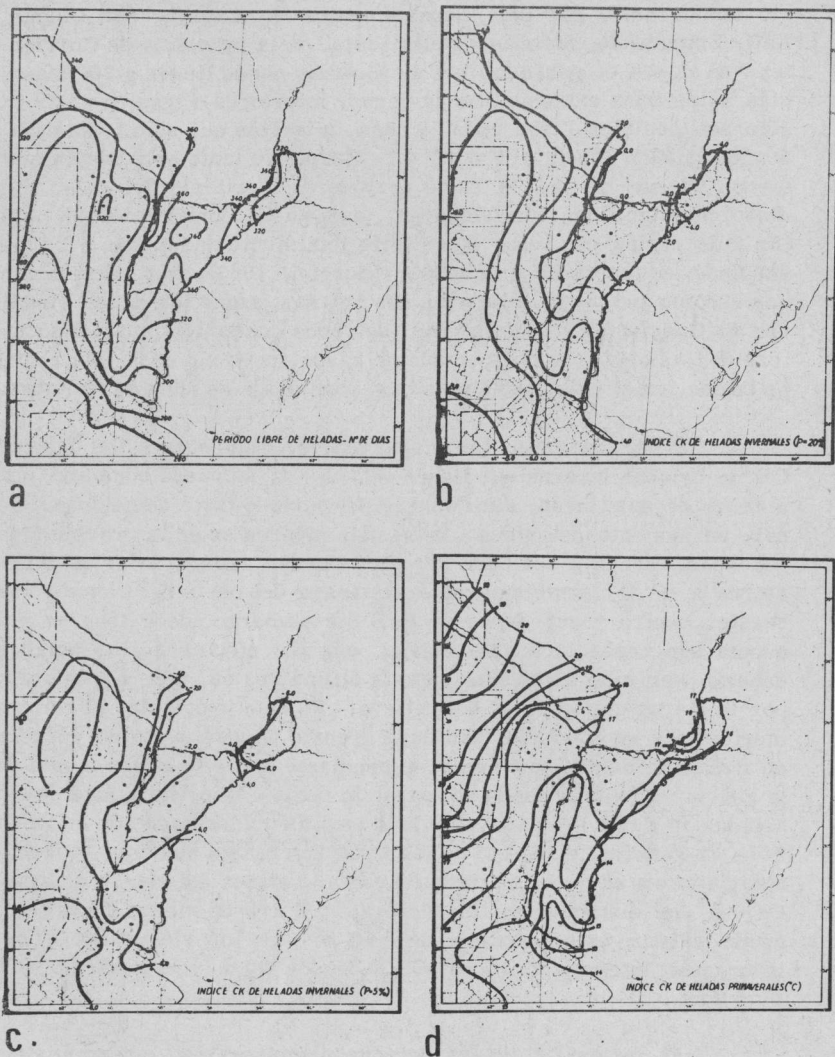
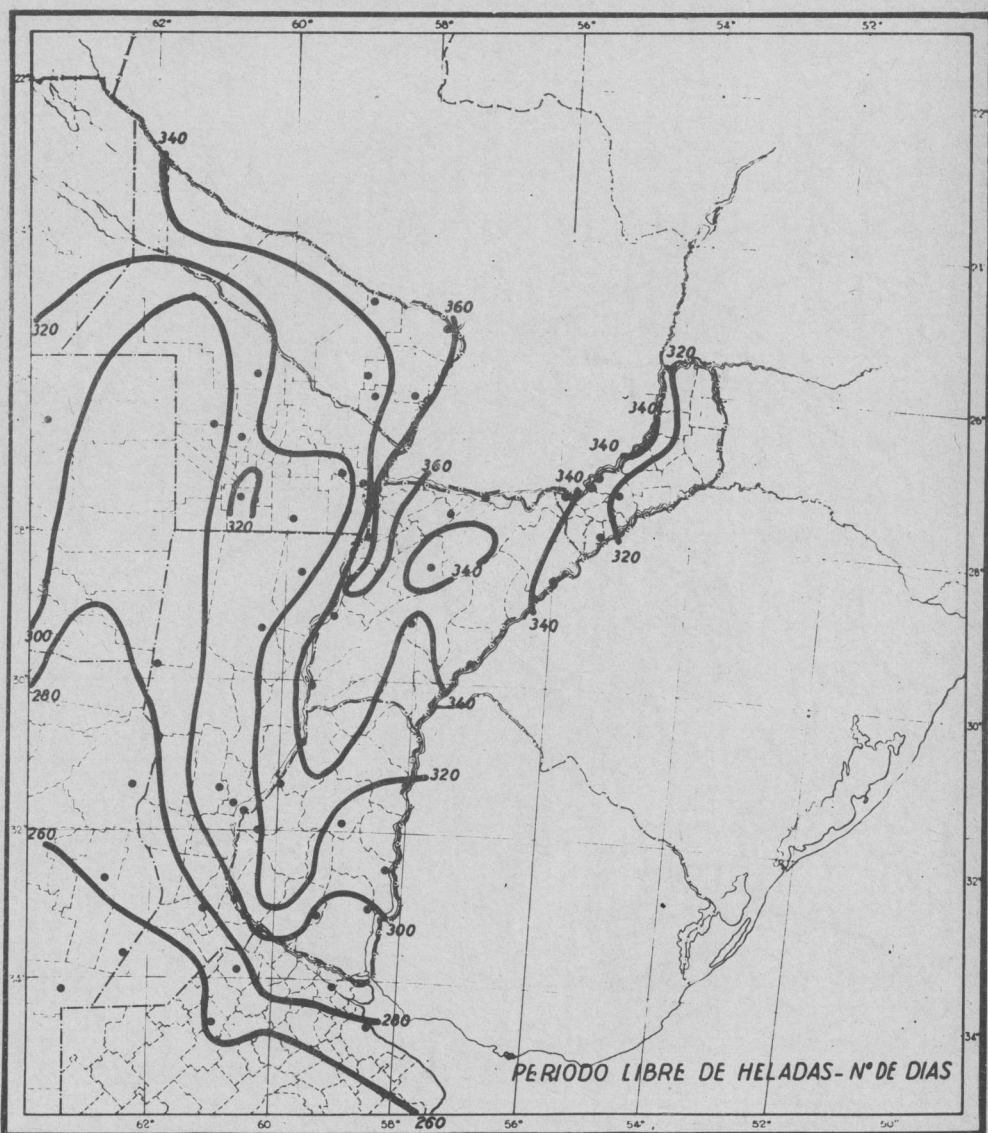
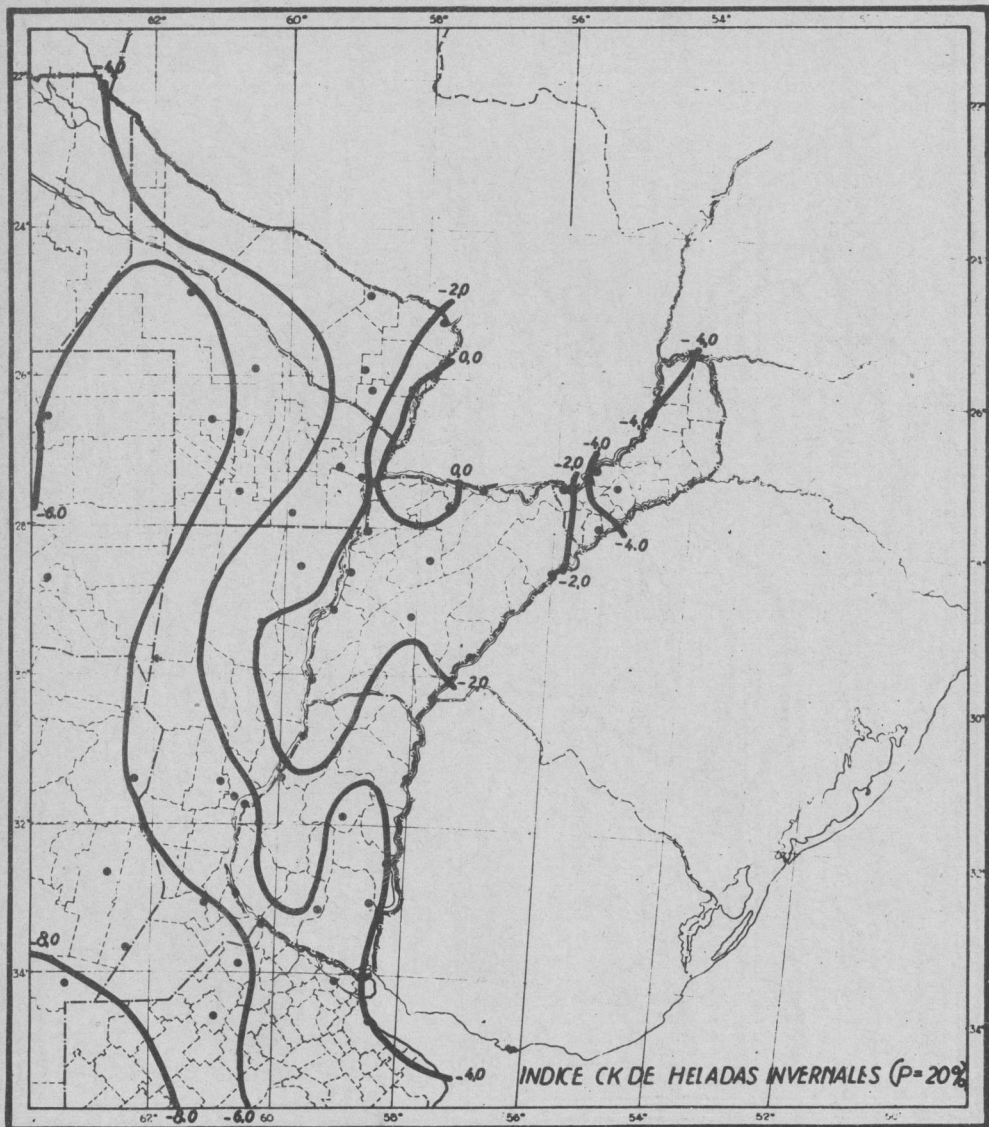


Fig. Nº 5. Índices tanatoclimáticos: a, Período libre de heladas; b y c, Índices criquindinoscópicos de heladas invernales a nivel del 20 y 5% de probabilidad; d, Índice criquindinoscópico de heladas primaverales.

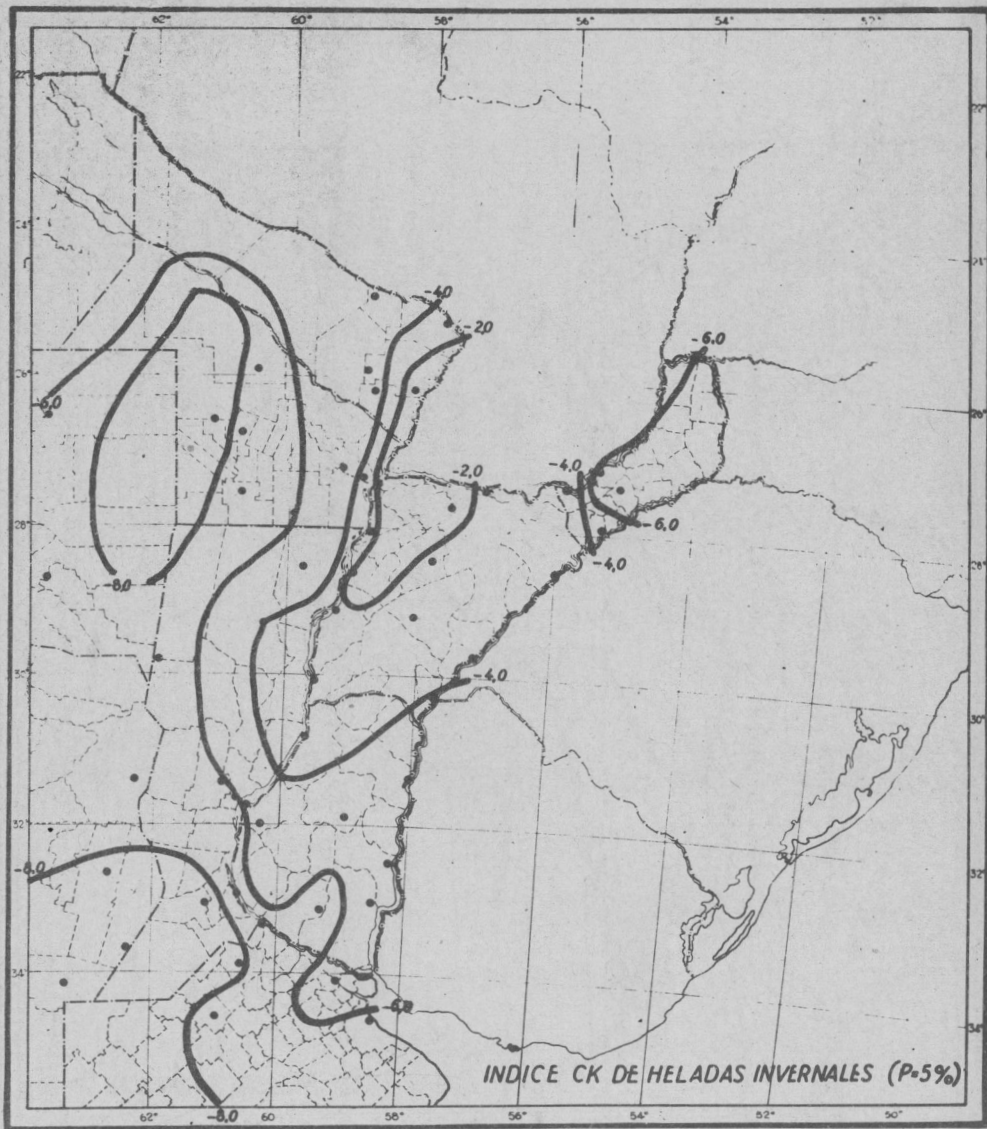


a

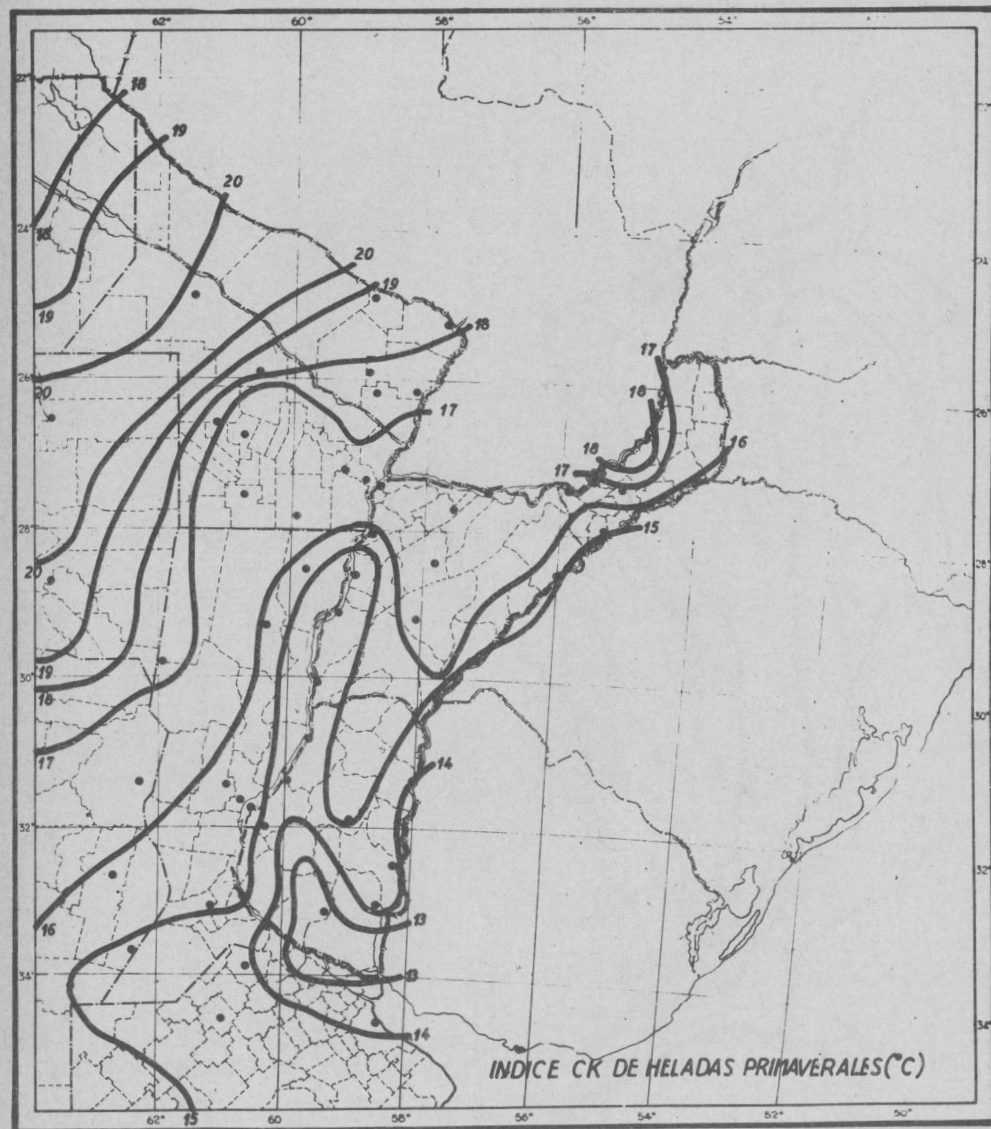
Fig. Nº 5. Indices tanatoclimáticos: a, Período libre de heladas; b y c, Indices criocuinclimáticos de heladas invernales a nivel del 20 y 5% de probabilidad; d, Índice criocuinclimático de heladas primaverales.



b



c



d

oeste del Chaco (Departamentos de Almirante Brown y General Güemes) y Formosa (Departamentos Bermejo y Patiño), y en el noreste de Santiago del Estero (Departamentos de Capitán Alberdi y Figueroa). Este aumento de la peligrosidad de las heladas tardías desde el SE hacia el NW es sin duda un fenómeno complejo resultante de la interacción de la variación diaria y anual de la temperatura y de la duración del período del año sin heladas. Sin embargo, se nota la influencia de los grandes cursos de agua de la Mesopotamia que, en sus vecindades, hacen descender los valores absolutos del índice, y con ello los riesgos, en forma acentuada.

3. Balance de agua

El balance de agua integra en sí un conjunto de elementos del clima de la mayor influencia sobre la vegetación y el suelo. La diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración determina la magnitud del exceso de agua que lixivia el suelo y transporta sus materiales en suspensión o disueltos, para conformar el perfil con sus condiciones propias de fertilidad y textura. Si el balance predominante es negativo, la carencia de lixivitación y el predominio de la evapotranspiración, origina suelos con acumulación de sales, pH neutro o alcalino, que pueden ser muy fértiles si se los somete al riego y a procesos convenientes de conservación de la humedad. Con referencia a la vegetación natural, el exceso de agua influye en sus manifestaciones de higrofitismo y el déficit, en cambio, en las de xerofitismo.

Como en el estudio del clima de la provincia de Buenos Aires, se ha aplicado al Noreste Argentino el método de Thornthwaite y Mather (1955), para estimar el balance de agua, por lo cual se consideran válidas las definiciones de conceptos y obvio repetir las consideraciones críticas que se realizaron en aquél trabajo (Burgos, 1969).

En la figura N° 6, a, b y c, se muestran los valores de los elementos fundamentales del balance de agua. En el mapa de la figura 6 a, se observan las isoyetas anuales que, en esta parte del país, se distribuyen en una dirección muy uniforme N-S y decrecen en su valor absoluto en la de E-W. En la parte norte de la región, los 1.700 mm que se registran sobre Misiones bajan a 700 mm sobre el oeste del Chaco y Formosa y el este de Santiago del Estero y Córdoba, es decir un gradiente de disminución de las precipitaciones anuales hacia el W de casi 1,5 mm por kilómetro. En la parte sur esta diferencia disminuye, ya que los 1.000 mm que registran las precipitaciones sobre el río de La Plata, bajan a unos

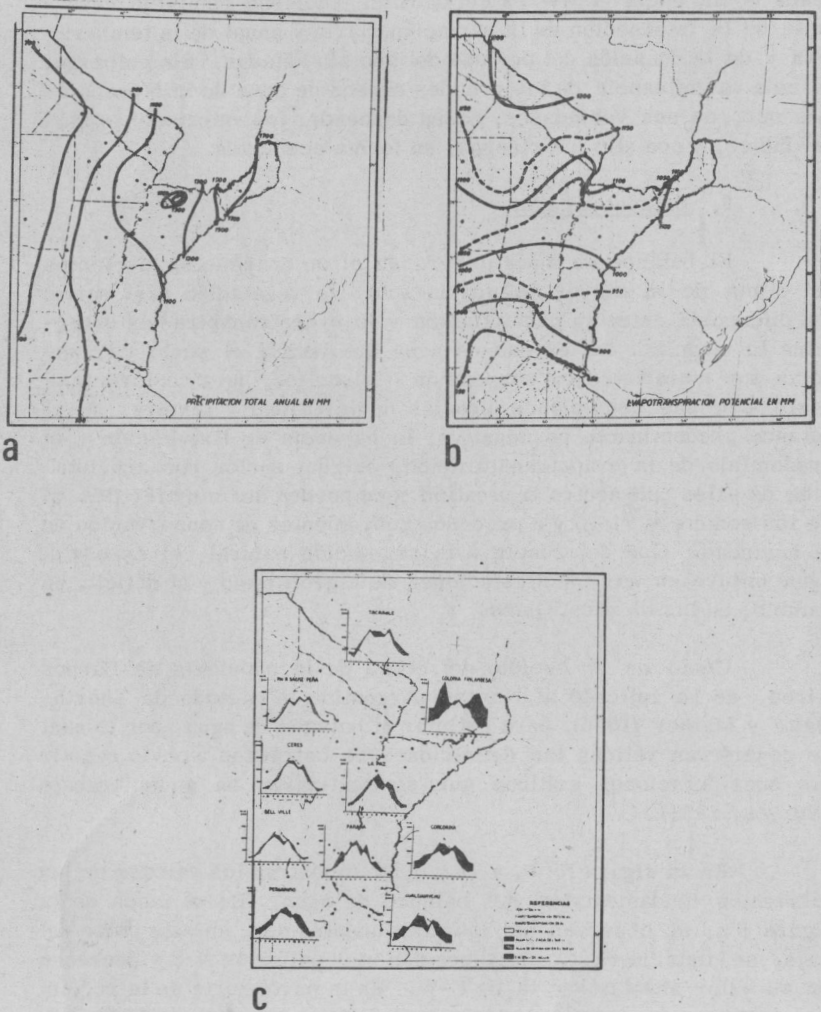
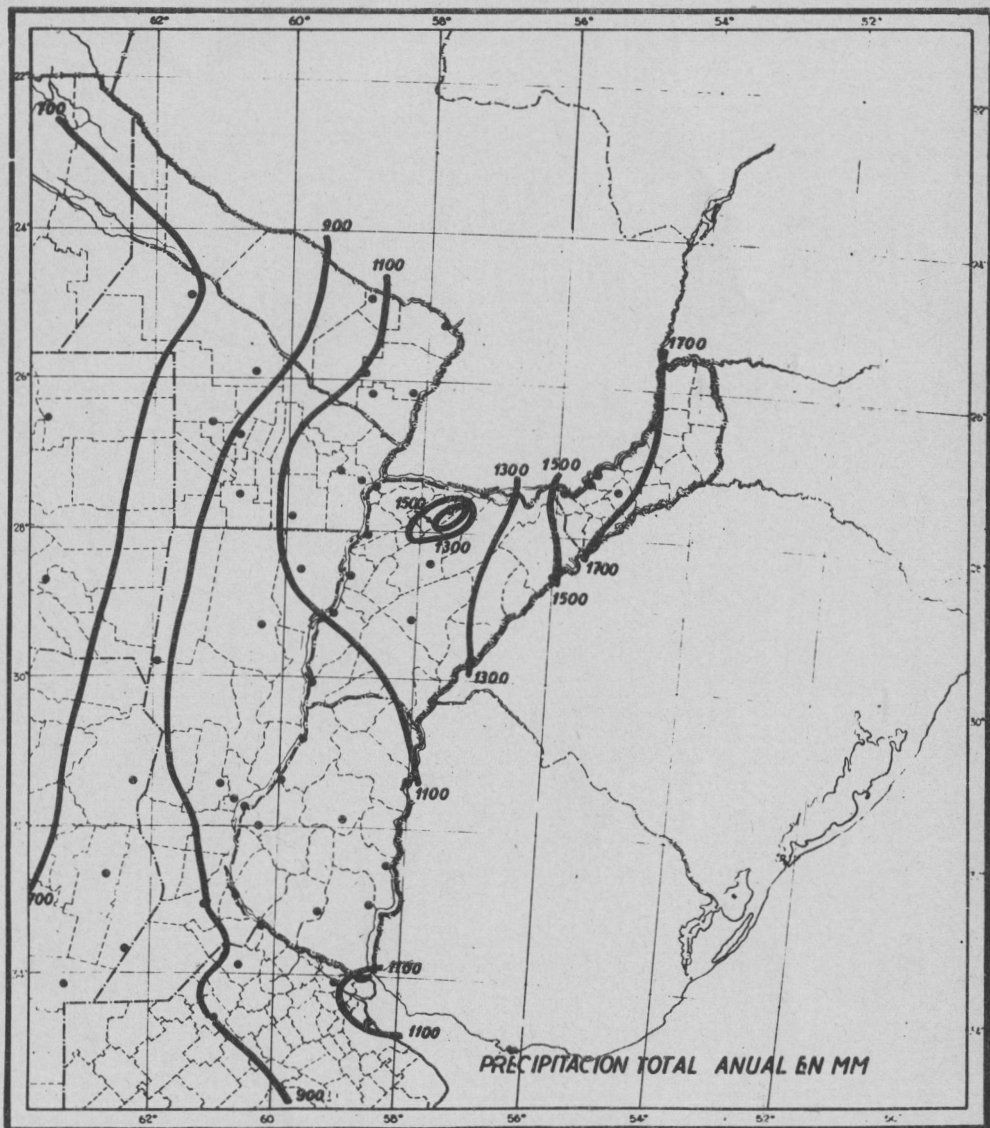
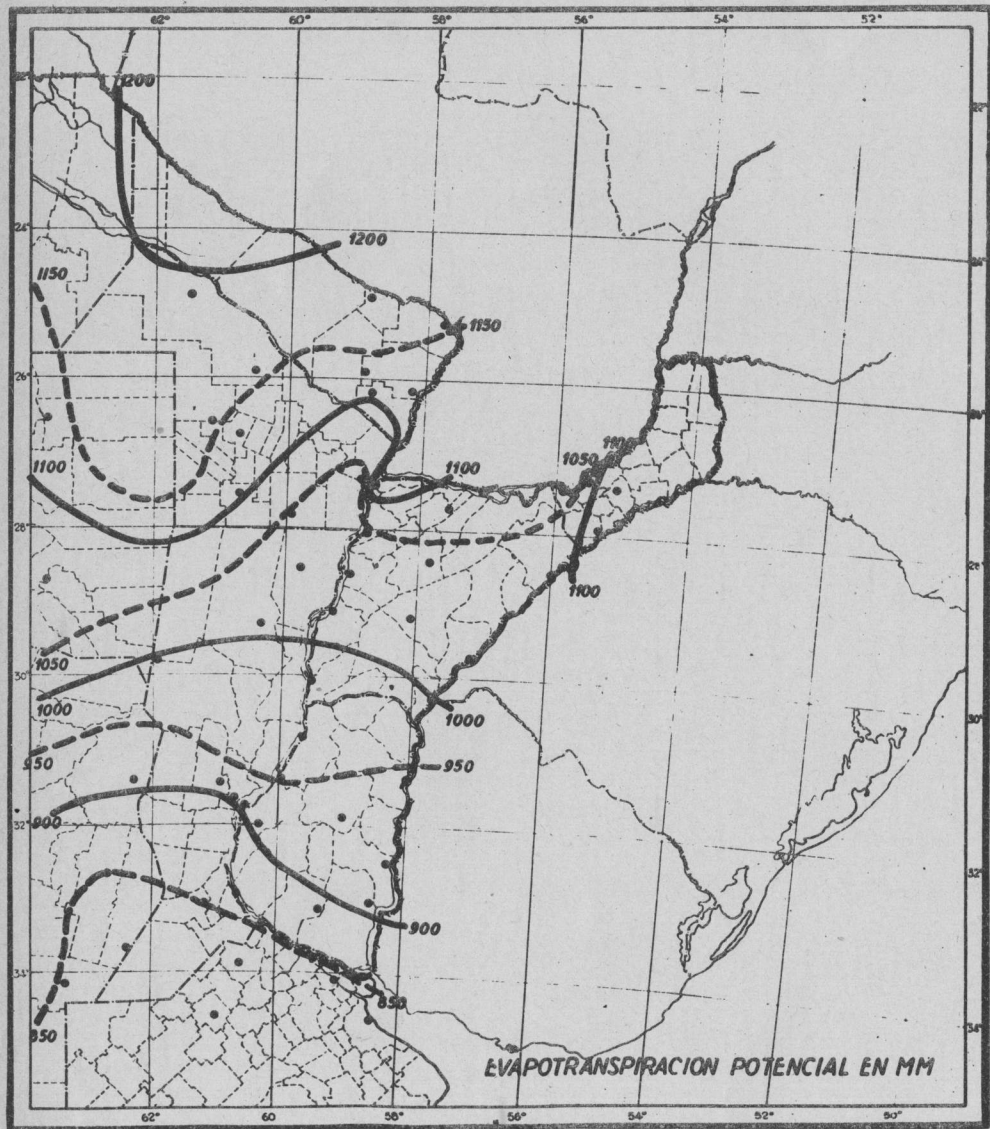


