

82/LXX

METEOROS

SUMARIO

EDITORIAL	259
JUAN JACINTO BURGOS. — Influencias microclimáticas y climáticas sobre la población de insectos transmisores de virus en la papa, en la región S. E. de la provincia de Buenos Aires	261
G. DEDEBANT y E. A. M. MACHADO. — Sobre una nueva definición de función aleatoria y su teorema ergódico	287
WERNER SCHWERDTFEGER. — Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos distintos tipos de depresiones béricas en el norte de la Argentina ..	301
C. A. M. MARTINOLI. — Nuevo soporte y conexión para la determinación del potencial eléctrico atmosférico, con sonda iónica y electrómetro, utilizando método de cero	324
KURT WOLCKEN. — Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en la Argentina	327
JOSÉ M. RAFFO. — Variaciones de la napa freática en relación con la precipitación, la presión atmosférica y la temperatura	367
DEMETRIO BRAZOL. — Bosquejo bioclimático de la República Argentina ..	381
ARTÍCULOS BREVES: ALBERTO CAGLIOLO. - Marcado gradiente térmico en vagones de ferrocarril	395
CRÓNICA	399
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS	404
INDICE DEL TOMO IV	409

REVISTA DE METEOROLOGIA Y GEOFISICA
PUBLICADA POR EL
SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL
BUENOS AIRES — (REPUBLICA ARGENTINA)

*M*ETEOROS, órgano de expresión científica del Servicio Meteorológico Nacional, se publica con el alto auspicio del Excmo. señor Presidente de la Nación, General Don Juan D. Perón, como contribución de la Nueva Argentina al progreso de la ciencia y la técnica en los campos especializados de la Meteorología y la Geofísica.

INSTITUTO NACIONAL DE AERONAUTICA
NACIONAL DE METEOROLOGIA
Dr. AUGUSTO G. Galmarini
AV. B.P.V.
C.D.B.
UBIC.

METEOROS
AÑO IV N°. 4

METEOROS

REVISTA TRIMESTRAL DE METEOROLOGIA Y GEOFISICA
DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. BUENOS AIRES



La responsabilidad por los artículos firmados corresponde a sus autores. La Dirección se reserva el derecho de aceptar originales y el de darles orden de publicación. La propiedad intelectual queda protegida por la ley 11.723. Reg. Prop. Int.: 347.584.

AÑO IV

OCTUBRE-DICIEMBRE 1954

Nº. 4

EL PRIMER CONGRESO INTERUNIVERSITARIO DE MATEMÁTICA, FÍSICA, METEOROLOGÍA Y GEOLOGÍA

*L*ARGA y fecunda en nuestro medio es la labor de matemáticos, físicos, meteorólogos y geólogos, pero nunca había llegado a reunírseles en un congreso oficial argentino con vistas a una interpenetración de enfoques recíprocos y a la toma de contactos personales para el logro de obras de conjunto, fundadas en la natural convergencia de los objetivos formales de las distintas ramas. Cierto es que los concurrentes se conocían a través de su literatura científica, por obra de la amistad personal y hasta por el vínculo de profesor a alumno, pero no se habían aproximado simultáneamente tan grande número de exponentes y tanta diversidad de especialidades como en las jornadas que acaban de verificarse. Interesaban sobre todo las novedades, lo que se sabía hallábase en gestación, para darle a su florecimiento el marco trascendente adecuado. Al plantearse la posibilidad de celebrar en el ambiente universitario tal congreso las afirmaciones fueron tantas como las dudas: ¿habría tiempo para que los trabajos de investigación en desarrollo pudieran culminar dentro del año? ¿podrían manifestarse en su plena valía los hombres de responsabilidad consagrada tanto como los noveles? Porque, a modo de consignas muy propias de la hora, se buscaba cumplir con la deuda que la Universidad

tenía ante el Segundo Plan Quinquenal en este año con preferencia al venidero, y dar igualdad de oportunidad a valores antiguos y nuevos. Diríamos, en otras palabras, que se tendía a enfatizar un principio de democracia intelectual. En toda esta urgencia daba ánimos a la empresa el interés demostrado por el Excmo. señor Presidente de la República, General Perón, titular de la Comisión Honoraria, a quien acompañaban el Ministro de Educación, el Rector de la Universidad, y los Decanos de las distintas Facultades. Con tan alto auspicio la Comisión Organizadora aunó voluntades, dispuso términos, invitó públicamente y abrió el acto en la fecha precisada. Desde el primer momento se tuvo la impresión de hallarse ante una prueba fehaciente de la mentalidad argentina, superior a todo lo esperado. El número y la calidad general de los trabajos presentados satisficieron plenamente a los entendidos. El aporte de científicos de origen no argentino pero que enfocaban problemas de rigurosa existencialidad argentina, llamó justificadamente la atención. La feliz idea de una coordinación interuniversitaria se había cumplido. Creemos que la experiencia lograda en este Primer Congreso, además de lo que significa como conquista en sí, tendrá la virtud de acrecentar la confianza de la Nación en cuanto a las fuerzas científicas puestas al servicio de un alto ideal social, y preparará el ánimo para reuniones futuras que están en proyecto, una de ellas de carácter americano y acaso de ámbito internacional.

551.586:632

INFLUENCIAS MICROCLIMÁTICAS Y CLIMÁTICAS SOBRE
LA POBLACIÓN DE INSECTOS TRANSMISORES DE VIRUS
EN LA PAPA, EN LA REGIÓN S. E. DE LA PROVINCIA
DE BUENOS AIRES ¹

POR JUAN JACINTO BURGOS *

Summary. — The present work studies the population of those insects that might be considered as disseminators of potato viruses, in the southwestern area of the province of Buenos Aires. The most constant population is formed by aphids and thysanopterous. Aphids prefer bottom leaves, while thysanopterous prefer top leaves. The population is —in general— more abundant in the northern exposures, especially in those years which may be regarded as favourable for its development. On the basis of insects distribution —according to the exposures and according to the year— it is concluded that the daily thermoperiod represents a fit bioclimatic index for expressing the favourable conditions for its development and for the transmissibility of the implied viruses.

I. INTRODUCCION

En un trabajo anterior (BURGOS, 1944), analizamos el problema ecológico de la productividad de la papa simiente sobre la base de una revisión y discusión de los resultados obtenidos por diversos autores, en varios países de diferentes continentes y de ambos hemisferios. En ese trabajo tratamos de mostrar la evolución de las ideas sobre este discutido problema hasta aquella fecha aproximadamente, y de demostrar la posición relativa que ocupan en su acción cada uno de los factores del medio: el clima, los agentes bióticos y el suelo.

Señalamos, así, como la pérdida del vigor, decaimiento o degeneración de la papa simiente que primero se atribuyó a un efecto directo del clima, se explicó después como una consecuencia de las enfermedades de virus, para hallar últimamente un marcado énfasis como agente causal la población de insectos que transmite esas enfermedades.

Sin embargo, ya en algunos trabajos comentados en aquella oportunidad se indicaban elementos del clima como agentes directos del decaimiento, en algunos casos, y en otros, como determinantes de la población de insectos. Como confirmación de esta tendencia, en nuestra revisión sobre las condiciones climáticas de las distintas regiones en que realizaron sus experiencias u observaciones los diversos autores comentados, llegamos a la conclusión de que "el factor ecológico primordial que determina la calidad de la papa simiente es el bioclima y de éste su régimen termoperiódico" (BURGOS, 1944 y 1952).

* Ing. Agr. Jefe del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

¹ Trabajo de la División de Bioclimatología Agrícola del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

De tal forma, la degeneración fisiológica (de algunos autores degeneración climática, COSTANTIN, 1932), que se ha tratado de evitar mediante la aplicación de métodos especiales de cultivo, que alteran el bioclima natural degenerativo, como siembras de montaña (COSTANTIN *et al.*, 1931 y CHOUARD, 1949), siembra de verano (PORTER, 1935 y LISENKO, 1946), vernalización (ARNAUTOV, 1951), etc., la interpretamos como consecuencia de un desajuste entre el termoperíodo anual que exige la especie y el que encuentra en regiones inadecuadas para su cultivo. Así concluimos que "la papa es una especie de termoperíodo anual fresco y de corta amplitud porque en estas condiciones es que alcanza el máximo rendimiento y la mejor calidad generativa".

La degeneración patológica, o sea la determinada por la acción de las enfermedades de virus, es, en cambio, en cierto modo irreversible por cuanto el agente patógeno puede quedar enmascarado y su acción disminuida por el efecto de métodos como los anteriores, para reaparecer cuando ha pasado su acción (COSTANTIN, 1930, DUCOMET y DIEHL, 1934). Esta degeneración, que puede presentarse aislada o en diferentes grados de interacción con la anterior, la interpretamos como consecuencia del efecto de un termoperíodo diario, que no se ajusta al exigido por la especie para obtener un desarrollo sanitario satisfactorio. En nuestro trabajo referido, al tratar este aspecto, establecimos como posible una acción directa, no probada aún, del termoperíodo diario pero consideramos demostrable, en cambio, un efecto indirecto del mismo sobre la calidad generativa de la papa simiente. Así "un termoperíodo diario fresco y de corta amplitud, que significa en general bajas temperaturas diarias acompañadas de otros factores meteorológicos que atenúan la amplitud térmica diaria como nubosidad, humedad del aire, turbulencia y precipitación, resulta limitante, tanto para el desarrollo como para la actividad de los insectos transmisores de virus". En apoyo de nuestra conclusión mostramos las condiciones termoperiódicas diarias de los lugares de cultivos sobre los cuales trabajaron los distintos autores comentados, que hallaron diferencias en la productividad de papa simiente provenientes de diferentes regiones geográficas, de distintos tipos de suelos o labores, o que analizaron diferencias regionales en transmisión de virus y en la población de insectos transmisores.

No obstante los resultados obtenidos en ese trabajo de revisión y crítica bibliográfica, nos pareció conveniente complementarlo con datos experimentales que pusieran a prueba sus conclusiones, y nos permitieran verificar la magnitud significativa del termoperíodo diario en esta acción y su valor práctico en las condiciones naturales de nuestro país. En algunos de los casos analizados en el trabajo anterior, diferencias de medio grado centígrado en la termofase positiva del termoperíodo diario, expresada ésta como temperatura media máxima mensual, aparecían con un significado bioclimático definido.

Para ello indagamos en los organismos especializados del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación si existían recuentos de población de insectos transmisores de virus en papa en diferentes regiones del país y en diferentes años, y qué especies de ellos transmiten enfermedades de virus. De las indagaciones efectuadas y del informe que nos proporcionó el Instituto de Sanidad Vegetal (BLANCHARD 1944) sacamos las siguientes conclusiones válidas hasta esa fecha:

1º) No se habían realizado en el país recuentos sobre población de insectos transmisores de virus en papa.

2º) No existían resultados publicados de experiencias sobre transmisión de virus en papa, por medio de insectos, aun cuando algunos ensayos se habían efectuado en el laboratorio de cuarentena de J. C. Paz de ese Instituto.

3º) Nos proporcionaba la lista de las especies de insectos halladas sobre cultivos de papa, que de acuerdo con la bibliografía extranjera podrían considerarse como vectores de virus en papa. En esa lista pudimos comprobar la gran difusión que tienen en el país *Myzus persicae*, SULZ, *Macrosiphum solanipholii* ASH y *Trips tabaci* LIND, que por esa misma bibliografía y por el carácter permanente y masivo de su parasitismo podrían considerarse como las más dañinas desde ese punto de vista.

Por lo referido, nos propusimos encarar el estudio de la población de insectos transmisores de virus en papa, en cuanto ésta depende de los elementos del clima y del microclima del cultivo, en la región papera del SE de la provincia de Buenos Aires, que es la productora por excelencia de la papa simiente en nuestro país hasta la fecha.

Los resultados obtenidos, si bien han sido limitados por los medios que tuvimos a nuestro alcance, pensamos que constituyen un apoyo experimental de nuestra tesis, según la cual el termoperíodo diario resulta un índice bioclimático adecuado para expresar la transmisibilidad de virus relativa en una región determinada, si es, como se ha demostrado, que ésta depende de la magnitud de la población de insectos vectores. No obstante que los valores en que fundamos las conclusiones de este trabajo se han observado en abrigos meteorológicos de instalación típica o ubicados directamente en los cultivos, y que no son estrictamente los mismos que determinan las reacciones termofisiológicas en los seres vivos, consideramos sus resultados satisfactorios².

Este trabajo sólo ha sido posible mediante la colaboración eficaz del Instituto de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, por lo que dejamos aquí la debida constancia de nuestro agradecimiento.

II. ANTECEDENTES

Desde el descubrimiento de la transmisión de enfermedades de virus en papa por medio de insectos vectores realizado por QUANJER y GAÜMANN, en 1916, en Holanda, muchos países, en los cuales la producción de papa simiente es un recurso económico importante, han desarrollado numerosos estudios sobre la transmisión de virus por este medio, así como sobre las causas y consecuencias de la población de insectos que parasitan esos cultivos.

De todos estos trabajos destacaremos especialmente aquí los realizados en Inglaterra, país éste que fué uno de los primeros en efectuar recuentos sistemáticos de insectos sobre cultivos de papa simiente.

² « En condiciones de termoperíodo fresco y de corta amplitud, la actividad y el desarrollo de los insectos están limitados no sólo por la acción de las temperaturas aparentemente bajas del aire, que registra el termómetro en la casilla meteorológica, sino que, más realmente, por el enfriamiento que provoca el aire fresco y húmedo, y la nubosidad en el cuerpo de éstos y de todos los organismos poikilotérmicos, cuya actividad es la resultante del mayor o menor calentamiento que les causa el ambiente que los circunda » (BURGOS, 1944).

Los primeros recuentos se efectuaron en ese país en 1928 (WHITEHEAD, CURRY y DAVIES, 1932). Desde entonces hasta el presente distintos autores se han ocupado del problema y los resultados alcanzados se podrían sintetizar en los siguientes puntos:

1°) Desarrollo de una técnica para efectuar recuentos sistemáticos de insectos. Para las formas ápteras, ésta consiste en contar visualmente en el campo el número de insectos que pueblan 100 hojas compuestas de papa, tomadas al azar y en determinar las especies que la integran, así como las características de su desarrollo e hiperparasitismo. Para las formas aladas en migración, por medio de su captura y reconocimiento con trampas de redes adhesivas y de otros tipos. DAVIES (1934).

2°) Los recuentos se efectuaron exclusivamente sobre aphidos y, de éstos, principalmente sobre *Myzus persicae* SULZ., que se ha mostrado como el insecto más inespecífico y efectivo transmisor de virus, y *Macrosiphum Solanifolii* ASH. Por otra parte resultan los insectos más conspicuos que parasitan los cultivos de papa en Inglaterra.

3°) Se ha comprobado que el número de insectos por 100 hojas constituye un buen índice de la transmisión relativa de virus en una región determinada, y se lo ha utilizado para caracterizar la aptitud de diversas regiones de Inglaterra, así como de otros países, y como elemento de juicio en su certificación sanitaria.

Con respecto a los estudios realizados sobre la influencia de los elementos del tiempo en los insectos transmisores de virus podemos referir en primer término las experiencias realizadas por DAVIES (1935 y 1936), en laboratorio, sobre individuos alados de *Myzus persicae* SULZ., que podemos resumir así:

1°) El vuelo de los insectos alados está determinado principalmente por la temperatura, y comienza aproximadamente a los 13°C aumentando en intensidad con la temperatura hasta los 26°C, límite hasta el cual se condujeron las experiencias.

2°) Se observó que el aumento de la humedad relativa tiene un efecto limitante en el vuelo del insecto y que este efecto se acentúa en condiciones de elevada temperatura. En condiciones de baja humedad relativa se comprobó que una humedad de 20 a 50 % favorece más la actividad del insecto que las condiciones de sequedad absoluta, y que el efecto adverso de la humedad es particularmente notorio con altas temperaturas.

3°) El viento resultó un elemento limitante en el vuelo del insecto. Con velocidades superiores a 5 km/hora la actividad fué mínima.

Estos resultados si bien han sido considerados fundamentales en muchos trabajos posteriores, ya fueron observados por THOMAS y JACOB (1943) como muy poco frecuentes en las condiciones naturales de algunas regiones de Inglaterra.

Algunos autores en cambio estudiaron las influencias de distintos elementos meteorológicos en el ambiente natural. Así THOMAS y VEVAI (1940) en un trabajo sobre migración de áfidos conducido durante 5 años consecutivos, estudió la influencia de distintos elementos meteorológicos al aire libre en el vuelo de los áfidos y a la luz de las conclusiones de DAVIES. Sus resultados confirmaron que la velocidad del viento afectaba la migración de los insectos alados y que el número de insectos en vuelo disminuye considerablemente cuando la velocidad del viento

es superior a los 7,5 km/hora. Asimismo la dirección del viento resultó importante, pues las mínimas migraciones se registraron cuando el viento ocurrió de la dirección del W y SW, es decir del mar, que generalmente es húmedo y de mayor velocidad. Las máximas migraciones se registraron con temperaturas superiores a 24°C. Sin embargo, alguna actividad se registró con temperaturas inferiores a 15°C. Si bien se comprobó el efecto inhibitorio de la alta humedad relativa, se cazaron insectos con humedades superiores a 90 %. El brillo solar (heliofanía) mostró ser un elemento que favorece las migraciones pero hubo actividad aún en días totalmente cubiertos. Asimismo se cazaron insectos en días con 12 mm de lluvia. En este trabajo encontramos la primera referencia de que grandes migraciones se registraron en días con una diferencia marcada entre las temperaturas máximas y mínimas.

En otros trabajos efectuados al aire libre encontramos referencias aisladas que pueden complementar y confirmar las anteriores. Así, BOUGET (1936) nos habla del efecto desfavorable del viento en el vuelo y migración de los áfidos en los cultivos de papa efectuados en montaña. WHITEHEAD (1943) señala el efecto de la topografía en la población de insectos y destaca que la exposición a los vientos húmedos del mar en North Wales se caracteriza por escasas poblaciones de áfidos. STANILAND (1943) al tratar el efecto de la altitud en Devon y Cornwall afirma que ésta puede limitar la población de insectos sólo en el caso de que la misma implique una mayor exposición a los vientos húmedos del SW. NORRIS y BALD (1943) al estudiar las fluctuaciones de la población de áfidos en Camberra llega a la conclusión de que el tiempo seco y las temperaturas elevadas favorecen el aumento de la referida población. CHOUARD (1949) en un resumen sobre 14 años de trabajos con cultivo de papa en los Pirineos centrales, refiere que a pesar de poder encontrar ejemplares de *Myzus persicae* SULZ. a 2200 metros de altura, a medida que la altitud aumenta éstos son menos abundantes, como consecuencia de la acción adversa de los vientos de montaña que se originan por las diferentes exposiciones. BROADBENT (1949-1950) en sus trabajos recientes ha tratado de caracterizar el microclima del cultivo de papa por las consecuencias que el mismo puede implicar en la población de insectos parásitos y de otras enfermedades, los cuales nos señalan la poca aplicación que pueden tener los datos observados en abrigos normales cuando están basados en otros obtenidos en laboratorio. Los resultados de estos trabajos, así como los publicados por CAGLIOLO (1951) sobre los microclimas que generan las diferentes exposiciones en el SE de la Pcia. de Buenos Aires los utilizamos más adelante en la discusión de los resultados de nuestro trabajo.

III. METODO

Para los fines de nuestro trabajo se trató de aprovechar el carácter topográfico ondulado de la región sudeste de la provincia de Buenos Aires y mostrar las posibles diferencias en población de insectos que motiven los microclimas que ese carácter de la superficie del suelo genera. Además, se investigaron las variaciones en la población estudiada que inducen los distintos estratos de la planta sometidos a diferentes influencias microclimáticas.

Por otra parte, el material de estos recuentos proveniente de los cinco años consecutivos (1944-1948 inclusive), que abarca el estudio, nos ha permitido apreciar las variaciones según los años y sacar conclusiones sobre la influencia del clima en general en la población de insectos estudiada.

El método de recuento seguido se adaptó a las posibilidades disponibles y al objetivo perseguido. Como no fué posible contar con personal estable para efectuar recuentos continuos durante todo el ciclo evolutivo del cultivo, se eligió, para realizarlos, el mes de diciembre. Este mes coincide, en la región, con la floración generalizada de la papa y lo consideramos, a priori, como el de mayor probabilidad de que ocurran ataques en masa de insectos vectores. Además, en este estado del cultivo es cuando la transmisión de virus resulta más efectiva.

Por lo limitado del período utilizado fué menester recolectar el mayor número posible de muestras en el campo y realizar su clasificación, recuento y determinación en laboratorio, posteriormente. Esto originó a su vez la necesidad de reducir el número de hojas por muestra, que en nuestro caso fué de 25, aún con el riesgo de aumentar la variabilidad en el número de insectos.

Con el objeto de obtener una estimación de las especies que componen la población de insectos habitual en los cultivos de papa, aun de aquéllas que tienen una movilidad más acentuada que los áfidos, como los tisanópteros, se procedió a cortar con suavidad las hojas elegidas al azar y sumergirlas inmediatamente en un frasco de boca ancha, con alcohol desnaturalizado.

Luego de sacudir la hoja en el alcohol para favorecer el desprendimiento de los insectos, y antes de desecharla, se controlaba visualmente si quedaba adherido a ella algún insecto, para incorporarlo directamente en la muestra.

Una vez realizada esta operación con las veinticinco hojas de cada muestra, se filtraba el alcohol con la suspensión de insectos y se lavaba con alcohol adicional el frasco para arrastrar los que pudieran quedar adheridos en él. Se recogía luego cada residuo en su mismo papel de filtro que era guardado en un tubo de ensayo, numerado y registrado con las características de la muestra: lugar y fecha de la recolección, tipo de suelo, cultivos que antecedieron al de ese año en el lugar, exposición y posición relativa de la hoja en la planta.

Como en la bibliografía consultada ya teníamos referencia sobre la distribución irregular de los áfidos en los distintos planos o estratos horizontales de la planta, durante los años 1944 y 1945, se efectuaron los recuentos, en hojas apicales, medias y basales. Por hojas apicales entendimos aquéllas que estaban expuestas directamente a la radiación solar, por hojas medias las que se encontraban algo sombreadas por las anteriores pero, a la vez, distantes de la superficie del suelo y por basales las que directamente se encontraban sobre la superficie del suelo y, en la época del recuento, casi completamente en la sombra de la parte superior de la planta.

Con objeto de uniformar el criterio, al presentar los valores índices de población para distintas exposiciones y para los distintos años, nos referimos a un número de insectos sobre 25 hojas medias.

En la operación de la recolección de muestras se trató de desechar las hojas muy pequeñas y eliminar algunos foliolos al cortar el peciolo cuando aquéllas eran anormalmente grandes, con el objeto de disminuir el error de superficie foliar.

Terminada la recolección de muestras, generalmente en los últimos días de diciembre, se procedía a su recuento en gabinete. Para ello el contenido de las muestras obtenido en el campo, previo su lavado con una solución de alcohol y ácido fénico, era clasificado según las familias de insectos que lo integraban y cada uno de estos grupos recontados separadamente con la ayuda de un binocular. El material así analizado era remitido al Instituto de Sanidad Vegetal para su clasificación por especies.

En el presente trabajo nos limitamos a presentar los valores del recuento discriminado por familias, con la indicación del porcentaje de las especies más representadas cuando la población fué abundante.

Durante los años 1946, 1947 y 1948 nos limitamos a estudiar la influencia de las exposiciones en la población de hojas medias, puesto que la de la posición relativa de la hoja en la planta la consideramos suficientemente demostrada con los valores obtenidos en 1944 y 1945.

Los valores obtenidos de hojas medias durante los cinco años nos permite deducir algunas conclusiones con respecto a la influencia del año en la población de insectos. Sin embargo, de este conjunto debe descartarse el valor de 1947 por cuanto los recuentos de ese año se efectuaron durante el mes de enero de 1948, época en que normalmente disminuye la población de áfidos y que según la información de los agricultores fuera muy notable en los meses anteriores. Esta deficiencia tratamos de superarla con la presentación del valor promedio de los recuentos efectuados en un ensayo de siembras continuadas de papa, en la Estación Agrometeorológica de Balcarce entre el 20 de noviembre y el 20 de diciembre, que si bien corresponde a muestras obtenidas en un mismo lugar, y por ello no son comparables en sentido absoluto a los valores obtenidos en los otros años, nos da un cuadro índice relativo de la población de los últimos meses 1947.

Durante el año 1947, en el centro de la región papera (Dionisia), en que se desarrolló este trabajo, se procedió a efectuar un estudio microclimático de pendientes, con el objeto de determinar las causas microclimáticas que podrían inducir variaciones en la población de insectos hallados en tales localizaciones. Los resultados de este estudio ya fueron publicados por CAGLILO (1951).

Siempre que nos ha sido posible hemos tratado de analizar los datos obtenidos con el método estadístico de la variancia para evitar impresiones subjetivas erróneas. No obstante, la evolución en el método de recolección de muestras en los diferentes años impide la aplicación de aquél en una forma integral. Así, en los dos primeros años se trató de abarcar la mayor amplitud territorial posible, aspecto que se varió en los tres últimos años con el objeto de obtener mayor número de muestras en un mismo lugar. En los últimos años introducimos la determinación del valor de la pendiente sobre la que se recolectaba la muestra con la ayuda del eclímetro "Luferco", valor que nos falta en los primeros años de recolecciones. La determinación de la población en los diferentes estratos de la planta se limitó a los dos primeros años.

IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1º) *Influencia de la posición de la hoja en la planta.*

Ya en la bibliografía consultada encontramos referencias sobre la distinta distribución de *Myzus Persicae* SULZ y *Macrosiphum solanifolii* ASH. en las hojas de diferentes estratos en la planta. JACOB (1941) y NORRIS y BALD (1943) hablan de una mayor abundancia de áfidos en las hojas basales.

Los recuentos realizados por nosotros dieron los resultados que mostramos en los cuadros I y II.

CUADRO I. — *Distribución de la población de áfidos y tisanópteros en las hojas apicales y basales de la papa XII-1944. Recuento efectuado sobre 25 hojas.*

Muestra Nº	Afidos		Tisanópteros	
	Hojas apicales	Hojas basales	Hojas apicales	Hojas basales
3	1	6	7	6
4	1	11	13	12
5	2	0	89	4
6	0	9	45	40
7	0	1	1	18
14	11	5	112	90
Prom.	2	5	44	28

Diferencia entre medias: 3
Grado de seguridad: 91 %

Diferencia entre medias: 16
Grado de seguridad: 53 %

CUADRO II. — *Distribución de la población de áfidos y tisanópteros en las hojas apicales y basales de la papa XII-1945. Recuento efectuado sobre 25 hojas*

Muestra Nº	Afidos		Tisanópteros	
	Hojas apicales	Hojas basales	Hojas apicales	Hojas basales
1	2373	5200	72	55
4	126	1790	36	48
6	173	1624	156	77
9 N	20	83	41	24
9 S	157	715	36	35
10 N	95	876	152	287
10 S	34	265	106	77
12 N	354	949	107	21
12 S	144	262	115	86
13	443	557	87	22
18	72	145	238	96
19	370	302	387	85
20	36	36	335	21
23	88	48	243	102
28	34	7	90	36
33	16	51	250	90
36	50	280	500	165
Prom.	270	776	174	78

Diferencia entre medias: 506
Grado de seguridad: 87 %

Diferencia entre medias: 96
Grado de seguridad: 99 %

Observando sus valores llama la atención que mientras los áfidos prefieren localizarse en las hojas bajas de la planta los tisanópteros, en cambio, tratan de ubicarse en las hojas apicales. Los valores promedio en un año de pocos insectos, como fué 1944 y de abundante población como en 1945, confirman esta distribución. El análisis de la variancia simple que hemos aplicado aquí no da en todos los casos un valor de alta significancia (superior al 99 %) lo que atribuimos en parte a una variabilidad exagerada de las muestras, ocasionada por el pequeño número de hojas que intervienen en ellas, al cual debimos limitarnos en nuestro trabajo. Por ello hemos optado por presentar, en lugar de la significancia de la diferencia entre los valores promedio hallados, el nivel de seguridad que la misma alcanza.