Fig. Nº 6. Elementos del balance de agua: a, Precipitación; b, Evapotranspiración Potencial; c, Diagramas de la marcha anual de los elementos del balance de agua.

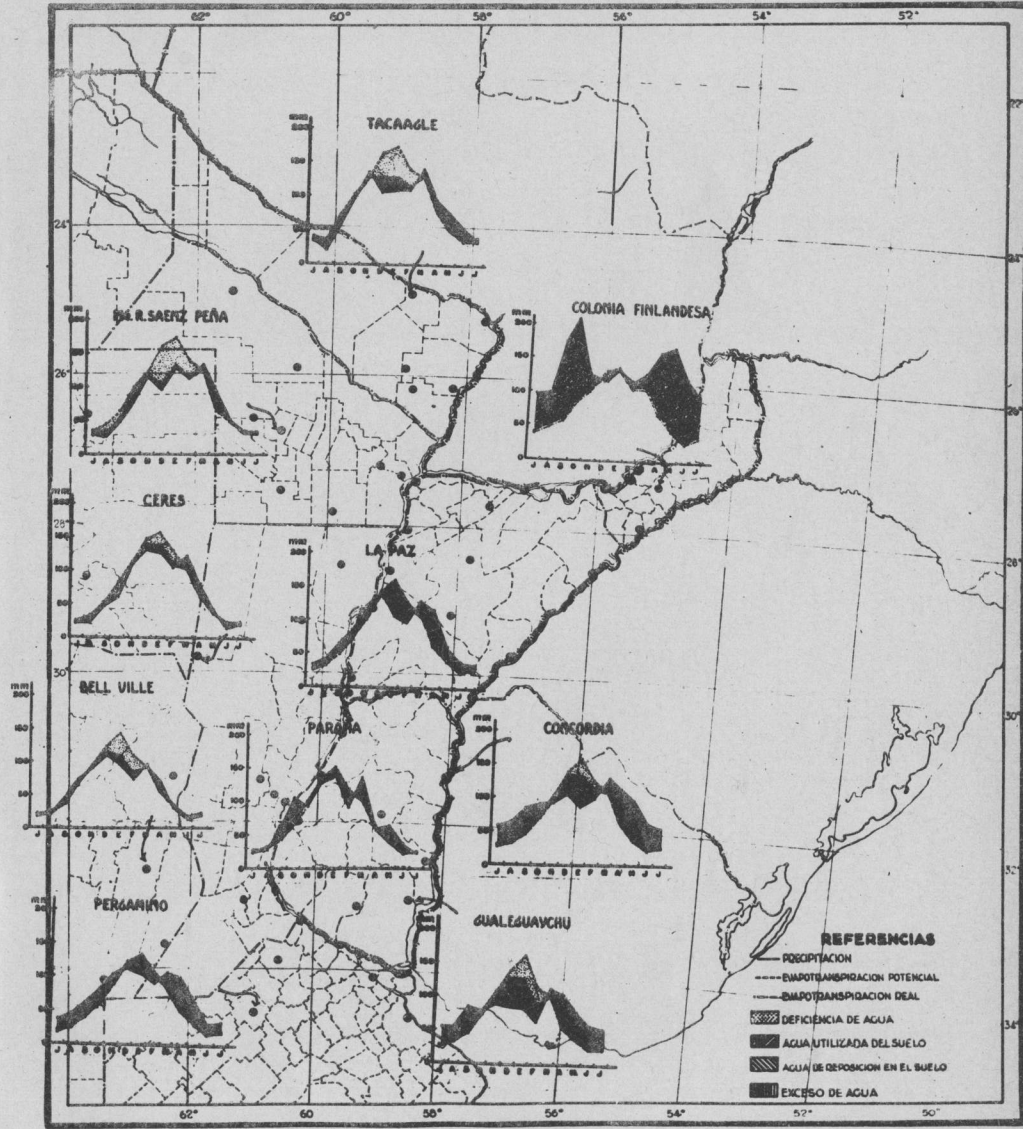


a

Fig. Nº 6. Elementos del balance de agua: a, Precipitación; b, Evapotranspiración Potencial; c, Diagramas de la marcha anual de los elementos del balance de agua.



b



c

750 mm en el extremo oeste de la provincia de Buenos Aires. Es decir, un gradiente de disminución de algo más de 0,5 mm por kilómetro.

En la distribución de las precipitaciones se nota la influencia de la circulación regional de la atmósfera, analizada en II 6, y se insinúan algunos factores geográficos de superficie. Estos son las sierras de Misiones y una probable fuente secundaria de vapor de agua, de importancia local en la región noroeste de Corrientes, que puede contribuir a explicar el aumento de las precipitaciones.

La evapotranspiración potencial anual (figura N° 6, b) muestra, en cambio, un aumento desde el Sur hacia el Norte y una dirección de sus isóneas de E-W. En ello se revela la influencia de la temperatura que ha servido de función principal en su estimación. Los valores absolutos anuales van desde los 850 mm en el sur de la región, hasta los 1.200 mm en los departamentos de Ramón Lista, Matacos y Bermejo de Formosa en el Norte. Sobre Misiones los valores tienden a disminuir a magnitudes inferiores a 1.100 mm.

El balance de agua que puede establecerse gráficamente con los valores mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial, para localidades escogidas, como muestra la figura N° 6, c, permite observar la distribución geográfica de la marcha, a través del año, de estos elementos y de la evapotranspiración real, así como la magnitud relativa de los excesos y deficiencia de agua. Se nota en esta forma que un régimen de lluvias con máximas equinocciales en el norte de la región y más típico en las regiones tropicales, se transforma hacia el sur en otro de máximas estivales, característico de las latitudes medias sobre las costas orientales de los continentes. No obstante, en toda esta porción sur se nota todavía una máxima secundaria en otoño. Se puede comprobar además, que sólo en la parte extrema noreste de la región, como es la ocupada por la provincia de Misiones, no existe deficiencia de agua. Aquí en los meses estivales la evapotranspiración potencial supera la precipitación, pero el agua almacenada en el suelo provee holgadamente esa demanda sin manifestar deficiencia.

La distribución geográfica de los valores totales anuales de evapotranspiración real, exceso y deficiencia de agua se muestran en la figura N° 7 a, b y c. Se comprueba así que en la parte más occidental de la región, o sea en el oeste del Chaco y Formosa, este de Santiago del Estero y Córdoba y noroeste de Santa Fe, la evapotranspiración real tiene los mismos valores y distribución que la precipitación. Hacia el E y hacia el S, en cambio, la evapotrans-

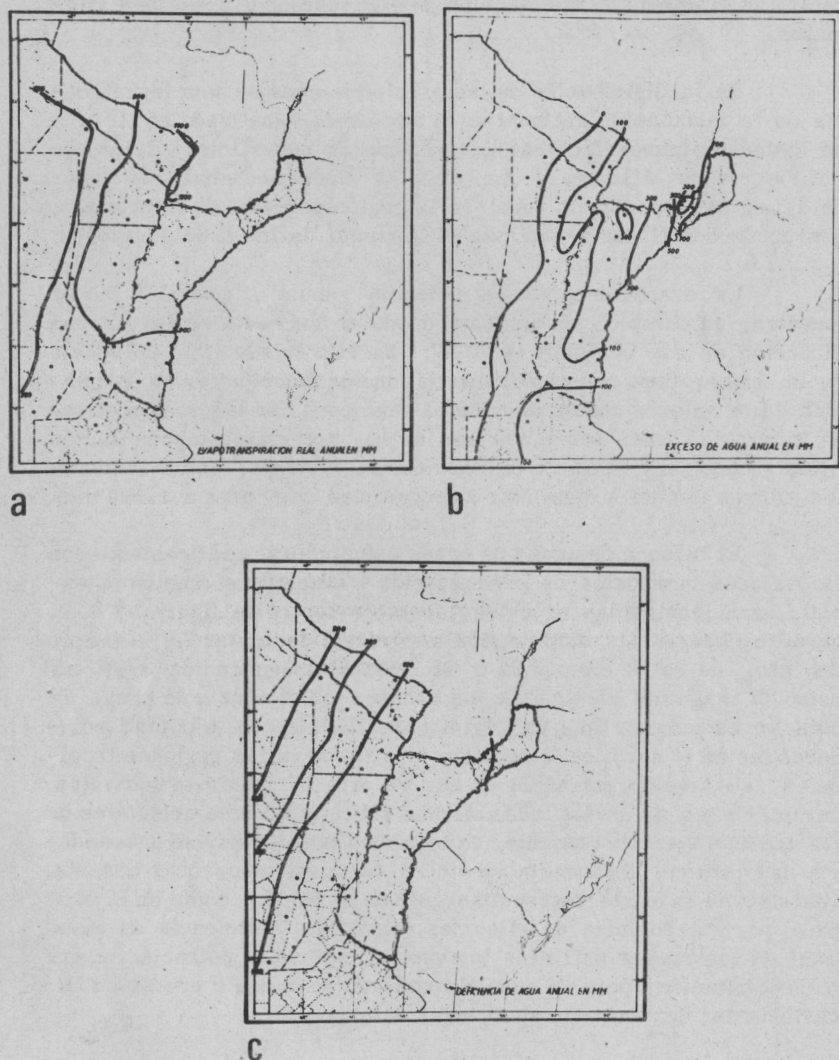
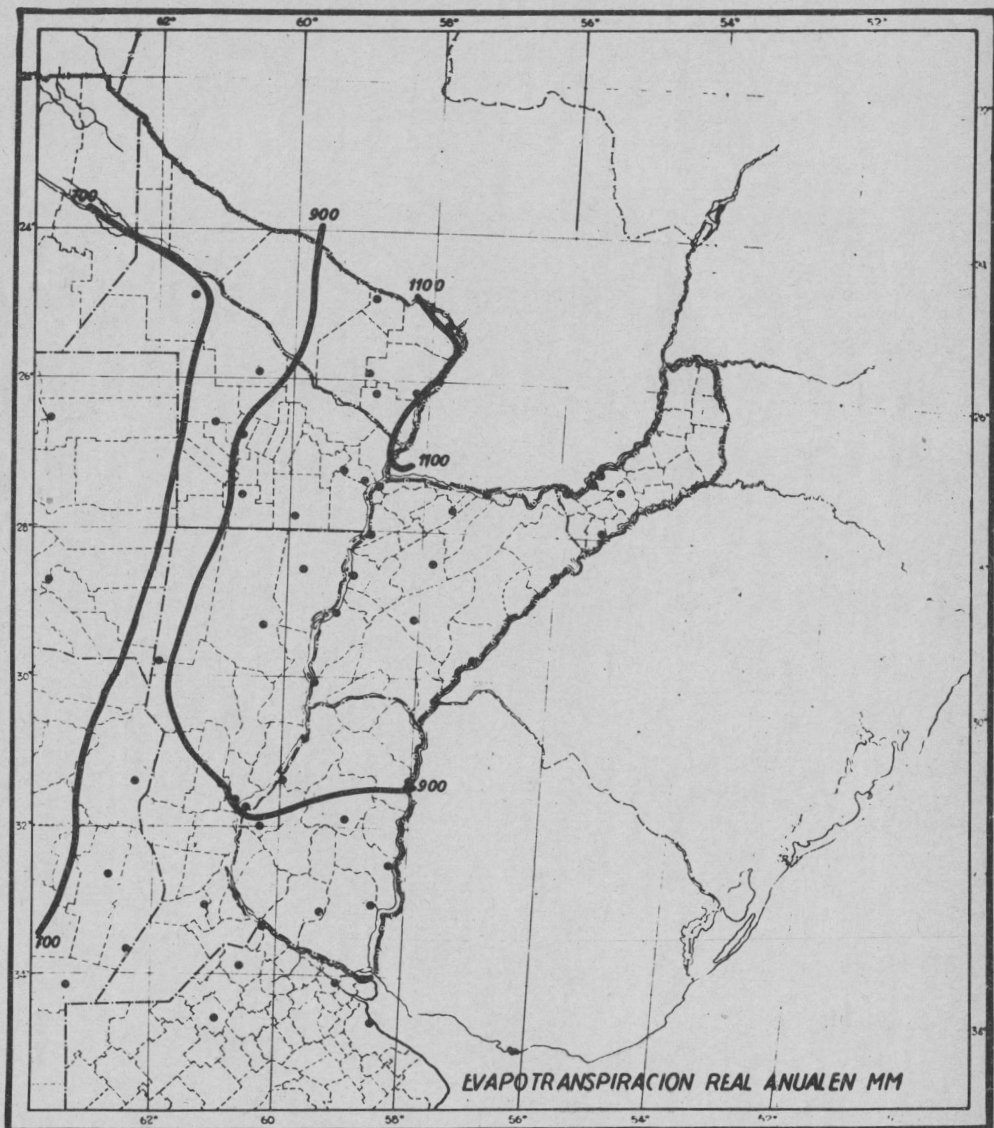


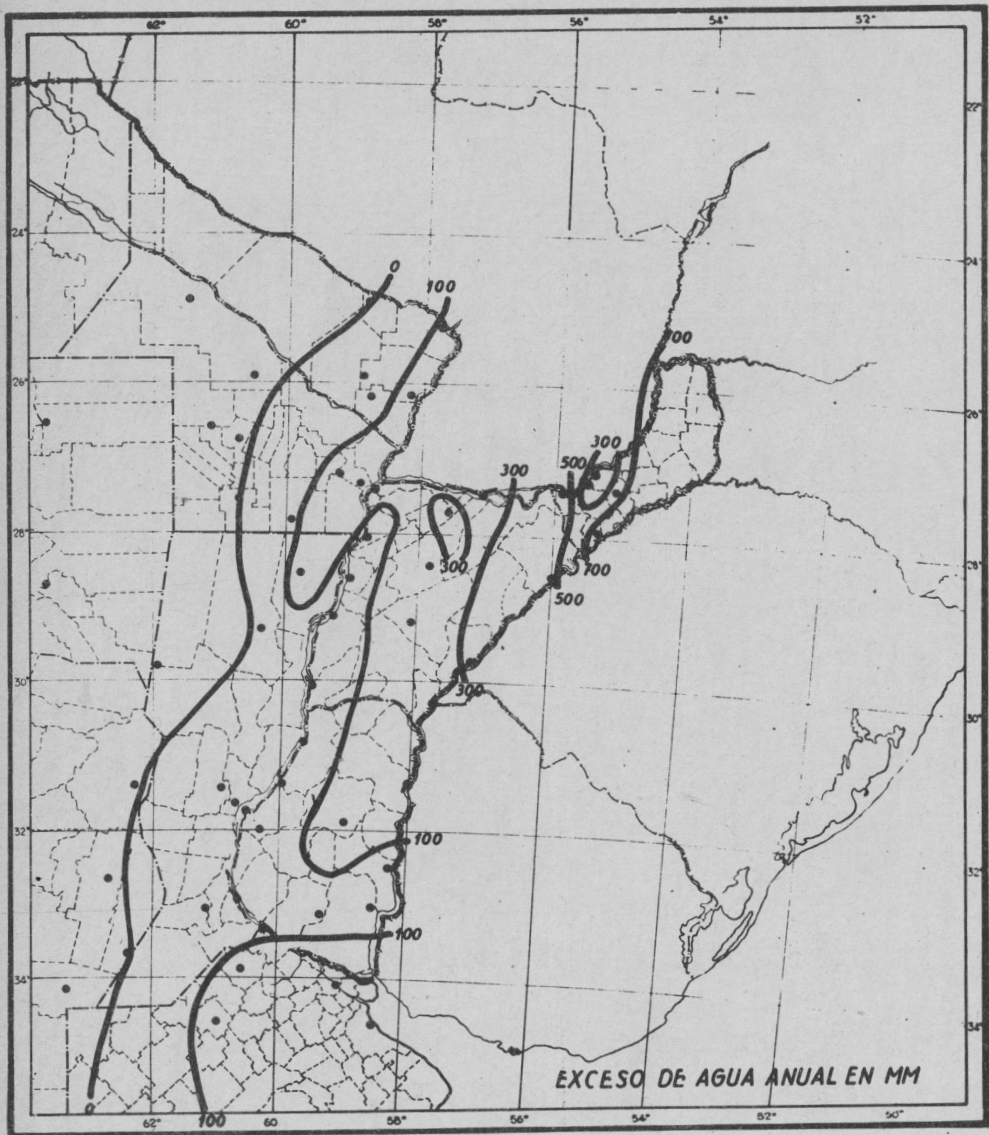
Fig. Nº 7. Elementos del balance de agua: a, Evapotranspiración Real; b, Exceso de agua; c, Deficiencia de agua. En todos los casos valores anuales en mm.



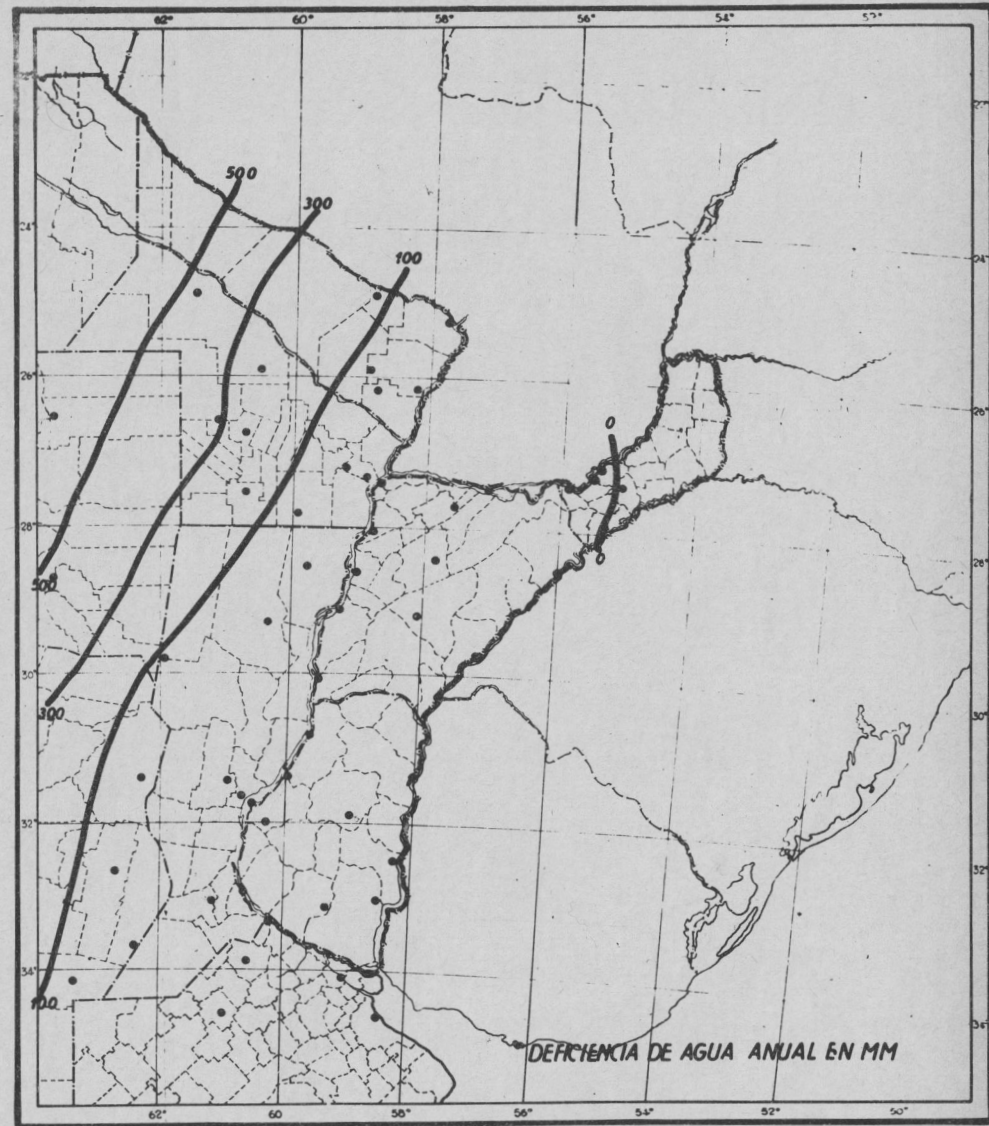
a

Fig. Nº 7.

Elementos del balance de agua: a, Evapotranspiración Real; b, Exceso de agua; c, Deficiencia de agua. En todos los casos valores anuales en mm.



b



c

piración real tiende a ser menor³ y deja, por lo tanto, un saldo de exceso de agua. Este exceso, como puede verse en la figura N^o 7, b, es de escasa magnitud hasta el centro de la Mesopotamia y aumenta rápidamente desde la mitad noreste de Corrientes hacia Misiones, sobre cuyo territorio se alcanzan valores superiores a los 700 mm anuales.