Lógicamente en los años de abundante población estos niveles son superiores y en el caso de los tisanópteros, en 1945, alcanza un nivel altamente significativo.

Si se tiene en cuenta que, como veremos más adelante al estudiar la variación según los años, las influencias climáticas parecen actuar en el mismo sentido en áfidos y tisanópteros, esta diferencia hallada en la localización dentro de la planta no puede explicarse por una causa microclimática que considerara los mismos elementos que estudiamos más adelante. Salvo el caso de una acción decisiva de la luz (fototropismo positivo en los tisanópteros como el señalado para esta misma familia por WLADIMIRSKY en 1926), o de otros elementos no estudiados aquí, la causa de tal distribución debería buscarse en factores ecológicos, no climatológicos.

BROADBENT (1949 y 1950) ha demostrado que la amplitud de variación diaria de la temperatura a 10 cm del suelo, tanto en un cultivo denso de papa como en uno ralo, es mayor que la que se registra en la parte superior de las plantas, a los 40 ó 60 cm de altura sobre el suelo. Por estos mismos estudios sabemos que la humedad es mayor en la parte baja por el aporte que proviene de la evaporación del suelo y de la transpiración de las plantas.

Entre las causas no climáticas que podrían explicar este comportamiento, podríamos referir la mayor adherencia y seguridad con que se fijan y se mueven los tisanópteros en las hojas, lo cual les permite habitar en un estrato de la planta más movido por el viento. En cambio, los áfidos de movimientos más torpes e inseguros se desprenden con mayor facilidad en esos estratos. Tampoco debe descartarse una incompatibilidad natural entre ambas clases de insectos o una causa puramente trófica, como la predilección demostrada en otras especies congéneres de los tisanópteros (EVANS, 1933) por parasitar los órganos florales.

De cualquier manera, la mayor peligrosidad de los áfidos en la transmisión de las enfermedades de virus en la papa puede verse acentuada por la ubicación que ocupa esta población en la planta. Desde las hojas basales cercanas a los tubérculos la transmisión de los virus a los mismos puede ser más rápida que desde las apicales.

2º) *Influencia de la exposición.*

Los recuentos de insectos en diferentes exposiciones se realizaron en los cinco años que abarca este estudio (1944-1948 inclusive) y vista

la variación de la población en los estratos de la planta optamos por considerar en este análisis los valores provenientes de hojas medias solamente.

Lamentablemente de los años que mostraron condiciones favorables para el desarrollo de las poblaciones de insectos, sólo el año 1945 pudo ser estudiado en época oportuna. En el año 1947 el ensayo microclimático de pendientes, cuyos resultados fueron publicados por CAGLIOLO (1951), nos obligó a efectuar los recuentos en el mes de enero de 1948, cuando había pasado el momento de una considerable población de insectos, en los meses de noviembre y comienzos de diciembre de 1947. Por lo tanto los valores correspondientes a este año resultaron similares a los años de escasa población.

Al estudiar esta influencia vemos que en los años de población considerable las leves diferencias microclimáticas que origina el relieve topográfico del SE de la provincia de Buenos Aires, se manifiestan en forma notable en la población de insectos, especialmente en los áfidos.

En el cuadro III agrupamos los resultados obtenidos en los 5 años de recuento de áfidos. Vemos en él que los recuentos regionales, es decir, aquéllos que provienen de pares de muestras (exposición N y S) de diferentes localidades del SE de la provincia de Buenos Aires, sólo en un año, el valor promedio de la exposición sud supera al correspondiente de la norte. Este año, que es el de 1944, fué el primer año de recuentos, de muy escasa población, y los valores corresponden sólo a 6 pares de muestras locales individuales.

Entre los valores promedios correspondientes al año 1945, año muy favorable para el desarrollo de la población de insectos vectores, debemos destacar la superioridad manifiesta de la exposición norte con una diferencia de 256 pulgones por 25 hojas, que en el análisis de variancia respectivo alcanza una seguridad del 94 %. Esta seguridad, a nuestro juicio, tiene significancia si se considera que por tratarse de un recuento regional, intervienen como causa de variabilidad en cada muestra muchos otros factores propios de la localidad de la que proviene, además del de la exposición.

Los recuentos locales que se efectuaron a partir del año 1946, con el fin de eliminar esta variabilidad, corresponden a años de una escasa población de áfidos, y en los mismos la influencia de exposición no resulta bien definida; sin embargo, en aquellas localidades en las cuales la muy escasa población ha sido superior en la exposición al norte, los niveles de seguridad han sido superiores.

De estos resultados sacamos en conclusión que la influencia de la exposición en la población de áfidos resulta importante sólo en los años de poblaciones considerables. Así, resulta probable que sólo sea en estos años decisiva la influencia de la exposición en la diferencia de transmisión de virus originada por este accidente topográfico.

En el cuadro IV presentamos los valores obtenidos en los recuentos de tisanópteros sobre muestras de diferentes exposiciones.

En general, se puede observar que la población de tisanópteros es más estable que la de áfidos en toda la región estudiada o menos lábil a las condiciones adversas, y que aún en los años de escasa población de insectos la de tisanópteros es más considerable que la de áfidos.

CUADRO III. — Recuento de áfidos sobre muestras de 25 hojas de papa en exposiciones de orientación general norte y sud en el SE de la provincia de Buenos Aires.

Años	Carácter del recuento	Localidad	Nº de pares de muestras que intervienen en los promedios y en el análisis de variancia	Promedio de nº de áfidos s/25 hojas según exposiciones		Diferencia entre medias N-S	Nivel de seguridad del análisis de variancia en %	Características de las exposiciones			
				N	S			N		S	
								Orientación exacta	Pendiente %	Orientación exacta	Pendiente %
1944	Regional	—	6	0.5	2.0	—	91	—	—	—	—
1945	Regional	—	10	424	168	—	94	—	—	—	—
1946	Local	El Boquerón	4	10.2	6.5	3.7	79	NNE	2.0	S	2.5
»	Local	Balcarce	4	0.5	0.5	0	—	NNW	3.2	SSE	1.5
»	Local	Mechongué	4	1	1.2	—	22	N	1.2	S	2.0
»	Local	Chapadmalal	4	0	0.2	—	64	N	1.5	S	2.5
»	Local	Mar del Plata	4	0.5	0.8	—	33	N	2.5	S	3.0
»	Local	Chapadmalal	4	1.2	0.2	1	74	N	3.0	S	6.0
»	Regional	—	24	2.2	1.6	0.6	50	NNE	—	SSE	—
1947	Local	Dionisia	3	2.3	0.3	2	73	—	—	—	—
»	Regional	—	21	0.3	0	0.3	77	—	—	—	—
1948	Local	Chapadmalal	3	1	1	0	—	N	2.0	S	2.0
»	Local	Chapadmalal	3	1.3	0	1.3	88	N	1.8	S	1.8
»	Regional	—	8	0.3	0.1	0.2	63	—	—	—	—

CUADRO IV. — Recuento de tisanópteros sobre muestras de 25 hojas de papa en exposiciones de orientación general norte y sud en el SE de la provincia de Buenos Aires.

Años	Carácter del recuento	Localidad	Nº de pares de muestras que intervienen en los promedios y en el análisis de variancia	Promedio de nº de tisanópteros s/25 hojas según exposiciones		Diferencia entre medias N-S	Nivel de seguridad del análisis de variancia en %	Características de las exposiciones		
				N	S			N	S	Pendiente %
1944	Regional	—	6	48.3	29	19.3	53	—	—	—
1945	Regional	—	10	168	137	31	40	—	—	—
1946	Local	El Boquerón	4	20.2	7	13.2	97	NNE	S	2.5
»	Local	Balcarce	4	2.8	1.5	1.3	54	NNW	SSE	1.5
»	Local	Mechongué	4	0	0.5	—	64	N	S	2.0
»	Local	Chapadmalal	4	3	2.0	—	88	N	S	2.5
»	Local	Mar del Plata	4	26.2	29.2	—	33	N	S	3.0
»	Local	Chapadmalal	4	0.2	0.2	0	—	N	S	6.0
»	Regional	—	24	8.8	6.4	2.4	49	—	—	—
1947	Local	Dionisia	3	58	69	—	54	NNE	SSE	3.0
»	Local	Dionisia	3	116.3	73.3	45	51	NE	SW	4.0
»	Local	Dionisia	3	35	31	4	17	N	S	3.0
»	Local	Balcarce	3	6	3.7	2.3	67	N	S	3.0
»	Local	Fulton	3	4	1	3	95	N	S	7.5
»	Local	Dionisia	3	0	0.7	—	87	N	S	5.5
»	Local	Dionisia	3	4.7	1.5	3.4	83	N	S	2.5
»	Regional	—	21	32	25.7	6.3	37	—	—	—
1948	Local	Chapadmalal	3	18.3	8	10.3	99	N	S	2.0
»	Local	Chapadmalal	3	12.7	13.7	—	10	N	S	1.8
»	Local	Balcarce	3	17.3	4.3	13	99	N	S	2.0
»	Local	Dionisia	4	7.5	6	1.5	65	N	S	2.5
»	Local	Chapadmalal	4	26.8	10.5	16.3	98	N	S	2.0
»	Local	Chapadmalal	4	13.2	10.5	2.7	49	N	S	3.2
»	Local	Dionisia	3	10	8	2	65	N	S	2.5
»	Local	Chapadmalal	3	13	10.7	2.3	50	N	S	2.5
»	Regional	—	27	15	9	6	> 99	—	—	—

En todos los años los recuentos regionales dieron valores promedios superiores en la exposición al norte. Sin embargo, los niveles de seguridad son en general bajos y sólo en los recuentos de 1948 este valor supera el 99 % de seguridad. Si se consideran los valores promedios provenientes de recuentos locales de 21 casos, sólo en 5 la población de la exposición al sud fué levemente superior a la norte y en un caso no hubo diferencia. En esos 5 casos el nivel de seguridad fué bajo. En los 16 casos restantes, en que la población de tisanópteros fué superior en la exposición norte, hallamos 5 casos con un nivel de seguridad igual o superior a 95 % y 2 con uno de 99 %.

Como conclusión, podemos afirmar que existe una tendencia general de que la exposición hacia el norte favorezca la abundancia y el desarrollo de los tisanópteros. Asimismo existen otras causas, que no descartamos puedan ser microclimáticas, que enmascaran en algunos casos el efecto de la exposición.

Analizando los valores publicados por CAGLIOLO (1951) podemos ver que en pendientes algo pronunciadas, para lo que es común en la región, (de 4 a 6 %) como las que se trataron de caracterizar en ese trabajo, la exposición al norte registra valores de temperatura máxima del aire superiores a los de exposición sud, que pueden concretar una diferencia aproximada de medio grado en los promedios mensuales, en un abrigo situado entre el cultivo. En cambio, los promedios mensuales

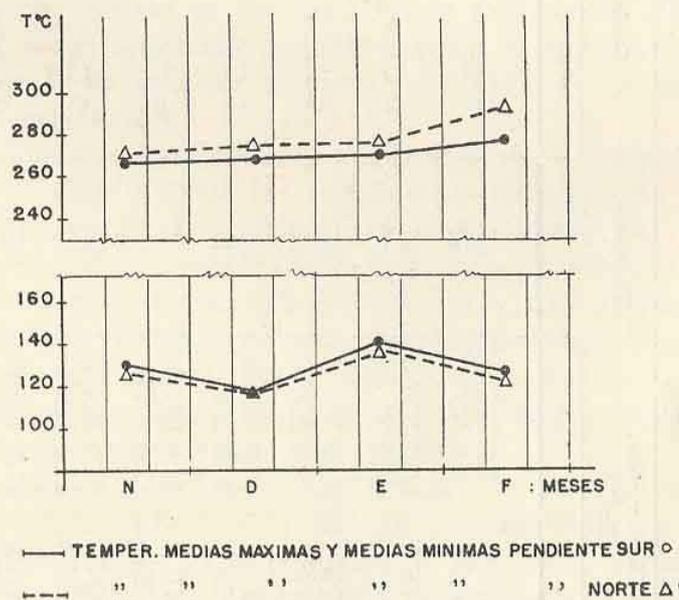


FIG. 1. — Termoperíodo diario en exposiciones norte y sud, en Dionisia, 1947.

de las temperaturas mínimas son levemente más bajos en la exposición norte. Es decir, que la exposición al norte observa un régimen termoperiódico diario más favorable para el desarrollo y difusión de los insectos vectores. Este régimen lo hemos representado en base a los valores mensuales de temperaturas medias máximas y medias mínimas de ambas exposiciones, en la figura n° 1.

Por otra parte los valores de la humedad, tanto en sus valores absolutos (humedad específica) como en los relativos al punto de satura-

CUADRO V. — Días en que la temperatura fué mayor en la pendiente sud que en la norte. Dionisia, noviembre 1947 a febrero 1948.

Pendiente	Temp. máximas °C	Viento				Km recorr. (9 a 15 h)	Nubosidad		H. relativa		Diferencia S-N Temp. Máx. °C	Fecha	Condiciones de suelo
		Direc. y veloc. (Km/h)		Grado y forma			9 h	15 h	9 h	15 h			
		9 h	15 h	9 h	15 h								
N	30.5	14.5 NNW	7.2 NE	67	7 Sc	5 Cu	82	44	0.5	26/ XI/47	Suelo seco		
S	30.0	12.0 NNW	4.8 NE	62	0 Claro	1 Cu	83	45	0.8	2/ XII/47	Seco		
N	27.7	14.5 NNW	15.0 NW	91	0 Claro	0 Claro	57	28	0.6	3/ XII/47	Seco		
S	28.5	14.5 W	15.0 N	78	1 Cu	4 Cu	58	31	0.6	7/ XII/47	Seco		
N	31.4	27.0 NW	12.0 NW	116	0 Claro	0 Claro	54	33	0.5	8/ I/48	Seco		
S	32.0	24.0 NW	14.5 NNW	100	9 Cs	10 Cs	58	30	0.5	6/ I/48	Seco		
N	31.6	14.5 N	19.0 NNW	138	0 Claro	3 Sc	55	34	0.3	2/ II/48	Seco		
S	32.2	15.0 NNW	26.5 NW	117	1 Cu	4 Cu	59	36					
N	26.6	14.5 NE	14.5 ENE	77	10 Cs	5 } 3 Cu	80	47					
S	26.1	12.0 ENE	12.0 ENE	60	9 Cs	5 } 2 Cs	82	46					
N	29.2	17.0 NNW	7.0 NNW	99	0 Claro	3 Sc	74	58					
S	29.7	10.0 NNW	10.0 NNW	69	0 Claro	3 Sc	76	59					
N	28.9	10.0 NNW	17.0 WNW	113	0 Claro	3 Sc	51	34					
S	29.2	10.0 NNW	19.0 NW	96	0 Claro	3 Sc	58	34					

ción, son ligeramente superiores en la exposición al sud (CAGLIOLO, 1951). Esto contribuye a formar un ambiente menos favorable para los insectos en esta exposición. La explicación de tal característica puede hallarse en la mayor humedad del suelo de esta exposición por el menor goce de radiación, y la menor difusión en la atmósfera del vapor de agua desde su superficie, por la convección turbulenta que esa menor radiación genera.

Si bien lo dicho anteriormente vale para las condiciones medias de las exposiciones estudiadas, muchas influencias de otro orden pueden interferir este régimen en casos particulares. A ello atribuimos, en gran parte, la pronunciada variabilidad que notamos en el análisis de los recuentos regionales de insectos y en las excepciones a la regla "de ambiente más favorable en las exposiciones al norte" halladas en algunos recuentos locales.

En el trabajo de CAGLIOLO (1951) vemos así que las temperaturas máximas son generalmente superiores en la exposición al norte, y se incluye un cuadro con las condiciones meteorológicas que acompañan los casos en que esa diferencia es máxima. Del material de ese trabajo hemos preparado el cuadro V con las condiciones meteorológicas que acompañan los casos de excepción a esa regla, es decir, aquellos pocos casos en que la temperatura máxima fué superior en la exposición al sud. En ese cuadro podemos ver que en estos casos nunca la superioridad de la temperatura que se registra en la exposición al sud llega a la magnitud de 1° a 2°C, como ocurre en los casos de la exposición al norte comentados. Además puede apreciarse que estos casos se explican por una fuerte ventilación de la exposición al norte que lleva al extremo de anular el efecto de la exposición.

Estos resultados nos hablan con elocuencia de la importancia de un elemento como el viento sobre las condiciones térmicas de la exposición, el cual debe sumarse al efecto mecánico desfavorable del mismo en la migración de los insectos, como ha sido destacado por otros investigadores.

De ahí que elementos como éste puedan tener una importancia decisiva en la población de insectos, en casos particulares, que llegan a eliminar el efecto de exposición; sobre todo, cuando accidentes de otra naturaleza (relieve de regiones próximas, reparos, etc.) tornan permanente un elemento que de otra manera sería sólo accidental.

Del análisis efectuado sobre la influencia de la exposición podemos sacar como conclusión práctica la de que los agricultores prefieran los tubérculos provenientes de la exposición al sud como simientes del año siguiente. Esta práctica sería aconsejable sobre todo en los años en que la población de insectos fuese abundante.

3º) *Influencia del año.*

Los recuentos realizados sobre las muestras de hojas medias de papa en los cinco años que duraron estas experiencias, se promediaron por año y su valor nos da una apreciación de su variación en esos años. Los valores obtenidos se muestran en el cuadro VI.

Confirmamos con esos valores, que la población de tisanópteros en el período de toma de muestras (diciembre) fué más estable que la de áfidos, y que el año 1945 se caracterizó por ser un año muy favorable para

el desarrollo de los insectos en toda la región. Sobre el año 1947, cuyas muestras se tomaron en realidad en enero de 1948 por las causas señaladas anteriormente, podemos afirmar que fué un año muy favorable para el desarrollo de los áfidos, por lo menos en la región de Balcarce.

CUADRO VI. — *Población de insectos en la región SE de la provincia de Buenos Aires durante el período 1944-1948, inclusive. Valores promedio de recuentos sobre 25 hojas de papa en el mes de diciembre de cada año.*

Años	Afidos	Tisanópteros
1944	2	51
1945	220	246
1946	2	10
1947	0.2 ¹ 639 ²	30 ¹
1948	0.2	12

¹ Valores de enero de 1948.

² Valores promedio de 12 recuentos sobre 25 hojas realizados en la Estación Agrometeorológica de Balcarce, entre el 20/XI/ y el 11/XII/47.

Los valores que nos sirven para fundamentar esa afirmación son recuentos de áfidos realizados en la Estación Agrometeorológica de Balcarce. Estos valores corresponden a recuentos efectuados en un ensayo de plantación continuada de papas, realizado durante la segunda quincena de noviembre y primera quincena de diciembre de 1947, y cuyos primeros resultados nos adelantara VAN GOOL en 1953. Este autor, nos cedió gentilmente la información para ser incluida en el presente trabajo.

Sí bien las causas que determinan la magnitud anual de la población de insectos vectores de virus en papa pueden ser de diverso género, como condiciones meteorológicas del año y del invierno anterior, presencia y abundancia de plantas huéspedes invernales (crucíferas en general), etc., las condiciones meteorológicas propias del año y sobre todo las de los meses anteriores al recuento tienen una importancia decisiva.

Con el fin de caracterizar las influencias meteorológicas del año, que pudieran explicar las fluctuaciones de la población que analizamos, hemos seguido varios criterios bioclimáticos.

a) Condiciones de Davies y modificaciones de otros autores.

En primer término tratamos de estudiar la relación entre las fluctuaciones de la población y las condiciones favorables determinadas en laboratorios por DAVIES (1935 y 1936) y modificadas ligeramente por THOMAS y VEVAI (1940). Estas condiciones, que han sido utilizadas en otros trabajos, se cumplirían aproximadamente cuando la temperatura fuese superior a 21°C, la humedad relativa inferior a 75 % y el viento inferior a 8 Km/h.

En el cuadro VII mostramos el número de días que ofrecen estos requisitos de ambiente favorable en Balcarce y Mar del Plata, y podemos observar que tales condiciones no se cumplieron ninguna vez en el mes de octubre, siendo particularmente raras en el mes de noviembre.

A nuestro juicio, esta ausencia aparente de condiciones favorables en el ambiente natural del SE de la Pcia. de Buenos Aires surge de querer aplicar directamente los valores obtenidos en laboratorio a las condiciones de campo.

Ya BROADBENT (1949 y 1950) ha mostrado que las condiciones favorables para el vuelo (6 Km/h) a 25 cm del suelo, cuando las plantitas aparecen sobre el suelo y son visitadas por los primeros insectos alados, se cumplen aún con velocidades de 20 Km/h a 10 m de altura como registran las estaciones meteorológicas normales. Estas mismas condiciones favorables existen a 1 m de altura, cuando el cultivo está desarrollado, aun con velocidades de 12 Km/h a 10 m de altura, y dentro de la masa del cultivo cuando la velocidad del viento a la altura normal de observación es de 51 Km/h.

De acuerdo con estos resultados hemos agregado a las condiciones de DAVIES y THOMAS y VEVAI las condiciones favorables que resultarían con estos niveles de viento. En el cuadro VII referido vemos, así, que a pesar de ello los días que registran tales condiciones aún en los años de mucho desarrollo de insectos siguen siendo raros. Hay una ligera ventaja en los años 1945 y 1947, y son más frecuentes en Balcarce que en Mar del Plata.

En nuestra opinión, estos resultados aún no son confirmatorios por cuanto así como el viento, tampoco los otros elementos considerados son suficientemente reales. En los trabajos de BROADBENT ya citados, también se nos muestra la diferencia entre la temperatura del aire entre los cultivos y la temperatura de los abrigos comunes. Vemos así que en el estrato de la planta la temperatura del aire es superior a la del abrigo; especialmente en los días de fuerte radiación en algunos casos se registran diferencias hasta de 6°C. Esta diferencia sería seguramente superior si en lugar de la temperatura del aire se considerara la temperatura del cuerpo de los insectos, que además del calor por conducción del aire que lo circunda recibe calor por radiación y por convección, en una proporción considerable. Los valores hallados por Davies en laboratorio, con respecto a la temperatura, representan el efecto de un calentamiento producido principalmente por conducción desde el aire, que no puede ser comparable al que resulta en las condiciones de campo, a la misma temperatura del aire, pero con pleno goce de radiación. Ya THOMAS y VEVAI (1940) comprobaron migraciones de áfidos alados con temperaturas inferiores a 15°C.

Por otra parte, el uso de valores promedio diarios conduce a una apreciación poco ajustada del tiempo favorable efectivo de que disfrutaban los insectos, ya que en días de un mismo valor promedio ese tiempo puede ser diferente.

b) Enfriamiento real.

Hemos ensayado en este análisis la utilización del concepto bioclimático del enfriamiento de Hill, que ha sido aplicado en estudios de bioclimatología humana y animal. Este concepto trata de integrar en un valor el efecto complejo del enfriamiento del aire sobre animales homeotérmicos en base a sus diferentes factores como temperatura del aire, hu-

medad y viento, y se expresa por la cantidad de miligramo-calorías que pierde por centímetro cuadrado y por segundo, una superficie a la temperatura constante de 37°C que es la temperatura del cuerpo humano, bajo diferentes intensidades de los factores del enfriamiento.

Si bien los insectos no tienen una termorregulación definida, como los animales homeotérmicos, algunos autores han comprobado que ella existe dentro de límites amplios en los mismos (BACHMETJEW, PIRSH y BUXTON, citados por URAROV, 1931, ps. 60 a 64.) Por ello pensamos que el valor del enfriamiento que sirve para apreciar el grado de confort humano hubiera podido servir como una medida relativa del confort para los insectos.

En tal forma hemos calculado el enfriamiento real (ER) en base a las fórmulas de HILL (CONRAD, 1950), con los valores del enfriamiento seco (ES) y del enfriamiento húmedo (EH) para los días que registraron rocío o precipitación. En este último caso se trata de sumar al enfriamiento seco, el que se produce como consecuencia de la evaporación del agua, sobre la superficie enfriada.

CUADRO VIII. — *Valores del enfriamiento real (ER = ES + EH) según las fórmulas de Hill (Conrad 1950) en mgr. cal/cm²/seg en Balcarae.*

Meses Años	Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Nº días mayores 30 mg/cal	Prom.						
1944	16	35.8	22	39.7	13	31.8	5	23.4
1945	16	36.6	12	28.8	9	27.1	8	23.9
1946	22	40.6	12	25.8	12	17.1	9	27.5
1947	20	37.8	13	29.9	6	23.7	10	25.7
1948	12	30.8	9	30.4	6	25.6	6	20.2

El resumen de los valores obtenidos se muestra en el cuadro VIII. En él se representan los valores medios mensuales del enfriamiento y el número de días en cada mes con un enfriamiento superior a 30 mgr. cal/cm²/seg. Sin embargo, como se puede ver en el mismo, estos valores obtenidos por el cálculo no tienen relación con el desarrollo de los insectos que hemos observado.

CUADRO IX. — *Valores del enfriamiento real (ER = ES + EH) según las fórmulas de Hill (Conrad 1950) en mgr. cal/cm²/seg en Mar del Plata.*

Meses Años	Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Nº días mayores 30 mg/cal	Prom.						
1944	14	33.1	10	30.7	8	27.4	4	22.2
1945	13	32.5	12	27.7	7	24.7	27	21.9
1946	25	45.7	23	40.3	19	36.8	13	31.6
1947	18	35.0	18	35.5	13	32.2	12	34.3
1948	18	36.9	16	38.9	11	29.9	7	24.1

c) Precipitación y humedad del suelo.

En los cuadros X y XI incluimos los valores de la precipitación expresada en el valor mensual y en el número de días con lluvia, y la humedad del suelo, con el número de días en que el suelo tiene menos de 30 mm de agua útil en 1 metro de profundidad. Este último valor ha sido calculado por el método del cálculo de la evapotranspiración potencial diaria.

CUADRO X. — Precipitación y humedad del suelo en Balcarce

Meses Años	O ct u b r e			N o v i e m b r e			D i c i e m b r e		
	Precip.		Humed.	Precip.		Humed.	Precip.		Humed.
	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm
1944	75	8	0	70	11	0	75	7	1
1945	49	9	0	70	9	0	38	8	20
1946	108	9	0	113	10	0	241	13	0
1947	16	2	0	38	6	30	32	10	31
1948	39	3	0	26	5	5	54	7	31

Observando los valores de la precipitación vemos que el año 1945 y 1947 fueron relativamente secos en noviembre y diciembre aunque no en una forma concluyente. Los valores de humedad de suelo, en cambio, nos muestran un año seco en Balcarce y Mar del Plata durante el mes de diciembre de 1945 y 1947 y en el año 1947, prácticamente todos los días del mes de noviembre registraron con menos de 30 mm de agua útil en el suelo, lo cual coincide con la gran población que se desarrolló en los últimos días de ese mes.

CUADRO XI. — Precipitación y humedad de suelo en Mar del Plata

Meses Años	O ct u b r e			N o v i e m b r e			D i c i e m b r e		
	Precip.		Humed.	Precip.		Humed.	Precip.		Humed.
	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm	mm	Nº días de lluvia	Nº días con menos de 30 mm
1944	52	9	0	70	8	0	21	2	14
1945	57	6	0	36	7	0	35	6	28
1946	93	11	0	162	13	0	162	10	0
1947	20	9	2	33	6	30	47	10	31
1948	30	9	0	44	7	0	44	9	28

En este conjunto, sin embargo, notamos en 1948 el mes de diciembre muy seco que no coincide con un año favorable para la población de insectos.

d) Termoperiodismo diario.

En las figs. 2 y 3 hemos representado la magnitud del termoperíodo diario, expresado con las temperaturas medias máximas y medias míni-

mas mensuales de los meses en que se desarrolla el cultivo de papa en Balcarce y Mar del Plata. En el cuadro XII se muestran sus valores.

Si tenemos en cuenta que la plantación de la papa ocurre en la región en la primera mitad del mes de octubre y que los recuentos de insectos se efectuaron en diciembre, los valores más significativos para compararlos con el desarrollo de las poblaciones estudiadas resultan los de los meses de octubre y noviembre.

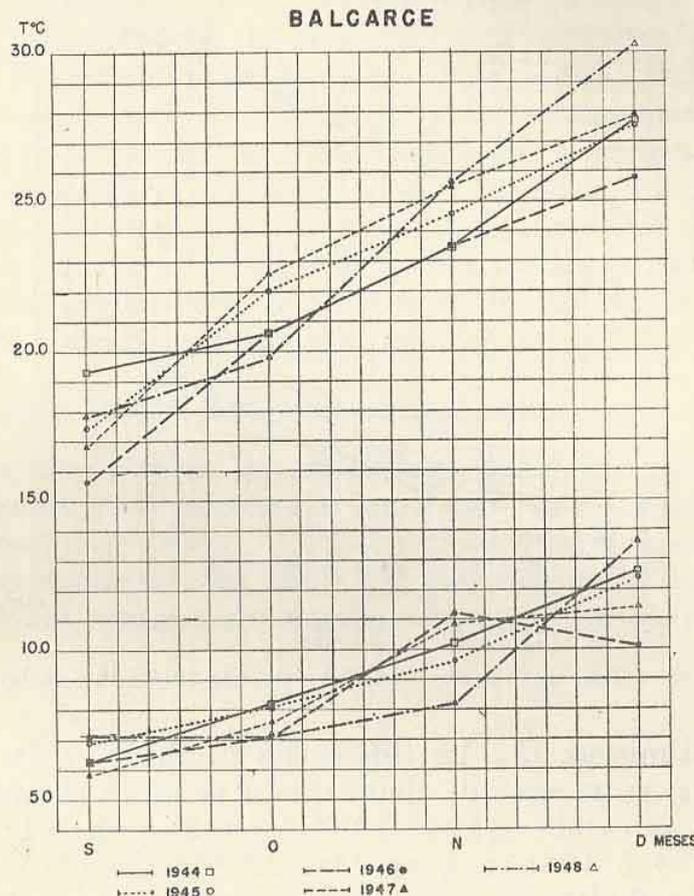


FIG. 2. — Termoperíodo diario en Balcarce, 1944 a 1945 inclusive.

En esos valores, podemos apreciar que las temperaturas medias máximas y las amplitudes diarias son más variables, según los años, en Balcarce que en Mar del Plata; localidad aquella que goza de un clima relativamente más continental.

Vemos, además, que en Balcarce los años que tuvieron una temperatura media máxima más alta y una mayor amplitud en los meses de octubre y noviembre fueron precisamente 1945 y 1947, los que acusaron una mayor población en los recuentos efectuados. En Mar del Plata, en donde las amplitudes fueron más semejantes entre sí, las temperaturas medias máximas de esos dos años fueron asimismo las más elevadas en ambos meses. Los valores del mes de noviembre de 1948, que en las dos localidades se muestran, desde este punto de vista, como muy favorables, fueron precedidos sin embargo, en ambas localidades, por el mes de octubre más desfavorable de los cinco años que abarca este estudio.

La consideración de estos valores nos sugiere que una población abundante en el mes de diciembre se debe apoyar en condiciones favorables:

durante el mes de octubre, que aseguren la suficiente migración de individuos alados desde las plantas huéspedes invernales, y por condiciones tales en noviembre, que no comprometan el desarrollo de las formas ápteras.

MAR DEL PLATA

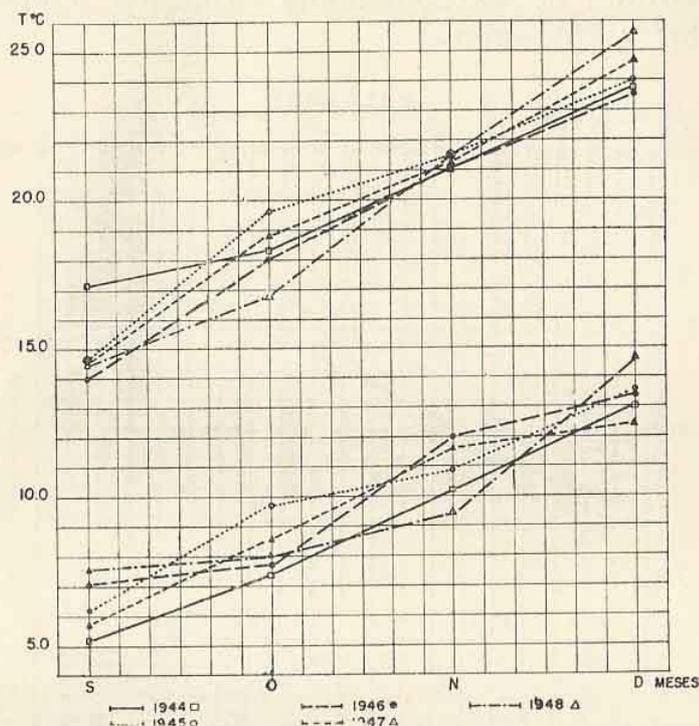


FIG. 3. — Termoperíodo diario en Mar del Plata 1944 a 1945 inclusive.

Notamos, asimismo, que las diferencias mínimas en las temperaturas medias máximas entre años de abundante y escasa población son en Balcarce de $1,4^{\circ}\text{C}$ en octubre (1945-1944 ó 1946) y de $1,1^{\circ}\text{C}$ en noviembre (1945-1944 ó 1946); y en Mar del Plata, de $0,5^{\circ}\text{C}$ en octubre (1947-1944) y de $0,2^{\circ}\text{C}$ en noviembre (1947-1944 ó 1946).

CUADRO XII. — Valores del termoperíodo diario en Balcarce y Mar del Plata durante los años en que se efectuaron recuentos de insectos

Meses	Balcarce				Mar del Plata			
	Octubre		Noviembre		Octubre		Noviembre	
	Temperatura máxima media $^{\circ}\text{C}$	Amplitud	Temperatura máxima media $^{\circ}\text{C}$	Amplitud	Temperatura máxima media $^{\circ}\text{C}$	Amplitud	Temperatura máxima media $^{\circ}\text{C}$	Amplitud
1944	20.6	12.4	23.5	13.3	18.3	10.9	21.0	10.9
1945	22.0	13.9	24.6	15.0	19.6	9.9	21.5	10.6
1946	20.6	13.5	23.5	12.3	18.0	10.3	21.0	9.0
1947	22.6	15.0	25.6	14.7	18.8	10.2	21.2	9.6
1948	19.8	12.8	25.5	17.3	16.8	8.8	21.5	12.0
Variac. en los 5 años ...	2.8°	2.6°	2.1°	5°	2.8°	2°	0.5°	3

Consideramos que las pequeñas diferencias que muchas veces muestra este régimen cuando se utilizan los valores del abrigo normal (1°C - $0,5^{\circ}\text{C}$) alcanzan un significado bioclimático porque las condiciones de temperatura del aire se ven muy magnificadas en el estrato del cultivo, como ha demostrado BROADBENT (1949-1950) y las de calentamiento efectivo probablemente en una mayor magnitud aún.

Comprobamos así, en este último análisis, como en el caso de las exposiciones, el valor de termoperiodismo diario para caracterizar el grado de ambiente favorable para la población de insectos en papa y, por lo tanto, el de transmisibilidad de virus. Este índice, fácil de obtener a pesar de su simplicidad no sólo da una valoración de la temperatura, sino que, dentro de condiciones macroclimáticas homogéneas o comparables, integra la de otros elementos como radiación, humedad y turbulencia, de gran importancia en la biología de estos insectos. Las condiciones de alta radiación, sequedad atmosférica y calma, que resultan óptimas para estas poblaciones, se reflejan en el régimen térmico diario en un aumento de las temperaturas máximas diarias y de la amplitud.

4º) Composición de las poblaciones estudiadas.

Sobre la composición de las poblaciones estudiadas damos a continuación los resultados en porcentaje como han sido determinados por el Instituto de Sanidad Vegetal. De este conjunto atribuimos un valor particular a las proporciones del año 1945 por cuanto en ese año las muestras fueron como hemos visto de una magnitud considerable.

a) Año 1944.

Afidos:	
<i>Myzus persicae</i> Sulz.	96 %
<i>Macrosiphum solanifolii</i> Ash.	3 *
<i>Aphis laburni</i>	raro
Tisanópteros:	
<i>Thrips tabaci</i> Lind.	99 >
<i>Frankliniella</i> sp.	raro

b) Año 1945.

Afidos:	
<i>Myzus persicae</i> Sulz.	100 %
Tisanópteros:	
<i>Thrips tabaci</i> Lind.	91 >
<i>Frankliniella insularis</i>	raro
<i>Frankliniella</i> sp.	8 %

c) Año 1946.

Afidos:	
<i>Myzus persicae</i> Sulz.	100 >
Tisanópteros:	
<i>Thrips tabaci</i> Lind.	100 >

d) Año 1947.

Afidos:	
<i>Myzus persicae</i> Sulz.	92 %
<i>Macrosiphum solanifolii</i> Ash.	raro
<i>Anuraphis</i> sp.	*
Tisanópteros:	
<i>Thrips tabaci</i> Lind.	70 %
<i>Frankliniella</i> sp.	30 >

En el año 1948 no se efectuaron determinaciones por la escasez de material.

V. CONCLUSIONES

1) La población de insectos más conspicua que puede considerarse transmisora de virus en los cultivos de papa, en la región SE de la provincia de Buenos Aires, durante el mes de diciembre, está compuesta por áfidos y tisanópteros.

2) Dentro de la planta estas poblaciones tienen una distribución opuesta: los áfidos eligen los estratos bajos de la planta, hojas basales y los tisanópteros los elevados, hojas apicales. Esta distribución no puede explicarse con los elementos microclimáticos que se analizan en el presente trabajo.

3) Las exposiciones al norte proporcionan un ambiente más favorable para el desarrollo de las poblaciones de insectos. Los áfidos, que se han mostrado como una población más lábil que los tisanópteros a las variaciones del año, sienten la influencia de la exposición especialmente en los años favorables para su desarrollo.

4) Las diferencias en el régimen termoperiódico diario que observan las exposiciones concuerdan con las registradas en los recuentos de población de insectos.

5) Resulta aconsejable el preferir los tubérculos producidos en exposiciones al sud como simiente, sobre todo en los años de población de insectos abundantes.

6) De todos los criterios bioclimáticos usados para explicar las variaciones de la población de insectos, el del termoperiodismo diario fué el más satisfactorio.

7) Cuando las temperaturas medias máximas y la amplitud térmica del mes de octubre fueron mayores y seguidas en el mes de noviembre con la misma tendencia, se produjeron grandes poblaciones de insectos en diciembre.

8) Como condiciones favorables para los insectos podrían señalarse las siguientes: para Balcarce el mes de octubre con 22°C de temperatura media máxima y 14°C de amplitud, seguido por un mes de noviembre con 25°C de temperatura media máxima y con 15°C de amplitud; para Mar del Plata un mes de octubre con 20°C de temperatura media máxima y 10°C de amplitud, seguido por un mes de noviembre de 22°C de temperatura media máxima y 10°C de amplitud.

9) De los resultados obtenidos en los recuentos, las especies más comunes en la población de insectos en el SE de la provincia de Buenos Aires fueron *Myzus persicae* SULZ., *Macrosiphum solanifolii* ASH. y *Thrips tabaci* LIND.

10) Del análisis de la influencia de la exposición y de los años sacamos en conclusión que el termoperiodismo diario constituye un índice bioclimático que puede servir para determinar las condiciones favorables para la población de insectos vectores de virus con papa y, por ende, la transmisión relativa de esas enfermedades.

RECONOCIMIENTO

Debemos dejar constancia de nuestro reconocimiento a las personas que nos han asesorado y que han colaborado en la preparación del material básico del presente trabajo. Agradecemos, así, al Ing. Ubaldo López Cristóbal por su asesoramiento sobre el método de recolección de insectos; a los Ings. Agrs. A. Cagliolo, E. Van Gool, E. Damario y Sres. J. Cattáneo y W. Pesek por su colaboración con el autor en la recolección de muestras de población de insectos y al Ing. Agr. A. L. Vidal, en el trabajo de cálculo; y a la Prof. Esmenia Tapia por la determinación sistemática del material de recuentos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNAUTOV, V. V. 1951. — « La varovización como un medio para aumentar el rendimiento de la papa ». *Agrobiología* 2: 128-135.
- BLANCHARD, E. 1944. — Carta informe del Instituto de Sanidad Vegetal. 12-IX-1944.
- BOUGET, J. 1936. — « Distribution des pucerons sur les hauts reliefs et les fonds des vallées pyrénéennes (région de l'Adour) ». *Comp. Acad. Sci.* 202: 341-343 (4).
- BROADBENT, L. 1949. — « Potatoes and weather ». *Quart. Jour. of the Royal Met. Soc.* 75: 302-309.
- BROADBENT, L. 1950. — « The microclimate of the potato crop ». *Quart. Jour. of the Royal Met. Soc.* 76: 439-454.
- BURGOS, J. J. 1944. — « El termoperiodismo en la ecología de la papa simiente ». Trabajo de adscripción a la cátedra de Meteorología y Climatología Agrícola de la Universidad de Buenos Aires. Publicado en *Rev. Arg. de Agr.* XII: 266-280. 1945.
- BURGOS, J. J. 1952. — « El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales ». *METEOROS* II (3-4): 215-242.
- CAGLIOLO, A. 1951. — « Estudio microclimático de pendientes en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Dionisia) ». *METEOROS* I (2-3): 134-149.
- CONRAD, V., and L. W. POLLAK. 1950. — « Methods in climatology ». 459 pgs. Harvard University Press. Cambridge.
- CONSTANTIN, J. 1930. — « Croissance et résistance à la maladie par l'altitude ». *Comp. Rend. de l'Acad. de Scien.* 191:181-183.
- CONSTANTIN, J. 1932. — « Dégénérescence climatique chez la pomme de terre ». *Comp. Rend. de l'Acad. de Scien.* 194 (8): 674-677.
- CONSTANTIN, J. 1935. — « L'enroulement de la variété de pomme de terre Belle de Juillet ». *Comp. Rend. de l'Acad. des Scien.* 201: (23): 1080-1083.
- CONSTANTIN, J.; P. LEBARD, y J. MAGROU. 1931. — « Influence du séjour en montagne sur la productivité de la Pomme de terre ». *Comp. Rend. de l'Acad. des Scien.* 193: 902-904.
- CHOUARD, P. 1949. — « Quatorze années des recherches expérimentales sur la végétation de la pomme de terre en montagne (Pyrénées Centrales). Conséquences à tirer ». *Comp. Rend. de l'Acad. d'Agr.* 35 (4): 122-128.
- DAVIES, W. M. 1934. — « Studies on aphides infesting potato crop. II. Aphis survey: its bearing upon the selection of districts for seed potato production ». *Ann. App. Biol.* XXI: 283-299.
- DAVIES, W. M. 1935. — « Studies on aphides infesting the potato crop. II. Effect of variation in relative humidity on the flight of *Myzus persicae* Sulz ». *Ann. of App. Biol.* XII: 106-114.
- DAVIES, W. M. 1936. — « Studies on the aphides infesting potato crop. V. Laboratory experiments on the effect of wind velocity on the flight of *Myzus persicae* Sulz. ». *Ann. of App. Biol.* 23: 401-408.
- DUCOMET y DIEHL. 1934. — « La culture en montagne et les maladies de dégénérescence de la Pomme de terre ». *Annales Agronomiques* 4: 355-372.
- EVANS, J. W. 1933. — « Thrips investigation. 1. The seasonal investigations in numbers of the *Thrips imaginis* Bagnall and associated blossom thrips ». *Jour. of the Council for Scien. and Ind. Research.* Vol. 6. Comm. of Australia.
- JACOB, F. H. — « The over-wintering of *Myzus persicae* Sulz on Brassical in North Wales ». *Ann. Appl. Biol.* 28: 119-124.

- LISENKO, T. 1946. — [Causas de la degeneración de la papa simiente en las regiones del sur de la URSS]. [*Agrobiología*]. Moscú.
- NORRIS, D. O., y J. G. BALD. 1943. — « Transmission of potato virus diseases. 2. The aphid population of potatoes at Canberra during 1940-41 ». *Council for Scien. and Ind. Res. Comm. of Australia. Bull.* 163: 19-31.
- PORTER, D. R. 1935. — « Relations of virus diseases to potato production in California ». *Cal. Agr. Exp. Sta. Bull.* 583.
- STANILAND, L. N. 1943. — « A survey of potato aphides in the South-Western agricultural advisory Province ». *Ann. of Appl. Biol.* 30: 33-42.
- THOMAS, I., y F. H. JACOB. 1943. — « V. Ecology of potato aphides in North Wales ». *Proc. of the Ass. of Appl. Biol.* 30: 97-101.
- THOMAS, I., y E. J. VEVAI. 1940. — « Aphid migration analysis of the results of five seasons trapping in North Wales ». *Ann. Appl. Biol.* 27:393.
- UVAROV, B. P. 1931. — « Insects and climate ». *Trans. of the Entomological Society of London.* 79: 1-247 pgs.
- VAN GOOL, E. 1954. — « Comportamiento fenológico y fecha óptima de plantación de cuatro variedades de papa en Balcarce ». *METEOROS IV (1-2)*: 54-68.
- WHITEHEAD, T. 1943. — « IV. Some factors influencing the health of seed potato stocks in North Wales ». *Proc. of the Ass. of Appl. Biol.* 30: 85-96.
- WHITEHEAD, T.; J. F. CURRIE, y W. M. DAVIES. 1932. — « Virus diseases in relation to commercial seed potato production, with a study of the aphid populations at selected centres ». *Ann. Appl. Biol.* XIX: 529-549.
- WLADIMIRSKY, A. P. 1926. — « Ergebnisse quantitativer Zählungen der Fauna und einzelnen Pflanzen II. Quantitative Zählung der auf Kräutern lebenden Tierwelt ». *Trav. Inst. Sci. Nat. Peterhof.* 3: 1-60 pgs.

519.272

SOBRE UNA NUEVA DEFINICIÓN DE FUNCIÓN ALEATORIA Y SU TEOREMA ERGÓDICO

Por G. DEDEBANT * y E. A. M. MACHADO **

Resumen. — En base a la Geometría de distancias de Karl Menger, es posible establecer una axiomática aleatoria que conduce a identificar el espacio de los números aleatorios con el espacio de Hilbert. Esta axiomática entraña una definición de las funciones aleatorias que no coincide enteramente con la de Norbert Wiener (admitida actualmente). A esta nueva definición corresponde también un teorema ergódico que, permaneciendo conforme al teorema ergódico general de G. Birkhoff, no coincide con la forma que le ha dado Khintchine. Se encuentra la noción de "período ergódico" que confirma y legitima los buenos resultados que hemos obtenido en las aplicaciones de las funciones aleatorias a la Meteorología.

Résumé. — En base à la Géométrie des distances de Karl Menger, il est possible d'établir une axiomatique aleatoire qui conduit à identifier l'espace des nombres aleatoires à l'espace de Hilbert. Cette axiomatique entraîne une définition des fonctions aleatoires qui ne coincide pas entièrement avec celle (admise actuellement) de Norbert Wiener. A cette définition correspond aussi un théorème ergodique qui, tout en restant conforme au théorème ergodique general de G. Birkhoff, ne coincide pas avec la forme que lui a donnée Khintchine. On rencontre la notion de "periode ergodique" qui confirme et legitime les bons resultats qui nous avons par ailleurs obtenus dans l'application des fonctions aleatoires à la Meteorologie.

1. ESPACIO DE DISTANCIAS

1.1. *Espacio de distancias reales.* Es un conjunto de elementos cualesquiera (o puntos) en el cual a cada par de elementos p, q , hacemos corresponder un número real $\delta(p, q)$, llamado *distancia*, que satisface la condición:

$$\delta(p, p) = 0$$

1.2. *Espacio semi-métrico.* Es un espacio de distancias reales que satisface la desigualdad triangular:

$$\begin{aligned} \delta(p, q) &= \delta(q, p) && \text{[simetría]} \\ \delta(p, q) &> 0 && \text{si } p \neq q \text{ [positividad]} \end{aligned}$$

1.3. *Espacio métrico.* Es un espacio semi-métrico en el cual se satisface la desigualdad triangular:

$$\delta(p, q) + \delta(q, r) \geq \delta(p, r)$$

* Ancien élève de l'Ecole Polytechnique (France). Asesor Técnico de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional.

** Doctor en Matemáticas. Asesor Técnico de la Dirección de Investigaciones Meteorológicas e Instrucción del Servicio Meteorológico Nacional.

1.4. *Espacio de Hilbert H.* Es un espacio métrico en el cual está definido el producto escalar de dos vectores por:

$$-2 (pr, qr) = \delta^2 (p, q) - \delta^2 (p, r) - \delta^2 (q, r)$$

El determinante (de Gram), formado por los productos escalares de n vectores tomados dos a dos, es positivo o nulo para todo n .

1.5. *Espacio congruente al espacio de Hilbert.* Se dice que un espacio \mathcal{G} es congruente al espacio de Hilbert H (o también, *aplicable sobre H*) cuando podamos en el espacio \mathcal{G} definir una distancia $\delta(X, Y)$ tal que a cada par (X, Y) de \mathcal{G} , corresponde un par de puntos (p, q) de H , de manera que:

$$\delta(X, Y) = \|q - p\|$$

donde

$$\|q - p\| = \sqrt{(pq, pq)}$$

indica la norma del vector pq .

La condición necesaria y suficiente de esta congruencia es que el determinante formado con los productos escalares:

$$(X, Y) = \frac{1}{2} [\delta^2(\theta, X) + \delta^2(\theta, Y) - \delta^2(\theta, X - Y)]$$

[θ es el vector nulo, es decir, tal que $(\theta, \theta) = 0$] de n vectores sea positivo o nulo para todo n .

1.6. *Curva en un espacio de distancias reales.* Llamaremos *polígono* $P\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ a un conjunto ordenado finito de puntos, y *longitud* de este polígono al número:

$$\lambda(P) = \sum_{i=1}^n \delta(p_i, p_{i+1})$$

Se considera la curva como un polígono formado de una infinidad continua de puntos. Sean α y β ($\beta > \alpha$) dos números reales; si a cada punto γ del intervalo $[\alpha, \beta]$ hacemos corresponder un punto $p(\gamma)$ del espacio de distancias reales, diremos que los puntos $p(\gamma)$ están sobre una curva $C = p[\alpha, \beta]$.

1.7. *Rectificación de una curva.* Llamaremos *polígono parcial* de la curva C a todo polígono $P\{p(\gamma_1), p(\gamma_2) \dots p(\gamma_n)\}$ para el cual $\alpha = \gamma_1 < \gamma_2 < \dots < \gamma_n = \beta$. La norma $v_c(P)$ de este polígono es el mayor de los intervalos $\gamma_{i+1} - \gamma_i$. Una sucesión de polígonos parciales P_1, P_2, \dots, P_n de la curva C se dice *completa* cuando:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} v_c(P_n) = 0$$

Una sucesión completa de polígonos parciales de C puede tener una longitud $\lambda(P_n)$ que tiende hacia un límite (finito o no):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \lambda(P_n) = \lambda$$

Consideremos los extremos superior e inferior de todos los números λ ; si estos extremos son iguales, su valor común $\lambda(C)$ se llama *longitud de la curva* C y ella se dice *rectificable en sentido amplio* (en sentido restringido si $\lambda(C)$ es finita). Se demuestra que la condición necesaria y suficiente para que una curva C sea *rectificable en sentido amplio* es que, para cada sucesión completa P_1, P_2, \dots, P_n de polígonos parciales de C , la sucesión $\lambda(P_1), \lambda(P_2), \dots, \lambda(P_n)$ tienda hacia un límite (finito o infinito). En un espacio métrico, la sucesión $\lambda(P_n)$ es creciente, en razón de la *desigualdad del triángulo*. Ella tiene entonces un límite (finito o infinito) $\lambda(C)$. Luego, en un espacio métrico, toda curva C es *rectificable en sentido amplio*.

La longitud $\lambda(C)$ goza de la propiedad siguiente:

Si $C' = p[\alpha, \gamma]$ y $C'' = p[\gamma, \beta]$ son dos segmentos sucesivos de C , tenemos:

$$\lambda(C) = \lambda(C') + \lambda(C'')$$

Existe por lo tanto una función $s(t)$, continua y derivable, llamada *arco* de la curva C , tal que:

$$\lambda[\alpha, \beta] = s(\beta) - s(\alpha)$$

1.8. *Curvatura lineal*. Sea (p_1, p_2, p_3) un triplete de una curva C de un espacio métrico. Este triplete es congruente con un triplete (p_1', p_2', p_3') del plano euclidiano, ya que podemos construir un triángulo con las distancias mutuas de los puntos p_1, p_2, p_3 . Sea $\rho(p_1, p_2, p_3)$ el radio del círculo circunscrito al triángulo plano p_1', p_2', p_3' , calculable por las fórmulas de geometría elemental. Diremos que la curva C admite en el punto p_1 una curvatura ρ de radio $\rho(p_1)$ si

$$|\rho(p_1, p_2, p_3) - \rho(p_1)| \rightarrow 0$$

cuando p_2 y p_3 tienden hacia p_1 de una manera cualquiera.

2. ESPACIO DE NÚMEROS ALEATORIOS

El espacio \mathcal{X} de los números aleatorios es *congruente* con el espacio de Hilbert (o también, *aplicable sobre* H). Esta congruencia se obtiene identificando el momento rectángulo de dos números aleatorios:

$$\overline{XY} = \int xy d_x d_y F(x, y) \quad (F \text{ función de repartición})$$

con el producto escalar (X, Y) de dos vectores del espacio de Hilbert:

$$(XY) = \sum_{n=1}^{\infty} x_n y_n \quad (x_n, y_n \text{ componentes de } X \text{ é } Y)$$

El espacio de Hilbert representa propiamente los números aleatorios correlacionados entre sí. Los números aleatorios independientes coinciden con el vector nulo.

La convergencia en media cuadrática de los números aleatorios corresponde a la *convergencia fuerte* en H , o sea, corresponde a:

$$\begin{aligned} X &\rightarrow X & \text{si } \overline{(X - X)^2} &\rightarrow 0 \\ p_n &\rightarrow p & \text{si } \|p_n - p\| &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

Resulta que el espacio x es *completo y separable*.

3. FUNCIÓN ALEATORIA

3.1. Una *función aleatoria* es una correspondencia entre el valor t de la variable real t perteneciente a un intervalo (α, β) y un número aleatorio X del espacio X . Es entonces el subconjunto de \mathcal{X} imagen del intervalo (α, β) . Equivale a decir también que una función aleatoria es el subconjunto $p[\alpha, \beta]$ del espacio H , imagen del segmento (α, β) de la recta euclidiana. Es una curva $C = p[\alpha, \beta]$ en H .

3.2. Una función aleatoria *continua* en media cuadrática es una curva continua en H (es decir que $\|p(t+h) - p(t)\| \rightarrow 0$ cuando $h \rightarrow 0$). Esta continuidad permite inscribir en la curva C sucesiones *completas* de polígonos P_n , es decir tales que el mayor de los intervalos $t_{i+1} - t_i$ (o lo mismo $v_0(P_n)$) tiende a cero, cuando el número de puntos de división $n \rightarrow \infty$.

3.3. El espacio H siendo un espacio métrico (desigualdad triangular) en él toda curva C es *rectificable* (en sentido amplio) lo que equivale a decir también que toda función aleatoria *continua* es *integrable* en el sentido de Riemann.