Por el contrario, la deficiencia de agua tiende a aumentar hacia el W aunque sobre Corrientes, Entre Ríos, la mayor parte de Santa Fe y el extremo oriental de Chaco y Formosa, los valores anuales de este elemento no superan los 100 mm. En el extremo occidental de Chaco y Formosa y en el centro de Santiago del Estero, la deficiencia alcanza 500 mm y valores aún superiores.

4. Dinámica del almacenaje de agua en el suelo

En las figuras N^o 8 y 9, se puede apreciar la evolución del almacenaje de agua en el suelo en el curso del año. Para ello, en una secuencia de mapas mensuales de almacenaje de han representado diferentes áreas con grisados de distinta intensidad de acuerdo con el grado de saturación del suelo. Los límites adoptados para dichas áreas fueron 100, 75, 50 y 25 % de contenido de agua en relación con la capacidad de campo. La razón de esta elección se funda en la conveniencia de representar áreas con suelos saturados a la capacidad de campo; las que contienen humedad suficiente como para que la gran mayoría de las especies vegetales no experimenten tensiones de sequía, cualesquiera que sean las condiciones atmosféricas (100 a 75 %), es decir suelos insaturados pero sin riesgo de sequía; las que pueden sufrir esta tensión si el aire es muy desecante (75 a 50%), o también llamados de sequía condicional; y las que finalmente contienen humedad por debajo del punto de marchitez (<50%) que pueden designarse de sequía permanente. El valor del 25 % es convencional.

Sobre las áreas con suelo saturado se han diseñado las isolíneas de la magnitud del exceso de agua que, por el área que limitan, dan una idea de los aportes locales al escurrimiento superficial y de las consecuencias que ello puede tener sobre la vegetación y el suelo. Los intervalos de exceso de agua indicados fueron 10, 20, 50 y 100 mm. En algunos meses, y cuando el espacio territorial lo permitió, como en julio, agosto y setiembre, en que las áreas saturadas resultaron extensas y los excesos también, se intercaló la isolínea de 25 mm entre las de 20 y 50 mm. Con ello se obtuvieron intervalos comparables a los adoptados en el estudio de la provincia de Buenos Aires, en la cual los excesos de agua mensuales

de menor magnitud determinaron la adopción de los intervalos de 25 y 50 mm.

Observando las figuras N^o 8 y 9, se puede notar que la única región que tiene suelos saturados durante todos los meses del año es el extremo oriental de Misiones, formado por los departamentos de Iguazú, General Belgrano, Eldorado, San Pedro, Montecarlo, Guaraní y la mitad oriental de los departamentos Lib. Gral. San Martín, Cainguás y 25 de Mayo. Esta región permanece con suelos saturados aún en el mes de febrero el cual se confirma como el mes más seco del año en toda la región, como lo es para la provincia de Buenos Aires.

Durante el mes de marzo, este área se amplía ligeramente hacia el Sur, mientras su extensión original muestra ya un exceso de agua de 20 mm. Simultáneamente, en este mes aparecen dos centros aislados de saturación edáfica: uno alargado de dirección N-S, que se extiende por los departamentos Gral. Donovan, Tapenagá y San Fernando de Chaco y se prolonga hacia el Sur por el departamento de Gral. Obligado en Santa Fe, con 20 mm de exceso de agua; y otro de menor extensión y sin exceso en Entre Ríos, en el departamento de La Paz, próximo a Paraná.

En el mes de abril, estas tres áreas se unen en una mucho más extensa que desde el N tiende hacia el S y abarca todo el noroeste de Entre Ríos, casi todo Corrientes, Misiones, el extremo sudeste de Formosa, el más oriental de Chaco y el noreste de Santa Fe. Simultáneamente, un frente de saturación avanza desde la provincia de Buenos Aires hacia el norte hasta la costa del Paraná y un núcleo de saturación aparece en los departamentos Las Colonias, La Capital, San Jerónimo, Iriondo y San Lorenzo de la provincia de Santa Fe. En este mes, como consecuencia del comienzo de las lluvias máximas otoñales en el norte de esta región, se registran los excesos de agua mensuales de 50 y 100 mm sobre el este de Misiones y los departamentos de Libertad, 1^o de Mayo, San Fernando, Sgto. Cabral y Tapenagá, en el Chaco, y Gral. Obligado, en Santa Fe.

Durante el mes de mayo, las zonas de saturación del norte y del sur se unen en una faja continua que desde Misiones se extiende hasta la provincia de Buenos Aires a través de la Mesopotamia con la inclusión de los departamentos de Pilcomayo, Formosa y Laishi, en Formosa; Bermejo, 1^o de Mayo, San Fernando, Gral. Donovan, Libertad y este de Sgto. Cabral, Tapenagá y Lib. Gral. San Martín, en el Chaco; y La Capital, San Jerónimo, San Lorenzo,

Rosario y este de Gral. Obligado, de Las Colonias, de San Javier y de Constitución, en Santa Fe. Este mes, que coincide con el de las lluvias máximas de otoño en el extremo norte de la región, es el que presenta los más abundantes y extensos excesos del año en la mitad norte del Noreste Argentino y sólo puede compararse, tanto en la extensión del área saturada como en el carácter de los excesos, al mes de octubre.

Los meses de junio y julio resultan semejantes a mayo en cuanto a la extensión de las áreas de saturación del suelo, no obstante lo cual, se nota un receso en el volumen de los escurrimientos, de acuerdo con la disminución de las precipitaciones en los meses invernales. Este receso se hace mínimo en la región norte en el mes de agosto y como consecuencia, en este mes, el área de suelos saturados queda limitada estrictamente a la Mesopotamia Argentina y parcialmente a algunos de los departamentos del sur de Santa Fe. En el mes de setiembre, con el comienzo de las lluvias equinociales en el norte vuelve a ampliarse el área de suelos saturados, como así la magnitud de los excesos para culminar ambos fenómenos en el mes de octubre que, como se dijo anteriormente, resulta el más semejante a mayo. Sin embargo, debe notarse que tanto el aumento del área saturada como el de la magnitud de los excesos, ocurren en el norte de la región. En el sur, como en la provincia de Buenos Aires, no hay excesos de agua en el mes de octubre.

Por último, en noviembre el área saturada se divide en dos por el centro de la provincia de Entre Ríos que en sus formas se asemejan a las del mes de abril aunque de mayor extensión y con menor exceso de agua sobre el área del norte. En diciembre, el suelo saturado desaparece en casi toda la región estudiada permaneciendo como tal sólo el extremo este de Misiones, como consecuencia de un alto consumo de agua por evapotranspiración no satisfecho por la precipitación. Esta situación persiste en los meses más secos del año, enero y febrero.

Durante los meses en que la saturación del suelo forma una franja continua de dirección N-S, en toda la región considerada, es decir en mayo, junio, julio, agosto, setiembre y octubre, los suelos insaturados se ubican en estrechas franjas de unos 80 kilómetros de ancho, ordenadas en forma decreciente de insaturación y en dirección aproximada NE-SW, al oeste de la gran área saturada. Estas tres franjas presentan un desplazamiento estacional E-W muy pequeño. Tal es la distribución del área insaturada con mayor humedad que el 75 % de la capacidad de campo, suficiente para la vegetación en cualquier condición del aire adyacente; de la com-

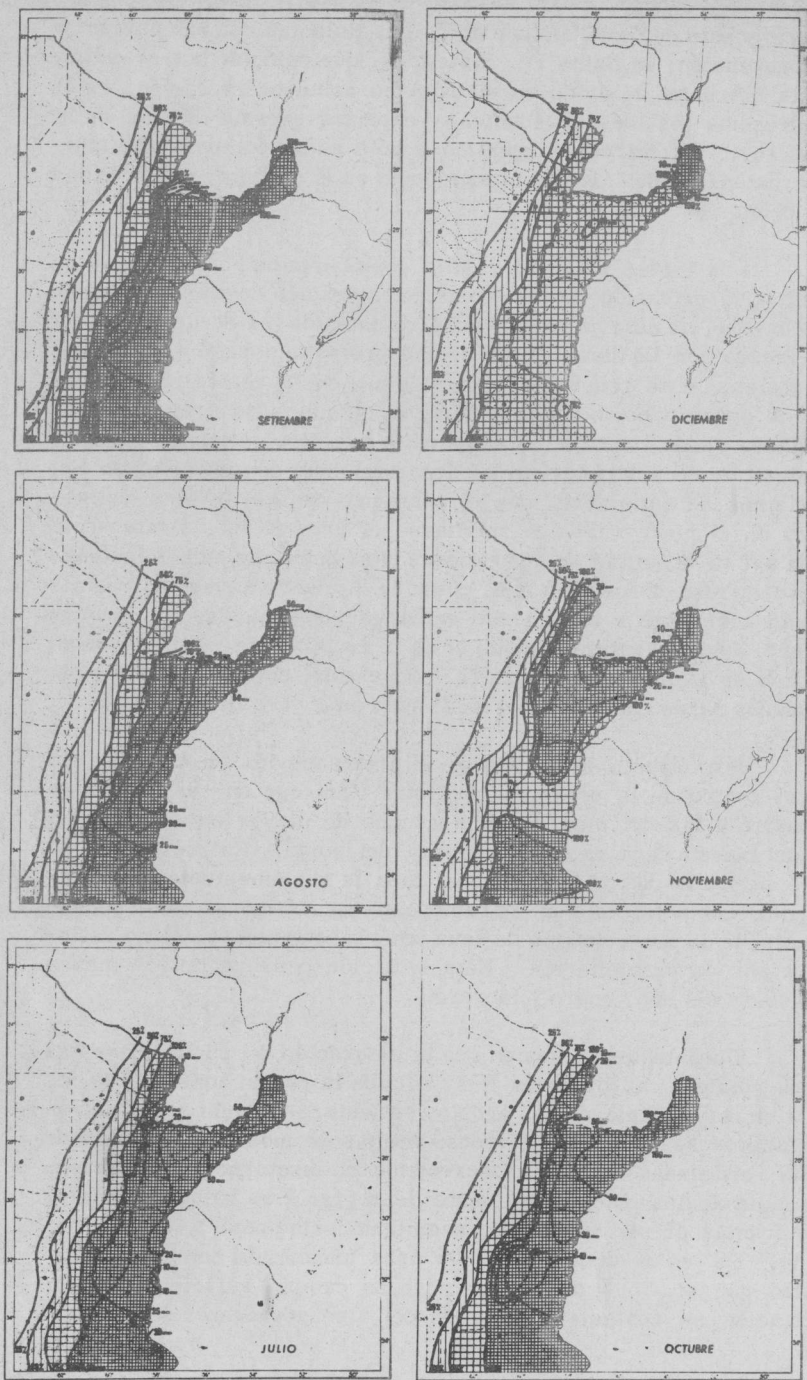


Fig. Nº 8. Almacenaje de agua en el suelo a 1 m de profundidad expresado en porcentaje de la capacidad de campo. Isolíneas interrumpidas indican el exceso de agua mensual en mm. Valores del semestre julio-diciembre.

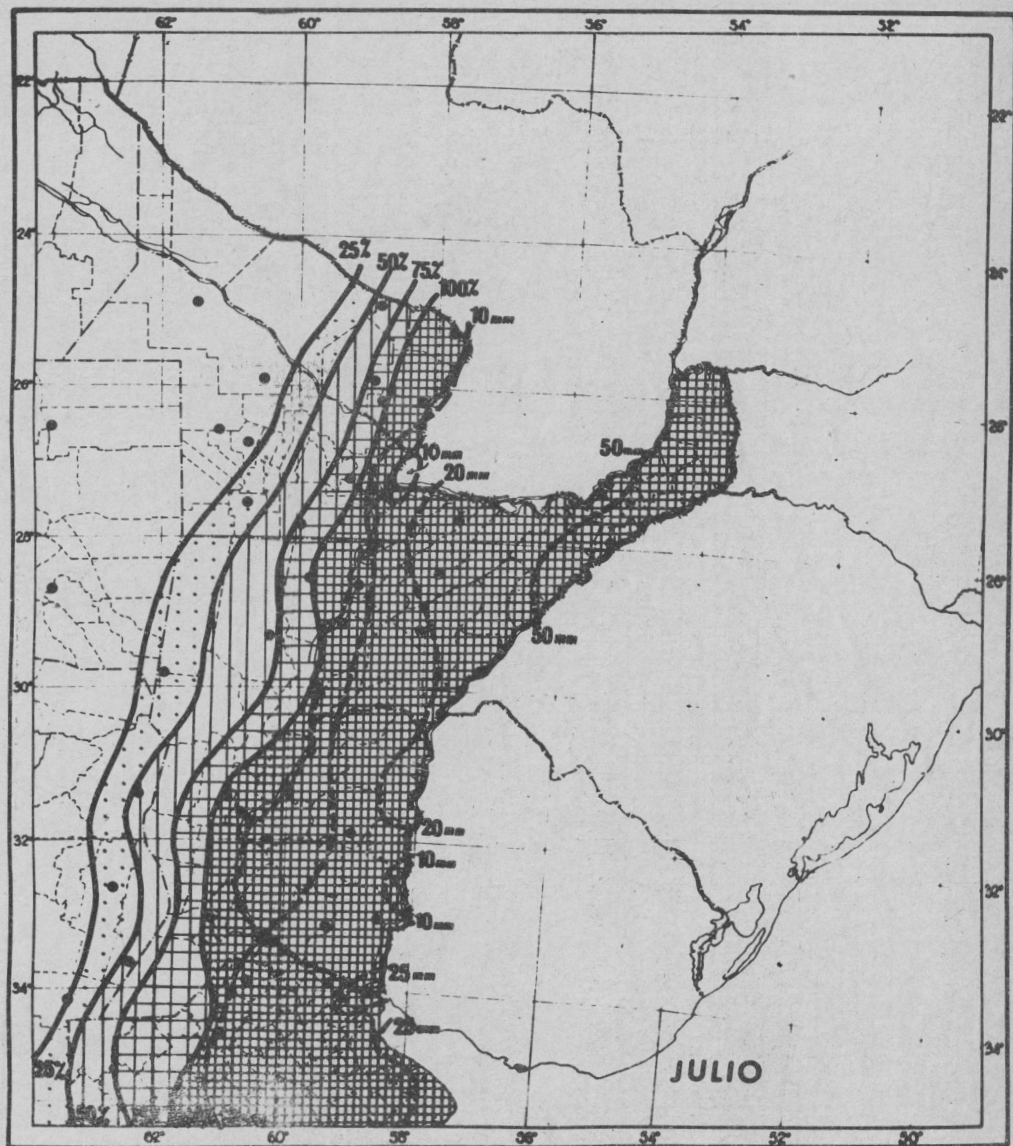
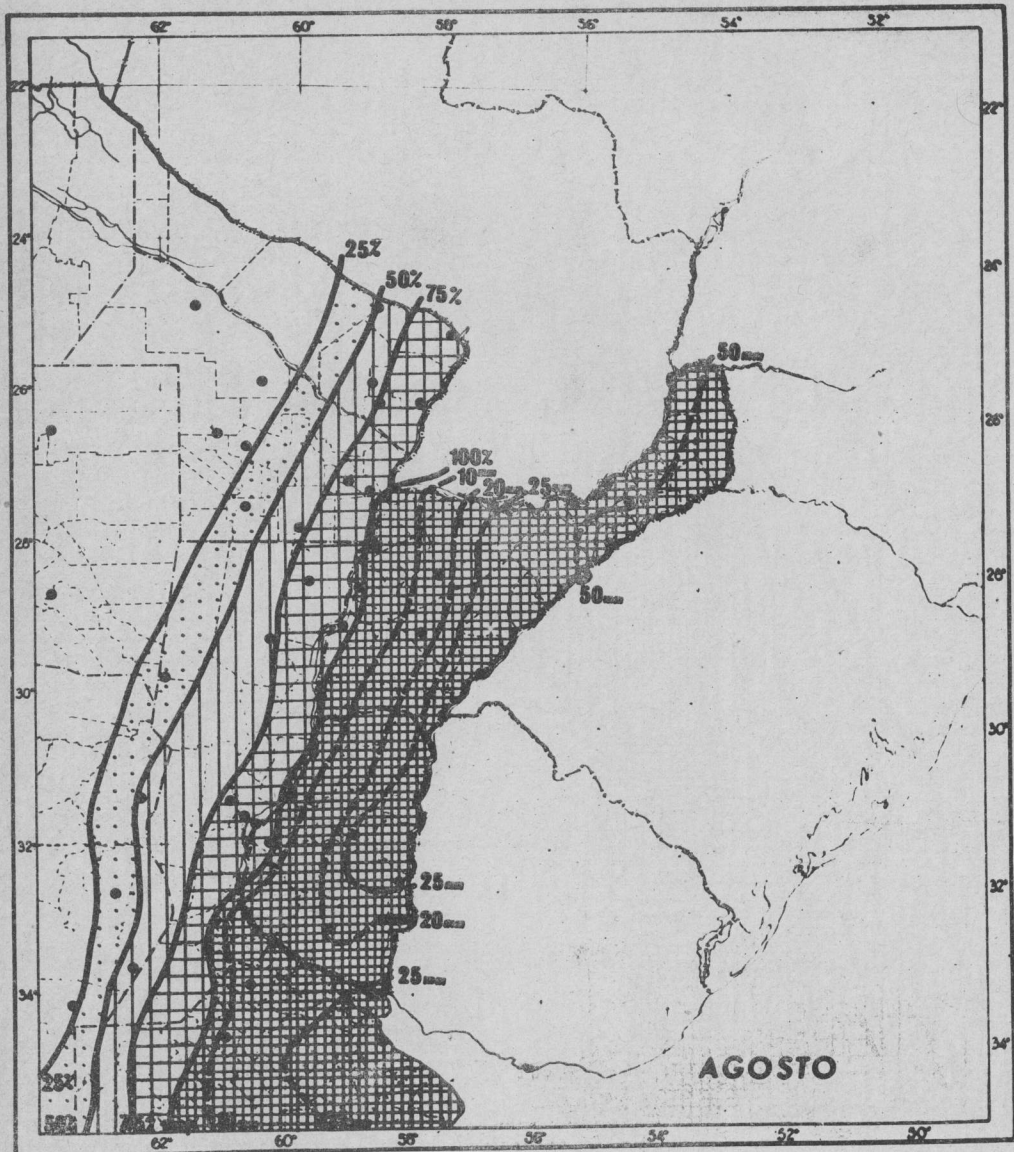
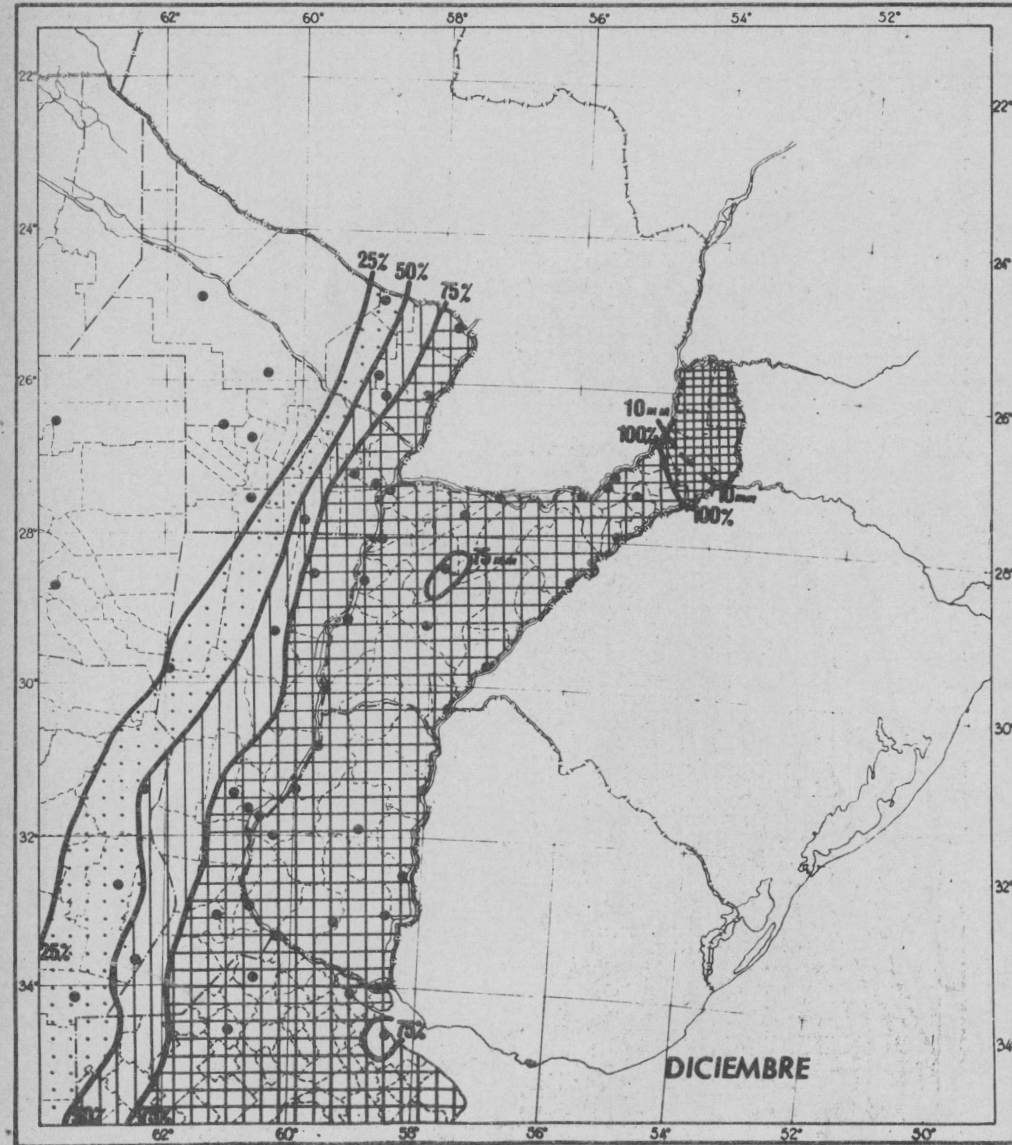
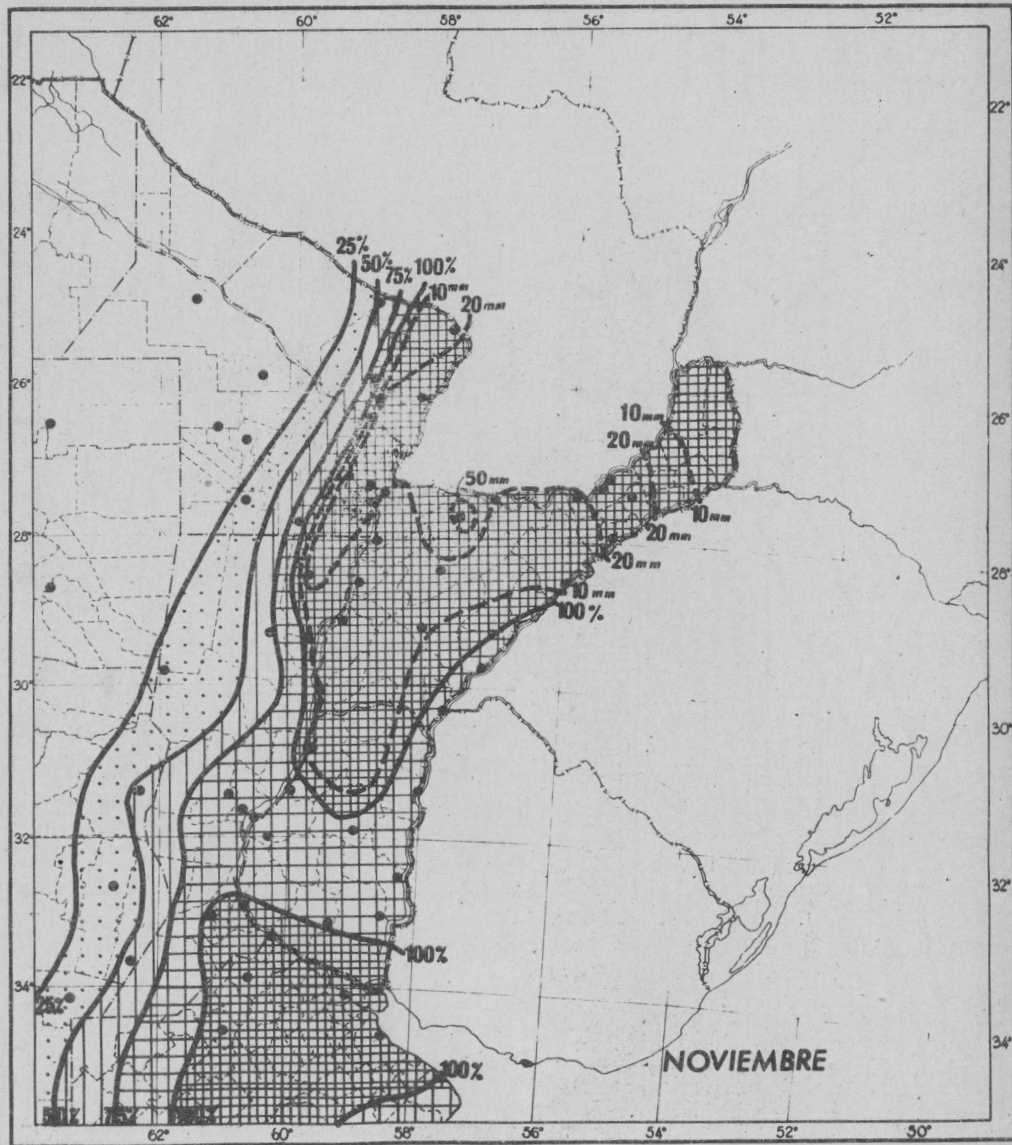
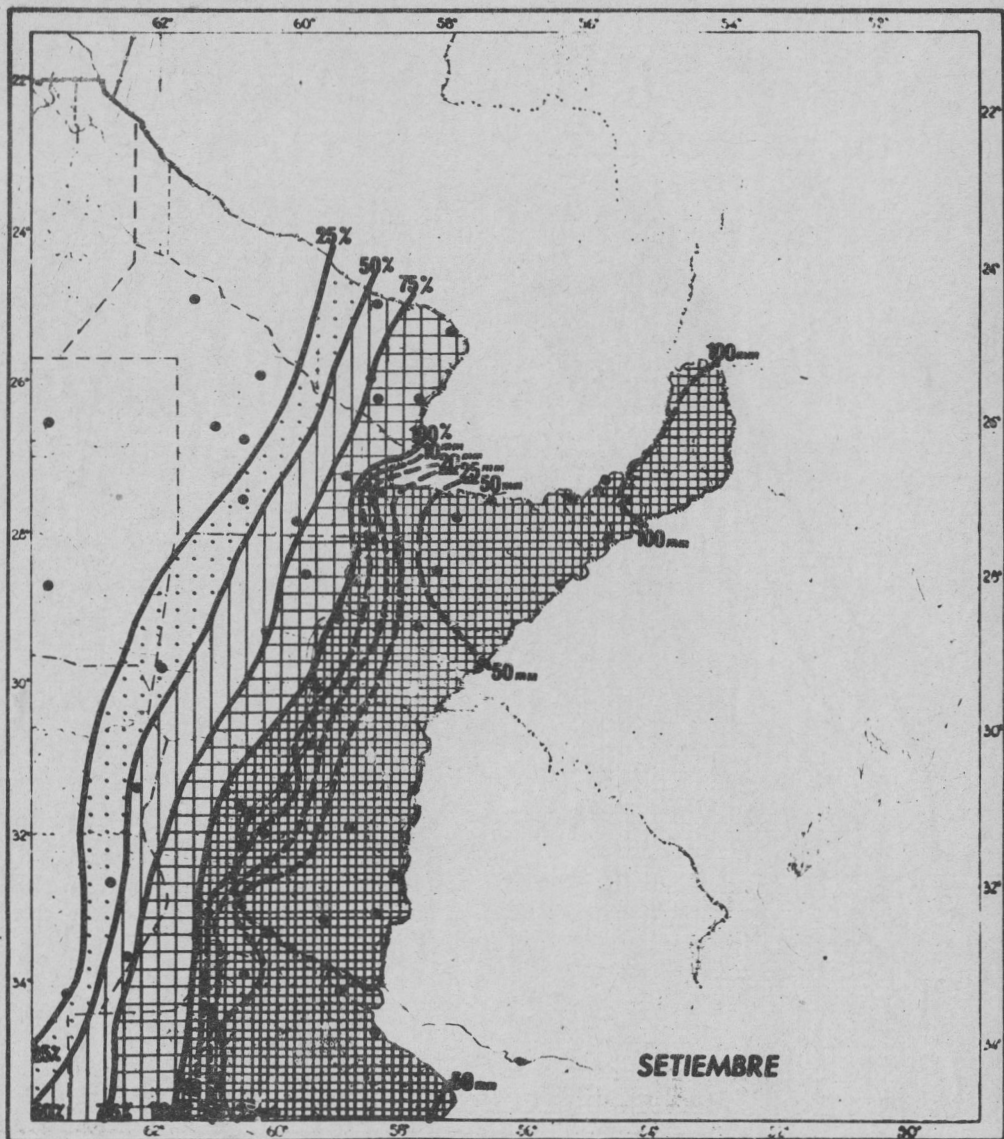
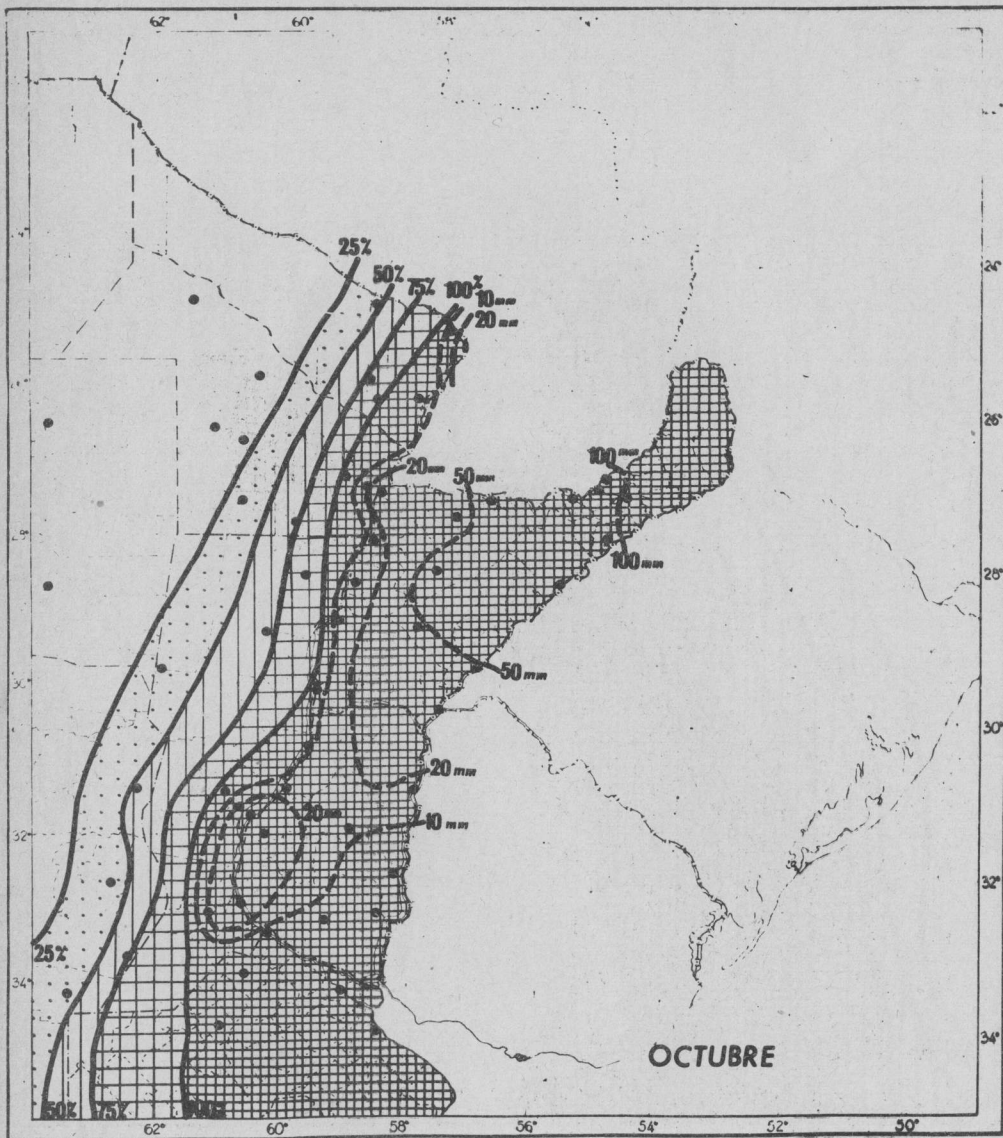