3.4. Cuando la función aleatoria X/t es *estacionaria*, su momento rectángulo $\overline{X/t_1 X/t_2}$ depende sólo de la diferencia $t_2 - t_1 = h$ y asimismo $\|p(t_2) - p(t_1)\|$; luego también $\lambda[t_1 t_2]$. En este caso, el arco de curva $s(t)$ verifica la ecuación funcional:

$$s(t_2 - t_1) = s(t_2) - s(t_1)$$

cuya solución es (salvo una constante que podemos siempre suponer nula):

$$s = \omega t$$

donde ω es un número real cualquiera, que podemos considerarlo positivo por una orientación conveniente de la curva.

Notemos, además, que

$$\sigma^2(X/t) = \overline{X/t X/t} = \overline{X^2/0}$$

siendo constante, la curva C pertenece a una *hiperesfera* (que supondremos de radio 1).

3.5. Sea

$$p_1 = p(t) ; p_2 = p(t+h) ; p_3 = p(t+h+k)$$

tres puntos vecinos de C .

Indiquemos con:

$$\theta ; \tau ; \theta + \tau$$

los arcos de curva

$$[p_1 p_2] ; [p_2 p_3] ; [p_1 p_3]$$

Como la curva C es normal al radio vector, lo son también los ángulos del triedro $(O p_1 p_2 p_3)$. Por lo tanto, los lados del triángulo plano $(p_1 p_2 p_3)$ son:

$$a = || p_1 p_2 || = 2 \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}$$

$$b = || p_2 p_3 || = 2 \operatorname{sen} \frac{\tau}{2}$$

$$c = || p_1 p_3 || = 2 \operatorname{sen} \frac{\theta + \tau}{2}$$

Calculemos el radio del círculo circunscrito al triángulo $(p_1 p_2 p_3)$ mediante la fórmula de geometría elemental

$$\rho = \frac{a b c}{\Sigma}$$

$$\Sigma = \sqrt{\rho(\rho - a)(\rho - b)(\rho - c)}$$

$$2\rho = a + b + c$$

Hallamos que su límite cuando h y k tienden a cero (independientemente uno del otro) es:

$$\lim \rho = 1$$

La curva C tiene entonces en cada punto un radio de curvatura igual al radio de la hiperesfera que la contiene; es, por lo tanto, un círculo máximo de esta hiperesfera.

3.6. Podemos decir que la representación hilbertiana del conjunto de las funciones aleatorias continuas estacionarias es el conjunto $C(\omega)$ de los movimientos circulares uniformes. El elemento del conjunto funcional es la función aleatoria de autocorrelación:

$$r(h) = \cos \theta = \cos \omega h$$

del cual la expresión analítica es el oscilador aleatorio a frecuencia cierta:

$$X/t = A \cos(\omega t + \varnothing)$$

Con: A número aleatorio.

\varnothing variable aleatoria circular de distribución uniforme $\frac{d\varphi}{2\pi}$.

A y \varnothing no correlacionados.

3.7. *Prueba y espectro.* En lo que concierne a un número aleatorio X , una prueba es un operador que transforma este número aleatorio en un número real x . El conjunto de los números reales es entonces el conjunto de resultados de pruebas realizadas sobre el conjunto de los números aleatorios (proyección del espacio de Hilbert sobre el radio cierto). Un número aleatorio particular se obtiene probabilizando el conjunto $\{x\}$ de los números reales mediante una *función de repartición* $F(x)$. Paralelamente, una prueba sobre la función aleatoria X/t (continua, estacionaria) es un operador que transforma esta función en un oscilador de pulsación ω (número real y positivo).

Una función aleatoria particular estará entonces definida por una ley de repartición $F(\omega)$ definida sobre el conjunto $\{\omega\}$ de los números positivos. Será un oscilador a *frecuencia aleatoria* Ω :

$$X/t = A \cos(\Omega t + \varnothing)$$

cuyo coeficiente de autocorrelación es:

$$r(h) = \int_0^{\infty} \cos \omega h dF(\omega)$$

Es la fórmula de descomposición espectral de *Khintchine*.

3.8. Hay que hacer notar que el oscilador a frecuencia aleatoria no es necesariamente una *suma* algebraica de osciladores a frecuencias ciertas. Su definición no prejuzga nada sobre la manera de composición de sus elementos.

Podemos también considerar *sistemas* de osciladores aleatorios (o vectores aleatorios). Así, el vector $(X_1/t, X_2/t)$ estará definido por una repartición $G(\omega_1\omega_2)$ en el plano $(\omega_1\omega_2)$. Si ellos están en fase, es decir, si $\varnothing_1 = \varnothing_2$, existirá una función de correlación de *acoplamiento*:

$$r(X_1 X_2) = r(A_1 A_2) \overline{\cos(\Omega_2 - \Omega_1) t}$$

Si hay desacuerdo de fase ($\varnothing_1 \neq \varnothing_2$), la función de acoplamiento es nula.

En general, tenemos:

$$\overline{\cos(\Omega_2 - \Omega_1) t} = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \cos(\omega_2 - \omega_1) t d_2 d_1 G(\omega_1 \omega_2)$$

Cuando los osciladores X_1 y X_2 son *independientes en espectro*:

$$G(\omega_1 \omega_2) = F_1(\omega_1) F_2(\omega_2)$$

de donde, poniendo: $\omega_2 - \omega_1 = \gamma$

$$r(X_1 X_2) = r(A_1 A_2) \int_0^{\infty} \cos \gamma t dH(\gamma)$$

donde:

$$H(\gamma) = \int_0^{\infty} F_2(\omega + \gamma) dF_1(\omega)$$

3.9. Consideramos una función aleatoria particular; a ella le corresponde un movimiento circular $C(\omega)$; propongámonos determinar ω mediante los elementos de la función de correlación $r(h)$. Como X/t es continua, podemos escribir el desarrollo infinitesimal de $r(h)$ bajo la forma:

$$r(h) = 1 - \frac{(kh)^\alpha}{2} + \dots \quad (0 < \alpha \leq 2)$$

$\alpha = 0$ corresponde al inconexo ($r(h) = 0$ salvo para $h = 0$);

$\alpha > 2$ corresponde a la constante aleatoria ($r(h) = 1$).

Sabemos que la curva C trazada sobre la hipersfera de radio 1 es rectificable. Existe entonces una definición de δ^2 sobre la hipersfera (considerada como una superficie de Riemann) tal que C sea rectificable. Obtenemos efectivamente el resultado deseado poniendo:

$$\delta^2 = \|p_2 - p_1\|^2 = (kh)^\alpha$$

δ satisface la desigualdad del triángulos pues:

$$(h_1 + h_2)^{\alpha/2} \leq h_1^{\alpha/2} + h_2^{\alpha/2} \quad \text{para } 0 < \alpha \leq 2$$

La hipersfera se considera entonces como un espacio métrico no euclidiano sumergido en el espacio (euclidiano) de Hilbert. Y tenemos para el arco infinitesimal de la curva C :

$$ds = kdh$$

de donde:

$$\omega = k$$

ω se deduce entonces de la forma de la función de autocorrelación en el entorno del punto $h = 0$.

4. LAS FUNCIONES ALEATORIAS Y LA TEORÍA DE GRUPOS

4.1. Una función aleatoria es entonces un punto p del espacio de Hilbert, función del tiempo t ; o sea $p(t)$. Le corresponde una curva C de este espacio.

Podemos también considerar la función aleatoria como engendrada por un operador $T(t_1, t_2)$ que hace corresponder al punto $p(t_1)$ el punto $p(t_2)$.

$$p(t_2) = T(t_1, t_2) p(t_1)$$

En el caso de las funciones aleatorias estacionarias, el operador $T(t_1, t_2)$ depende sólo de la diferencia $t_2 - t_1 = h$ y lo escribiremos simplemente $T(h)$. Entonces:

$$p(t+h) = T(h) p(t)$$

La familia de operadores $T(h)$ forman un grupo G monoparamétrico en h , grupo que es *abeliano* y *unitario*.

En efecto:

a) Existe una multiplicación en la familia, pues:

$$\rho(t+h+k) = T(h+k)\rho(t)$$

pero, por otra parte:

$$\rho(t+h+k) = T(k)\rho(t+h) = T(k)T(h)\rho(t)$$

entonces:

$$T(h+k) = T(k)T(h)$$

b) esta multiplicación es *conmutativa*, pues:

$$T(h+k) = T(k)T(h) = T(k+h) = T(h)T(k)$$

c) Existe un inverso, ya que:

$$T(h-h) = T(0) = 1 = T(h)T(-h)$$

d) Las transformaciones $T(h)$ son *unitarias*, es decir, que ellas conservan el producto escalar.

En efecto:

$$(T(h)\rho(t_1), T(h)\rho(t_2)) = (\rho(t_1+h), \rho(t_2+h))$$

A causa de la estacionaridad:

$$(\rho(t_1+h), \rho(t_2+h)) = (\rho(t_1), \rho(t_2))$$

En consecuencia:

$$(T(h)\rho(t_1); T(h)\rho(t_2)) = (\rho(t_1), \rho(t_2))$$

4.2. El grupo que corresponde a *todas* las funciones aleatorias estacionarias es el grupo G de las *rotaciones* alrededor de un punto del espacio de Hilbert H .

Pero, para una función aleatoria *determinada*, el grupo correspondiente es el grupo g *subordinado* de G en la curva C (es decir, el subgrupo de G que deja invariante el subespacio C de H). Podemos mostrar que g es el grupo de las *rotaciones planas*. Para ello construiremos g a partir de su *transformación infinitesimal*.

Para una función aleatoria *continua* tenemos:

$$\rho_2 - \rho_1 = \varepsilon_1 A\rho_1$$

ε_1 es un infinitésimo y A la transformación infinitesimal del grupo g
Formando los productos escalares.

$$(\rho_1, \rho_2 - \rho_1) \quad \text{y} \quad \|\rho_2 - \rho_1\|^2$$

obtenemos:

$$r(\rho_1, \rho_2) - 1 = \varepsilon_1 (\rho_1; A\rho_1)$$

y

$$2[1 - r(\rho_1, \rho_2)] = \varepsilon_1^2 \|A\rho_1\|^2$$

se deduce que:

$$(\rho, A\rho) = 0 \quad *$$

$$r(\rho_1 \rho_2) = 1 - \frac{\varepsilon_1^2}{2} \|A\rho_1\|^2 \quad **$$

La * muestra que la transformación infinitesimal A es una rotación alrededor del punto 0. De ** podemos deducir que esta rotación es *plana*. Sean, en efecto tres puntos $\rho_1 \rho_2 \rho_3$.

Tenemos:

$$\begin{cases} A\rho_2 - \rho_1 = \varepsilon_1 A\rho_1 \\ A\rho_3 - \rho_2 = \varepsilon_2 A\rho_2 \\ A\rho_3 - \rho_1 = \varepsilon_3 A\rho_3 \end{cases}$$

De donde se deduce:

$$\varepsilon_3 A\rho_3 = \varepsilon_1 A\rho_1 + \varepsilon_2 A\rho_2$$

Pero de acuerdo con ** $\varepsilon A\rho$ no es sino el arco del círculo máximo de la hiperesfera de radio 1. Y como tenemos:

$$d\lambda_3 = d\lambda_1 + d\lambda_2$$

esto equivale a decir que $\rho_1 \rho_2 \rho_3$ están sobre un círculo máximo; por lo tanto, pertenecen a un mismo plano por el origen.

Siendo la transformación infinitesimal A una rotación plana, resulta evidente que g es el subgrupo de las rotaciones planas representado por el grupo de matrices:

$$e^{j\omega t}$$

donde ω es un número real cualquiera, y j la matriz de rotación

$$j = \begin{vmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Así como hemos probabilizado el conjunto de los números reales mediante una *función de repartición* $F(\omega)$; debemos aquí probabilizar el grupo de las rotaciones planas mediante una resolución de la identidad E_ω ¹. Recordemos que una resolución de la identidad es una familia de operadores de proyección E_ω dependiente del parámetro ω ($-\infty < \omega < +\infty$) que goza de las propiedades siguientes:

- a) $(E_\omega X, Y) = (X, E_\omega Y) = (E_\omega X, E_\omega Y)$
- b) si $\omega_2 > \omega_1$: $E_{\omega_2} E_{\omega_1} = E_{\omega_1} E_{\omega_2} = E_{\omega_1}^2 = E_{\omega_1}$
- c) $\lim_{\omega \rightarrow -\infty} E_\omega = 0$ $\lim_{\omega \rightarrow +\infty} E_\omega = 1$
- d) E_ω continúa a derecha en todas partes.

¹ Una resolución de la identidad es el análogo operacional de una función de repartición.

Aplicando a un número aleatorio X , el operador E_ω , se obtiene un proceso (estocástico) ortogonal:

$$Z(\omega) = E_\omega X$$

Una función aleatoria (continua, estacionaria) está engendrada por el grupo (monoparamétrico en t) de operadores:

$$T_t = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{jt\omega} dE_\omega$$

X/t se obtiene a partir del número aleatorio $X/0$ por aplicación del operador T_t de este grupo, o sea:

$$X/t = T_t X/0 = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega t} d(E_\omega X_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega t} dZ(\omega)$$

La covariancia de X/t es:

$$\mu(h) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{j\omega h} d\sigma^2(\omega)$$

donde $\sigma^2(\omega) = \overline{Z^2}$ función que tiene las propiedades de una función de repartición. Como $e^{j\omega h} = \cos \omega h + j \operatorname{sen} \omega h$ y siendo $\mu(h)$ una función *par* de h , podemos escribir:

$$\mu(h) = 2 \int_0^{\infty} \cos \omega h d\sigma^2(\omega)$$

de donde la función de autocorrelación:

$$r(h) = \int_0^{\infty} \cos \omega h d\sigma^2(\omega)$$

y reencontramos así la fórmula espectral de KINTCHINE.

El empleo de los grupos de transformaciones corresponde a la concepción de las funciones aleatorias como *procesos estocásticos*.

Cuando se trata de un vector aleatorio el proceso es multidimensional.

5. MEDIAS TEMPORALES Y MEDIAS DE FASE

Sea p un punto del espacio de HILBERT. Cuando p es una una función de t , su *media temporal* es

$$\mathcal{M}(T) = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} p(t) dt$$

que es independiente del instante inicial t , si $p(t)$ representa una función aleatoria estacionaria.

Esta integral existe cuando $p(t)$ es *continua en media cuadrática*.

Por otra parte, la *media de fase*, tomada sobre la trayectoria $C(k)$ es:

$$\mathcal{M}(C) = \frac{1}{L} \int_s^{s+L} p(s) ds ; L = \lambda(C)$$

6. TEOREMA ERGÓDICO

Bajo su *forma amplia*, el teorema ergódico consiste en la igualdad de las medias temporales y de las medias de fase. Esta igualdad está realizada por el hecho de que el movimiento sobre la trayectoria hilbertiana $C(k)$ es uniforme, o sea

$$s = kt$$

Podemos entonces decir que, bajo su forma amplia, el teorema ergódico constituye una evidencia para las funciones aleatorias (continuas, estacionarias). Pero ordinariamente se exigen condiciones más fuertes para la ergodicidad. En general, $\mathcal{M}(T)$ se presenta como una función aleatoria de T , y se desea que $\lim_{T \rightarrow \infty} \mathcal{M}(T)$ sea, no más un número aleatorio, sino un número cierto. En otras palabras, se quiere que:

$$\sigma^2 [\mathcal{M}(T)] \xrightarrow{T \rightarrow \infty} 0$$

o lo que es lo mismo que:

$$\sigma^2 [\mathcal{M}(C)] \xrightarrow{C \rightarrow C_0} 0$$

donde C_0 es la trayectoria completa: $C_0 = p[0, +\infty]$.

Tenemos:

$$\sigma^2 [\mathcal{M}(C)] = \frac{2}{L^2} \int_0^L (s - L) r(p_1, p_2) ds$$

donde $p_1 p_2$ es el vector que une los puntos p_1 y p_2 de C . Pero siendo θ el ángulo de los vectores Op_1 y Op_2 ; tenemos:

$$r(p_1 p_2) = \cos \theta$$

y sabemos por otra parte que:

$$\theta = s = kt$$

Obtenemos finalmente:

$$\sigma^2 [\mathcal{M}(C)] = 2 \frac{1 - \cos KT}{k^2 T^2}$$

y esta cantidad tiende hacia cero cuando $T \rightarrow \infty$ cualquiera sea $k^2 \neq 0$. Si $k = 0$; X/t es una constante aleatoria y ella no es ergódica. Pero, hay más: $\sigma^2 [\mathcal{M}(C)]$ se anula sin que T sea infinito. La ergodicidad está realizada periódicamente con período

$$T = \frac{2\pi}{k},$$

que llamaremos en consecuencia: *período ergódico*.

k está definida por el desarrollo de $r(h)$ en la vecindad de $h = 0$:

$$r(h) = 1 - \frac{(kh)^\alpha}{2} + \dots \quad (0 \leq \alpha \leq 2)$$

En consecuencia, enunciaremos el teorema ergódico siguiente para las funciones aleatorias estacionarias continuas:

Las funciones aleatorias continuas estacionarias son ergódicas para todos los intervalos múltiples del período (llamados período ergódico),

$$T = \frac{2\pi}{k} \quad \text{donde} \quad k = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sqrt{2[1 - r(h)]}}{h}.$$

7. CASO PARTICULAR DE LA MECÁNICA ESTADÍSTICA

Para comprender mejor el sentido de nuestro teorema ergódico, apliquémoslo a la mecánica estadística de GIBBS.

Del punto de vista aleatorio, un sistema está representado por una función estacionaria derivable X/t , que es equivalente a un oscilador de frecuencia aleatoria

$$X/t = A \cos(\Omega t + \phi)$$

Este puede considerarse como un conjunto de osciladores de frecuencia cierta ω , cada uno representando un grado de libertad del sistema. Un estado del sistema está representado por un punto del espacio de HILBERT, que es la extensión en fase.

Cada componente del sistema obedece a las ecuaciones de HAMILTON. Con el hamiltoniano:

$$H = \frac{1}{2} (\omega^2 q^2 + p^2)$$

donde

$$q = X/t; \quad p = \dot{X}/t$$

La energía total del sistema es: $E = \overline{\Omega^2}$.

La trayectoria hilbertiana del sistema es un círculo $C(\omega)$, recorrido con la velocidad constante $\omega = \sqrt{\overline{\Omega^2}} = \sqrt{E}$.

Ella representa entonces una superficie de energía constante E de la extensión en fase. El teorema ergódico aleatorio significa entonces que la media temporal de X/t es (periódicamente) igual a la media de fase tomada sobre la superficie $E = \text{const.}$ (el período es: $T = \frac{2\pi}{\sqrt{E}}$).

Nota: Si en lugar de poner $\overline{X^2/t} = 1$ restablecemos su expresión $\overline{X^2/t} = \sigma^2$ tenemos $E = \sigma^2 \overline{\Omega^2}$ ($\sigma^2 = \overline{X^2/t}$).

Si ponemos entonces

$$\sigma^2 = \frac{h}{2\pi}$$

(siendo h el quantum de incertitud, igual salvo el factor 2π al producto del desvío tipo en la posición por el desvío tipo en la velocidad), se vé que la frecuencia ergódica ν satisface a la relación de PLANCK $E = h\nu$. Esta coincidencia no parece ser una simple analogía de forma.

8. ARGUMENTOS EN FAVOR DE UN PERÍODO ERGÓDICO

Lejos de ser chocante, la idea de un período ergódico es al contrario muy natural del punto de vista físico. Así, sea un gas de moléculas. Considerado como un corpúsculo aleatorio, se lo representa bien por la función de correlación siguiente:

$$r(h) = \begin{cases} 1 - \frac{|h|}{\tau} & \text{si } |h| < \tau \\ 0 & \text{si } |h| > \tau \end{cases}$$

τ es el tiempo de libre recorrido.

El período ergódico T es igual a ese tiempo de libre recorrido. Y es bastante intuitivo admitir un "renovamiento" del estado del gas después que todas las moléculas (o casi todas) han sufrido un choque. Una estadística hecha sobre el intervalo T será suficiente para determinar las medias estocásticas.

Otro ejemplo: en las aplicaciones meteorológicas de la teoría de funciones aleatorias, se obtienen resultados coherentes con una estadística muy corta y los resultados son tanto mejores cuando se adoptan intervalos de análisis proporcionados al ritmo natural de las perturbaciones. Sin esta circunstancia, el dominio de las aplicaciones estaría fuertemente reducido pues los regímenes meteorológicos cambian antes de que se hayan reunido suficientes observaciones como para satisfacer a las exigencias de la estimación probabilista de los parámetros estadísticos. En Meteorología dinámica, se puede decir que nos hallamos en el caso de la inferencia estadística llamada: "teoría del muestreo".

9. COMPARACIÓN CON OTRA DEFINICIÓN DE FUNCIÓN ALEATORIA

NORBERT WIENER define las funciones aleatorias de la manera siguiente:

Se parte de una función de punto (medida) del espacio de HILBERT: $f(p)$. Se aplican a p las transformaciones T_t de un grupo de rotaciones dependientes del parámetro t . Entonces $f(T_t p)$ es una función aleatoria de t . Así, en esta concepción el operador T_t opera sobre todo el espacio de HILBERT y no solamente sobre una curva de este espacio. Cada valor de la función aleatoria en un instante dado es una *función de punto* del espacio de HILBERT y no más un punto de este espacio. Resultan naturalmente concepciones diferentes de las integrales de fase. Para NORBERT WIENER, la extensión en fase es el espacio de HILBERT; para nosotros es la trayectoria hilbertiana. Esto explica la diferencia de nuestro teorema ergódico con el de KHINTCHINE. Este autor calcula la integral de fase:

$$\sigma^2(\mathcal{M}) = \frac{2}{T^2} \int_0^T (t-T) r(t) dt$$

sustituyendo $r(t)$ por la expresión

$$r(t) = \int_0^\infty \cos \omega t dF(\omega)$$

que resulta de la descomposición espectral de la rotación *general* en el espacio de HILBERT, en términos de resolución de la identidad. El resultado es:

$$\sigma^{*2}(\mathcal{M}) = 2 \int_0^\infty \frac{1 - \cos \omega T}{\omega^2 T^2} dF(\omega)$$

lo que permite llegar a la egodicidad para $T \rightarrow \infty$ salvo si el espectro contiene una raya de frecuencia nula.

Esta restricción no existe en nuestro teorema ergódico, a menos que esta raya constituya por sí sola todo el espectro, en cuyo caso X/t sería una constante aleatoria (por lo tanto no ergódica).

10. COMPARACIÓN CON EL TEOREMA ERGÓDICO GENERAL DE G. BIRKHOFF

Ubiquémonos en las condiciones de aplicación del teorema ergódico de GARRETT BIRKHOFF. Recordemos sucintamente el enunciado bajo una forma apropiada a nuestro problema: Si el grupo abeliano G posee la propiedad de *transitividad métrica*, entonces la media temporal

$$\frac{1}{2T} \int_{-T}^T f(T_t \rho) dt$$

tiende, cuando $T \rightarrow \infty$; hacia la media de fase

$$\frac{1}{\text{med. } V} \int_V f(\rho) dV$$

Siendo V un subespacio invariante del espacio de HILBERT.

La propiedad de transitividad métrica consiste en que los subespacios de V , invariantes para las transformaciones del grupo G son todas de medida 0 y 1. Esto equivale a decir también (indescomponibilidad) que es imposible descomponer V en $V_1 + V_2$; siendo V_1 y V_2 subespacios (propios) invariantes de V .

En mecánica estadística, V es la hipersuperficie de energía constante E . Pero, si hay otras integrales primeras además de la energía (por ejemplo, el momento cinético), V se descompone en subespacios invariantes en las cuales permanecen las trayectorias, lo que les impide llenar toda la extensión en fase. Pero en nuestra concepción V es siempre indescomponible ya que es la trayectoria misma y ella no puede ser recorrida más que parcialmente. En efecto, en mecánica clásica, un sistema a n grados de libertad admite $(2n - 1)$ integrales primeras y la parte de la extensión en fase recorrida por el sistema se reduce a su trayectoria. Lo que crea la contradicción en Mecánica clásica, es que no hay forma, entonces, de aplicar el cálculo de probabilidades. Esta contradicción desaparece en la Mecánica aleatoria donde la trayectoria hilbertiana es ella misma probabilista en esencia.

551.515.21 : 551.589.5(82)

ANÁLISIS SINÓPTICO Y ASPECTO CLIMATOLÓGICO DE DOS DISTINTOS TIPOS DE DEPRÉSIONES BÁRICAS EN EL NORTE DE LA ARGENTINA ¹

POR WERNER SCHWERDTFEGER *

Resumen. — El primer análisis se refiere a la formación de un ciclón sobre el NE de la Argentina, debida a la intensificación de un sistema alobárico que se desplaza conforme a las corrientes en mayor altura y llega a sobreponerse a una masa de aire húmedo y caliente. Con una serie de mapas de altura se ilustra el efecto de las corrientes conducentes en forma de vaguada. Teniendo en cuenta la variación individual de la vorticidad absoluta según un estudio teórico de Raethjen, se calcula el movimiento vertical medio en la zona central de la depresión. Al exponer la frecuencia con que ocurren fenómenos de esta índole, se consideran las condiciones favorables para su formación en las distintas estaciones del año. El segundo análisis trata un caso típico de la depresión térmica en el NW de la Argentina, la cual se forma por el pronunciado calentamiento de las capas inferiores en esta región. La importancia de semejantes depresiones para el clima estival de una extensa zona se muestra a base de mapas y datos aerológicos directos e indirectos y por una comparación detallada del régimen térmico de estaciones selectas a igual altura en la sede principal de la baja térmica y el S del Brasil.

Summary. — The two different types of cyclones which are found over the Northern part of Argentina, are analysed and their climatological aspects are exposed. The first type in question is a cyclone whose formation is related to the existence of a pronounced upper air trough and the presence of humid tropical air masses in the lower layers over the northeastern provinces. Copious precipitations go along with the intensification of these pressure systems. Certain analogies to the european Vb-storms are shown. The other type is the "thermal" low, characteristic of the summer pressure pattern of Northwest-Argentina. These depressions, due to the high values of mean temperatures (also mean virtual temperatures) which exceed considerably those of South-Brazilian stations situated at the same altitude, are shallow and disappear already at the 3000 m level, but because of their semi-persistence they have considerable repercussions on the wind regime in the lower layers of adjacent zones and on the formation of summer precipitation in the Northwest.

I. GENERALIDADES

Al considerar la estructura vertical de las depresiones báricas puede y debe de hacerse un fácil distinguo en cuanto a su naturaleza: hay, en efecto, un tipo de poco espesor, en el que el campo bórico y el pertinente vórtice ciclonal existen en la forma más pronunciada en las capas inferiores, representadas por las observaciones en superficie, con un debilitamiento continuo y hasta desaparición de todo el fenómeno en 3 ó 4 Km de altura. Y hay otro tipo de mucho espesor, el cual existe en forma más intensa en las capas medias o superiores de la troposfera, y

* Doctor en Filosofía (Meteorología y Geofísica), Universidad de Leipzig; Asesor Técnico de la Dirección de Investigaciones del Servicio Meteorológico Nacional.

¹ Trabajo presentado en el Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología, realizado en Buenos Aires en noviembre de 1954.

se presenta en forma más débil en el campo bórico del nivel del mar y en las corrientes aéreas de las capas inferiores de la atmósfera.

Según la ecuación hidrostática, que siempre puede aplicarse, en primera aproximación, para describir la estructura vertical de los sistemas bóricos, el gradiente vertical de la presión es inversamente proporcional a la temperatura virtual:

$$\frac{dp}{dh} = -g \cdot \rho = -\frac{g\rho}{RT_v}$$

(p = presión, h = altura, g = gravedad, ρ = densidad, R = constante del gas aire atmosférico seco, T_v = temperatura absoluta virtual). Por consiguiente, una depresión bórica que en su zona central tiene aire más caliente que en las regiones marginales, debe disminuir de intensidad con la altura y una depresión con el aire más frío en el centro, debe presentarse en forma más intensa en mayor altura. A esta circunstancia se refiere la denominación del primero de los dos tipos, como "baja térmica", o depresión convectiva, mientras que para el segundo se ha generalizado el término de "depresión dinámica", aludiendo a los procesos que contribuyen a su formación.