Fig. Nº 8. Almacenaje de agua en el suelo a 1 m de profundidad expresado en porcentaje de la capacidad de campo. Isolíneas interrumpidas indican el exceso de agua mensual en mm. Valores del semestre julio-diciembre.









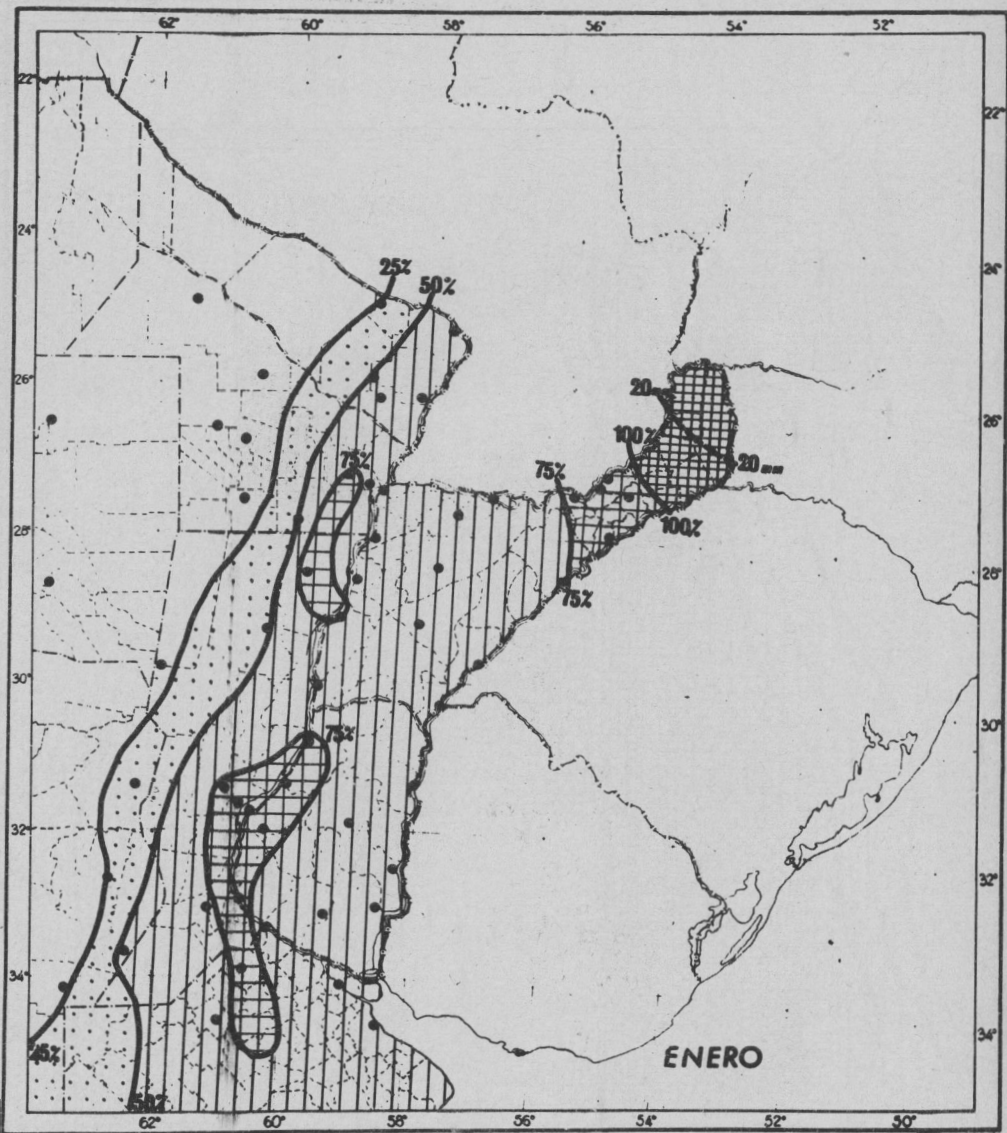
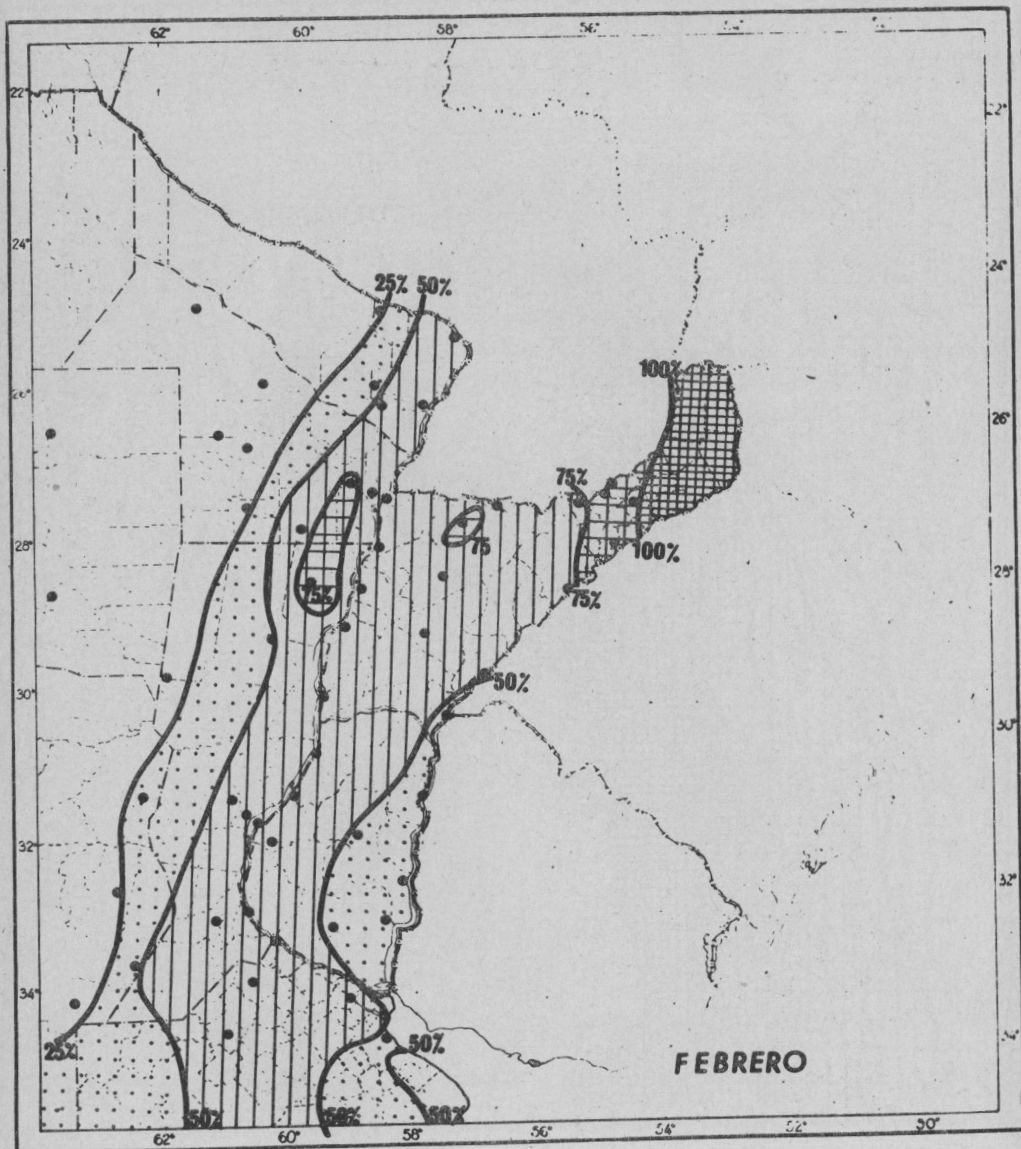
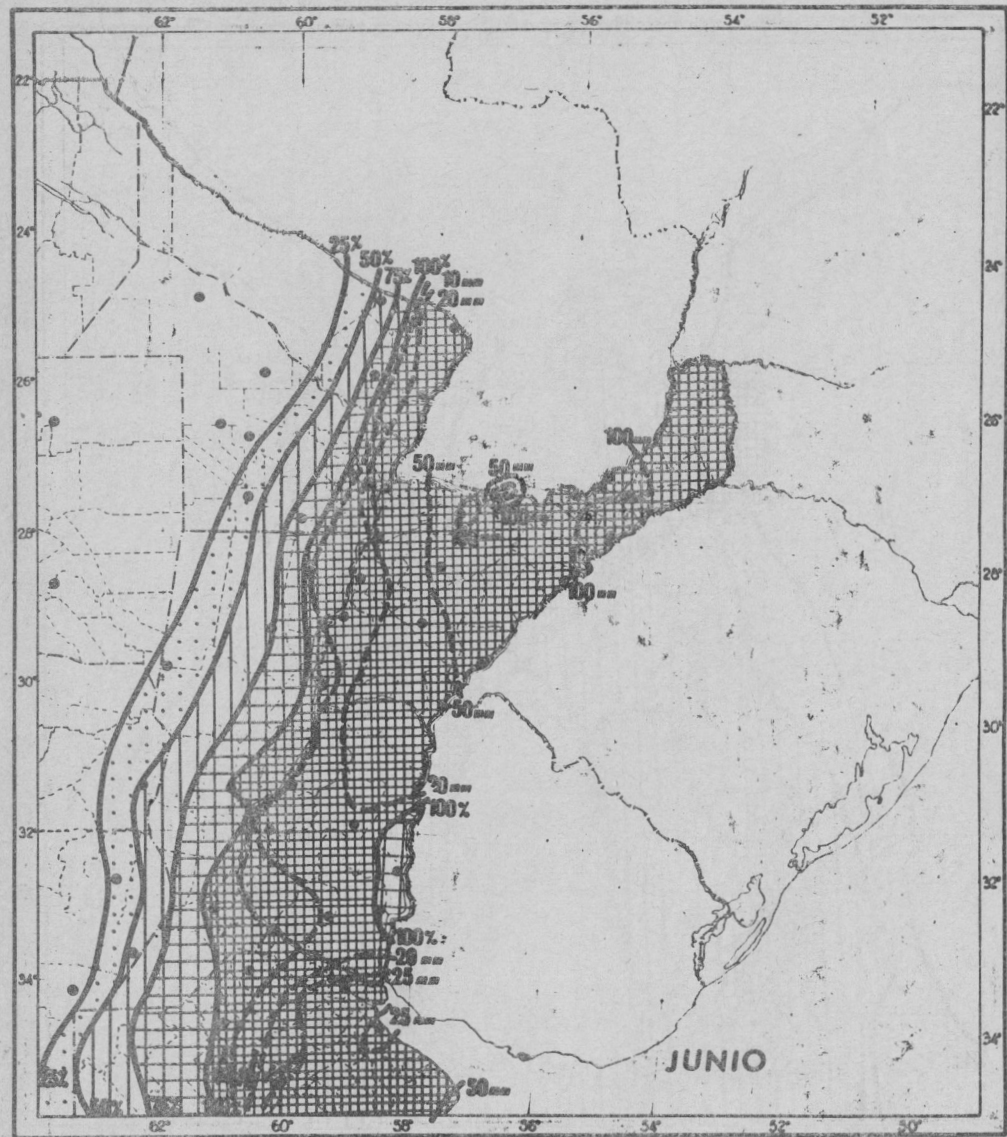
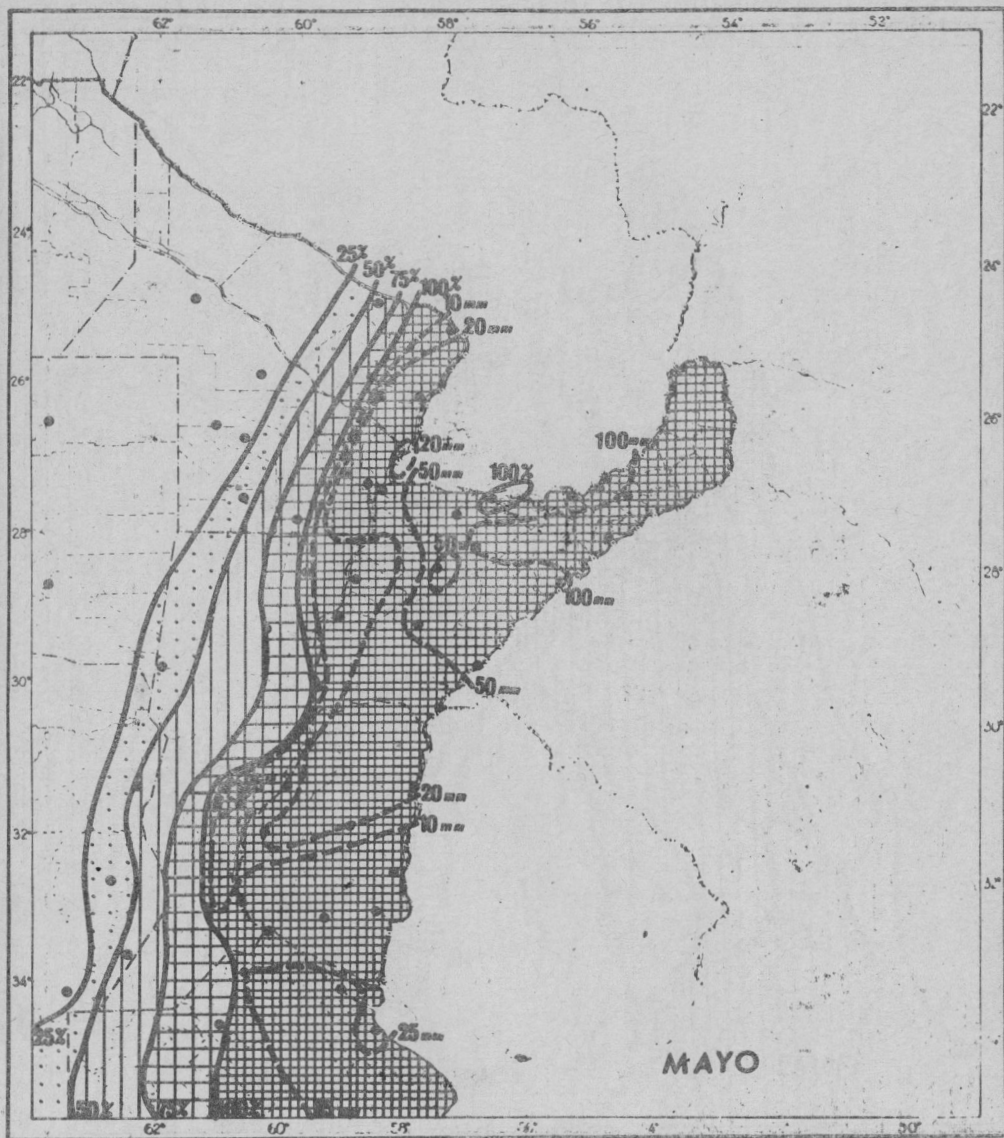
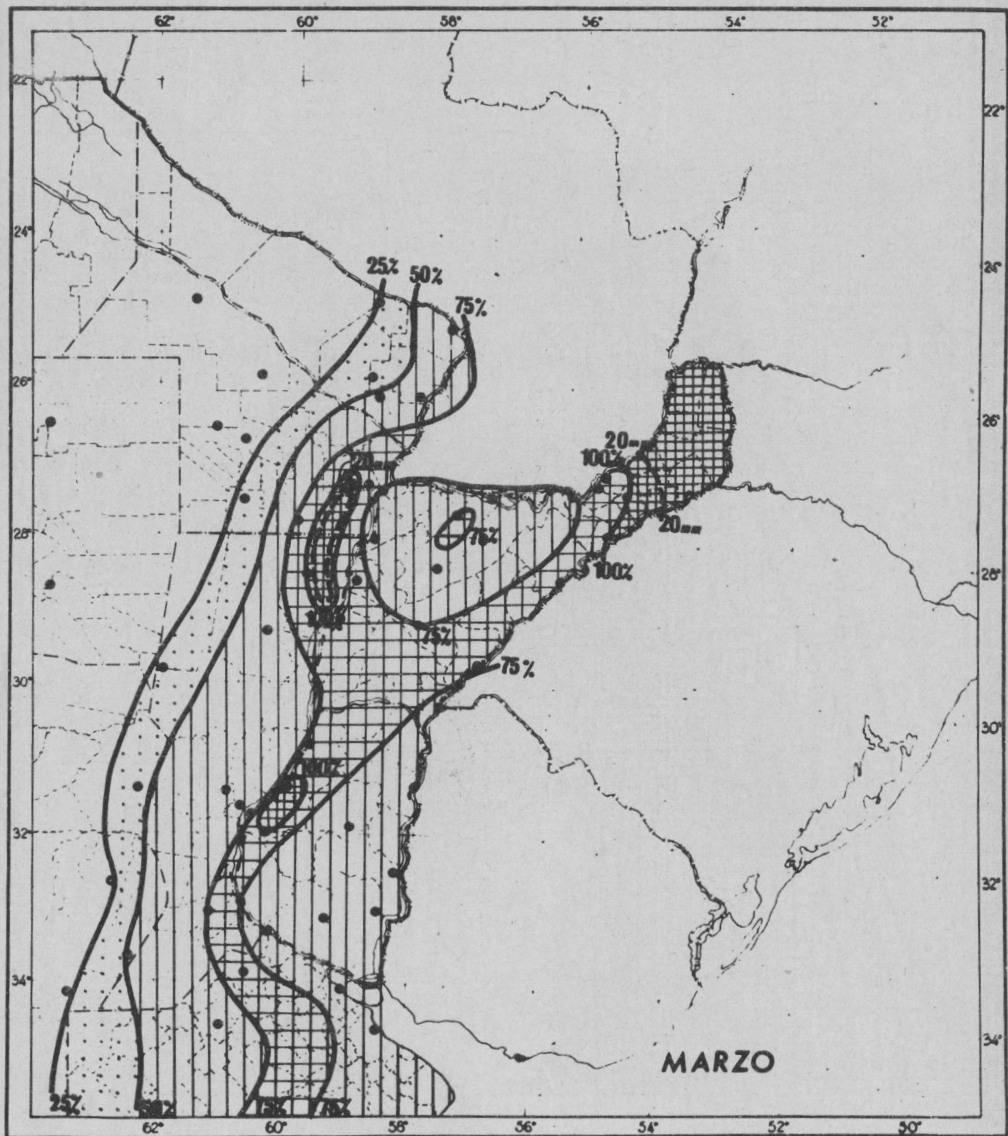
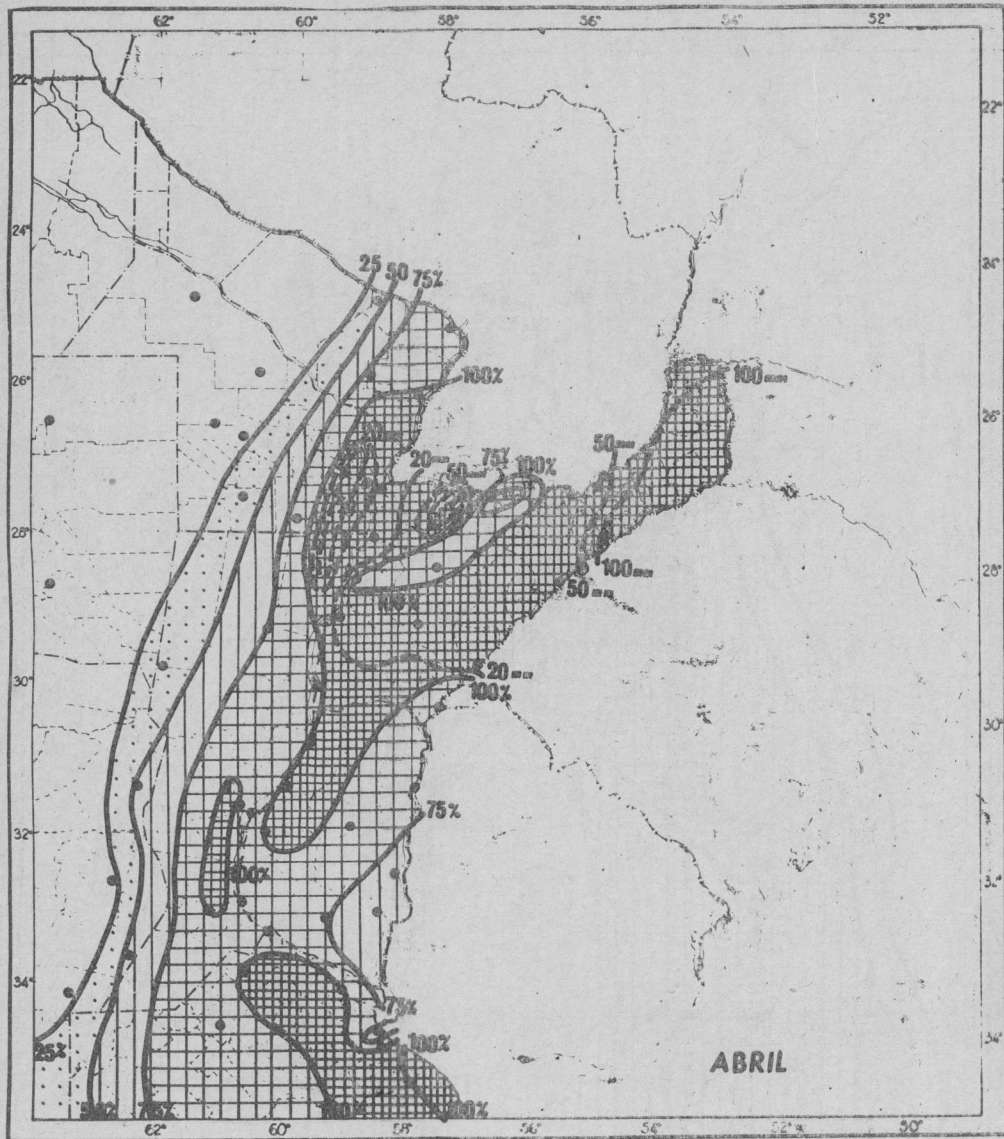


Fig. No 9. Almacenaje de agua en el suelo a 1 m de profundidad expresado en porcentaje de la capacidad de campo. Isolíneas interrumpidas indican el exceso de agua mensual en mm. Valores del semestre enero-junio.









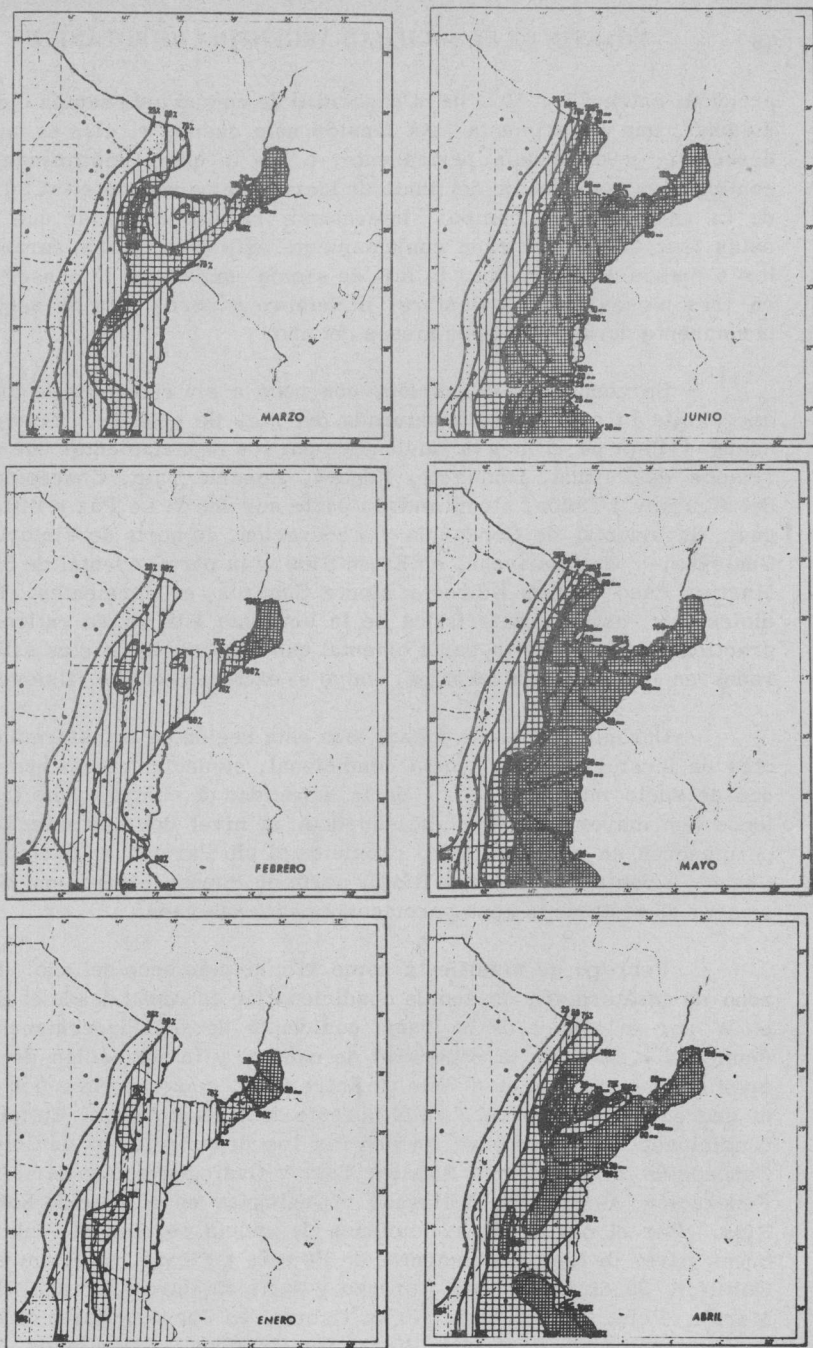


Fig. № 9. Almacenaje de agua en el suelo a 1 m de profundidad expresado en porcentaje de la capacidad de campo. Isolíneas interrumpidas indican el exceso de agua mensual en mm. Valores del semestre enero-junio.

prendida entre 75 y 50 % de la capacidad de campo o de sequía condicional, que experimenta esta tensión sólo cuando el aire es muy desecante; y de sequía permanente, o sea la que climáticamente contiene agua por debajo del punto de marchitez permanente (< 50 % de la capacidad de campo). Interesante resulta observar que si estas tres fajas mantienen conjuntamente esta distribución durante los 6 meses mencionados, la faja de sequía condicional la conserva en tres meses más (noviembre, diciembre y abril) y la de sequía permanente durante los doce meses del año.

La zona de insaturación, con poco o sin riesgo de sequía, que limita la extensa zona saturada del mes de octubre, irrumpe hacia el Este en el mes de noviembre por los departamentos entrerrianos de Paraná, Diamante, Nogoyá, Rosario Tala, Concepción del Uruguay y Colón, alcanzando la parte sur del de La Paz y Villaguay, la oriental de Concordia y Federación, la norte de Victoria, Gualeguay y Gualeguaychú, en Entre Ríos; y la parte oriental de San Martín, Paso de Los Libres y Monte Caseros, en Corrientes. En diciembre, esta característica de la humedad edáfica se extiende prácticamente a toda la parte oriental que mantuvo los suelos saturados en los meses invernales, salvo el extremo este de Misiones.

Durante el mes de enero, toda esta región se transforma en otra de insaturación de sequía condicional, es decir con una humedad de suelo inferior al 75 % de la capacidad de campo. Sólo tres focos con mayor contenido de humedad, al nivel del mes anterior, permanecen en enero sobre o próximos al río Paraná, en parte del Chaco, y Santa Fe; en Entre Ríos y norte de Buenos Aires; y en Misiones, al oeste de la zona permanentemente saturada.

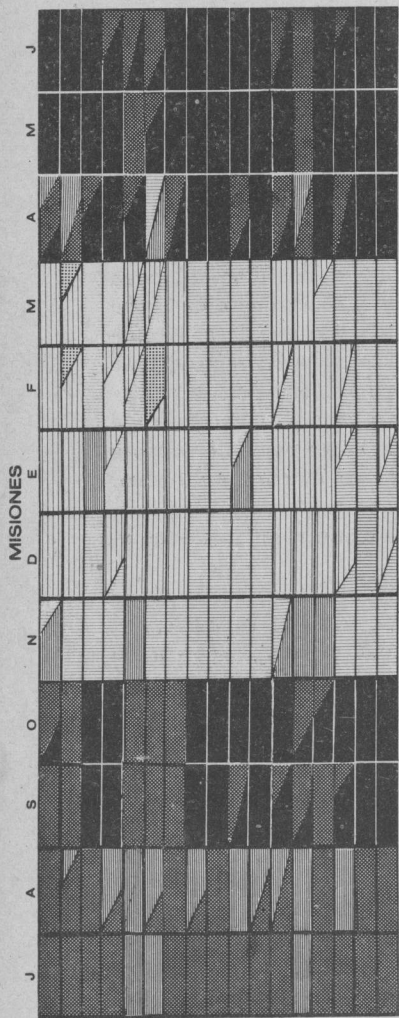
Febrero se manifiesta como el mes más seco del año. La zona de insaturación de sequía condicional se estrecha desde el E y el W por el avance de la franja occidental de sequía permanente (humedad < 50 % de la capacidad de campo) y la formación de un área del mismo tipo en el este de Entre Ríos, como continuación de la que en febrero aparece en el noreste de Buenos Aires. En tales condiciones, en el este se encuentran los departamentos de Colón, Concepción del Uruguay, Rosario Tala y Gualeguaychú y parte de Federación, Concordia, Villaguay y Gualeguay en el este de Entre Ríos. Por el oeste, las condiciones de sequía permanente cubren buena parte de los departamentos de Pilagás y Pirané, en Formosa; Quitilipi, 25 de Mayo, San Lorenzo y parte de Mayor Fontana, San Martín, Pcia. de la Plaza y Sgto. Cabral, en Chaco; y parte de los departamentos de 9 de Julio, Vera, San Cristóbal, Castellanos, San Martín, Belgrano y Gral. López, en Santa Fe; y Marcos Juárez,

San Justo y Pte. R. Sáenz Peña, en Córdoba. Resulta notable además, que aún en este mes de mantenga la zona insaturada sin peligro de sequía del noreste de Santa Fe y sudeste del Chaco (cuña boscosa), así como la del oeste de Misiones.

En el mes de marzo, se nota el comienzo del humedecimiento otoñal con la formación de una estrecha franja de suelos insaturados pero sin riesgo de sequía que une el oeste de Misiones con el noreste de Santa Fe, sudeste de Chaco y el noroeste de Entre Ríos, dividiendo en dos el área de insaturación con sequía condicional. El centro norte de Corrientes mantiene un área bastante extensa de este último tipo. En el mes de abril, estas condiciones registran sólo un foco mínimo en el este de Entre Ríos y se reconstruye la estrecha faja en el oeste de la región, que luego persiste durante varios meses siguientes. El área de estas condiciones del centro norte de Corrientes desaparece y en su lugar, pero con mucha menor extensión, queda un área de insaturación sin riesgo de sequía.

En las figuras N° 10, 11 y 12, se ha representado la dinámica anual del almacenaje de agua en el suelo, agrupando los departamentos de cada provincia en orden alfabético con el objeto de facilitar su comparación. En ellos se representan los almacenajes que corresponden a cada mes con un rayado convencional similar al de los mapas de las figuras anteriores para los intervalos: < 25 %, 25-50 %, 50-75 % y 75-100 %. Sin embargo, debido a que en esta región existe un exceso de agua de un rango muy amplio sobre los suelos saturados se han agregado 4 clases más de rayados que corresponden a otros tantos intervalos de magnitudes de excesos de agua sobre suelos saturados, a saber: 0-25, 25-50, 50-100 y \geq 100 mm, en una gradación de grises que culminan en el negro uniforme. Los meses de un departamento que ostentan más de un tipo de rayado, significa que en ese mes, dentro del departamento, se han hallado otras tantas condiciones de humedad como las representadas.

Para terminar el análisis de este tan importante elemento en la formación y evolución de los suelos, así como en las formas vivientes que sustentan, se deberá reiterar aquí lo referido en el trabajo anterior sobre el clima de Buenos Aires. Este balance y sus valores absolutos tienen sólo un alcance climatológico general y constituyen una primera aproximación al balance hidrológico real. Sus limitaciones provienen de las deficiencias del método utilizado y de las generalizaciones que requiere su aplicación, así como de la naturaleza de los valores climatológicos disponibles (valores medios mensuales) y de su insuficiencia en el espacio y en el tiempo. Sin



DEPARTAMENTOS

- 1 ALEM, LEANDRO N
- 2 APÓSTOLES
- 3 BELGRANO, Gral. MANUEL
- 4 CAINGUÁS
- 5 CANDELARIA
- 6 CAPITAL
- 7 CONCEPCIÓN
- 8 EL DORADO
- 9 GUARANI
- 10 IGUAZÚ
- 11 MONTECARLO
- 12 OBERÁ
- 13 SAN IGNACIO
- 14 SAN JAVIER
- 15 SAN MARTÍN, Lib. Gral.
- 16 SAN PEDRO
- 17 25 DE MAYO

CHACO



- 1 BELGRANO, Gral.
- 2 BERMEOJO
- 3 BROWN, Alte.
- 4 CABRAL, Sgo.
- 5 CHACABUCO
- 6 12 DE OCTUBRE
- 7 DONOVAN, Gral.
- 8 FERNANDEZ, Cmte.
- 9 FONTANA, MAYOR LUIS J.
- 10 GÜEMES, Gral.
- 11 INDEPENDENCIA
- 12 LIBERTAD
- 13 MAPÚ
- 14 9 DE JULIO
- 15 O'HIGGINS Cap. Gral. B.
- 16 ORO, FRAY J. Sta. Ma. de
- 17 PRESIDENTE DE LA PLAZA
- 18 1º DE MAYO
- 19 QUILIPI
- 20 SAN FERNANDO
- 21 SAN LORENZO
- 22 SAN MARTÍN Lib. Gral.
- 23 TAPENAGÁ
- 24 25 DE MAYO

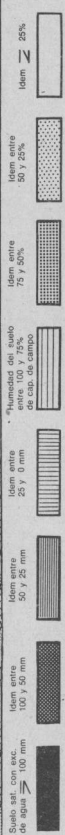
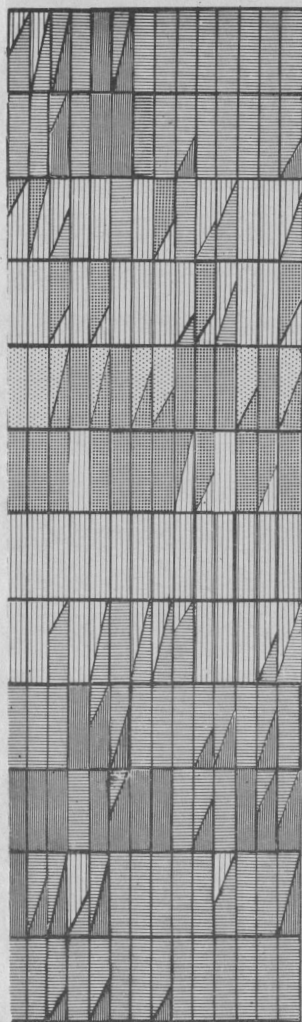
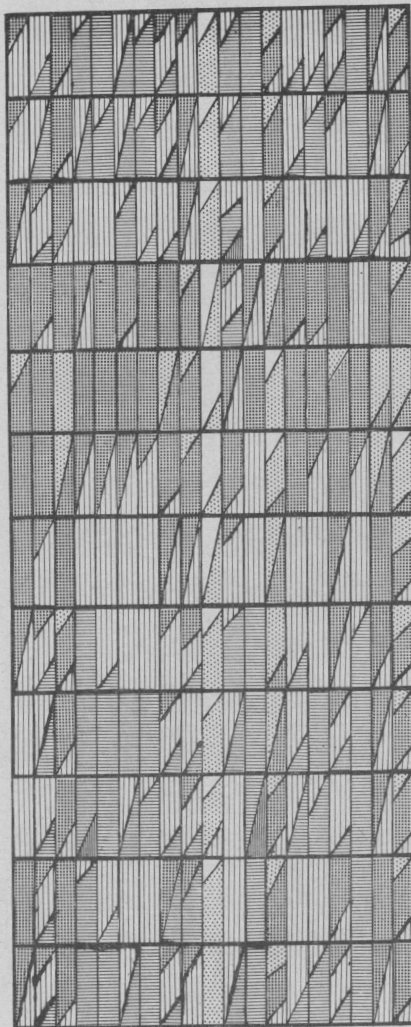


Fig. Nº 10. Dinámica del almacenaje de agua en el suelo en el curso del año. Provincias de Misiones y Chaco.



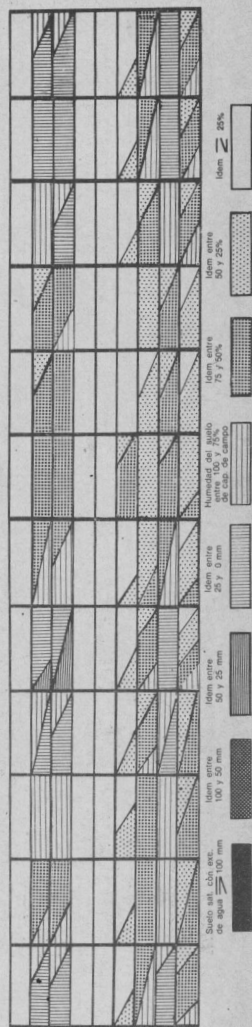
- 1 COLÓN
- 2 CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
- 3 CONCORDIA
- 4 DIAMANTE
- 5 FEDERACIÓN
- 6 FELICIANO
- 7 GUALEGUAY
- 8 GUALEGUAYCHÚ
- 9 LA PAZ
- 10 NDOYÁ
- 11 PARANÁ
- 12 ROSARIO TALA
- 13 VICTORIA
- 14 VILLAGUAY

SANTA FE



- 1 BELGRANO
- 2 CASEROS
- 3 CASTELLANOS
- 4 CONSTITUCIÓN
- 5 GARAY
- 6 IRIONDO
- 7 LA CAPITAL
- 8 LAS COLONIAS
- 9 LOPEZ, Gral
- 10 DE JULIO
- 11 OBLIGADO, Gral
- 12 ROSARIO
- 13 SAN CRISTOBÁL
- 14 SAN JAVIER
- 15 SAN JERÓNIMO
- 16 SAN JUSTO
- 17 SAN LORENZO
- 18 SAN MARTÍN
- 19 VERA

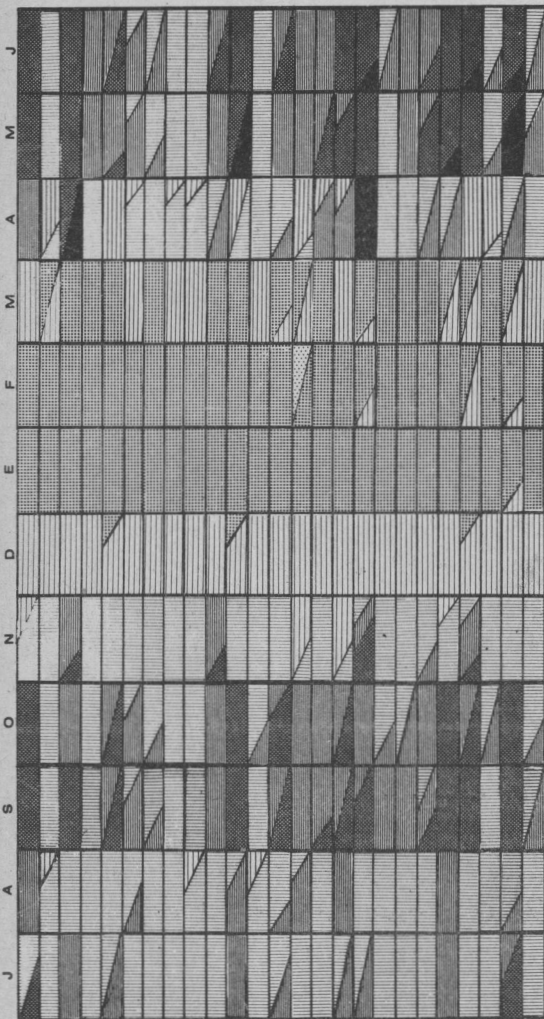
FORMOSA



- 1 BERMELIO
- 2 FORMOSA
- 3 LAISHI
- 4 LISTA, Ramón
- 5 MATACOS
- 6 FATINO
- 7 PILAGAS
- 8 PILCOMAYO
- 9 PIRANE

Fig. Nº 11. Dinámica del almacenaje de agua en el suelo en el curso del año. Provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Formosa.

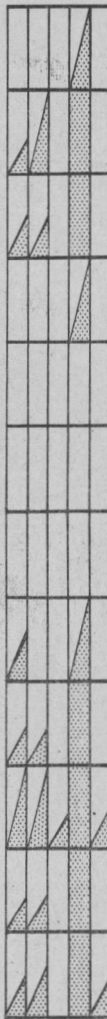
CORRIENTES



DEPARTAMENTOS

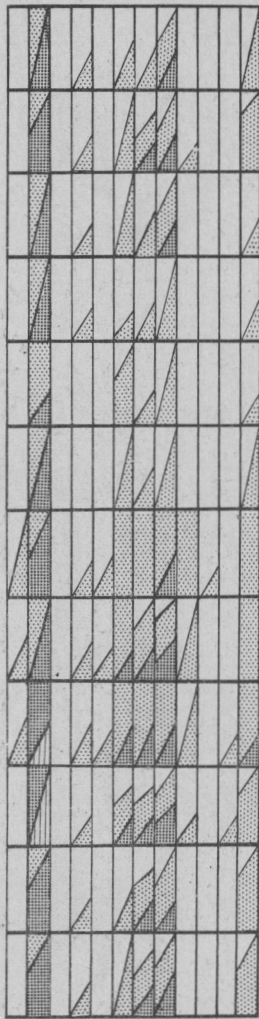
- 1 ALVEAR
- 2 BELLA VISTA
- 3 BERÓN DE ASTRADA
- 4 CAPITAL
- 5 CONCEPCIÓN
- 6 CURUZÚ CUATÍA
- 7 EMPEDRADO
- 8 ESQUINA
- 9 GOYIA
- 10 ITATI
- 11 ITUZAINGÓ
- 12 LAVALLE
- 13 MERCEDES
- 14 MONTE CASEROS
- 15 MBURUCUYÁ
- 16 PASO DE LOS LIBRES
- 17 PAZ, Gral.
- 18 SALADAS
- 19 SAN COSME
- 20 SAN LUIS DEL PALMAR
- 21 SAN MARTÍN
- 22 SAN MIGUEL
- 23 SAN ROQUE
- 24 SANTO TOMÉ
- 25 SAUCE

SANTIAGO DEL ESTERO



- 1 AGUIRRE
- 2 BELGRANO
- 3 MITRE
- 4 RIVADAVIA
- 5 TABOADA, Gral.