La distinción precisa entre ambos tipos es indispensable no tan sólo para el análisis de cualquier situación sinóptico-aerológica, sino también para la interpretación acertada de los fenómenos más importantes, —nubosidad y precipitaciones— y para su previsión. A título de esquema, puede decirse que solamente una depresión dinámica ocasiona el conjunto de fenómenos que responde al concepto general de "tiempo malo", mientras que una baja térmica, aún en estado perfecto, está caracterizada por tiempo bueno y, desde luego, caluroso, aumentando la nubosidad y la probabilidad de precipitaciones recién cuando decae el sistema bórico. Por otro lado, en gran parte del mundo, e incluso en Sudamérica, las depresiones dinámicas son fenómenos pasajeros, acontecimientos singulares, mientras que la baja térmica, aunque sólo en determinadas regiones, puede mostrar gran persistencia y reflejarse en forma decisiva en el clima de tales zonas.

Estas consideraciones constituyen el punto de partida del presente trabajo, objetivo del cual es analizar un caso característico de cada uno de los dos tipos, y poner de relieve la importancia que uno de ellos puede alcanzar para el análisis no sólo del tiempo sino del clima. Con justificado motivo, puesto que ambos tipos se presentan en forma bien clara sobre el territorio argentino, al N del paralelo 35°S. No deja de ser cierto, empero, que la escasez de sondeos aerológicos torna difícil la tarea, pero dada la cercanía de las altas montañas con sus estaciones meteorológicas en varias alturas, y, por otra parte la posibilidad de sacar provecho de estudios específicos de situaciones análogas realizados en Europa y Norteamérica, anima al autor a emprender el análisis sin otra pretensión que la de acreditar sus conclusiones con carácter de ensayo o tentativa.

II. EJEMPLO DE LA FORMACION DE UNA DEPRESION DINAMICA SOBRE EL NE DE LA ARGENTINA

Los mapas *c* y *d* de la Fig. 1 dan una primera impresión del fenómeno al que se refiere este capítulo. El día 4 de octubre de 1950 una depresión de moderada intensidad se halla centrada sobre el extremo N de la Argentina. Hasta el próximo día, esta baja se desplaza hacia el SSE y se desarrolla de tal manera que a las 15 horas, y más aún a las 20 hs. (véase la marcha de la presión en Punta del Este en el gráfico de la Fig. 3) se trata de un verdadero ciclón que ocasiona lluvias abundantes y vientos muy fuertes sobre una extensa zona.

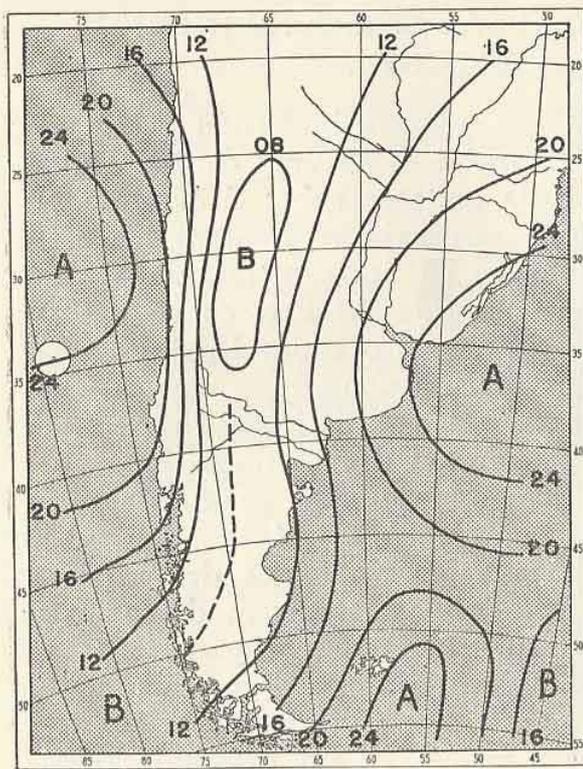
De inmediato se presenta el problema: ¿cómo puede intensificarse tanto el sistema bórico y por qué toma justamente este camino? Pero antes de dar una contestación directa a estas dos preguntas, pasamos a considerar los respectivos mapas de altura, Fig. 2, *a*, *b*, *c* y *d*.

Hemos dibujado las topografías de la superficie bórica de 700 mb, siempre para las 15 horas. Se justifica ello por la escasez de sondeos aerológicos. Las isolíneas de las topografías en la mayor parte de toda la zona deben basarse en extrapolaciones de los valores de presión, temperatura y humedad en superficie, considerándose adicionalmente las observaciones del tipo de las nubes bajas y medias. Tales extrapolaciones, pues, ofrecen menor inexactitud cuando se refieren a observaciones efectuadas en las primeras horas de la tarde, en las que el gradiente térmico vertical acusa mayor uniformidad en una determinada masa de aire. Es ésta la razón principal por la cual todo nuestro estudio se refiere, en primera instancia, a las observaciones de las 15 horas.

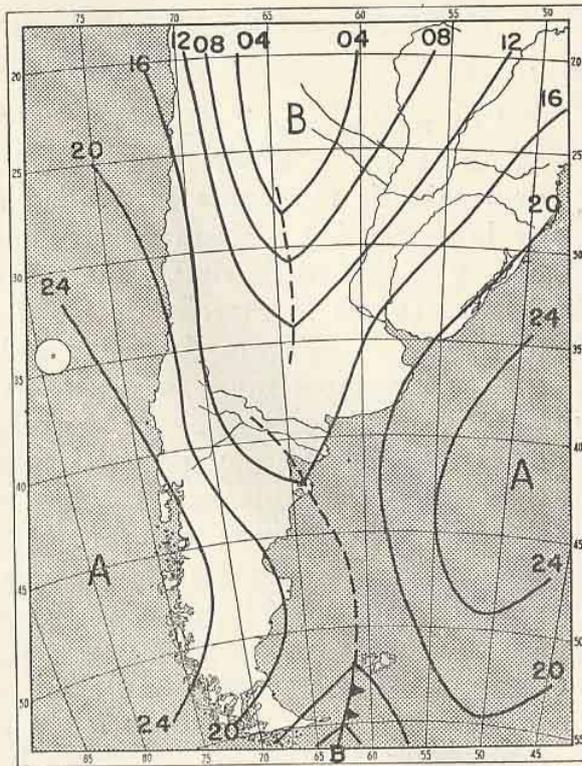
La altura de 3000 m sobre el nivel del mar, a la que en término medio corresponde la topografía absoluta de 700 mb, es la mayor altura para la que se presenta como factible dicha extrapolación, y es a la vez el menor nivel que puede estimarse representativo de la troposfera media. Preferible sería exponer las topografías de 500 mb (alrededor de 5400 m) y las de 300 mb (9000 m), pero ello significaría forzar la extrapolación.

Ahora bien, la topografía absoluta de 700 mb del día 4, (mapa *c*, Fig. 2), y de modo menos pronunciado también aquellas de los dos días precedentes, muestra sobre el noreste de la Argentina, el sur de Brasil y el Uruguay un gradiente zonal, equivalente a una corriente aérea del norte. Y si dispusiéramos de sondeos de mayor altura, para dibujar topografías también de los niveles superiores, sin duda alguna podríamos mostrar que la corriente desde el N o NNW sobre el oriente de la Argentina aumenta considerablemente con la altura, y por ende se trata de una verdadera "zona frontal", mantenida por el contraste entre la masa más fría en el SW y la masa más caliente en el NE.

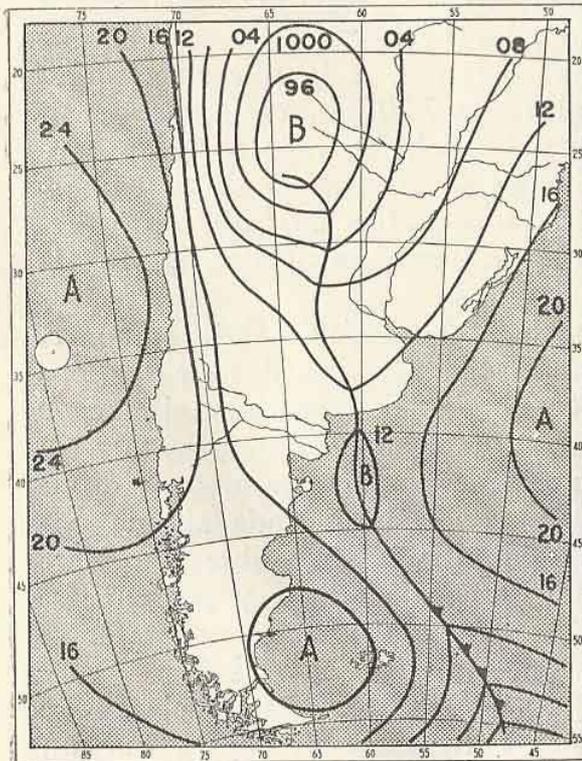
En la topografía del día 5, (mapa *d*), empero, aparece el vórtice de la depresión en forma muy intensa, y teniendo en cuenta que un gradiente de 33 metros geopotenciales corresponde, con buena aproximación, a un gradiente bórico de 4 mb en el nivel del mar, podemos apreciar que el ciclón es más intenso en 3000 m de lo que es en la superficie de la tierra, y con mucha probabilidad podemos suponer que



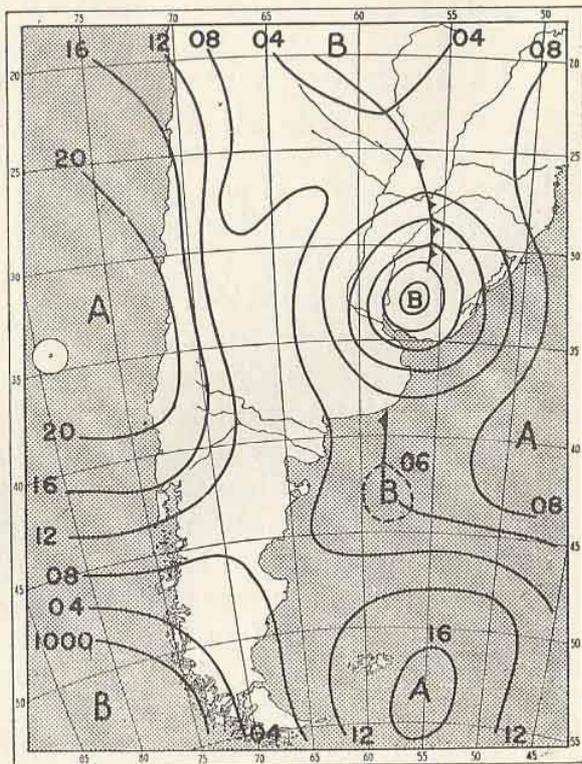
Vista a



Vista b

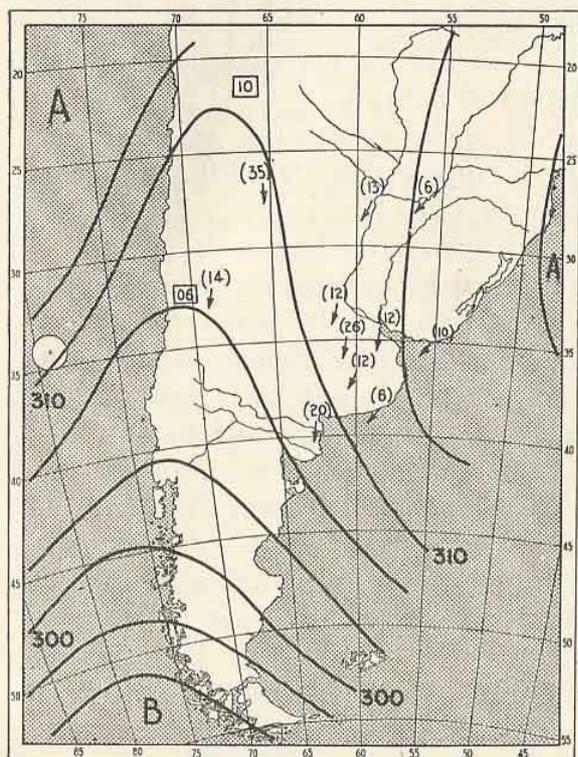


Vista c

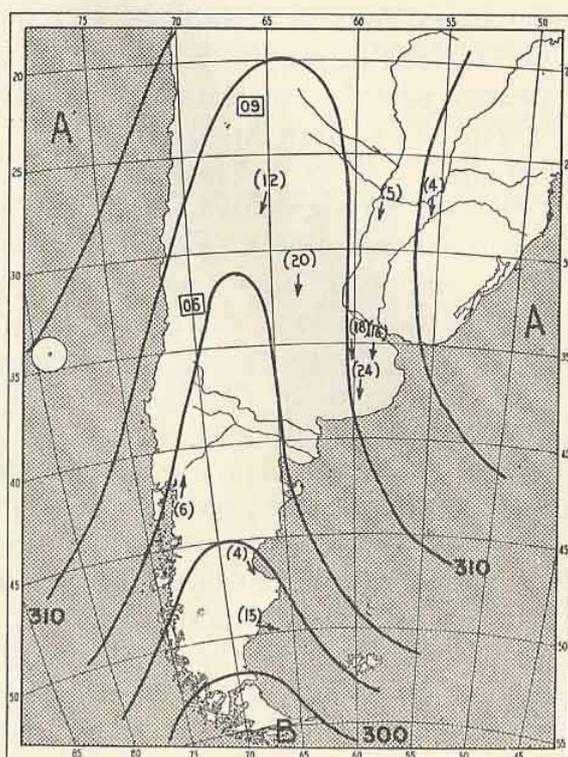


Vista d

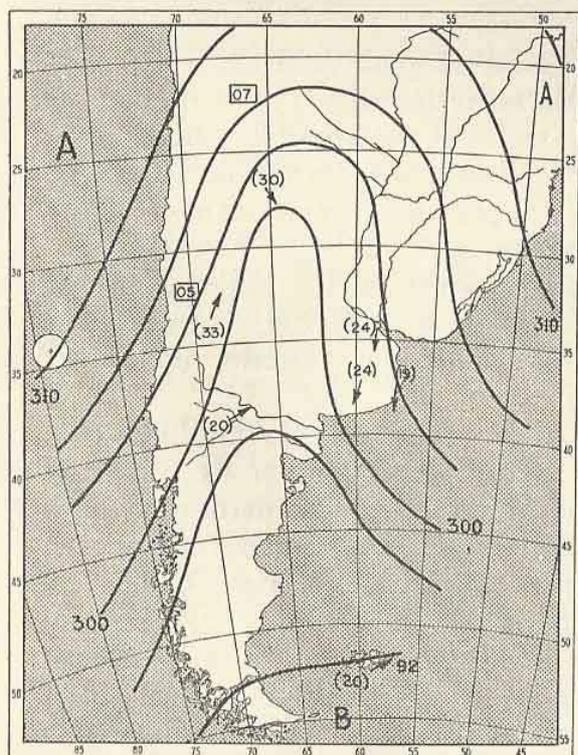
FIG. 1.— Isobaras a nivel del mar, a las 15 hs. HOA. Vista a: 2.X.50; vista b: 3.X.50; vista c: 4.X.50
vista d: 5.X.50.



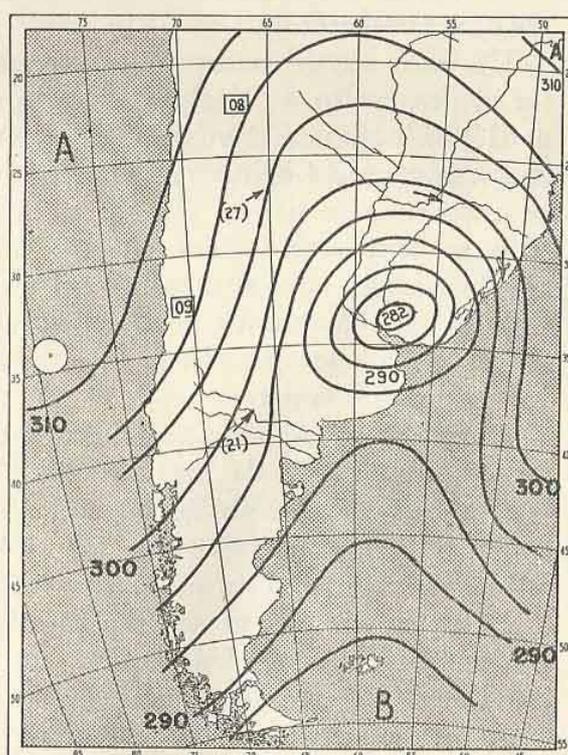
Vista a



Vista b



Vista c



Vista d

FIG. 2: Topografía absoluta de 700 mb (cerca de 3000 m s. n. m.), a las 15 horas. Vista a: 2.X.50; vista b: 3.X.50; vista c: 4.X.50; vista d: 5.X.50.

3000 m todavía no es el nivel de máxima intensidad. Pero aun sin demostración concluyente de esta última hipótesis no cabe duda respecto de la clasificación de la depresión en el sentido de las exposiciones del primer párrafo: se trata de una depresión dinámica.

Antes de alcanzar el ciclón la fase de pleno desarrollo, es decir, en los días 2, 3 y 4 (mapas *a*, *b* y *c*), la topografía de 700 mb puede estimarse representativa, desde un punto de vista cualitativo, de las corrientes conducentes. Este concepto se ha generalizado, en la meteorología sinóptica, para caracterizar las principales corrientes del aire en la troposfera media y superior y hasta en el nivel de la tropopausa, con alusión al hecho de que los sistemas alobáricos que tienen su sede en estas capas, suelen desplazarse —ser “conducidos”— a lo largo de las líneas de flujo de esas corrientes. En efecto, el trabajo diario con los mapas de altura, las topografías de varios niveles béricos, que siempre están disponibles en los grandes servicios sinópticos del hemisferio norte, no deja duda alguna acerca de este hecho muy importante, demostrado en forma convincente por el éxito allí logrado por los “mapas pronosticados”, es decir, extrapolaciones temporales de las variaciones del campo bérico, las cuales se basan principalmente en el concepto de las corrientes conducentes. Las experiencias obtenidas por la aerología sinóptica indican también que el nivel representativo de tales corrientes se encuentra en mayor altura, cuando hay circulaciones cerradas de diámetro relativamente pequeño (magnitud de 500 Km) en la parte inferior de la troposfera (¹ y ⁷). En un análisis *a posteriori*, el desplazamiento de los sistemas alobáricos sirve bien como indicio característico de las corrientes conducentes.

De estas experiencias sacaremos aquí partido para analizar e interpretar el desarrollo de la situación sinóptica entre los días 1 y 6 de octubre de 1950. Hemos dibujado, al efecto, todos los mapas de variación de la presión en 24 horas, a partir de las 09 horas del día 30 de setiembre, en total una secuencia de 18 mapitas (3 por día) que confirman muy bien lo antedicho. Para nuestro propósito, sin embargo, bastará exponer la esencia de tal estudio del desplazamiento de los sistemas alobáricos, y esto lo hemos condensado en el mapa *a* de la Fig. 4, que muestra el itinerario del centro alobárico negativo aquí tratado, incluso la intensidad del mismo.

Resulta obvia la coincidencia entre dicha marcha y la configuración de las topografías de los días 2 a 4. Es un caso ejemplar de corrientes conducentes en forma de vaguada (en alemán: Trog-Steuerung) el que muestra cierta analogía con las situaciones que hace mucho se conocen en Europa bajo el nombre de “depresiones béricas del tipo Vb”.

El hecho de que el sistema alobárico ha pasado, sin mucha variación, por la cordillera de los Andes, apoya la noción de que la sede del sistema se encuentra en niveles superiores a este murallón, caso que ocurre con mucha frecuencia sobre esta parte de Sudamérica (⁹). También una comparación de la intensidad del fenómeno en menor y mayor altura habla en tal sentido: En la isla Guafo y en La Rioja la presión reducida al nivel del mar baja 10,5 y 12,8 mb en las 48 horas antes de producirse el valor mínimo; en Cristo Redentor (3800 m), empero, esta ba-

jada se eleva a 10,3 mb, lo cual correspondería a 16,5 mb en el nivel del mar. Ya allí, en la primera fase de nuestro fenómeno, la intensidad aumenta con la altura.

Además de este hecho y la trayectoria característica a lo largo de una vaguada en altura, la velocidad del desplazamiento del sistema alobárico merece nuestra atención. De los mapas antes mencionados hemos deducido los valores que aparecen en el cuadro I.

CUADRO I. — *Velocidad del desplazamiento del centro alobárico sobre el camino expuesto en el mapa a de la Fig. 4.*

Mapa anterior	Mapa posterior	Hora	Velocidad	Valoración
30./1.	1./2.	09	55 Kmh	} Valores poco seguros
»	»	20	55 »	
1./2.	2./3.	09	40 »	
»	»	20	33 »	
2./3.	3./4.	09	25 »	
»	»	20	22 »	
3./4.	4./5.	09	25 »	} Valores poco seguros
»	»	20	35 »	
4./5.	5./6.	09	45 »	
»	»	20	45 »	

Se encuentra aquí un rasgo típico de tales situaciones: Velocidad relativamente grande, cuando la propagación es casi rectilínea o acusa curvatura anticiclónica (y cuando la intensidad del fenómeno es pequeña), velocidad reducida en el trecho con curvatura ciclónica. Esta circunstancia debe estar en cierta relación con el viento ciclostrófico en las capas de la corriente conducente, aunque nuestros mapas de altura, basados principalmente en extrapolaciones, no se prestan a una verificación numérica.

Debemos pasar ahora a considerar el proceso más importante, la pronunciada intensificación del sistema alobárico y con esto la formación del verdadero ciclón, entre los días 4 y 5 sobre el Noreste de la Argentina y el Uruguay. Este proceso lo tenemos ilustrado por los números al lado derecho de la línea del camino en el mapa *a* de la Fig. 4 y por los barogramas de la Fig. 3, que se refieren a estaciones situadas cerca de dicho camino en distintas fases del desarrollo.

Se pone en evidencia que hasta el día 4 el sistema alobárico varía muy poco de intensidad. En toda la franja a lo largo de su camino se presenta temporariamente, por superposición del sistema, una depresión en las capas inferiores, como lo muestran los mapas *a*, *b* y *c* de la Fig. 1, con las corrientes ciclónicas respectivas. Hasta ese momento podemos caracterizar todo el fenómeno como el efecto de procesos advectivos en las capas superiores, en tal forma que disminuye transitoriamente la masa de aire existente arriba de cierto nivel. Esto podría ser ocasionado por un cuerpo de aire polar con la tropopausa bastante más baja de lo que es en las masas subtropicales, y/o por cierto proceso de ondulación en la tropopausa con los movimientos verticales correspondientes, pero esto lo sugiere solamente el análisis de situaciones similares efectuado en

regiones en las que existe una buena red de estaciones de radiosondeo; nosotros no poseemos datos para concretar semejante hipótesis.

Ahora bien, a partir del día 4 se suma a ese proceso advectivo un desarrollo propio en las capas medias de la tropopausa, lo cual trae consigo, dentro de 24 horas, una profundización del sistema alobárico a más del doble de su valor original. Ahí se presenta el problema acerca de por qué ocurre esto después que el mismo sistema alobárico no muestra mayor evolución en los tres (o más) días anteriores.

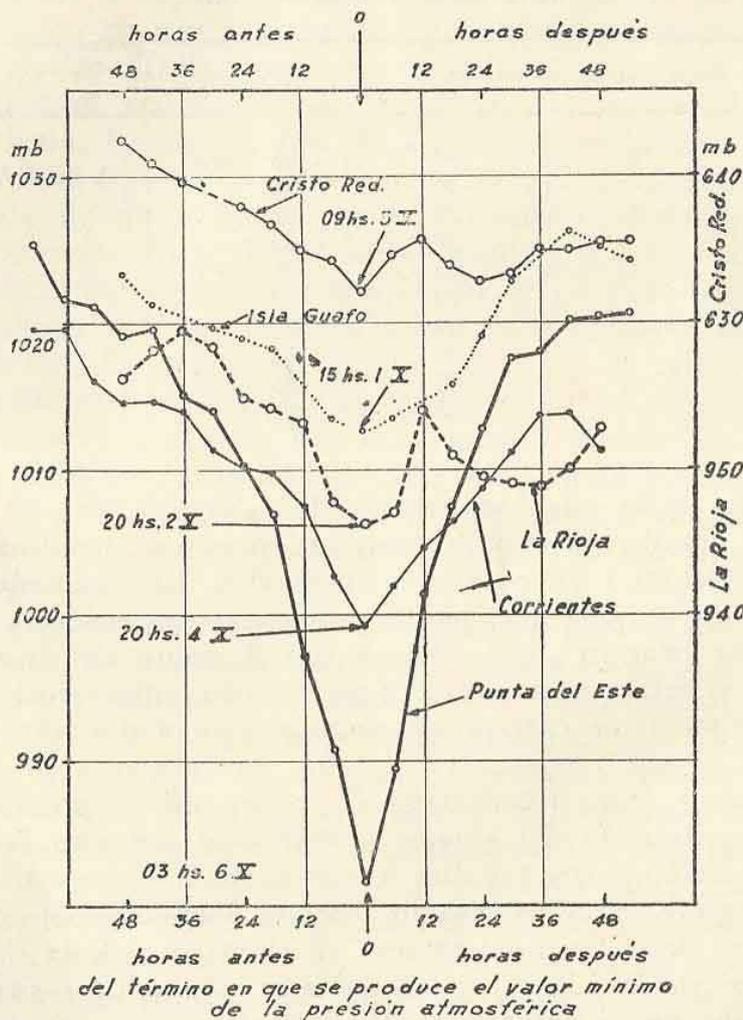
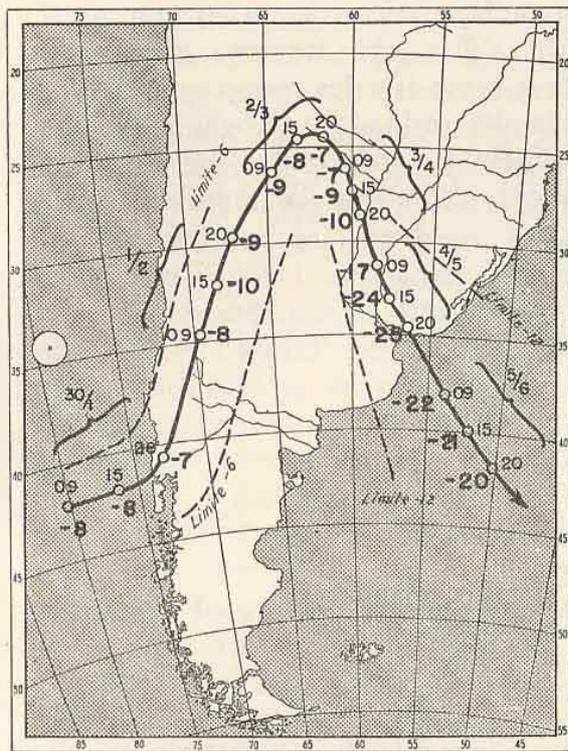
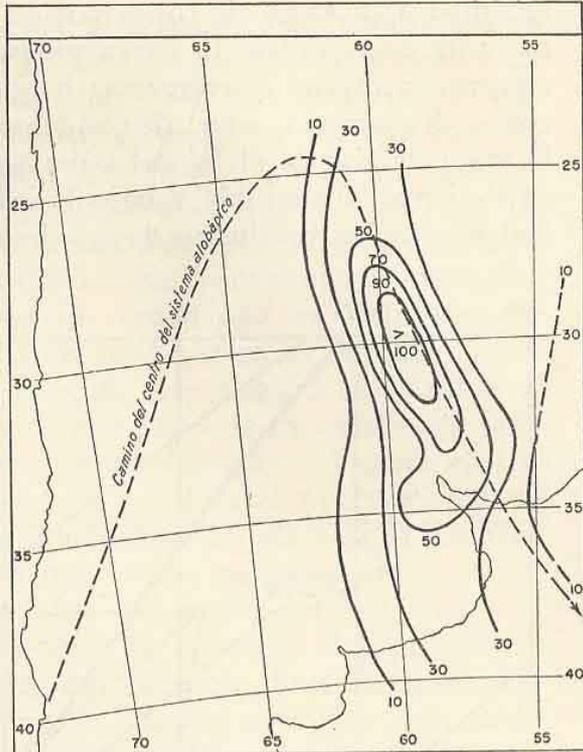


FIG. 3.— Marcha de la presión atmosférica en ocasión del desarrollo de una depresión dinámica, en los primeros días de octubre de 1950. Los valores de Cristo Redentor y La Rioja se refieren al nivel de la estación; los demás son valores reducidos al nivel del mar.