CORDOBA



- 1 JÚÁREZ CELMAN
- 2 MARCOS JUÁREZ
- 3 RIO PRIMERO
- 4 RIO SECO
- 5 RIO SEGUNDO
- 6 ROCA, Gral.
- 7 SÁENZ PEÑA, Pte. R.
- 8 SAN JUSTO
- 9 SAN MARTÍN, Gral.
- 10 TERCERO ARRIBA
- 11 TULUMBA
- 12 UNIÓN

Ítem N 25%

Ítem entre 26 y 25%

Ítem entre 75 y 65%

Ítem entre 100 y 0 entre de cap. de campo

Ítem entre 25 y 0 mm

Ítem entre 50 y 25 mm

Ítem entre 100 y 50 mm

Ítem entre 150 y 100 mm

Fig. Nº 12. Dinámica del almacenaje de agua en el suelo en el curso del año. Provincias de Corrientes, Santiago del Estero y Córdoba.

embargo, los valores relativos que manifiestan, dan una idea aproximada que podrá ser más auténtica mediante un ajuste del método y la elaboración de una gran masa de valores individuales, que permitan analizar todas las circunstancias que se escapan en los promedios.

IV. - RELACION ENTRE EL CLIMA Y EL TIPO DE VEGETACION Y SUELO EN LA REGION NORESTE ARGENTINA

Luego de la descripción y el análisis de los distintos factores y elementos del clima en la región estudiada, convendrá hacer una revisión de los criterios que se han ensayado hasta el presente con el objeto de explicar su efecto integral sobre la vegetación natural y el suelo. Sin embargo, al hacer esta tentativa se debe notar que una relación definida de este tipo puede no ser manifiesta ni aún en el caso de que los elementos de tales criterios sean correctamente elegidos y ponderados. Efectivamente, como ya se expuso al presentar este trabajo, la vegetación natural actual y, en mayor grado aún, los tipos de suelo han sufrido la influencia del clima actual cuyos elementos se conocen con exactitud, pero también sobre ellos se manifiesta el efecto del clima de épocas pasadas imposible de precisar con la misma seguridad.

El hecho de distribuir las estaciones meteorológicas disponibles del Noreste Argentino sobre los modelos fito y edafoclimáticos que aquí se exponen, tiene por objeto señalar el lugar que ocupa la región en cada uno de aquellos, más que el de comprobar el valor intrínseco de éstos. No obstante, el ajuste del clima de la región a los tipos de vegetación y de suelo que cada modelo pretende, puede contribuir además a juzgar sobre su racionalidad.

En el cuadro N° 3 se han enumerado las estaciones utilizadas en este estudio, en forma ordenada según el volumen de las precipitaciones anuales, con la inclusión de los índices climáticos correspondientes que cada modelo analizado exige para su aplicación. De este modo, cualquier estación que define un clima local puede ser individualizada en su posición relativa en cada gráfico. Además, el mapa de la figura N° 13 muestra la ubicación geográfica de las localidades del cuadro mencionado.

En los modelos fitoclimáticos, los puntos no se han diferenciado según los tipos naturales de vegetación por cuanto existen varias contribuciones importantes que tratan de sistematizarlos y que merecen ser tenidas en cuenta. Así, el lector deberá considerar entre ellas la de Parodi (1945) y de Cabrera (1953) para el país,

CUADRO Nº 3 - INDICES BASICOS PARA LA APLICACION DE NORMAS FITOCLIMATICAS Y EDAFOCLIMATICAS, DE DISTINTOS AUTORES

Nº	LOCALIDAD	Lang, 1915 y Köppen, 1931		Holdridge, 1947		Lauer, 1952		Thornthwaite, 1931		Thornthwaite y Hare, 1955		Crowther 1930	Auhert y Henin 1945		Prescott, 1931		Budyko, 1956		Kohnke et al., 1968		
		Temperatura media anual, °C	Precipitación mm	Biopotencia anual °C	Precipitación mm	Índice EP/P	Número de meses secos	Número de meses húmedos	P-E	T-E	Eficiencia térmica EP, mm	Eficiencia hídrica IH	Factor de lixiviación, cm	Temperatura media anual, °C	Drenaje de agua mm	Precipitación total anual, mm	Déficit de saturación, mb	R Kcal cm ² año ⁻¹	R L r	Temperatura media anual, °C	Biofactor P/Biotemp.
1	San Pedro	20,1	1800	20,1	1800	0,6	0	12	99	108	1150	82	113,7	20,1	0,738	1800	3,8	78	0,7	20,1	39,6
2	Concepción de la Sierra	20,0	1720	20,0	1720	0,7	0	12	86	108	957	80	106,0	20,0	0,875	1720	4,9	82	0,8	20,0	86,0
3	Cat. del Iguaçu	20,0	1700	20,0	1700	0,7	0	12	90	113	972	75	104,0	20,0	0,855	1700	3,2	78	0,8	20,0	85,0
4	Col. Finlandesa	19,8	1670	19,8	1670	0,7	0	12	84	107	988	69	106,0	19,8	0,825	1670	4,7	81	0,8	19,8	84,3
5	General Paz	21,3	1656	21,3	1656	0,8	0	12	78	115	1098	49	95,3	21,3	0,774	1656	6,0	84	0,8	21,3	77,7
6	Posadas	21,3	1558	21,3	1558	0,8	0	12	73	115	1076	45	85,5	21,3	0,676	1558	5,6	83	0,9	21,3	73,1
7	Santo Tomé	20,6	1475	20,6	1475	0,8	0	12	72	112	1033	44	79,5	20,6	0,627	1475	6,2	81	0,9	20,6	71,6
8	Loreto	20,5	1373	20,5	1373	0,9	0	12	66	110	999	36	69,6	20,5	0,519	1353	6,1	82	1,0	20,5	67,0
9	San Martín	20,1	1300	20,1	1300	0,8	0	12	76	108	1025	40	63,7	20,1	0,556	1300	5,9	82	1,0	20,1	64,7
10	Paso de los Libres	20,1	1296	20,1	1296	0,9	0	12	64	109	1005	30	63,3	20,1	0,480	1296	6,2	79	1,0	20,1	64,5
11	Concepción	21,2	1244	21,2	1244	1,0	0	12	59	115	1061	18	54,5	21,2	0,420	1244	7,5	85	1,1	21,2	59,2
12	Concepción	20,7	1237	20,7	1237	1,0	1	11	60	112	1029	22	55,4	20,7	0,423	1237	6,0	82	1,1	20,7	59,8
13	Colonia Popular	20,4	1227	20,4	1227	1,0	3	9	60	110	1102	21	55,4	20,4	0,415	1227	5,4	80	1,1	20,4	60,1
14	Formosa	22,0	1219	22,0	1219	1,1	1	11	55	119	1127	9	49,3	22,0	0,393	1219	6,7	80	1,1	22,0	55,4
15	Mercedes	20,4	1219	20,4	1219	1,0	0	12	60	110	1017	21	54,6	20,4	0,409	1219	5,1	80	1,1	20,4	59,8
16	Laguna Blanca	22,5	1210	22,5	1210	1,1	2	10	54	121	1173	4	46,8	22,5	0,378	1210	7,7	82	1,1	22,5	53,8
17	Corrientes	21,6	1189	21,6	1189	1,1	1	11	55	116	1105	9	47,6	21,6	0,370	1189	6,2	84	1,1	21,6	56,0
18	El Tartagal	20,9	1188	20,9	1188	1,0	0	12	57	113	1030	15	49,8	20,9	0,378	1188	7,7	78	1,1	20,9	56,8
19	Colonia Benítez	20,6	1165	20,6	1165	1,0	1	11	57	112	1013	16	48,5	20,6	0,369	1165	5,9	81	1,2	20,6	56,6
20	San Fco. de Laishi	21,6	1151	21,6	1151	1,1	2	10	53	116	1092	6	43,8	21,6	0,343	1151	5,4	80	1,2	21,6	53,3
21	Santa Ana	20,1	1123	20,1	1123	1,0	0	12	56	109	978	15	46,0	20,1	0,355	1123	4,7	81	1,2	20,1	55,9
22	Monte Caseros	19,9	1121	19,9	1121	1,0	0	12	56	108	1000	14	46,4	19,9	0,342	1121	6,9	77	1,1	19,9	56,3
23	Goya	20,5	1102	20,5	1102	1,1	2	10	54	110	1028	8	44,6	20,5	0,322	1102	5,4	79	1,2	20,5	53,8
24	San Lorenzo	20,9	1089	20,9	1089	1,1	0	12	52	108	1041	6	39,9	20,9	0,306	1089	6,5	80	1,2	20,9	52,1
25	Concordia	19,1	1079	19,1	1079	1,0	0	12	56	103	948	16	36,4	19,1	0,325	1079	6,7	75	1,2	19,1	56,5
26	Clorinda	22,4	1066	22,4	1066	1,2	2	10	48	121	1170	5	32,5	22,4	0,278	1066	8,0	82	1,3	22,4	47,6
27	Tacaaglé	22,7	1038	22,7	1038	1,3	2	10	46	122	1166	-7	28,9	22,7	0,253	1038	7,5	79	1,3	22,7	45,7
28	La Paz	19,3	1034	19,3	1034	1,1	1	11	54	104	965	8	39,7	19,3	0,288	1034	6,8	75	1,2	19,3	53,6
29	Villaguay	18,5	999	18,5	999	1,1	0	12	54	100	915	11	48,9	18,5	0,275	999	6,1	73	1,2	18,5	54,0
30	Obs. Central Bs. As.	16,4	996	16,4	996	1,0	0	12	61	89	814	23	45,4	16,4	0,297	995	4,1	69	1,2	16,4	60,7
31	Pueblo Brugo	18,7	994	18,7	994	1,1	2	10	53	101	929	7	44,9	18,7	0,266	994	5,4	74	1,2	18,7	53,2
32	Zárate	16,6	988	16,6	988	1,0	0	12	60	90	816	22	44,0	16,6	0,287	988	4,5	70	1,2	16,6	59,5
33	Paraná	18,6	989	18,6	989	1,1	3	9	52	101	919	6	35,5	18,6	0,255	989	5,8	74	1,3	18,6	52,1
34	Las Delicias	17,9	956	17,9	956	1,0	2	10	53	96	894	9	39,5	17,9	0,251	956	5,6	74	1,3	17,9	53,4
35	Pergamino	16,5	953	16,5	953	1,0	0	12	58	89	824	16	40,9	16,5	0,268	953	4,7	71	1,2	16,5	54,8
36	Esquina	19,8	949	19,8	949	1,2	4	8	48	107	972	-1	29,6	19,8	0,228	949	6,6	77	1,4	19,8	47,9
37	Esperanza	18,2	944	18,2	944	1,1	3	9	52	98	892	6	34,3	18,2	0,239	944	5,0	74	1,3	18,2	51,9
38	Pcia. R. Sáenz Peña	21,9	942	21,9	942	1,4	4	8	43	119	1128	-10	21,9	21,9	0,208	942	9,2	77	1,4	21,9	43,0
39	Guaqueay	17,9	941	17,9	941	1,1	0	12	53	97	896	7	35,0	17,9	0,242	941	6,4	73	1,3	17,9	52,6
40	Rosario	17,4	933	17,4	933	1,1	2	10	54	94	861	9	35,9	17,4	0,241	933	5,3	72	1,3	17,4	53,8
41	Vera	20,2	930	20,2	930	1,3	4	8	46	109	1005	-4	26,3	20,2	0,211	930	6,0	77	1,4	20,2	46,0
42	Concepción del Uruguay	18,7	929	18,7	929	1,2	0	12	50	101	938	2	31,2	18,7	0,225	929	6,5	73	1,3	18,7	49,7
43	Villa Angela	20,9	924	20,9	924	1,3	4	8	44	113	1078	-9	23,4	20,9	0,203	924	8,0	76	1,4	20,9	44,2
44	Junín	16,3	904	16,3	904	1,1	0	12	55	88	815	12	36,6	16,3	0,235	904	4,7	69	1,3	16,3	55,5
45	Castida	16,7	898	16,7	898	1,1	2	10	54	90	830	9	34,7	16,7	0,227	898	4,4	72	1,3	16,7	53,8
46	San Nicolás	16,9	897	16,9	897	1,1	2	10	53	91	830	9	34,6	16,9	0,222	897	4,9	72	1,3	16,9	53,1
47	Ceres	19,5	893	19,5	893	1,3	4	8	46	106	980	-5	24,9	19,5	0,199	893	8,2	74	1,4	19,5	45,8
48	Santa Fé	18,4	874	18,4	874	1,2	3	9	48	100	908	-2	26,7	18,4	0,197	874	6,1	73	1,4	18,4	47,5
49	Devoto	17,9	856	17,9	856	1,2	3	9	48	96	903	-3	26,5	17,9	0,190	855	6,3	73	1,4	17,9	47,8
50	Colonia Castelli	20,9	850	20,9	850	1,4	5	7	41	113	1038	-11	16,0	20,9	0,164	850	6,2	77	1,4	20,9	40,7
51	Arias	16,6	801	16,6	801	1,2	3	9	48	90	834	-2	25,3	16,6	0,169	801	5,0	70	1,4	16,6	48,3
52	Laboulaye	17,0	762	17,0	762	1,3	4	8	45	91	853	-8	20,1	17,0	0,146	762	6,7	68	1,5	17,0	44,8
53	Bell Ville	16,7	756	16,7	756	1,3	4	8	45	90	836	-6	20,5	16,7	0,146	756	4,1	71	1,6	16,7	45,3
54	Río Saco	18,8	700	18,8	700	1,4	5	7	33	101	1000	-15	8,0	18,8	0,120	700	9,4	71	1,7	18,8	37,2
55	Tercero Arriba	17,0	700	17,0	700	1,3	5	7	39	92	900	-15	13,9	17,0	0,106	700	6,5	69	1,6	17,0	41,2
56	Nueva Pompeya	22,4	687	22,4	687	1,9	6	6	31	121	1169	-29	-4,4	22,4	0,088	687	6,4	75	1,8	22,4	30,7
57	Campo Gallo	22,4	599	22,4	599	2,2	7	5	27	121	1184	-29	-14,2	22,4	0,060	599	11,1	7,0	2,0	22,4	26,7
58	Añatuya	20,9	580	20,9	580	2,1	7	5	28	113	1066	-27	-9,0	20,9	0,060	580	9,6	70	2,0	20,9	27,8

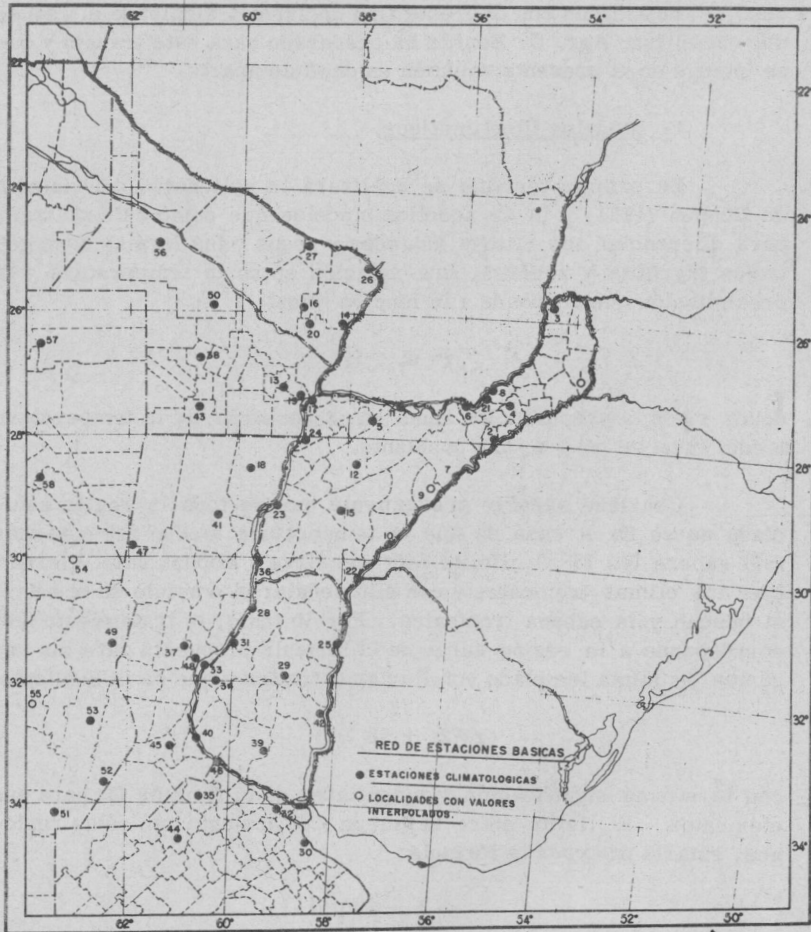


Fig. N° 13. Red de las estaciones básicas mencionadas en el cuadro N° 3.

o la de Burkart (1969) para la provincia de Entre Ríos. En cuanto a los modelos edafoclimáticos, en cambio, se ha tratado de diferenciar las localidades con diferente tipo de suelos, siguiendo el esquema que el Ing. Agr. C. Bonfils ha preparado para este trabajo y que se incluye en el presente volumen en capítulo aparte.

1. Modelos fitoclimáticos.

En primer término se analizará la aplicación del sistema de Köppen (1931) y la de aquellos modelos que como éste utilizan, para diferenciar los climas húmedos y secos y las formas de vegetación higrófito y xerófito, una relación entre la temperatura y la precipitación que responde a la función lineal:

$$r = n \cdot t \quad (1)$$

donde r , es la precipitación anual en centímetros; t , la temperatura media anual en $^{\circ}\text{C}$ y n , una constante.

Conviene señalar previamente que en toda la región estudiada no se da el caso de que la temperatura media del mes más frío supere los 18°C , límite éste que sirve a Köppen para diferenciar los climas tropicales y con ello señalar el dominio de la selva, el bosque y la sabana tropicales. Por lo tanto, el tratamiento que corresponde a la región surge de la fórmula propuesta para las regiones de clima templado con lluvias estivales y que es la siguiente:

$$r = 2t + 28 \quad (2)$$

con la misma significación y magnitudes de la fórmula (1) para sus elementos. El límite entre la estepa y el desierto, en estas regiones, estaría dado por la fórmula:

$$r = t + 14 \quad (3)$$

En la figura N° 14 se puede ver la distribución de las estaciones de la región sobre el modelo de Köppen, y en ella se confirma lo ya demostrado para el ámbito de la provincia de Buenos Aires como es la falta de autenticidad con la realidad del paisaje. La línea que señala el equilibrio entre la evaporación y la precipitación en la Argentina pasa demasiado al Oeste por el centro de Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Córdoba. La selva de Misiones no puede considerarse como bosque higrófito de clima templado y tampoco es clima de bosque higrófito el de la mitad oriental de Santa Fe, Chaco, Córdoba, Entre Ríos y Corrientes, como resulta del modelo propuesto. Estos últimos conforman un clima más seco que el de bosques de regiones templadas.

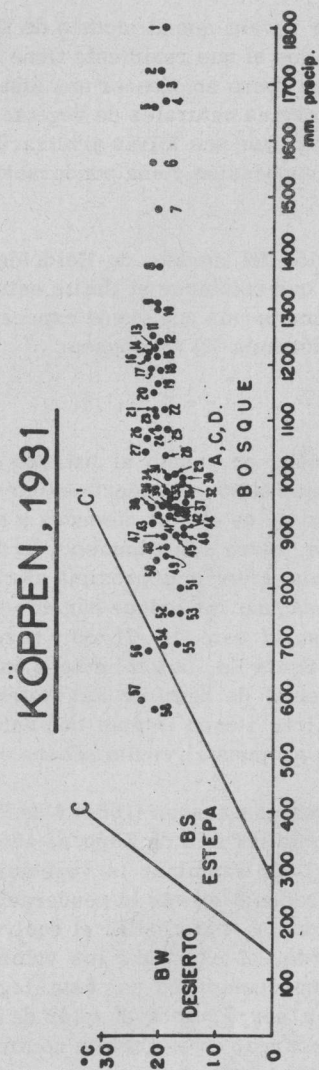


Fig. Nº 14. Modelo fitoclimático de Köppen. Los puntos significan la ubicación de las localidades de la región Noreste Argentina enumeradas en el cuadro Nº 3.

Este hecho revela que al modelo de Köppen no se le puede atribuir más valor que el que realmente tiene en la actualidad, que es el haber sido el primero en ofrecer una sistematización racional del clima para las formas naturales de vegetación y de suelo. Esta racionalidad tuvo por base una forma arbitraria de balance entre la precipitación y la evaporación y una ponderación jerarquizada de la temperatura.

La aplicación del modelo de Holdridge (1947) se muestra en la figura N° 15 que establece el límite entre los climas secos y húmedos mediante una norma que puede expresarse en los términos y magnitudes de la fórmula (2) de Köppen:

$$r = 5,7 t \quad (4)$$

Esta relación, en cuanto al balance de agua, está más de acuerdo con las observaciones experimentales que la de Köppen y traslada el límite entre los climas húmedos y secos a una línea N-S que deja en el Este, como clima húmedo, la mitad oriental de Corrientes y sigue hacia el Sur muy próxima al río Uruguay. Sin embargo, sobre el hexágono de bosque húmedo aparece toda la mitad norte de Corrientes, el este de Chaco y noreste de Santa Fe. El resto de Chaco y Santa Fe, la total extensión de Formosa y Entre Ríos, la mitad oriental de Santiago del Estero y de Córdoba, y el norte de Buenos Aires tienen climas con deficiencia de precipitación y la vegetación propuesta resulta sabana o bosque seco.

Los modelos de Gausson (1954) y de Walter y Lieth (1961), cuya base es muy similar a la de Köppen, adolecen de sus mismos defectos. Walter (1) al examinar la vegetación y los suelos de la región pampeana aconsejó elevar la ponderación de la temperatura a 3 veces la precipitación, para hallar el equivalente de la evaporación; pero más tarde, al examinar los valores observados de la evaporación de tanque comprobó que ésta llega, en algunas localidades pampeanas, a ser 7 veces el valor de la temperatura (Walter, 1968). Sin embargo, en su trabajo no propone un modelo fito-climático concreto sobre esta base.

- (1) Conferencia pronunciada en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires sobre el tema "Representación del clima para fines ecológicos mediante diagramas". Buenos Aires, 16/10/1965.

HOLDRIDGE, 1947

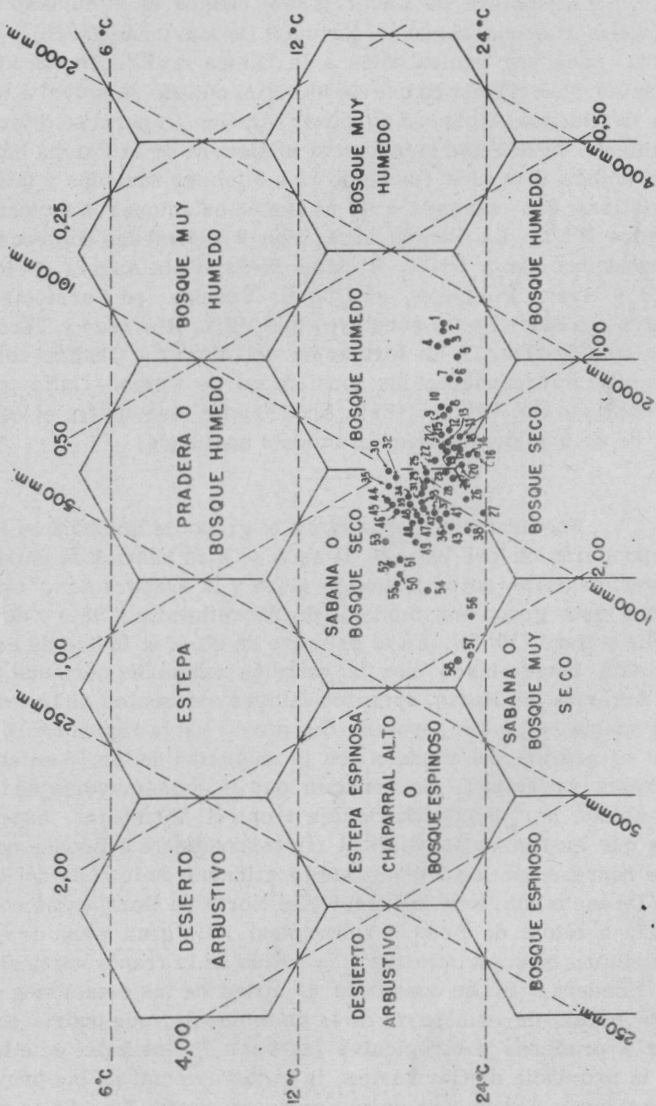


Fig. N° 15. Modelo fitoclimático de Holdridge. Referencia como en la figura N° 14.