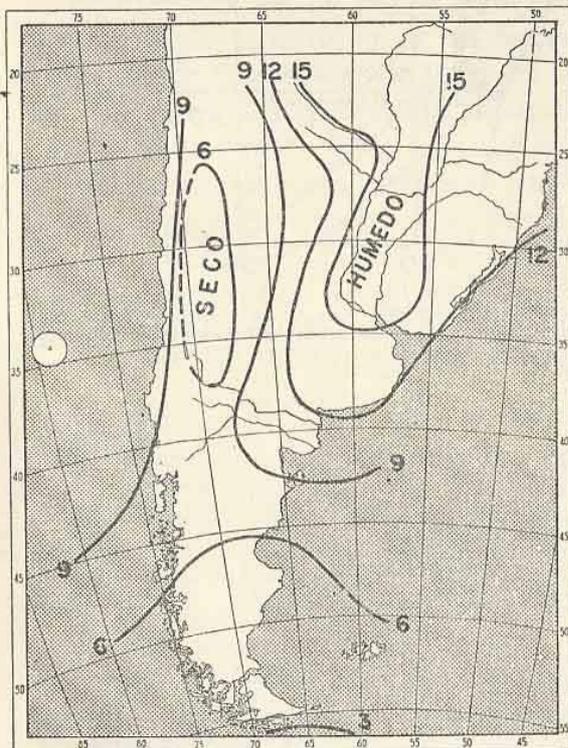
La clave se halla en los mapas *a*, *c* y *d* de la Fig. 4 y el gráfico de la Fig. 5, junto con la conclusión antes mencionada de que la zona frontal sobre el E de la Argentina debe haberse intensificado entre los días 2 y 4. Vemos que recién el día 4 el centro alobárico llega a sobreponerse a una masa bastante cargada de humedad que está presente por lo menos en las capas inferiores. Cuando en éstas se impone una circulación ciclónica con la convergencia (el movimiento centripetal) causado por la fricción en la superficie terrestre, el movimiento ascendente que debe presentarse inevitablemente en la zona central, conduce con



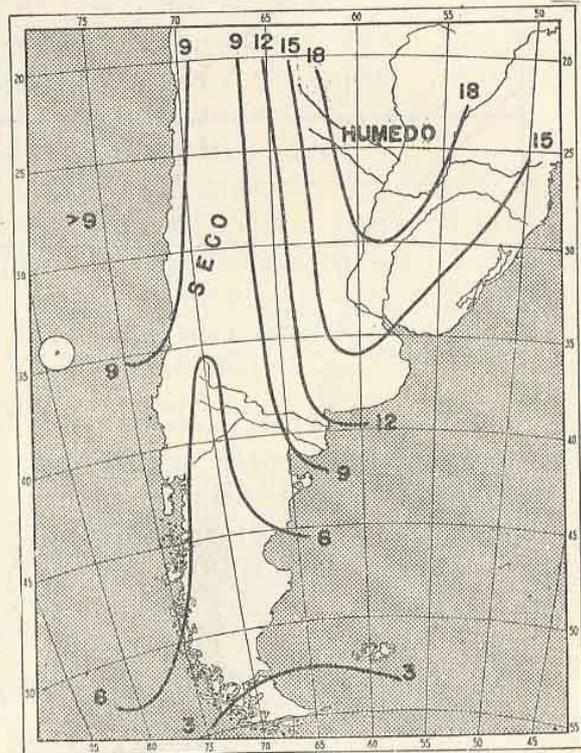
Vista a



Vista b



Vista c



Vista d

FIG. 4. — Vista a: Intensidad (números gruesos) y trayectoria (línea gruesa) del sistema alobárico (variación de la presión en 24 horas, en mb), en el período del 1 al 6 de octubre de 1950. Los números 09, 15 y 20 se refieren a las horas para las que están disponibles los mapas sinópticos básicos. Las líneas interrumpidas indican la extensión aproximada del sistema. Vista b: Extensión y cantidad de las lluvias caídas en ocasión de la tormenta de los días 4 y 5 de octubre. Vista c: Líneas de igual valor del punto de rocío, 3.X.1950, 15 horas. Vista d: Líneas de igual valor del punto de rocío, 4.X.1950, 15 horas.

facilidad a procesos de condensación, a la formación de nubes con nivel bastante bajo (véase la curva gruesa de la Fig. 5). En una masa seca, empero, la misma convergencia no podría tener iguales consecuencias, como lo demuestra el nivel de condensación determinado análogamente para la masa de aire en el W del país; este último nivel resulta tan alto que en el tiempo disponible y bajo la influencia de la mezcla lateral en realidad no llega a producirse la condensación.

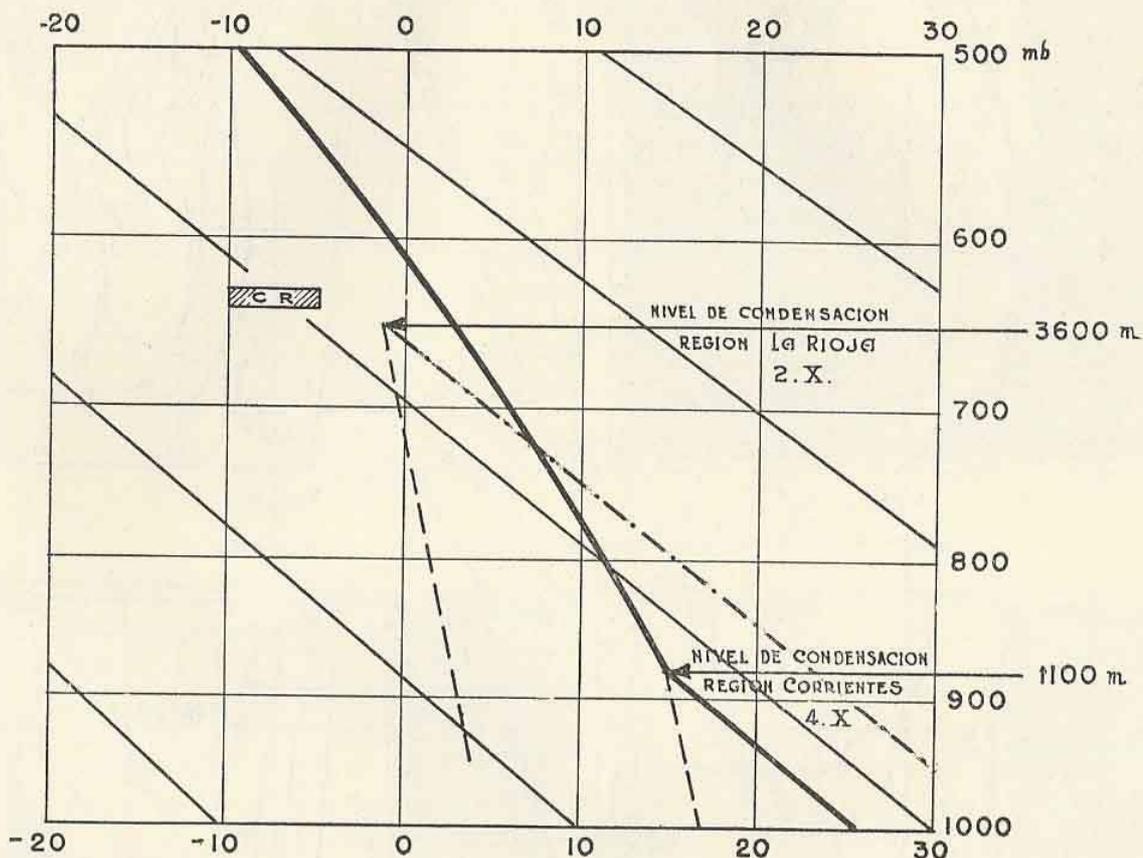


FIG. 5. — Diagrama termodinámico que muestra los niveles de condensación en la región de La Rioja (2.X.) y en aquella de Corrientes (4.X.), cada vez en ocasión del pasaje del sistema alobárico (Fig. 4, vista a). El cuadrado C. R. indica los valores de la temperatura medidos en Cristo Redentor.

Por consiguiente, sólo en la zona con el aire húmedo en las capas inferiores se presentan condiciones muy favorables para un movimiento ascendente de considerable intensidad, ya que el aire saturado varía su temperatura según el gradiente adiabático húmedo, alcanzando así en las capas superiores a 3000 m, más o menos, temperaturas más altas que las que existen en iguales niveles sobre las regiones marginales donde hay menor humedad. Si el aire que llega a la zona húmeda por advección en las capas medias es más frío que el que sube a éstas por el movimiento vertical debido a la convergencia existente abajo, entonces puede aumentar la inestabilidad en la zona central de la depresión, lo cual contribuiría a intensificar el intercambio vertical y haría algo irregular los movimientos verticales. Esto puede ocurrir en nuestro caso, como sugieren los valores de temperatura medidos en Cristo Redentor, el día 2 (Fig. 5), y la aparición de tormentas eléctricas en el ciclón en estado de formación.

En consideración de lo antedicho podemos aceptar como seguro que en la zona central de la depresión existe un intenso movimiento ascendente (cuyo valor numérico calcularemos más abajo), y este movimiento vertical debemos considerarlo la causa principal de la profundización del sistema alobárico, por dos razones: Hay que pensar que el aire que asciende, tiende a destruir el equilibrio geostrófico (o ciclostrófico) en las capas superiores, tal vez hasta la estratosfera misma. De tal manera, se sobrepone allí a las corrientes intensas de la zona frontal una componente ageostrófica —aciclostrófica— en el sentido centrífugo, es decir, una divergencia horizontal verdadera en las capas altas que puede perdurar hasta que se produce la adaptación, esto es, hasta que llega a establecerse el nuevo equilibrio entre el campo bórico y el campo de movimientos. Este proceso de divergencia abarca una capa de mucho mayor espesor que el de la capa relativamente chata en la que se produce el proceso opuesto, vale decir, un aflujo de masa por la convergencia debida a la fricción en superficie. Por ello, el efecto de divergencia arriba no sólo tiende a compensar el efecto de convergencia abajo, sino que puede sobrepasarlo.

Además, la sustitución del aire existente al principio del proceso en las capas arriba de 3000 m, por el aire que al subir disminuye su temperatura sólo según el gradiente adiabático húmedo mientras que continúa produciéndose condensación, significa una disminución de la masa de estas capas, la que finalmente influye también sobre el valor de la presión en superficie.

El mapa *b* de la Fig. 4 muestra que tal condensación en las capas medias de la troposfera es un hecho real, y es importante notar que la cantidad de lluvias caídas durante este temporal es muy grande (mayor de 100 mm) sólo a lo largo de aquella parte del camino del sistema alobárico en la cual se produce la pronunciada intensificación.

Queda ahora, para terminar nuestro análisis descriptivo del desarrollo de una depresión dinámica, el problema del porqué llega a parar tal evolución a partir del día 6. A decir verdad, las consideraciones pertinentes no pueden referirse en observaciones directas, ya que por falta de datos de esa parte del Océano Atlántico todo el análisis sinóptico se basa en extrapolaciones, y no parece imposible que estas extrapolaciones hayan apreciado el desarrollo posterior del ciclón en menos de lo que valía en realidad.

Sin embargo, hay dos factores que hablan en pro del análisis hecho, el cual indica que todo el fenómeno ha disminuído algo de intensidad, después que el centro del ciclón ha pasado al mar, en dirección hacia SSE o SE. El primer factor puede ser la disminución de la humedad y de la temperatura en las capas inferiores, circunstancia que tiende a aminorar el efecto producido por la diferencia entre procesos adiabático-húmedos en la zona central del ciclón y los procesos adiabático-secos en las regiones marginales. El segundo factor puede ser la disminución de la fricción en superficie, puesto que la intensidad del movimiento ascendente en la zona central del vórtice es directamente proporcional al efecto de la fricción y que de ese movimiento vertical depende la formación del desequilibrio en las capas superiores, el cual ocasiona allí la divergencia horizontal, la disminución de masa.

III. CALCULO APROXIMADO DE LA COMPONENTE VERTICAL DEL MOVIMIENTO DEL AIRE EN LA DEPRESION DINAMICA

Para completar las consideraciones cualitativas del párrafo anterior, se hizo un ensayo de determinar numéricamente la magnitud del movimiento vertical en la zona principal del ciclón. Tal cálculo puede basarse en las consideraciones teóricas expuestas por RAETHJEN en su nueva monografía sobre la dinámica de los ciclones ((⁶), párrafo 35; véase también (³), (⁴) y (⁵)), las cuales tienen en cuenta la velocidad del viento en las capas bajas, la tensión tangencial debida a la fricción en la superficie y la vorticidad de las corrientes. Suponiendo que la masa de aire que ocupa la zona central del ciclón, se encuentre en rotación como un "cuerpo" casi rígido, es decir, con la velocidad del viento proporcional a la distancia del punto central del ciclón, resultan los valores del cuadro II para el movimiento vertical en la altura de 1000 m.

CUADRO II. — Valores promedios aproximados de la componente vertical del viento, a 1000 m de altura, en la zona central del ciclón del día 5. r = radio de la masa la que se supone en rotación casi rígida; $v_{s,r}$ = velocidad del viento en superficie en la distancia r desde el centro de rotación.

$\frac{v_{s,r}}{r}$	= 5	10	15	m/seg
100 Km	8	22	41	cm/seg
200 »	4	11	20	»
300 »	3	7	14	»

Estos valores nos sugieren que la magnitud del movimiento vertical en la altura del viento geostrófico puede aceptarse ser de 10 cm/seg, sobre una superficie circular de un radio de 200 Km, más o menos.

Aceptando este valor como representativo y considerando la variación individual de la vorticidad absoluta y la de la densidad, puede mostrarse que, bajo las condiciones de la situación sinóptica de los días 4 y 5, el movimiento vertical en las capas por arriba de 1000 m, siempre en la zona central del ciclón, debe ser mayor aún, por ejemplo:

$$v_z \text{ (en 3000 m)} > v_z \text{ (en 1000 m)}$$

En efecto, con la variación documentada por las vistas c y d de la Fig. 2, resultaría, en primera aproximación,

$$v_z \text{ (en 3000 m)} \simeq 15 \text{ cm/seg.}$$

Este valor relativamente grande no ofrece por sí mucho interés, puesto que se basa en varias suposiciones simplificantes. Importante, empero, es que el aumento de la velocidad vertical entre 1000 y 3000 m en la zona central del ciclón puede aceptarse como cierto, ya que la variación temporal de la vorticidad absoluta seguramente es positiva. De esto, pues, hay que deducir que el diámetro de la zona con intenso movimiento vertical disminuye con la altura. Y como el movimiento vertical en 3000 m y niveles superiores debe considerarse la causa principal de las intensas

precipitaciones, este efecto podría explicarnos que la extensión de la zona de lluvias copiosas en dirección ortogonal a la del desplazamiento del fenómeno entero es bastante pequeña, más pequeña de lo que podría esperarse en vista de la extensión espacial del ciclón en los mapas de isobaras a nivel del mar.

Finalmente, quedaría la cuestión acerca de qué consecuencias tendría un movimiento vertical a razón de 15 cm/seg, aproximadamente, con respecto a la caída de las gotas de agua (o copos de nieve). ¿Llegarían al suelo? 20 cm/seg correspondería a la velocidad de caída de gotas de un diámetro de 0,1 mm, mientras que gotas de doble tamaño bajarían con casi el doble de ese valor. Por consiguiente, tal movimiento vertical no sería un impedimento para las verdaderas gotas de lluvia. Más bien debería estimarse un factor favorable en cuanto a los procesos de condensación y coagulación de las gotitas muy chicas, ya que ellas quedarán suspendidas y hasta se levantarán, mientras permanece la pronunciada corriente vertical.

Concluimos, entonces, en que las consideraciones teóricas hacen bien comprensible la llamativa configuración de la zona de las lluvias muy intensas.

IV. CONDICIONES FAVORABLES PARA LA FORMACION DE DEPRESIONES DINAMICAS SOBRE EL NE DE LA ARGENTINA

Al terminar ahora la descripción de un caso típico de una depresión dinámica, debemos decir algo acerca de la frecuencia con la que se presentan formaciones de esta índole sobre dicha región. Claro está que lo enunciado depende de la definición exacta que se da al fenómeno, tanto más cuanto que un análisis detallado como el presente, incluso un estudio especulativo de las corrientes conducentes, no existe, hasta la fecha, para otros casos, y no se han dibujado tampoco, antes del año 1949, mapas de isobaras. Por esta razón conviene basar la definición al camino que toma un centro bórico en vez del de un sistema alobórico, aunque este último fuera muy preferible según todas las experiencias y también desde el punto de vista teórico.

Llamaremos, entonces, "depresión activa del Litoral Argentino" a una depresión que se forma o se intensifica sobre el Noreste de la Argentina y se desplaza hacia el Sud o Sudeste, de manera tal que su núcleo pasa, profundizándose aún, por el paralelo 33° entre los meridianos 52 y 62, y que ocasiona lluvias copiosas en una extensa región a lo largo de su camino. Esta definición comprende sólo la segunda fase del desarrollo descrito en el análisis del párrafo II, y por esto no podemos decir que también la evolución antecedente siempre sea análoga. Pero de este modo incluimos, por lo menos, las características más importantes con respecto a la previsión del tiempo.

Con la definición recién dada fué posible aprovechar los "Boletines Mensuales del Tiempo" del Servicio Meteorológico Nacional existentes para los años 1941 a 45, y para cinco años más se examinaron las cartas diarias del tiempo. Resultaron los valores que consigna el cuadro III.

CUADRO III. — *Frecuencia mensual de la ocurrencia de «depressiones activas del Litoral argentino», en el decenio 1941 a 1950*

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Número de casos ..	—	—	2	3	4	6	5	7	7	4	2	1

Indudablemente, un decenio es un período corto para determinar la frecuencia de un fenómeno que ocurre sólo cuatro veces por año, término medio. Sin embargo, se pone en evidencia el rasgo principal de la variación anual, un sólo caso en los tres meses de verano, contra 25 casos en los 4 meses desde junio a setiembre. Esto se interpretaría de la siguiente manera: Masas calientes y muy húmedas llegan al Litoral Argentino, transitoriamente, en todos los meses del año y máxime en verano y otoño. Por consiguiente, la presencia de semejantes masas aéreas puede ser una de las condiciones necesarias, pero por cierto no la única. Otra condición, y probablemente la más importante, puede ser la formación de una pronunciada vaguada en la altura que conduce intensos sistemas alobáricos de las latitudes templadas a las latitudes entre 25 y 30° S, sobre el continente. Esta condición no se presenta casi nunca en los meses de verano, dado que en ellos el cinturón de las intensas corrientes zonales en las capas medias y altas de la troposfera se desplaza notablemente hacia el S, según se expresa en el Cuadro IV.

CUADRO IV. — *Vectores resultantes del viento en 5000 m s. n. m., en las cuatro estaciones del año, sobre Corrientes (1500 observaciones), Córdoba (2000 observaciones) y Buenos Aires (2700 observaciones). Material de los 11 años 1937 a 47, con interrupciones. Dirección en grados, valor en nudos, persistencia en %.*

Estación	Corrientes (27° 28')	Córdoba (31° 24')	Buenos Aires (34° 35')
Invierno	269° 15 n 52 %	266° 22 n 67 %	254° 26 n 72 %
Primavera	257 15 61	260 19 68	248 20 66
Verano	225 7 43	248 10 53	243 14 56
Otoño	261 10 48	262 13 58	252 17 60

A esta variación anual del régimen de las corrientes en altura corresponde la marcha anual de la variación media de la presión atmosférica en la altura, y la frecuencia con la que se presentan valores grandes ¹ tal variación, en latitudes alrededor de los 33°, como muestran los datos de Cristo Redentor.

CUADRO V. — *Variación media interdiurna de la presión y frecuencia relativa de valores superiores a 4 mb, en Cristo Redentor (3800 m). Material de las 09 hs HOA de los 7 años 1947 a 1953.*

Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
VMI	1.2	1.2	1.4	1.8	2.1	2.6	2.6	2.5	2.2	1.8	1.3	1.1 mb
F. R. ≥ 4.0 mb	3	3	5	13	16	24	22	19	16	11	3	2 %

Los datos de los dos últimos cuadros apoyan muy bien la noción de que en los meses de verano, intensos sistemas alobáricos con sede en las capas superiores a los 4000 m pueden llegar sólo muy raras veces hacia latitudes al N del paralelo 30°.

Resumimos, pues, las condiciones que estimamos necesarias para la formación de "depresiones activas del Litoral":

a) Existencia de corrientes conducentes en forma de vaguada con las cuales las masas de aire en las capas medias y altas de la troposfera pueden llegar, desde latitudes más altas, hasta el N de la Argentina, doblando su camino luego hacia el SE ó SSE.

b) Existencia de una masa caliente y muy húmeda en las capas inferiores sobre el NE de la Argentina.

c) Aparición de un intenso sistema catalobárico que, al desplazarse según las corrientes conducentes, llega a sobreponerse, e iniciar una circulación ciclónica en dicha masa muy húmeda.

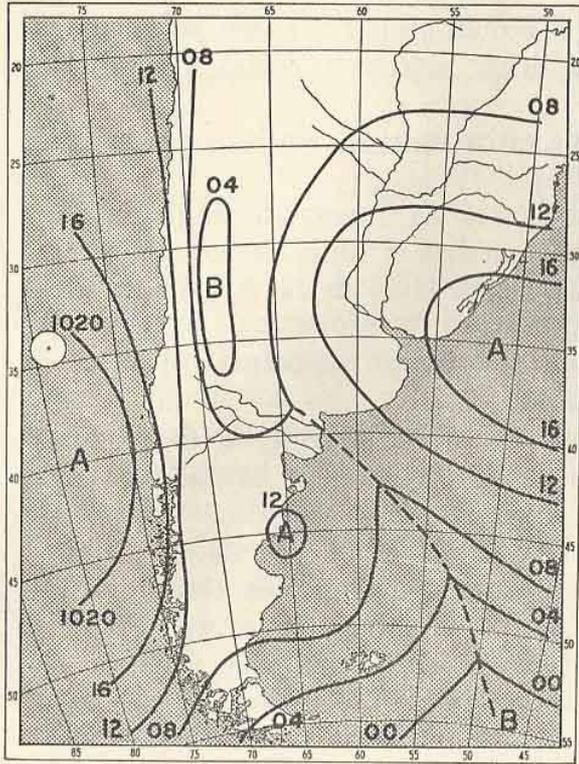
Pero no queremos ocultar que aquí se trata solamente de una hipótesis, basada en el análisis detallado del párrafo 2, algunos estudios menos circunstanciales de situaciones análogas y consideraciones generales de índole sinóptico-aerológica. Futuras experiencias tienen que mostrar si, además de ser necesarias, estas condiciones pueden aceptarse como suficientes. El éxito o fracaso de pronósticos elaborados según estas nociones, no dejará dudas al respecto.

V. EJEMPLO DE LA FORMACION DE UNA DEPRESION TERMICA SOBRE EL NW DE LA ARGENTINA

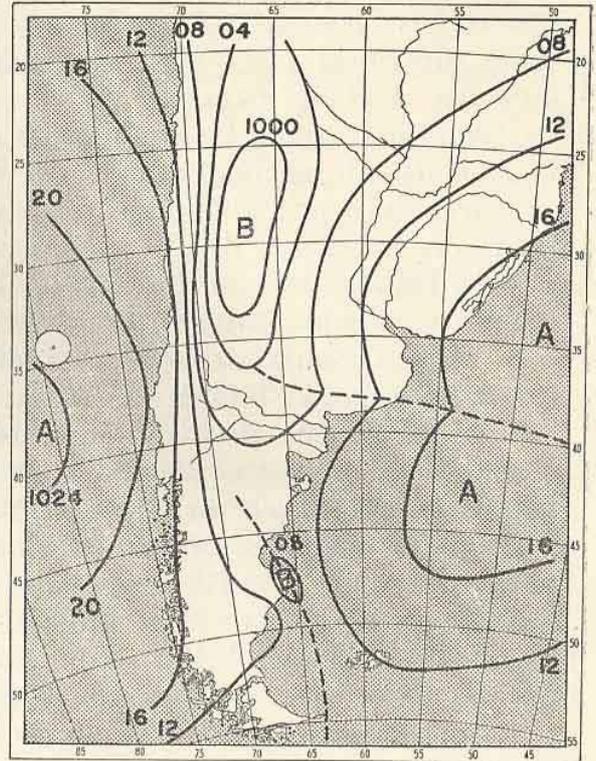
Un estudio acerca de este tipo de depresión bórica fué publicado en los Anales de la Sociedad Científica Argentina en el año 1950 (8). En él se expone, en particular, la estrecha correlación negativa existente entre las variaciones interdiurnas de presión y temperatura en superficie, en aquella zona. Queremos completar ahora dicho análisis con un ejemplo ilustrativo y ocuparnos en detalle de la situación aerológica, para poner de relieve el profundo contraste que existe entre estas depresiones y aquellas del tipo dinámico antes estudiado, y para preparar el fundamento de las consideraciones del próximo párrafo, que trata de las repercusiones de la depresión térmica en el régimen climático del NW de la Argentina.

A fin de facilitar la comparación entre los dos tipos, hemos elegido un ejemplo de la misma estación del año, en la que había aparecido el ciclón sobre el NE de la Argentina. Las cuatro vistas de la Fig. 6 darán una clara impresión de las propiedades esenciales de la depresión térmica. Lo particularmente notable es la estrecha analogía entre la configuración de las *isobaras* en el nivel del mar (mapa b) y aquella de las *isotermas* en el nivel de 1000 m (mapa c).