El modelo de Lauer (1952) basado en el número de meses húmedos y secos según la fórmula De Martonne (1926) y de Wang (1941), que son equivalentes a la básica de Köppen, da lugar a las mismas observaciones que se hicieron cuando se aplicó a la provincia de Buenos Aires. En primer término no permite diferenciar el ambiente de la Selva subtropical misionera de la Pampa húmeda, ya que ambos dominios tienen de 12 a 9 meses húmedos y tales características son comunes a 44 de las 58 estaciones mencionadas en el cuadro N° 3. La Pampa seca, con 8 a 7 meses húmedos, incluye localidades como: Pcia. R. Sáenz Peña, Villa Angela, Colonia Castelli y Nueva Pompeya, en Chaco; Esquina, en Corrientes; Vera y Ceres, en Santa Fe y Laboulaye, Bell Ville, Río Seco y Tercero arriba, en Córdoba. A la formación del Monte y Chañar con 5 meses húmedos corresponden las localidades de Campo Gallo y Añatuya, en Santiago del Estero. Esta distribución demuestra el escaso valor de aplicación que tiene el modelo analizado.

Seguidamente se revisará el grupo de modelos en los cuales la ponderación del balance de agua se hizo basándose en relaciones experimentales entre la temperatura y la evaporación. Corresponden a este grupo los modelos de Thornthwaite (1931) y de Thornthwaite y Hare (1955). En el primero de ellos el índice de este balance está determinado por la relación, calculada para una gran área de América del Norte, entre los valores mensuales de la evaporación del tanque y la temperatura del aire. En la figura N° 16 se puede ver el gráfico del modelo con la ubicación de las 58 estaciones del Noreste Argentino. Se constata que la gran mayoría de los puntos se ubican por debajo de la faja tropical horizontal, especialmente los que entran en la vertical correspondiente a Bosque que son los que representan las 9 primeras localidades de la lista del cuadro N° 3. De ese modo, todo Misiones y el Norte de Corrientes correspondería a clima de Bosque subtropical. La gran masa de estaciones estudiadas caen en la mitad más cálida de la franja vertical de clima de Pradera. Si se considera la mitad de las estaciones con clima más cálido de esta parte de la distribución, que podría corresponder a praderas subtropicales (sabanas ?), se halla en ella el resto de la provincia de Corrientes, la mitad oriental de las provincias de Formosa y Chaco y la mitad norte de Santa Fe. En la mitad más fría, en cambio, se ubican la provincia de Entre Ríos, la mitad sur de Santa Fe, y la parte oriental de Córdoba, en un nivel que se superpone con la distribución de praderas de la provincia de Buenos Aires (valores de T - E entre 80 y 104, aproximadamente). Por último, quedan en clima de estepa subtropical las localidades de Nueva Pompeya en Chaco, y Campo Gallo y Añatuya, en Santiago del Es-

THORNTHWAITE, 1931

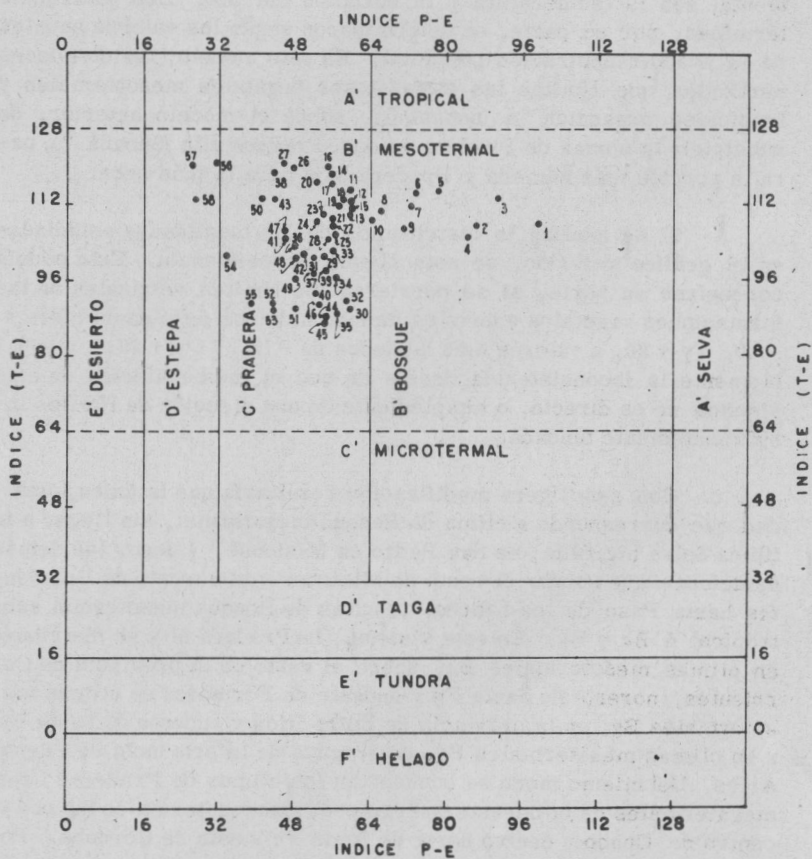


Fig. Nº 16. Modelo fitoclimático de Thornthwaite. Referencias como en la figura Nº 14.

tero. Esta distribución resulta, por lo tanto, más concordante con el paisaje que las anteriores.

El modelo de Thornthwaite y Hare (1955), que muestra la figura N° 17, se basa en una estimación del balance hídrico en el cual la evapotranspiración se ha establecido de una relación experimental con la temperatura y la duración del día. Las jerarquías térmicas, por su parte, se determinaron según los valores anuales de la evapotranspiración potencial. En este modelo, las divisiones verticales que limitan las formaciones vegetales mesotermales y tropicales presentan la innovación, sobre el modelo anterior, de subdividir la norma de Pradera en dos, Pradera alta (Sabana ?), para la porción más húmeda y Pradera baja para la más seca.

Si se analiza la distribución de las localidades estudiadas en el gráfico referido, se nota alguna inconsistencia. Esto podría corregirse en parte, si se corriera los límites verticales de las formaciones vegetales sobre los índices hídricos (eficiencia hídrica) - 20, 0 y + 20, a valores más húmedos de - 15, + 5 y + 25. Probablemente la inconsistencia derive de que el índice hídrico de este sistema no es directo, o simplemente de una elección de límites insuficientemente fundada.

Con esta ligera modificación resultaría que la única localidad que corresponde a clima de Bosque megatermal, sin llegar a la típica Selva higrófila, es San Pedro en Misiones. Luego, las demás estaciones que cubren el resto de Misiones y el noreste de Corrientes hasta Paso de los Libres, resultan de Bosque mesotermal subtropical ó B₄ y B₃. En este sistema, la Pradera alta se distribuye en climas mesotermales B₄, sobre el resto de la provincia de Corrientes, noreste de Santa Fe y sudeste de Formosa; en climas mesotermales B₃, en la provincia de Entre Ríos y sudeste de Santa Fe; y en climas mesotermales B₂, en el norte de la provincia de Buenos Aires. Del mismo modo se encuentran los climas de Praderas bajas megatermales en el noreste de Formosa, los mesotermales B₄ por el centro de Chaco y centro norte de Santa Fe y este de Córdoba. Por último, la vegetación de Estepa resulta megatermal en el oeste de Chaco y Formosa; mesotermal B₄ por el centro de Santiago del Estero y centro norte de Córdoba y mesotermal B₃ en el centro sur de Córdoba. Si se aceptara la ligera corrección del modelo, su estructura sería más coherente con el paisaje del Noreste Argentino especialmente si las denominaciones de Praderas mesotermales B₄ y B₃ se hicieran equivalentes a las de Sabanas subtropicales y la de Estepa B₄ y B₃, a la de Sabanas xerófitas o Parque xerófito subtropical.

THORNTHWAITE Y HARE, 1955

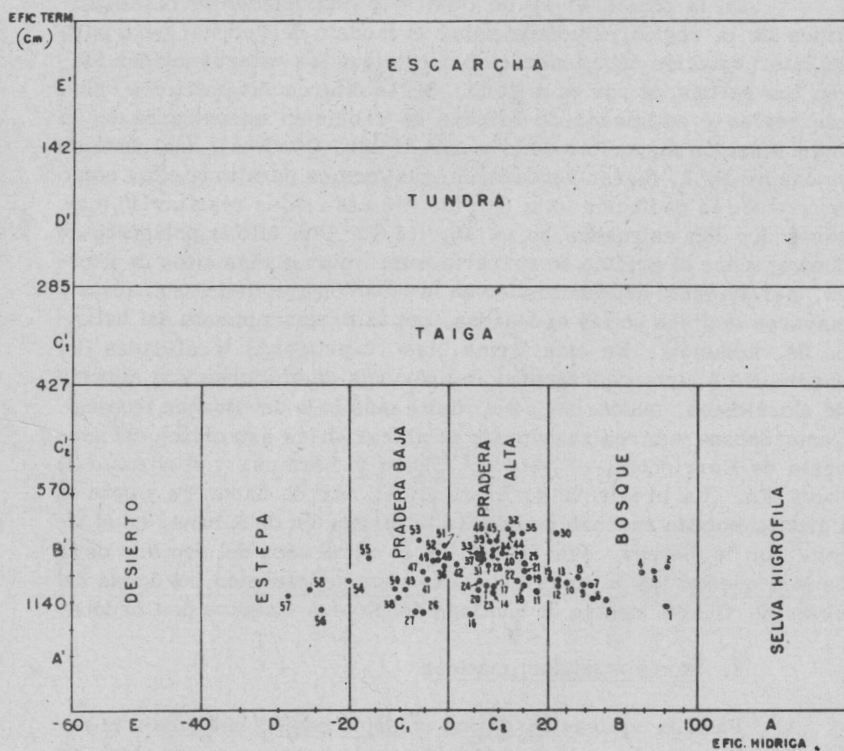


Fig. Nº 17. Modelo fitoclimático de Thornthwaite y Hare. Referencias como en la figura Nº 14.

Un tercer enfoque diferente en modelos fitoclimáticos lo constituye el propuesto por Budyko (1956), en el cual el balance de agua está determinado por una relación entre el balance de radiación (R) y el calor equivalente a la magnitud de la precipitación (L_r) o sea, la energía necesaria para evaporarla. Además, con la magnitud del balance de radiación establece las jerarquías térmicas.

En la figura N° 18 se ilustra la distribución de las localidades de la región estudiada sobre el modelo de Budyko, pero para su interpretación debe tenerse en cuenta que los valores usados fueron los estimados por su método. Si las diferencias entre los valores reales y estimados de balance de radiación encontrados en la única estación disponible de la región (Pilar, Córdoba), analizada en el cuadro N° 2, fueran verdaderas y uniformes para toda ella, como ocurre con la radiación total (Q), los valores reales resultarían mayores que los asignados en un 10 - 15 %. Con ello la población de puntos sobre el gráfico se correría hacia valores más altos de abscisa, por aumento del numerador en la relación que indica su escala y mayores también en las ordenadas, por el propio aumento del balance de radiación. En esta forma, las 10 primeras localidades del cuadro No 3, que representan la provincia de Misiones y el noreste de Corrientes, quedarían en el límite más bajo del Bosque tropical. Como Sabana subtropical húmeda se ubicarían las estaciones del noroeste de Corrientes, el este de Chaco y Formosa y el noreste de Santa Fe. La provincia de Entre Ríos, sur de Santa Fe y este de Córdoba quedan razonablemente en la formación de Sabana, en el límite con la Estepa. Por último, en la mitad seca del dominio de la Sabana quedan las últimas estaciones que representan las áreas del oeste de Chaco, centro de Santiago del Estero y centro de Córdoba.

2. Modelos edafoclimáticos

Para la aplicación de los modelos edafoclimáticos a la región del Noreste Argentino es indispensable basarse en una tipología genética de sus suelos. No obstante que el relevamiento de detalle indispensable y su análisis aún no se ha hecho en el país, Bonfils (1970) ha adelantado un esquema general, incluido en el presente volumen, en el que ha tratado de reunir la información general actualmente disponible.

El método seguido en la confrontación de los modelos analizados, deriva de la consideración de dos aspectos importantes. En primer lugar, una gran variedad de suelos de la región han sido formados bajo procesos aluviales hidromórficos, debido a la gran área cubierta por climas húmedos actuales y más húmedos aún en épocas

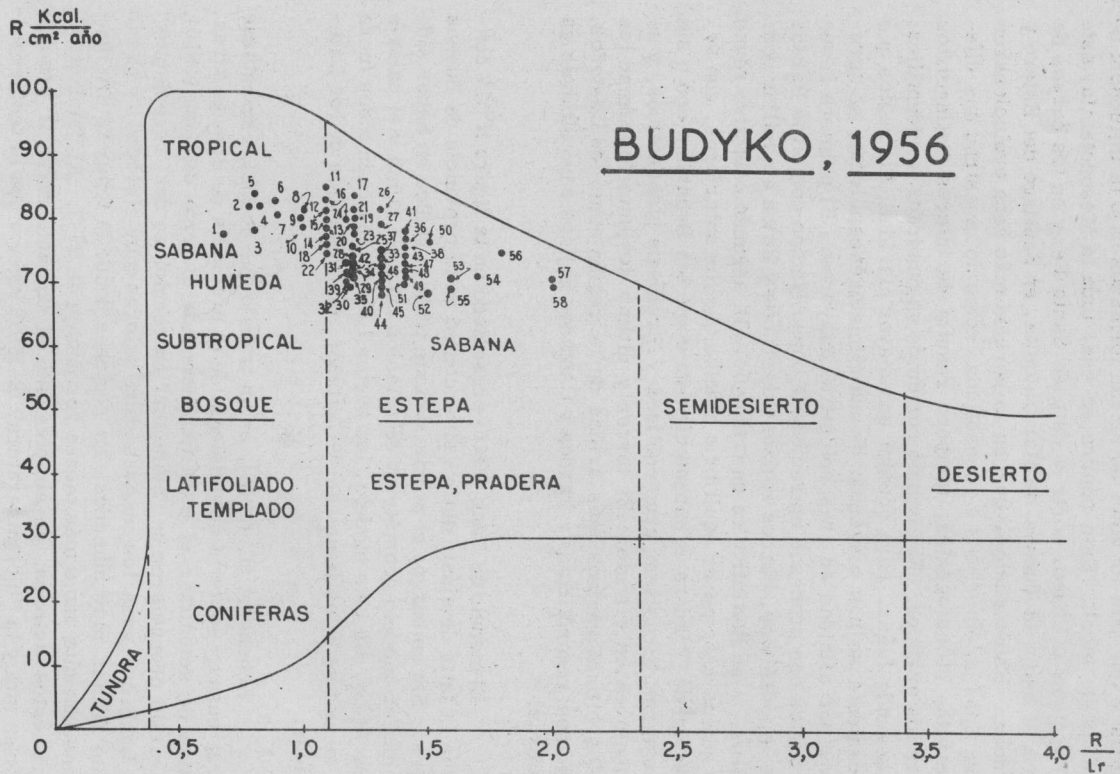


Fig. N° 18. Modelo fitoclimático de Budyko. Referencias como en la figura N° 14.

pasadas y que por lo tanto no fueron formados bajo la influencia de la temperie local. Esto ocurre en casi toda la Mesopotamia, este de Formosa y Chaco; norte y este de Santa Fe; y en los cursos de derrame hacia la cuenca de Mar Chiquita, en Santiago del Estero y Córdoba. Estos suelos, que en la porción más seca evolucionaron hacia tipos halomórficos y regosólicos, como no muestran una diferenciación climatogénica, tampoco resulta de interés distinguirlos sobre los gráficos. El símbolo común de un cuadrado los identifica. En segundo lugar, para obtener una mayor claridad, los suelos que típicamente se han originado de una climatogénesis local, se agruparon por afinidad en tres colectivos mayores. El primero reúne los suelos con procesos marcados de podsolización como los Pardos grises podsólicos, Pardos rojizos lateríticos y Rojos amarillos podsólicos, y su distintivo es un triángulo. El segundo colectivo reúne los suelos con mayor equilibrio hídrico que los anteriores, con vegetación de Pradera o Sabana húmeda como los Brunisem con o sin B textural, Brunisem grumosólicos y Brunisem planosólicos, y su símbolo es un círculo. El tercer y último conjunto lo forman los suelos climatogénicos más áridos de la región como los Castaños, Castaños regosólicos, y Pardos y Castaños rojizos cuyo símbolo es una cruz.

El modelo de Lang (1915) presentado en la figura N^o 19 confirma la falta de ajuste que ya se encontró en la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, el mérito de este trabajo radica en haber sido el primer modelo geométrico de relación entre el clima y el paisaje geográfico. En este modelo, los suelos Lateríticos caen todos fuera de su norma y los Brunisem y Castaños, en el dominio de los Lateríticos.

Kohnke et al. (1968), en un trabajo que no pudo comentarse en el ensayo sobre la climatología de la provincia de Buenos Aires, tratan de actualizar el poco fundamentado criterio de Lang (1915). Para ello propusieron un "biofactor" en reemplazo del "regenfactor" de Lang que para los autores daba valores muy elevados, y por lo tanto climas muy húmedos, en regiones donde la temperatura desciende durante uno o más meses por debajo de 0^o C. El "biofactor", para estos autores, es simplemente el cociente entre la precipitación en mm y la "biotemperatura" de Holdridge, o sea la temperatura media anual calculada solamente con las temperaturas medias mensuales > 0^o C. Como este valor resulta algo superior al de la temperatura media anual, en aquellas partes de la tierra donde los climas muy continentales tienen varios meses con temperaturas medias < 0^o C, el cociente P/t es relativamente bajo. Sin embargo, para las dilatadas regiones tropicales y subtropicales de la tierra

LANG, 1915

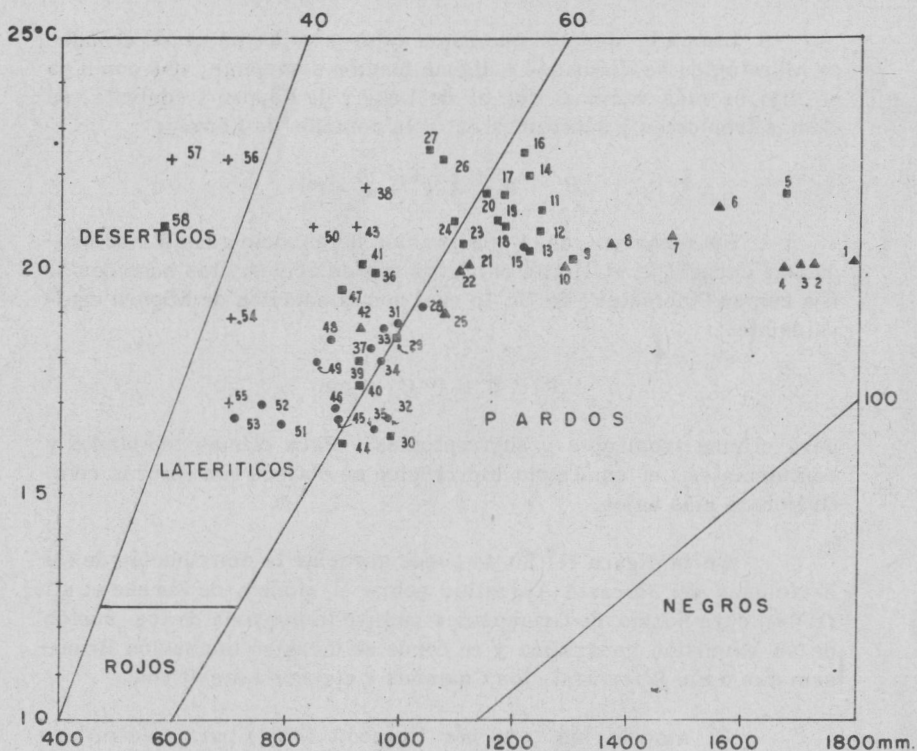


Fig. N° 19. Modelo edafoclimático de Lang. Los puntos significan la ubicación de las localidades de la región Noreste Argentina enumeradas en el cuadro N° 3. Cuadrado, suelos halomórficos y regosólicos no climatogénicos; triángulo, suelos Pardos grises podsólicos, Pardos rojizos lateríticos y Rojos amarillos podsólicos; círculo, Brunisem con o sin B textural, Brunisem grumosólicos y Brunisem planosólicos; cruz, Castaños, Castaños regosólicos y Pardos y Castaños rojizos.

que no tienen meses con temperaturas bajo cero, esta modificación del "regenfactor" de Lang no tiene ninguna consecuencia, ya que ambos resultan idénticos.

Llama la atención que estos autores no hayan usado el índice hidrológico de Holdridge o alguna función semejante, que como ya se dijo es más racional que el de Lang y de Köppen y equivale, en climas tropicales y subtropicales, a la notación de Köppen:

$$P = 5,7 t \text{ (}^{\circ}\text{C y cm)}$$

Sin embargo, de la observación del modelo geométrico propuesto surge que el límite entre los suelos áridos y los húmedos se fija con un "biofactor" de 70, lo cual con la notación de Köppen equivaldría a:

$$P = 7 t \text{ (}^{\circ}\text{C y cm)}$$

para climas tropicales y subtropicales. Para climas templados y continentales, el equilibrio hidrológico se obtiene con valores relativamente más bajos.

En la figura N^o 20 se puede apreciar la distribución de las estaciones del Noreste Argentino sobre el modelo de Kohnke et al. (1968), cuya norma de Grumosoles incluyó la mayoría de los suelos de su extensión geográfica y en donde se mezclan los suelos Brunisem con o sin B textural, los Castaños y algunos Lateríticos.

El modelo aplicado por Prescott (1931) para Australia y Tasmania, utilizando la relación de Meyer entre la precipitación y el déficit de saturación del aire, se muestra en la figura N^o 21 con la ubicación de las estaciones del Noreste Argentino. El límite entre los suelos de climas húmedos y secos lo marca la línea de relación 230. Se comprueba aquí que tampoco la realidad responde al modelo. Los suelos se distribuyen, como en Australia, más bien en forma vertical que en la radial de los índices de Meyer. Además, los suelos Brunisem caen sobre los Podzólicos australianos, los Castaños sobre los Negros y los Rojizos lateríticos del Noreste Argentino, sobre los Podsoles grises más típicos de Australia. Todo ello indica que aún dentro del Hemisferio Sur, una misma relación entre precipitación y déficit de saturación $\left(\frac{P}{DS}\right)$ tiene muy distintas consecuencias.

La figura N^o 22 representa la distribución de los suelos de la región estudiada sobre el modelo de Thornthwaite (1931). En él

KOHNKE ET AL., 1968

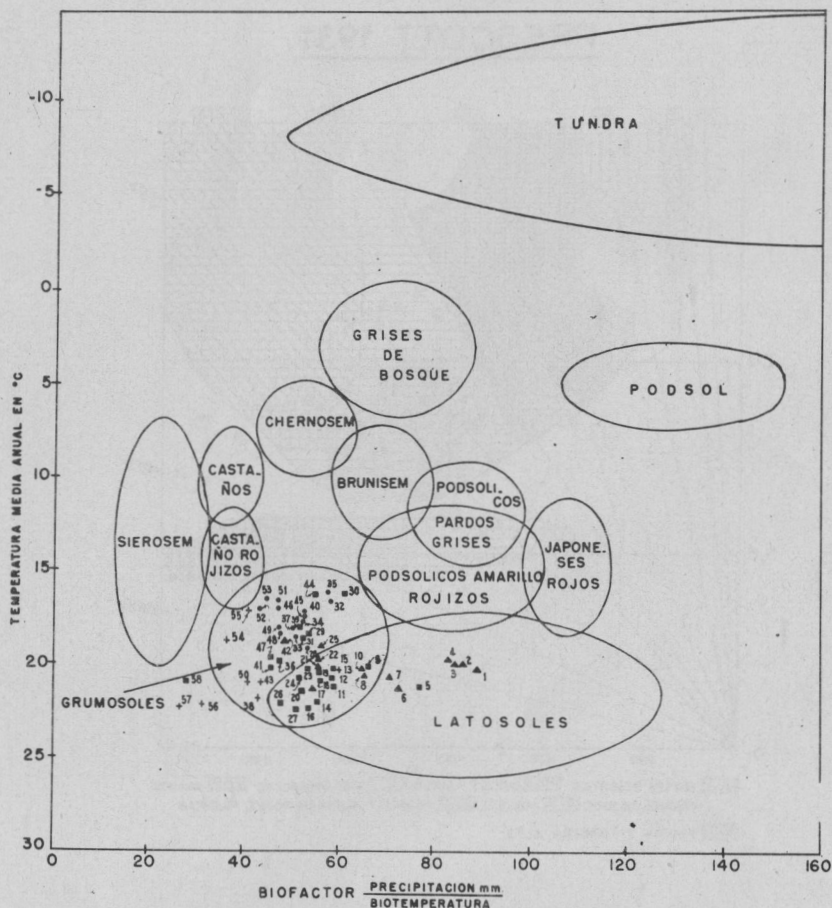


Fig. N° 20. Modelo edafoclimático de Kohnke et. al. Referencias como en la figura N° 19.