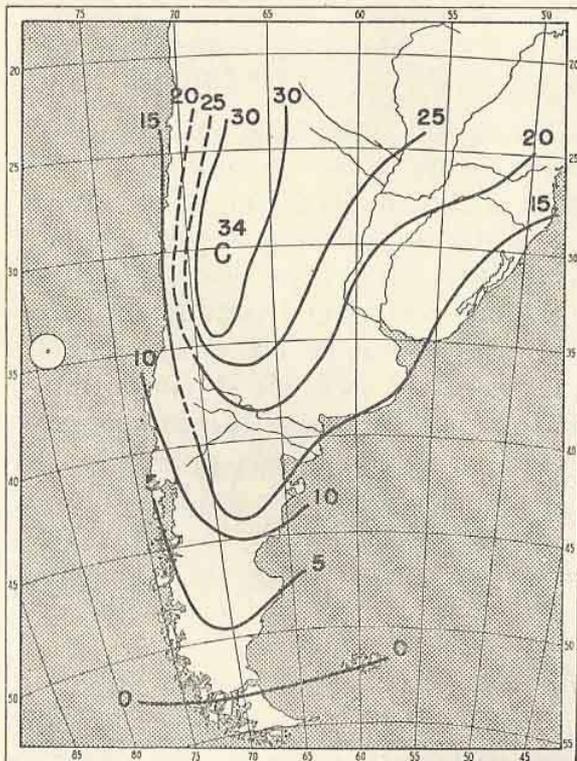
La construcción de nuestro mapa de isotermas se basa en la suposición de que a esta hora del día (1 a 2 horas después de la culminación del sol) el gradiente térmico en las capas inferiores, es decir, por debajo de 1000 m sobre el nivel del mar, corresponde al valor adiabático-seco, 1°/100 m. Semejante hipótesis debe estar muy cerca de la realidad para todas las estaciones que no sean marítimas ni se hallen ubicadas en la costa inmediata. Pero hasta aceptando un posible error relativamente



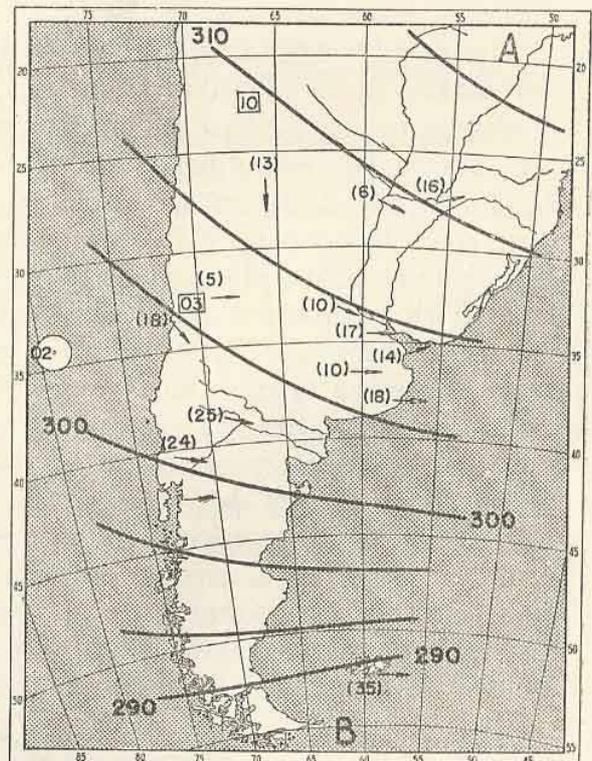
Vista a



Vista b



Vista c



Vista d

FIG. 6.—Vista a: Isobaras a nivel del mar, 25.X.1950, 15 horas. Vista b: Isobaras a nivel del mar, 26.X.1950, 15 horas. Vista c: Isotermas en el nivel de 1000 m, 26.X.50, 15 horas. Vista d: Topografía absoluta de 700 mb (cerca de 3000 m), 26.X.1950, 15 horas.

grande, a razón de 2° por kilómetro de altura, la configuración de las isotermas no variaría mucho, dado el pronunciado gradiente térmico horizontal entre el W de la Argentina y el Uruguay y S de Brasil.

La configuración de las isolíneas de las vistas *b* y *c* de Fig. 6 expresa que el gradiente horizontal de la presión que existe en el nivel del mar debe disminuir rápidamente con la altura, dado que, según la fórmula expuesta en el primer párrafo, el gradiente vertical de la presión es mucho menor en la baja ("térmica") de lo que es sobre las regiones adyacentes. Esta circunstancia se confirma en el mapa *d* de la misma figura, que representa la topografía absoluta del nivel de 700 mb, correspondiente a una altura de 3000 m, aproximadamente. También en este mapa, como ya antes en los mapas de la Fig. 2, se han dibujado isolíneas con un intervalo de 33 m geopotenciales, lo que es equivalente a un intervalo de 4 milibares de un mapa de isobaras a nivel del mar.

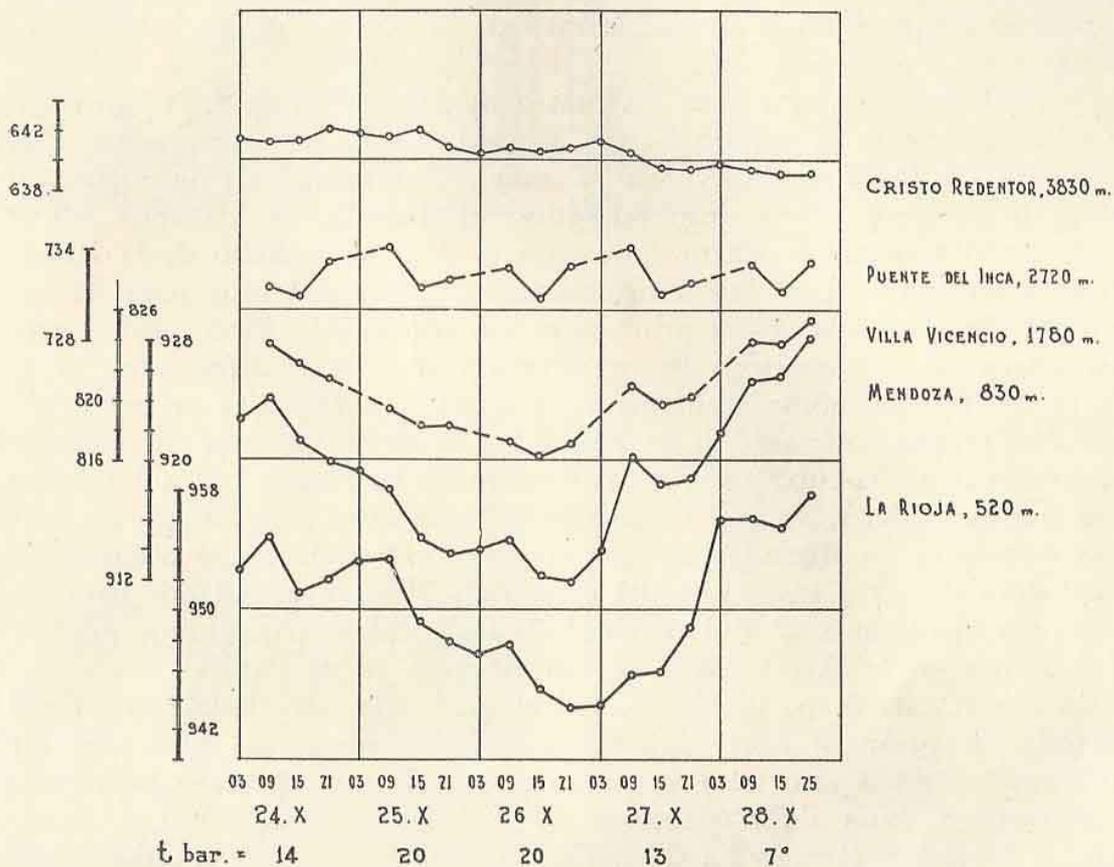


Fig. 7. — Marcha de la presión atmosférica a nivel de la estación, en ocasión del desarrollo de la depresión térmica, a partir del 24.X.1950. *t bar.* = temperatura media virtual de la capa entre 830 y 3830 m, calculada a base de los valores de presión de Mendoza y Cristo Redentor.

Así se pone en evidencia inequívoca que la depresión térmica es un fenómeno de las capas inferiores, y la Fig. 7 sirve para demostrarlo con referencia a la marcha temporal de la presión en varias estaciones de distinta altura, ubicadas todas ellas —con excepción de La Rioja— dentro de un radio de 55 km.

Hay que comparar las dos curvas de la marcha de la presión en la altura (Cristo Redentor, 3800 m) en las Figs. 3 y 7, para ver, en forma convincente, el contraste entre los dos tipos de sistemas alobéricos.

VI. LA INFLUENCIA DE LA DEPRESION TERMICA SOBRE EL REGIMEN CLIMATICO, EN EL NW DE LA ARGENTINA

Un estudio de las cartas diarias del tiempo de los meses de verano y de los barogramas de estaciones de distintas alturas, demuestra que la depresión térmica es un fenómeno muy característico y frecuente en el NW de la Argentina. Tal depresión, considerándola como un individuo, tiene una vida relativamente breve, y llega a morir a causa de una irrupción de aire frío desde el S. Pero la duración de este aflujo de aire polar es siempre mucho más breve (1 a 2 días) que aquella de los períodos intermedios en los que la baja térmica se forma, intensifica y permanece con algunas variaciones sin mayor importancia (2 a 10 días).

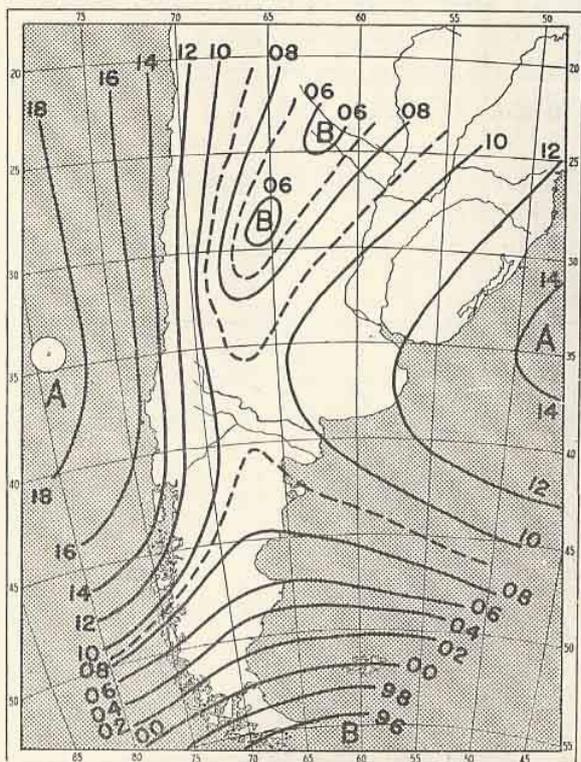
De esta manera la depresión térmica se impone como factor decisivo en el régimen climático de los meses de verano en el W (y por sus repercusiones sobre las corrientes del aire en las capas inferiores de la troposfera también en la zona central) de la Argentina, lo cual queremos poner en evidencia ahora.

Con tal motivo exponemos los cuatro mapas de la Fig. 8. El primero de ellos representa el campo bórico a nivel del mar, y precisamente el promedio de los dos meses con la mayor intensidad de la radiación solar, diciembre y enero, aprovechándose el material de 10 años, 1939 a 48, elaborado por F. PROHASKA para el Atlas Climático de la República Argentina¹. Este mapa no necesita muchas palabras para su interpretación, pues sus rasgos principales son conocidos. Pero resulta muy instructiva la comparación de este mapa con el que corresponde a la altura de 3000 m, aproximadamente, la topografía absoluta del nivel bórico de 700 mb, mapa *b* de la Fig. 8. Como en la parte anterior de nuestro análisis, la topografía se ha construido en base a todos los datos disponibles, es decir, valores de presión y temperatura promedios de muchas estaciones en distintas alturas con las extrapolaciones pertinentes, y valores del vector resultante del viento en 3000 m calculados para 15 estaciones aerológicas, con el material de los sondeos con globos pilotos, de 11 años en la Argentina y menor número en el Brasil.

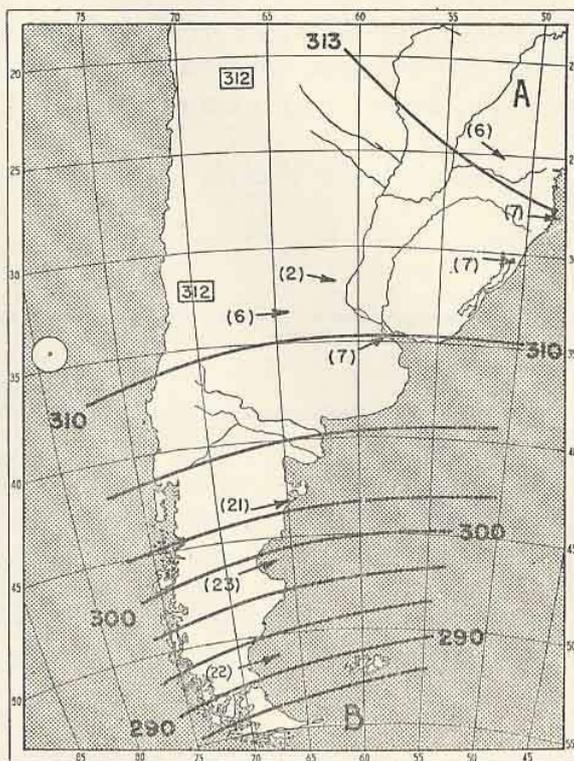
En efecto, este mapa de altura, con el gradiente meridional muy débil en toda la región al norte del paralelo 35°S, no puede pretender ser muy exacto. Pero esto tiene menor importancia para nuestro problema, dado que sin duda alguna se pone en evidencia que en 3000 m de altura la depresión térmica ha desaparecido; este resultado esencial es irrefutable.

Podríase argüir, sin embargo, que el mapa anterior, el del campo bórico a nivel del mar, carece de sentido real, puesto que la mayor parte de la región de la baja térmica es terreno con alturas superiores a los 500 m, produciéndose de tal manera la depresión bórica en el nivel del mar como un producto artificial de la reducción de los valores de presión. Hay varias posibilidades de mostrar que tal objeción no es valedera, por ejemplo, mediante un análisis detallado para las distintas horas del día. Pero lo más ilustrativo será el referirse a sondeos del viento, ya que la depresión térmica tiene repercusiones de gran alcance sobre las

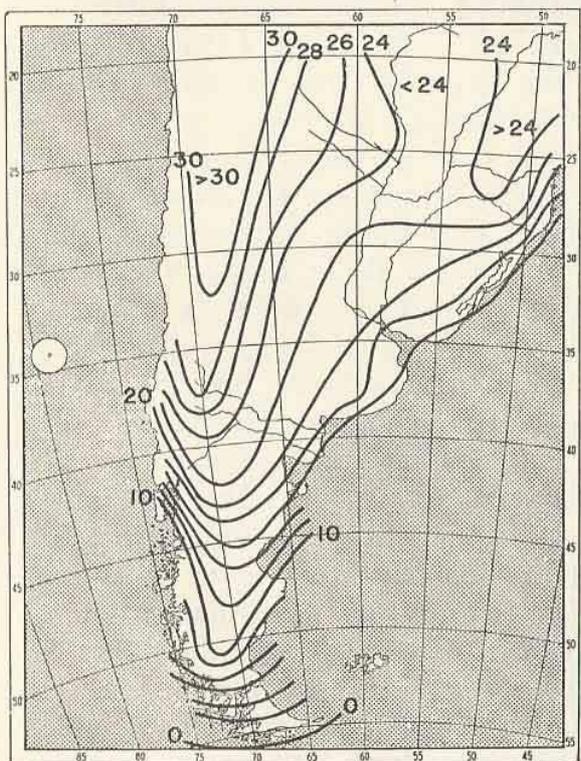
¹Obra actualmente en preparación por parte del Servicio Meteorológico Nacional.



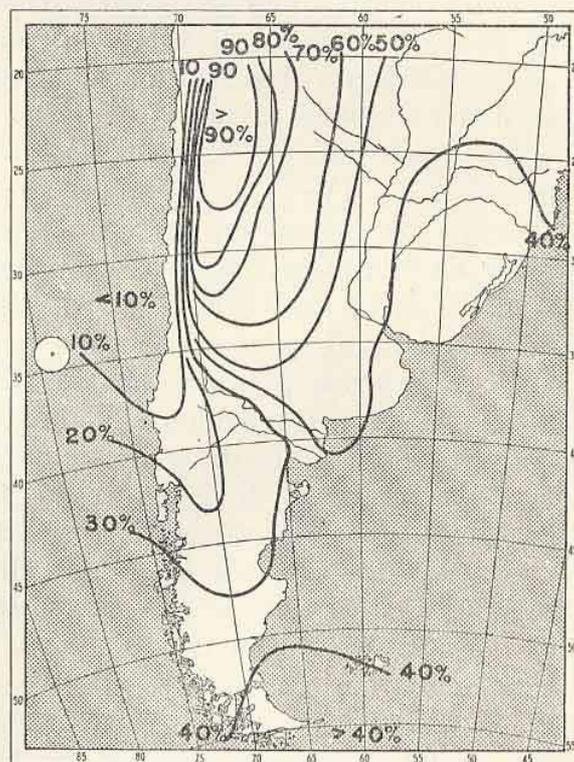
Vista a



Vista b



Vista c



Vista d

FIG. 8. — Vista a: Isobaras a nivel del mar, promedio de los meses de diciembre y enero; 10 años. Vista b: Topografía absoluta de 700 mb (cerca de 3000 m), promedio de los meses de diciembre y enero. Vista c: Isotermas en el nivel de 1000 m, a las 15 horas, promedio de los meses de diciembre y enero. Vista d: Relación (en %) entre la suma de lluvias caídas en la estación caliente (diciembre a marzo), y la suma total anual.

corrientes de aire en las capas inferiores de una zona muy extensa. Para demostrarlo conviene recurrir a sondeos del viento realizados sobre las regiones marginales, donde hay un gradiente bórico horizontal bien definido, como, por ejemplo, sobre Córdoba (Cuadro VI).

CUADRO VI. — *Frecuencia relativa de viento del sector 360° a 60° en distintas alturas (s. n. m.), sobre Córdoba*

Meses de Diciembre y Enero, 10 años, n = número total de sondeos que alcanzaron la altura respectiva.

Altura s. n. m.	09 horas		15 horas	
	n	F. R. (360 a 60)	n	F. R. (360 a 60)
500	378	54 %	373	62 %
1000	359	56 »	348	61 »
1500	346	46 »	327	46 »
2000	309	34 »	282	37 »
2500	286	28 »	262	31 »
3000	267	22 »	236	21 »
4000	236	11 »	196	11 »
5000	205	5 »	169	7 »
6000	166	4 »	150	3 »

Naturalmente, este material no está libre del efecto de la selección de días con poca nubosidad, pero la disminución de la frecuencia de aquellas direcciones que deben interpretarse como vinculadas con la existencia de la baja térmica es tan pronunciada, y la diferencia entre sondeos de la mañana y sondeos de la tarde, tan pequeña, que no queda duda alguna en cuanto a la realidad del fenómeno.

La explicación de su existencia la hemos dado ya en otra ocasión (^s y párrafos I y IV de este estudio). Pero para demostrar el calentamiento excesivo de la región preandina, también por datos climatológicos en lugar de sinópticos, hemos compuesto el mapa *c* de la Fig. 8 y el cuadro VII. Al construir el mapa, siempre sobre la hipótesis de un gradiente adiabático seco en la capa entre superficie y 1000 m s. n. m. durante las primeras horas de la tarde, en el promedio de los dos meses diciembre y enero, hemos tratado de extender el análisis lo más posible hacia el N, para facilitar una comparación de las condiciones en el W de la Argentina y S de Bolivia con aquellas en el S del Brasil, donde hay incluso varias estaciones cerca del nivel de 1000 m. Aprovechando también el registro de estaciones de pocos años de existencia, y suponiendo una diferencia de 2°C entre la temperatura máxima media y la temperatura media de 15 horas, siempre para los meses diciembre y enero, fué posible usar valores de un total de 450 estaciones para el mapa básico del cual el mapita *c* da la esencia. De tal manera se mostró, por la gran uniformidad de los valores calculados, que el posible error de la extrapolación tiene que ser muy pequeño. Debe mencionarse que no se han tomado en cuenta las estaciones con alturas superiores a 2000 m, y que en la zona de mayor calor, > 30°, hay varias estaciones con alturas inferiores a 1000 m.

CUADRO VII. — *Comparación de la temperatura media virtual y la temperatura máxima media del período diciembre-enero para algunas estaciones argentinas y brasileñas, situadas en igual altura s. n. m.*

(Datos argentinos a base de material de 40 años; Tumbaya de 16; datos brasileños según (2).)

Est. Argentina	Lat.	Long.	Altura	tmv	tmm	Est. Brasil	Lat.	Long.	Altura	tmv	tmm	Δt_{mv}	Δt_{mm}
La Rioja	29.5°	67°	520 m	28.9	35.4	B. Horizonte	20°	44°	550 m	23.9	26.6	5.0°	8.8°
Catamarca	28.5	66	550	29.2	33.6	Ribeirao	21	48	560	27.1	30.0	2.1	3.6
San Juan	31.5	68.5	630	27.4	33.1	Cazuelo	19	45	620	25.1	29.2	2.3	3.9
Chepes	31	66.5	650	28.3	33.7	Passo Fundo	28	53	670	24.9	29.2	3.4	4.5
Güemes	24.5	65	660	28.3	33.5	Faxina	24	49	690	25.3	28.9	3.0	4.6
San Luis	33	66	740	25.9	31.7	A. de Sierra	24	47	800	22.7	24.5	3.2	7.2
Rosario de la Frontera .	26	65	780	28.1	31.3	Catalao	18	48	830	25.3	26.9	2.8	4.4
Mendoza	33	69	830	25.1	31.2	Sao Carlos d. P.	22	48	850	24.7	27.8	0.4	3.4
Andalgalá	27.5	66	1060	27.2	33.9	Franca	21	48	1000	24.7	26.7	2.5	7.2
Chilecito	29	67	1100	27.2	33.2	Guarapuava	25	51.5	1100	23.3	26.1	3.9	7.1
Jachal	30	69	1160	26.7	32.9	Palmas	26	52	1150	22.8	27.2	3.9	5.7
Tinogasta	28	67.5	1200	27.0	34.5	Diamantina	18	44	1270	23.0	25.9	4.0	8.6
Tumbaya	24	65.5	2100	18.3	24.1	Itatiaya	22	45	2170	15.0	16.4	3.3	7.7

El mapa —que puede resultar interesante también para problemas relacionados a la aviación— muestra bien claro el contraste entre el régimen térmico del W de la Argentina y el del S del Brasil. Pero para evitar, otra vez, la objeción de que se trate de un efecto aparente, causado por la distinta altura de las estaciones usadas, completamos el mapa c de la Fig 8 por el cuadro VII, en el que se encuentran contrapuestos, en cada renglón, una estación sita al W del meridiano 65°W , y otra sita al E del meridiano 53°W , estando siempre ambas prácticamente a igual altura.

Resulta bien claro que no solamente la temperatura máxima media es bastante mayor en la región de la baja térmica —lo cual parece muy natural por causa de menor humedad y nubosidad en aquella zona—, sino también la temperatura media *virtual*, es decir, el valor que entra directamente en los cálculos aerológicos. En efecto, el enfriamiento nocturno no llega a compensar, en esta estación del año, el fuerte calentamiento causado por la radiación solar menos debilitada.

Vale la pena, quizás, detenernos aquí un momento para discutir este resultado que a primera vista parecería contradecir el conocido "efecto de invernáculo", causado por las nubes y el vapor de agua. Para interpretarlo en forma correcta, debemos considerar lo siguiente: Sobre el S del Brasil existe con gran frecuencia, en esta estación del año, una corriente desde el SE que trae una masa de aire ajena con características que corresponden a regiones marítimas de latitud más alta. Este no es el caso, o bien es el caso de menor frecuencia, en la zona de la depresión térmica. Además, la variación diurna de la nubosidad, con los valores mínimos durante la noche, trae consigo que el debilitamiento de la radiación que entra es relativamente mayor que el de la radiación nocturna. Tal circunstancia debe ser más efectiva sobre el S del Brasil que tiene mucha nubosidad durante el día, que en el NW de la Argentina donde hay gran número de días con el cielo casi despejado.

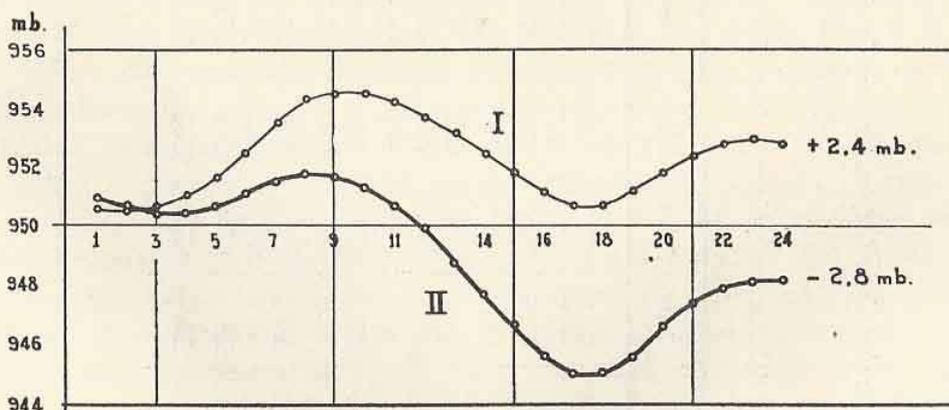


FIG. 9. — Variación diurna de la presión en La Rioja, promedio de días selectos de diciembre y enero de los años 1939 a 1946. I = promedio de los 81 días con la amplitud térmica $< 10^{\circ}$; II = promedio de los 122 días con la amplitud térmica $> 15^{\circ}$.

Las repercusiones del intenso calentamiento diario sobre la marcha de la presión las estudió ya K. WEGENER ⁽¹⁰⁾, mostrando que en Córdoba, en los meses de enero y febrero, la presión está bajando a razón de 2 mb cada 24 horas, en los días despejados. Para ilustrar, en adición

a ese estudio, las condiciones existentes en la zona de la depresión térmica propiamente dicha, exponemos los gráficos de la Fig. 9, los cuales se refieren a un conjunto de días con la amplitud térmica (diferencia entre máxima y mínima) superior y otro conjunto con esta amplitud inferior a la normal, y precisamente $> 15^\circ$ y $< 10^\circ$, para los meses diciembre y enero, en La Rioja. Se impone la impresión de que el intenso calentamiento de una capa de considerable espesor en las horas con sol se hace eficaz en la manera de una bomba de succión, mientras que el paso opuesto, el enfriamiento nocturno, tiene menor efecto, puesto que él abarca una capa de menor espesor y existe con menor duración.

Todas estas consideraciones nos hacen comprender que la depresión térmica, aunque limitada a las capas inferiores de la troposfera, ejerce notable influencia sobre el clima de verano de una extensa zona. Esto se manifestó ya en el primer estudio⁽⁸⁾ en el que se mostró como la formación de la depresión "térmica" llega a preparar condiciones favorables para intensos empujes de aire polar hacia el N, sin los cuales el clima de esa gran zona tendría características muy diferentes. Esto se refiere, en primer lugar, al régimen térmico, pero vale en forma indirecta también para el régimen pluvial. Mientras la depresión térmica existe, los vientos del NE (según el cuadro VI) en su sector oriental traen, paulatinamente, masas de aire más húmedo, y éstas son la fuente principal de las precipitaciones que caen en aquella región, preferentemente en ocasión del avance impetuoso del aire frío desde el S.

Por consiguiente debe existir cierta relación entre el régimen pluvial y la depresión térmica, la cual se pone en evidencia en el último mapa, vista *d* de la Fig. 8. La zona en la que la mayor parte de la precipitación anual la constituyen lluvias de la estación caliente, muestra mucha analogía con aquella región que, por todo lo antedicho, y en particular por los mapas *a* y *c* de la Fig. 8, se ha caracterizado como la región de la baja térmica.

BIBLIOGRAFÍA

1. HESSE, W. — « Untersuchungen über die Steuerung von isallobarischen Gebilden sowie steuernden Aktionszentren ». *Veroff. Geophys. Inst. Leipzig*, Tomo XVI, 1952.
2. Hydrographic office, U. S. N. D., Weather Summary Brazil, H. O. N. O. 527, Washington 1945.
3. NAUMANN, G. — « Tangentialdruck des Windes und Rauigkeit der Meeresoberfläche ». *Zeitschrift für Meteorologie*, Tomo 2, 1948.
4. PANOFSKY, H. A. — « Large scale vertical velocity and divergence ». « Compendium of Meteorology, Am. Met. Soc., pág. 639 sig., 1951.
5. RAETHJEN, P. — « Bemerkungen zum Tangentialdruck des Windes am Erdboden ». *Zeitschrift für Meteorologie*, Tomo 5, 1951.
6. RAETHJEN, P. — « Dynamik der Zyklonen ». Ak. Verlagsges., Leipzig, 1953.
7. SCHERHAG, R. — « Wetteranalyse und Wetterprognose ». Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1948.
8. SCHWERDTFEGGER, W. — « La depresión térmica en el noroeste de la Argentina ». *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, Tomo CL, Buenos Aires, 1950.
9. SCHWERDTFEGGER, W. — « Valoración de posibles observaciones meteorológica en el océano Pacífico, para la previsión del tiempo en la Argentina ». *METEOROS*, año IV, 1954.
10. WEGENER, K. — « Análisis de la variación diurna de la presión en la República Argentina ». *METEOROS*, año I, nº 4, 1951.