PRESCOTT 1931

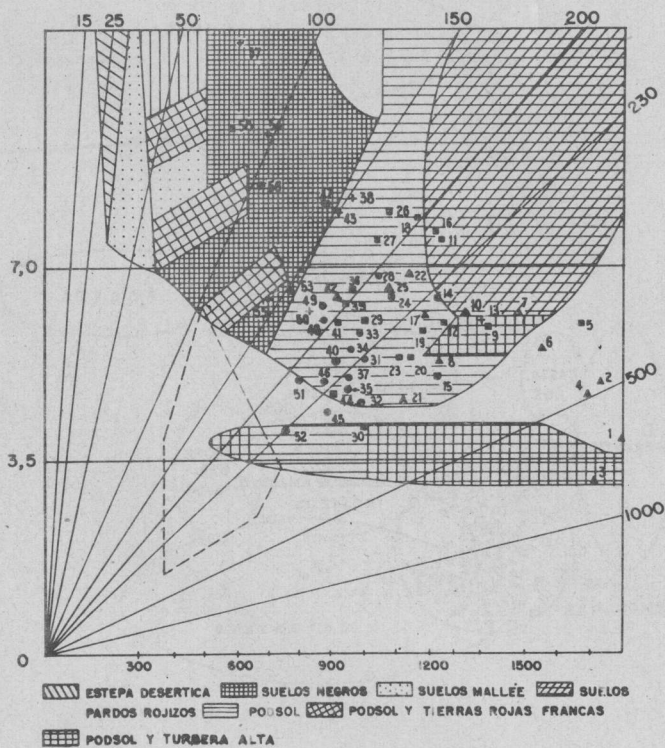


Fig. Nº 21. Modelo edafoclimático de Prescott. Rayado superior Australia; rayado inferior Tasmania. Polígono de raya cortada, área de suelos negros de Estados Unidos y Rusia. Otras referencias en la figura Nº 19.

THORNTHWAITE, 1931

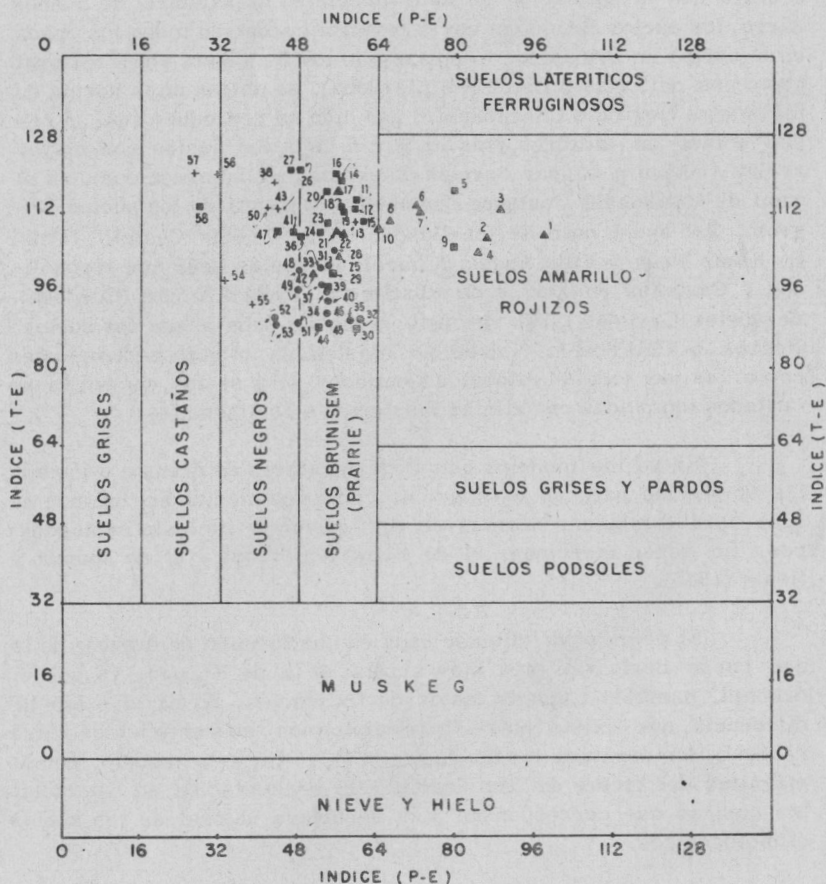


Fig. N° 22. Modelo edafoclimático de Thornthwaite. Referencias como en la figura N° 19.

puede apreciarse un correcto ajuste de los suelos Lateríticos. Las estaciones Concordia y Concepción del Uruguay, y El Tartagal, en Santa Fe, representan una región en la cual los suelos Lateríticos (Rojos, Amarillos podsólicos y Pardos grises podsólicos), se deben más a los arrastres sedimentarios del sistema hidrográfico, que a suelos evolucionados in situ como consecuencia del clima. Como ocurrió con la aplicación de este modelo en la provincia de Buenos Aires, los suelos Brunisem con B textural quedan en todos los casos en la norma de Brunisem, mientras que los Brunisem sin B textural como los de Ariás y Bell Ville (Córdoba), se ubican en la norma de los suelos Negros o Chernosem. También se reproduce aquí el hecho notado en latitudes más al Sur de que los suelos con mayor aridez tienden a ocupar normas de suelos más húmedos como es el caso de los suelos Castaños que ocupan la norma de los suelos Negros. Tal es el caso de localidades como Colonia Castelli, Pcia. R. Sáenz Peña y Villa Angela (Chaco), de suelos Castaños regosólicos y Castaños rojizos; y de Río Seco y Tercero Arriba (Córdoba), de suelos Castaños. Tal vez este hecho se debe a que los suelos Negros o Chernosem típicos no existen en climas subtropicales como los de todo el litoral argentino y sólo se los encuentra en latitudes templadas con climas fuertemente continentales.

Entre los modelos que utilizan valores de drenaje o fórmulas empíricas para su estimación, como una medida del balance de agua para establecer normas de tipificación de suelos climatogénicos, se deben mencionar el de Crowther (1930) y el de Aubert y Henin (1945).

El primero de ellos se basa en una fórmula de drenaje de la que puede derivarse otra muy similar a la de Köppen, ya que el drenaje, también llamado factor de lixiviación, no es más que la diferencia que existe entre la precipitación en centímetros y 3,3 veces la temperatura media anual en °C. En este modelo, con la magnitud del factor de lixiviación y la precipitación se establecen las normas que corresponden a la secuencia natural de los suelos climatogénicos.

Si se analizan los valores del factor de lixiviación de Crowther, que se indican en el cuadro N° 3, se puede observar que resultan exageradamente elevados, si se los compara con otros valores de exceso de agua obtenidos con métodos de balance más racionales. Este es el mismo defecto que se observó al aplicar el método de Köppen o los otros que de él derivan. Sin embargo, en la misma forma como resultó la aplicación de este modelo edafoclimático a la provincia de Buenos Aires, la comparación de los valores obtenidos con las normas que establece su autor arroja resultados

más satisfactorios, si no se pretende una tipificación muy específica. Así las primeras 8 localidades de Misiones y noreste de Corrientes tienen suelos con lixiviación intensa, como corresponde a los Pod-sólicos y Lateríticos (drenaje ~ 70 cm).

Los suelos con factores de lixiviación < 70 cm pero con precipitación superior a 700 mm, como las localidades que se enumeran en el cuadro N^o 3, desde San Martín (Corrientes) hasta Bell Ville (Córdoba), responden a las normas de suelos Brunisem. Por último, los que además de un factor de lixiviación inferior a 70 cm tienen lluvias inferiores a 700 mm como las localidades de Río Seco y Tercero Arriba (Córdoba), Nueva Pompeya (Chaco) y Campo Gallo y Añatuya (Santiago del Estero), les corresponde una norma de suelos Chernosem, Castaños, Pardos de estepa y grises, según el volumen de las precipitaciones.

La aplicación del modelo de Aubert y Henin (1945), cuyos fundamentos ya se explicaron en el trabajo sobre los climas de la provincia de Buenos Aires, puede verse en la figura N^o 23 y sus valores básicos en el cuadro N^o 3. Se puede notar que los valores de drenaje calculados por este método aún cuando son notablemente inferiores a los de Crowther, se conservan superiores a los reales. Si se compara con los de exceso de agua estimados por el método de Thornthwaite y Mather (1955) se comprueba que son superiores en 150 milímetros o más a estos últimos. Es decir, que en el Noreste Argentino la diferencia entre estos valores es mayor que la observada en el estudio sobre Buenos Aires. Esta diferencia proviene de que correspondientemente la evaporación estimada por el método de Aubert y Henin da, proporcionalmente, valores más bajos que la de Thornthwaite y Mather.

Si se observa la distribución de los suelos del Noreste Argentino sobre el modelo edafoclimático de Aubert y Henin se nota, como en Buenos Aires, que la población de puntos se halla desplazada hacia climas más húmedos que los que en realidad les corresponde. Así, la mayoría de los Brunisem con B textural quedan incluidos en las normas de los Pod-sólicos y los Castaños en las de Brunisem.

La figura N^o 24 muestra el modelo edafoclimático de Thornthwaite y Hare (1955). Sobre este modelo se pueden hacer las mismas reflexiones que se expusieron al tratarlo como fitoclimático. Es decir, que se nota un desplazamiento de la población de los puntos hacia climas más húmedos, corregible en parte, con un ligero desplazamiento sistemático de los límites verticales entre los suelos Pod-sólicos, Brunisem, Negros y Castaños. La ubicación de

AUBERT Y HENIN, 1945

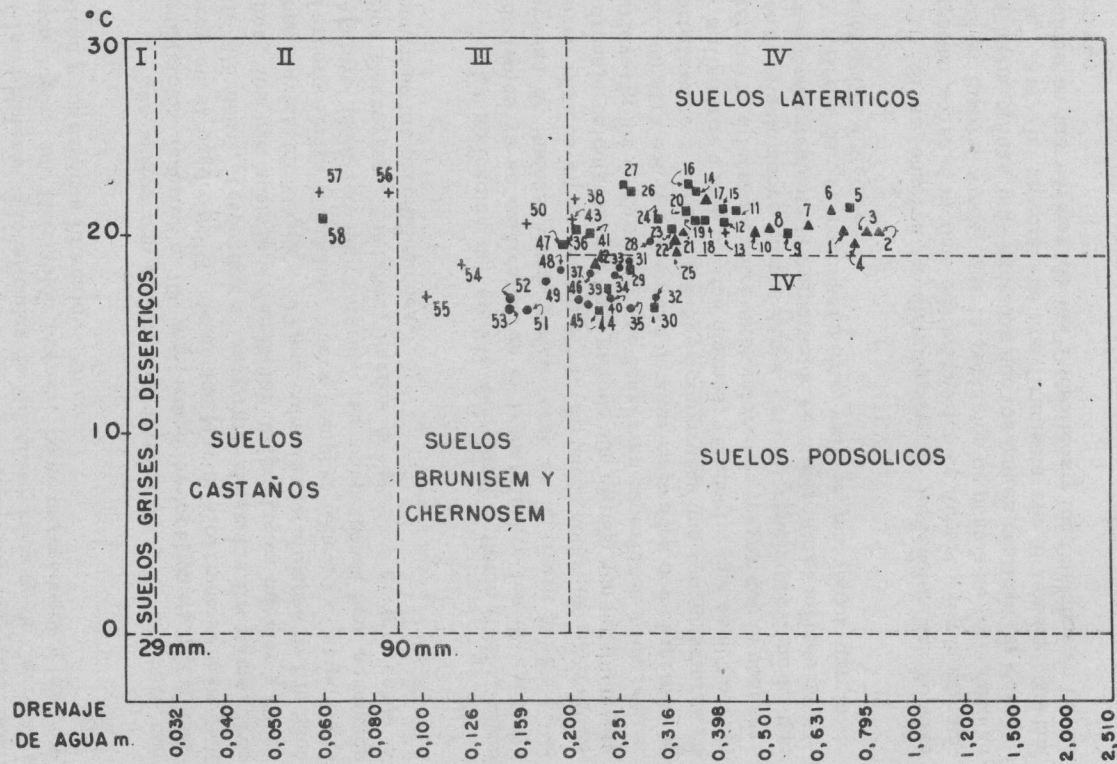


Fig. Nº 23. Modelo edafoclimático de Aubert y Henin. Referencias como en la figura Nº 19.

THORNTHWAITE Y HARE, 1955

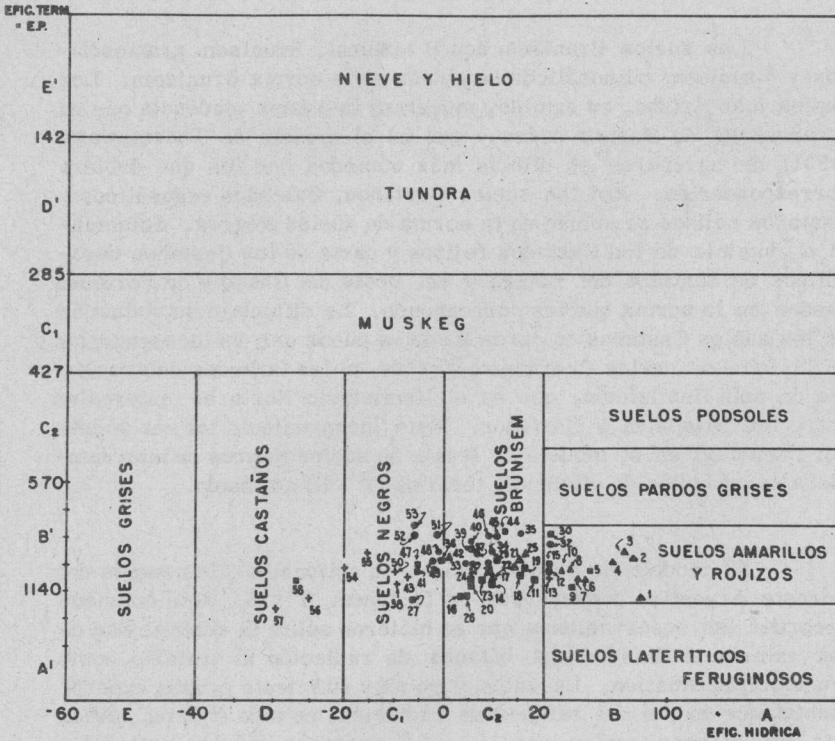


Fig. N° 24. Modelo edafoclimático de Thornthwaite y Hare. Referencias como en la figura N° 19.

estos límites sobre valores del índice hídrico (eficiencia hídrica) de -15, +5 y +25, dejaría Misiones y el noreste de Corrientes en el dominio de los suelos Lateríticos y Rojizos. Los suelos Rojos amarillos podsólicos y Pardos grises podsólicos quedarían, como en el resto de los modelos, en climas más secos que aquellos en los cuales se originaron probablemente por ser el resultado de un transporte sedimentado de otras regiones.

Los suelos Brunisem con B textural, Brunisem grumosólicos y Brunisem planosólicos se ubican en la norma Brunisem. Los suelos más áridos, en cambio, muestran la misma tendencia que en la provincia de Buenos Aires y que en el modelo de Thornthwaite (1931) de agruparse en climas más húmedos que los que debiera corresponderles. Así los suelos Castaños, Castaños regosólicos y Castaños rojizos se ubican en la norma de suelos Negros. Solamente el dominio de los Castaños rojizos y parte de los Castaños regosólicos de Santiago del Estero y del oeste del Chaco y de Formosa quedan en la norma que les corresponde. La dificultad de ubicación de los suelos Castaños en estos modelos puede ser una consecuencia de la falta de suelos Chernosem típicos en las latitudes subtropicales de este Hemisferio, que en el Hemisferio Norte se intercalan entre los Brunisem y Castaños. Este inconveniente tal vez podría ser menor si en el modelo la franja de suelos Negros se interrumpiera en un índice de eficiencia térmica ($T - E$) adecuado.

El modelo de Budyko (1956) y su aplicación a los suelos del Noreste Argentino puede verse en la figura N° 25. Aquí conviene recordar las observaciones que se hicieron sobre la autenticidad de los valores estimados del balance de radiación al tratarlo como modelo fitoclimático. La única y no muy suficiente prueba experimental que existe del balance de radiación, en todo el área, indica que los valores reales son 10 - 15 % mayores que los estimados para cada localidad. En consecuencia, también aquí como en el caso de la vegetación natural, la población de puntos debería estar desplazada hacia valores mayores en abcisas y ordenadas. En este caso, los suelos Lateríticos de Misiones y noreste de Corrientes se ubicarían de acuerdo con su norma. Los Brunisem se hallarían en una posición adecuada entre los Negros de Sabana y Chernosem. Solamente los suelos Castaños quedan aún alejados de la norma respectiva.

Finalmente se puede afirmar que sólo con datos adecuados y auténticos de relevamientos de suelos y de clima y el uso de información abundante que cubra grandes extensiones continentales, se podrá definir el valor intrínseco de los modelos fito y edafoclimáticos, que ayuden a interpretar la evolución y dinámica de los tipos naturales de vegetación y suelos.

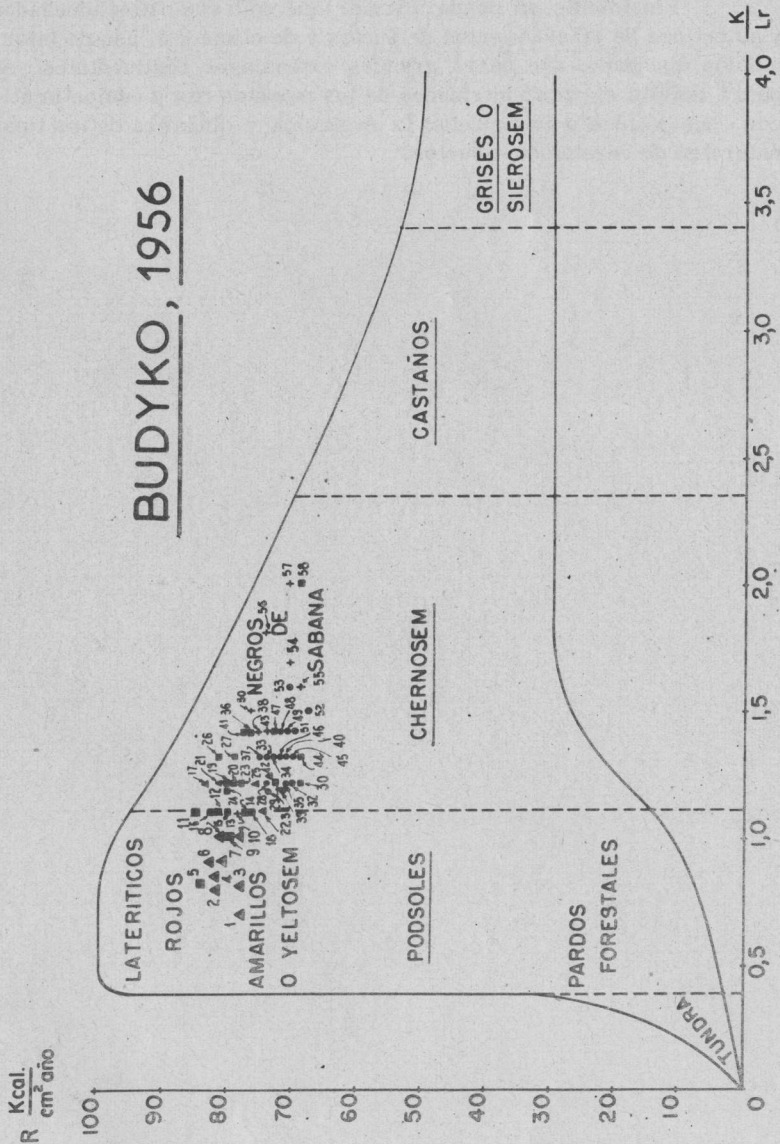


Fig. Nº 25. Modelo edafoclimático de Budyko. Referencias como en la figura Nº 19.

BIBLIOGRAFIA

- AUBERT, G. y S. HENIN, 1945 - "Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols". C. R. Acad. Sci., 220, pp. 330-332, 1945.
- BONFILS, C. G., 1970 - "Los Recursos Edáficos". En el presente volumen, pág. Buenos Aires.
- BUDYKO, M. I., 1956 - "Tieplovoi balans semnoi poverchnosti". (Balance calórico de la superficie terrestre). Gidrometeorologizdat, 1956. Moscú-Leningrado.
- BUDYKO, M. I., 1963 - "Atlas tieplobogo balansa zemnogo shara". (Atlas del balance calórico del globo terrestre). 69 mapas y texto. Moscú, 1963.
- BURGOS, J. J., 1963 - "Las heladas en la Argentina". Colección Científica del I.N.T.A. Vol. III, 388 pp. Mapas y figs. Buenos Aires.
- BURGOS, J. J., 1969 - "El Clima de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo". En "Flora de la Provincia de Buenos Aires" por A. L. Cabrera (director). Colección Científica. Tomo IV. Parte 1ra. pp. 33-39. Ed. I.N.T.A. Buenos Aires.
- BURKART, A. Director, 1969 - "Flora ilustrada de Entre Ríos". Parte II, Gramíneas. Colección Científica de I.N.T.A. Tomo VI, II, 551 págs. Buenos Aires.
- CABRERA, A. L., 1953 - "Esquema Fitogeográfico de la República Argentina". Revista del Museo de La Plata. (Nueva Serie), Tomo VIII, Sección Botánica, pp. 87-168, Buenos Aires.
- CROWTHER, E. M., 1930 - "The relationship of climatic and geological factors to the composition of soil clay and the distribution of soil types". Proceedings of the Royal Society, Sect. B. Biological Sciences, p. 1-30.
- DE MARTONNE, E., 1926 - "Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité". La Météorologie, oct. 1926: 449-458.
- GAUSSEN, H., 1954 - "Theories et classification des climats et microclimats". 8ème Congrès Internationale de Botanique.

BOLETIN DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE BOTANICA

París, Section 7 et 3: 125-130.

GOYSA, N. I., 1964 - "Utochnenie metodiki raschiota sumarnoi radiatzii po nabludienya za oblachnostia". (Precisión de los métodos de cálculo de radiación global según observaciones de la nubosidad). Trudy, Ukrain NICMI, Vip. 26 Gidrometoizdat. Moscú.

GRUNOW, J., 1962 - "Sonnenschein und globalstrahlung auf dem Hohenpeissenberg. Berichte des Deutsch. Wetterdienst N° 81.

HOLDRIDGE, L. R., 1947 - "Determination of World Plant Formations from simple climatic data". Science, Vol. 105, N° 2727, pp- 367-368.

KOHNKE, H., R. G. STUFF y P. A. MILLER, 1968 - "Quantitative relations between climate and soil formation". Journal Paper N° 3199, pág. 24-33. Purdue University Agricultural Experiment Station, Lafayette, Indiana, EE.UU.

KÖPPEN, W., 1931 - "Grundriss der Klimakunde". Berlín und Leipzig. Walter de Gruyter Co. XII + 388 pp. 28 figs.

LANG, R., 1915 - "Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht". Int. Mit. f. Bodenkunde, 5, 8: 312-346, 1945.

LAUER, W. von, 1952 - "Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln". Bonner Geographische Abhandlungen, Heft 9: 83 pp.

PARODI, L. R., 1945 - "Las regiones fitogeográficas argentinas y sus relaciones con la industria forestal", en "Plant Science in Latin America", pp. 127-132.

THORNTHWAITTE, C. W., 1931 - "The climates of North America according to a new classification". The Geographical Review, Oct., 1931: 633-655.

THORNTHWAITTE, C. W. y F. K. HARE, 1955 - "Climate classification in forestry". Unasylva, Vol. 9 (2), 1955, Publ. FAO, Roma.

Volumen N° XI Suplemento

- THORNTHWAITE, C. W. y J. R. MATHER, 1955 - "Water Balance". Publication in Climatology, Vol. VIII (1) 104 pp. Centerton, New Jersey.
- WALTER, H. 1968 - "Das Pampa problem in Vergleichend Ökologischer Betrachtung und Seine Lösung". Erkunde, pp. 181-193, 9 figs. y 2 cuadros.
- WALTER, H. y H. LIETH, 1961 - "Klimadiagramm-Weltatlas". Jena. Publ. Gustav Fischer.
- WANG, T., 1941 - "Die Dauer der ariden, humiden und nivalen Zeiten des Jahres in China". Tübinger Geogr. u. Geol. Abh. Reihe 2, Heft 7, Ohringen, 1941.

AGRADECIMIENTO

Debe dejarse constancia del agradecimiento del autor a todas las personas e instituciones que le prestaron su asistencia y colaboración en la realización en este trabajo. Así debe mencionarse al Dr. Marcos Tschapek, que estimó la capacidad de campo de los suelos de las localidades utilizadas en el estudio; al Ing. Agr. Constante Bonfils, que a pedido del autor realizó la descripción y el mapa de suelos para aplicar a ellos los modelos edafoclimáticos analizados y que se incluye aparte en el presente volumen; al Ing. Agr. Edmundo A. Damarío, por adelantar las cartas revisadas de horas de frío de la región; a la Srta. Edith I. di Neubourg, por la realización de los cálculos, mapas y gráficos básicos que ilustran las figuras; al Instituto de Suelos y Agrotécnica (INTA), al Servicio Meteorológico Nacional y a la Sociedad Argentina de Botánica por la información y facilidades proporcionadas.