537.213 : 537.742.3

NUEVO SOPORTE Y CONEXIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ELÉCTRICO ATMOSFÉRICO, CON SONDA IÓNICA Y ELECTRÓMETRO, UTILIZANDO MÉTODO DE CERO

POR C. A. M. MARTINOLI *

Resumen. — Se presenta un nuevo soporte y conexión para la medida absoluta del campo eléctrico atmosférico, con sonda iónica y electrómetro, el que a pesar de ser metálico y vertical no produce, en las condiciones de medida, ninguna perturbación del campo eléctrico uniforme preexistente a su introducción, pudiendo ser, por lo tanto, de altura elevada con relación al entorno utilizable.

Summary. — A new stand and connection for absolute measurements of the atmospheric electrical field is described, working with an ionic collector and electrometer; although built of metal and being of vertical design, the stand when used in measuring conditions does not cause any disturbance of the uniform electrical field existing previously, so that the equipment may be built fairly high as compared to the dimensions of the measuring ground.

A fin de obtener el valor absoluto del potencial eléctrico atmosférico en un punto de la atmósfera deben extremarse, entre otras, las precauciones para evitar la deformación de la estructura y valor del campo eléctrico preexistente a la introducción del dispositivo de medida (en este caso sonda iónica, electrómetro, y respectivos soporte y conexión), es decir, evitar modificar la forma de las líneas de fuerza y de las superficies equipotenciales, o alterar su número y valor, respectivamente.

Con tal propósito ha de tenerse especial cuidado con la ubicación, dentro del campo eléctrico, cercano al punto considerado, de los materiales aislantes y conductores utilizados. En efecto, no debe olvidarse que los primeros pueden adquirir fácilmente cargas eléctricas por frotamiento de magnitud incontrolable, y que los segundos, sean alambres o varillas en conexión con la sonda iónica, deben estar perfectamente aislados y extendidos a lo largo de las superficies equipotenciales del campo eléctrico atmosférico preexistente. De lo contrario, pueden resultar notables perturbaciones del campo eléctrico atmosférico, no solamente en su estructura sino también en sus valores. Así, por ejemplo, la magnitud de la carga eléctrica que puede aparecer en un soporte aislante cercano, no convenientemente protegido, puede, según su signo y ubicación relativa, llegar a producir hasta la inversión de signo, falseando completamente la medida. Por otra parte, un soporte o conexión metálica aislada, en conexión con el colector iónico, que no guarda en todo momento el paralelismo con las superficies equipotenciales elegidas del campo eléctrico, a medir, da lugar a la deformación y variación del número de líneas de fuerza, esto

* Profesor de Física. De la Dirección de Investigaciones Meteorológicas e Instrucción del Servicio Meteorológico Nacional.

es, no solamente a la deformación de su estructura sino también a la alteración de su valor.

Teniendo en cuenta lo que antecede es que de los dos sistemas de soporte y conexión universalmente adoptados para la medida absoluta del campo eléctrico atmosférico uniforme, existente cerca del suelo sobre terreno plano, por medio de la sonda iónica y electrómetro, a saber:

1) Colector sobre soporte vertical de material aislante (ebonita, lucite, etc.) en conexión por alambre paralelo al suelo con electrómetro distante 10 a 20 metros, a un metro de altura.

2) Sonda iónica instalada en el medio de un alambre paralelo al suelo, de 20 a 40 metros de largo y un metro de altura, en conexión con el electrómetro por uno de sus extremos, y tendido entre dos soportes verticales conductores o semi-conductores.

El último mencionado es el más indicado, puesto que se cumplen las condiciones necesarias para mínima deformación y alteración de valores: ausencia de cuerpos aislantes cercanos expuestos a frotamiento, y tendido paralelo de conductores aislados (horizontal en caso de suelo llano y horizontal).

Como se ve, en ambos casos es indispensable disponer sobre el suelo, para la medida del valor absoluto del campo eléctrico atmosférico, de una superficie plana de tanto mayor radio cuanto mayor la altura de la sonda sobre el suelo, con el objeto de reducir al mínimo la deformación producida por los soportes verticales distantes. Sin embargo, puede suceder que el campo eléctrico atmosférico sea en el lugar suficientemente uniforme, a pesar de ser el entorno utilizable para la medida relativamente pequeño, resultando por lo tanto, para una altura dada de la sonda, imposible obtener el alejamiento suficiente de los sostenes verticales del alambre aislado horizontal para llenar las condiciones mínimas exigidas por el método.

Pensando en dicha posibilidad se ideó el soporte que se describe a continuación, y que presenta la particularidad de tener las siguientes propiedades, aparentemente incompatibles:

Es único, vertical, metálico y en conexión con tierra, siendo además vertical y blindada eléctricamente la conexión al electrómetro, quedando por ello al abrigo de contactos con telarañas, etc., exteriores. Sin embargo, el campo eléctrico uniforme preexistente en dicho, relativamente pequeño, entorno disponible, no resulta apreciablemente perturbado por la introducción del mencionado soporte y conexión, como se ha podido verificar.

Se trata, pues, de un caño o tubo metálico, Fig. 1, vertical, sobre cuyo exterior se ha bobinado una capa de alambre de niquelina esmaltado, sin dejar espacio entre espiras, siendo la resistencia eléctrica entre sus extremos del orden de los 10^5 ohmios. El extremo inferior del alambre de niquelina, que queda a ras del suelo, está conectado a tierra. Al extremo superior se da por medio de un potenciómetro, potencial eléctrico variable hasta alcanzar el de la superficie del nivel del campo eléctrico atmosférico preexistente cuya altura es igual a la del punto de toma del colector iónico. Sobre el extremo superior del tubo apoya el aislador compuesto, constituido por un disco de buen material aislante (ebonita, etc.), un disco metálico en conexión eléctrica con el extremo superior del bobinado.

nado de niquelina, un disco de excelente aislador (ámbar, polystirene, etc.) y un capuchón metálico protector de este último. Sobre dicho capuchón apoya una varilla metálica horizontal, en uno de cuyos extremos está montada la sonda iónica. La vinculación eléctrica entre la sonda y el electrómetro se obtiene por un alambre que desciende verticalmente por el interior del tubo metálico, es decir, por un alambre blindado.

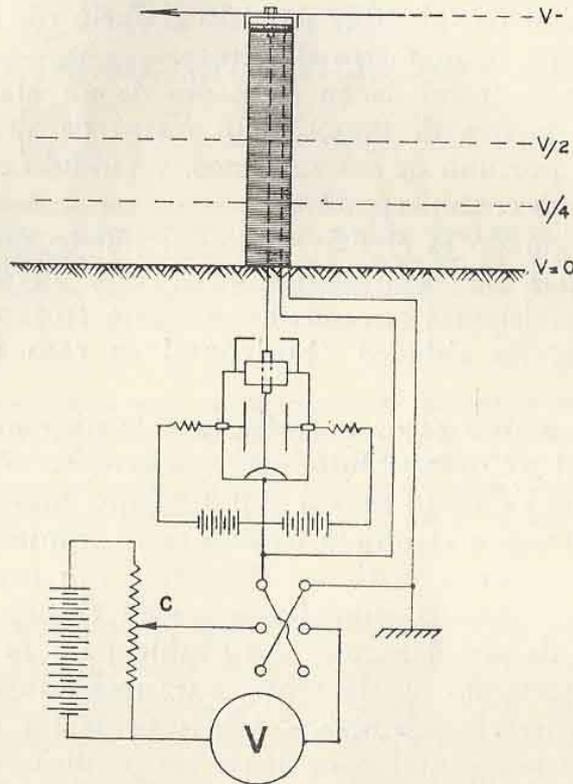


FIG. 1. — En condiciones de equilibrio eléctrico, el electrómetro marca cero y el voltímetro indica el potencial eléctrico atmosférico, V .

En condiciones de equilibrio, o sea, una vez que se ha conseguido llevar por el movimiento del cursor potenciométrico C , Fig. 1, el extremo superior del bobinado de niquelina al potencial V de la superficie equipotencial del campo eléctrico uniforme preexistente, que pasa por el punto de toma del colector iónico, el sostén vertical y conexión al electrómetro correspondiente no producen ninguna deformación o alteración del campo eléctrico atmosférico a medir, puesto que en esas condiciones cada espira del bobinado vertical tiene el mismo potencial eléctrico que el de la superficie equipotencial, del campo eléctrico atmosférico, que la contiene.

La condición de equilibrio indispensable para la medida se obtiene en cada caso cuando el electrómetro marca cero, lo que se consigue aumentando a partir de cero, el potencial eléctrico (positivo o negativo, según la posición necesaria en la llave inversora) del cursor potenciométrico C , o sea, del extremo superior del bobinado de niquelina. Obtenida ésta, el voltímetro indica el potencial atmosférico que interesa.

Otra de las ventajas inherentes al método de medida empleado consiste en que, tratándose de un método de cero, resultan mínimas las pérdidas por defectos de aislación eléctrica, puesto que en las condiciones de equilibrio, o sea, en las de medida, el aislador principal queda sujeto solamente a pequeñísimas diferencias de potencial eléctrico.

551.577.2 : 551.577.3(82)

ALGUNOS ASPECTOS SINÓPTICOS DE LA LLUVIA EN LA ARGENTINA ¹

Por KURT WOLCKEN *

Resumen. — En la primera parte del trabajo se presenta el aspecto climático del problema y se da una descripción, desde el punto de vista sinóptico, de los procesos atmosféricos conducentes a la producción de precipitaciones en las provincias argentinas. En la segunda parte se interpretan los resultados de una clasificación sinóptica de todas las lluvias ocurridas durante dos años (1941 y 1942) en los seis lugares siguientes: Tucumán, Corrientes, Córdoba, Mendoza, Buenos Aires y Santa Rosa. La clasificación distingue dos clases principales: 1º) las lluvias frontales, debidas a procesos donde la interacción de dos distintas masas de aire era esencial, y 2º) las lluvias no frontales, debidas a procesos dentro de una sola masa de aire, es decir, donde la presencia de dos masas no era esencial. Cada clase principal lleva varias subdivisiones. En tres cuadros se presentan las cifras resumidas para verano, invierno y el año, lo que permite apreciar cuantitativamente la importancia relativa que tienen los distintos procesos lluviosos en los diferentes lugares. Finalmente, se aplica la misma clasificación a los 10 casos de máxima precipitación diaria para los lugares citados y utilizando todo el record existente.

Abstract. — In the first part of the article, climatic data are presented as a background and then a description is given, from the synoptic point of view, of the different atmospheric processes which produce rain in the argentine provinces. Patagonian territories are not considered. In the second part, all precipitation which occurred during 1941 and 1942 in the following six places, Tucumán, Corrientes, Córdoba, Mendoza, Buenos Aires and Santa Rosa, is classified synoptically. The classification has two principal classes: 1) frontal rains, containing all occasions when the interaction of two distinctly different airmasses was essential for the production of rainfall and 2) non-frontal rains, due to internal processes of only one airmass or where the presence of two masses was not essential. Each principal class has five subdivisions. The results are summed up in three tables, for summer (octobre to march), winter (april to september) and the year. These tables show in a quantitative way the relative importance of each of the rainforming processes in the different regions. Finally, maximum daily rainfall is considered for the same six places and the ten extreme cases for each place are classified by the same synoptic method. It is found, that in the argentine provinces, considered as a whole, any one of nine different processes can produce an extreme amount of daily rainfall, but considering one given place, there is mostly a clear cut preference for one or two of these processes.

DATOS CLIMATICOS COMO « FONDO »

Para la formación de lluvias son condiciones necesarias aunque no en todos los casos suficientes: 1) la existencia de una adecuada cantidad de agua precipitable en la atmósfera; y 2) el enfriamiento del aire húmedo, generalmente por ascenso.

* Doctor en Filosofía (Geofísica y Meteorología). Universidad de Gottingen. Segundo Jefe Departamento Pronóstico del Tiempo del Servicio Meteorológico Nacional.

¹ Trabajo presentado en el Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología realizado en Buenos Aires en noviembre de 1954.

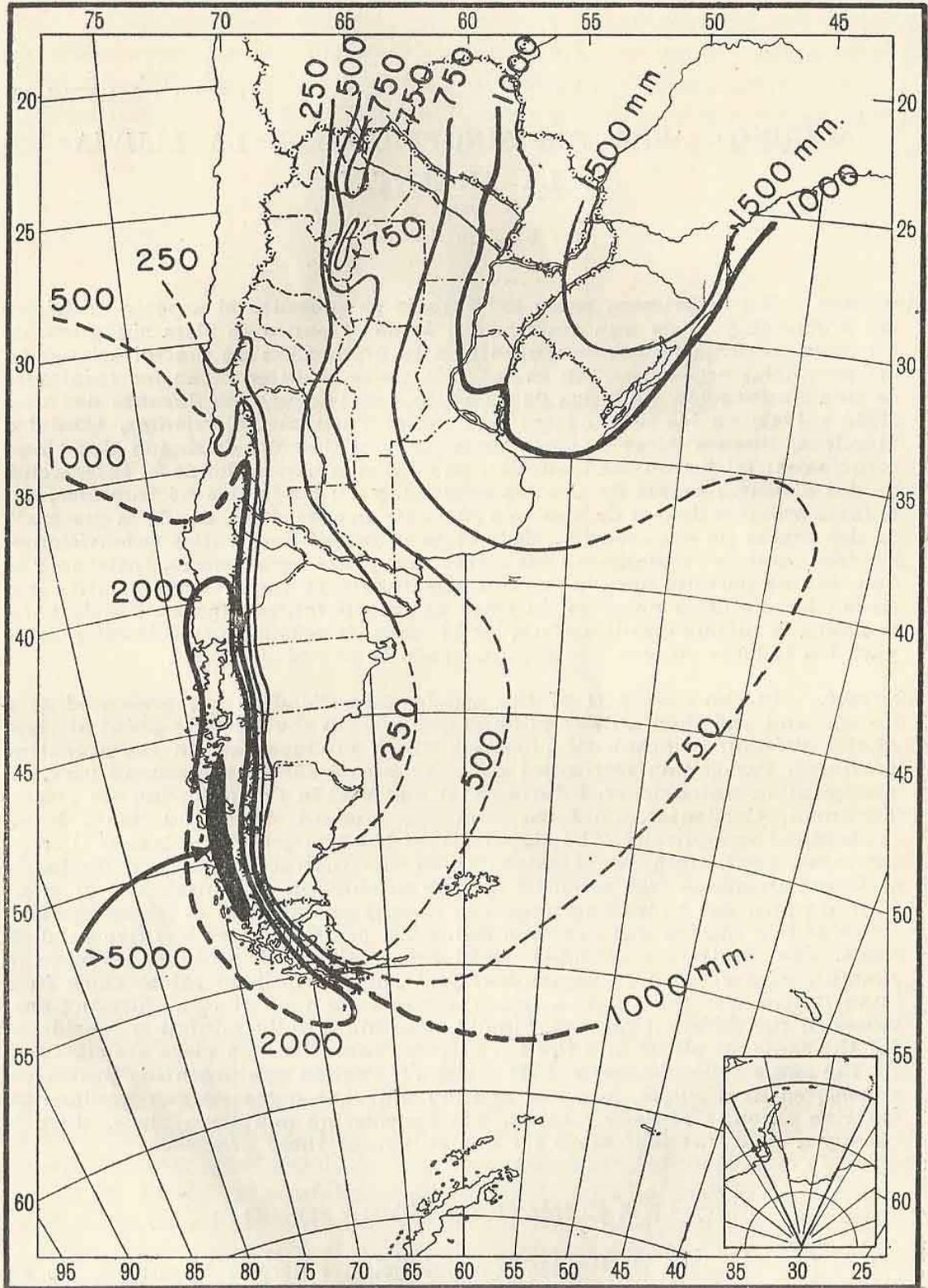


FIG. 1 — Precipitación anual (en milímetros).

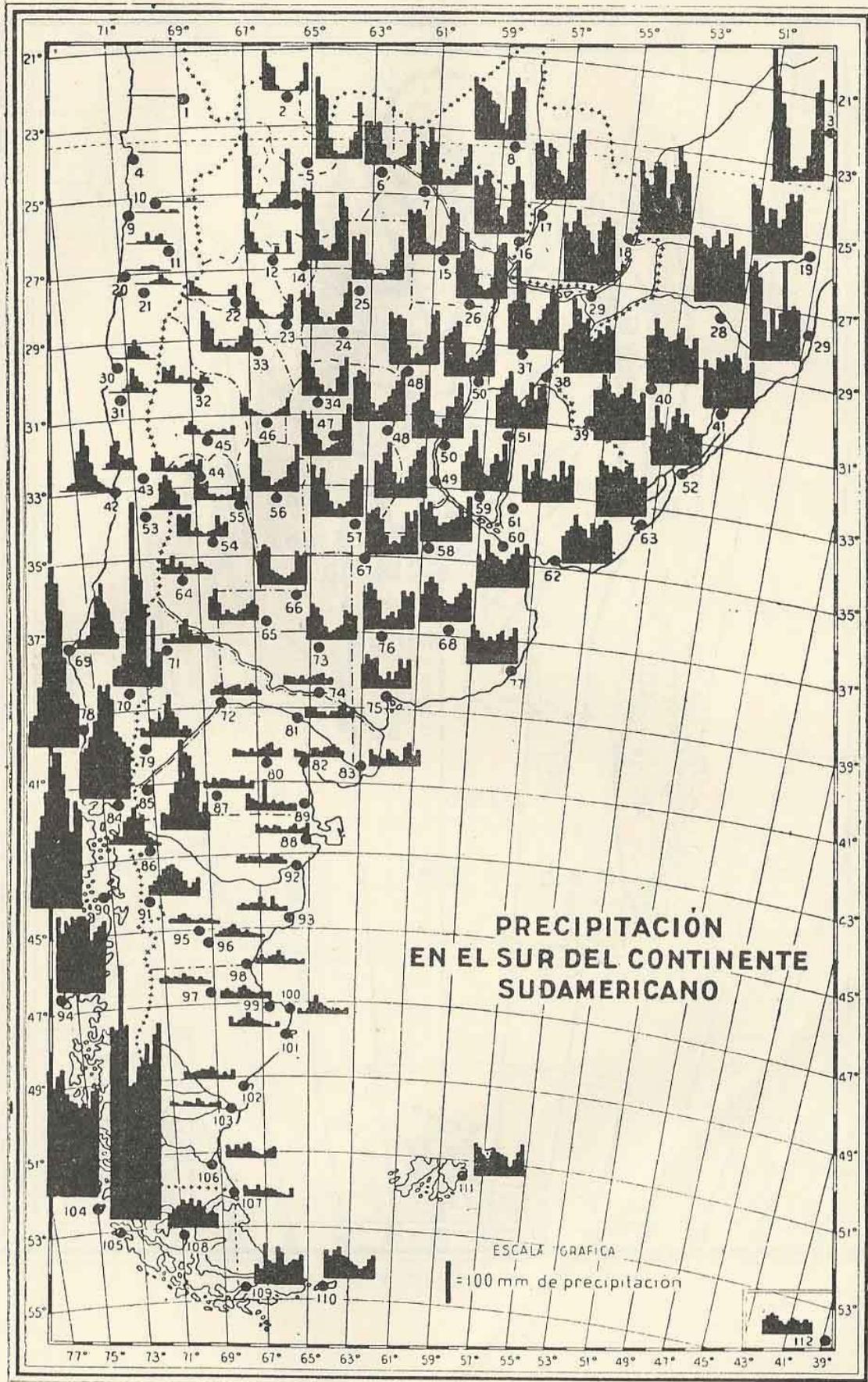


FIG 2 — Distribución y marcha anual de las lluvias (enero a diciembre).

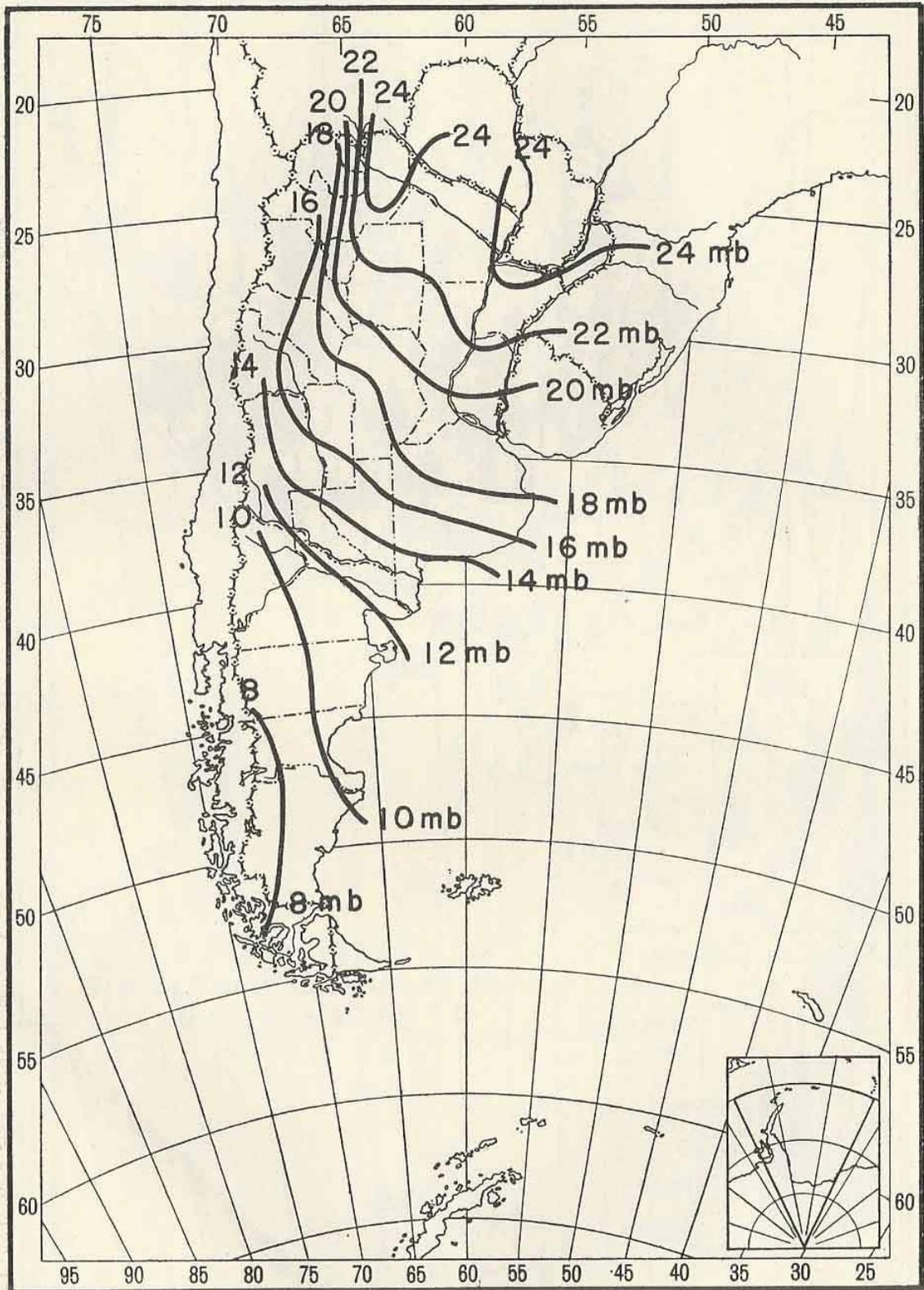


FIG. 3 a. — Tensión del vapor de agua en enero.

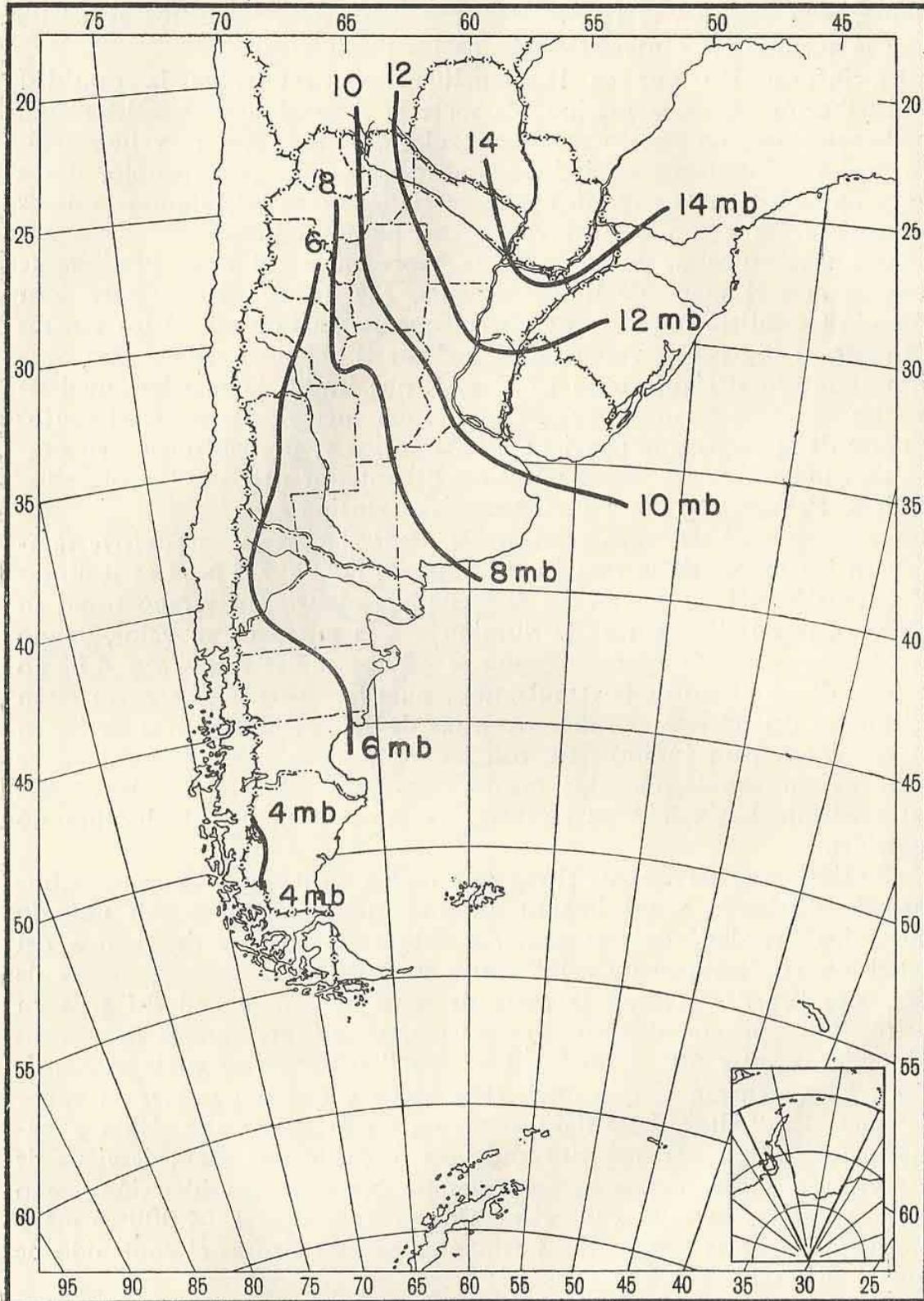


FIG. 3 b. — Tensión del vapor de agua en Julio.

Ambas condiciones son tan triviales y presupuestas que a veces se las olvida, y la atención se fija más bien en los demás requisitos esenciales para la formación o intensificación de las precipitaciones.

La información que en la actualidad se tiene sobre la cantidad y distribución del agua precipitable sobre la Argentina es completamente inadecuada pues no existen sondeos regulares de temperatura y humedad. Se dispone únicamente de indicios indirectos como, por ejemplo, datos de la humedad en la superficie, observaciones de nubes, algunos valores de evaporación y sondeos del viento con globos pilotos.

Para formarnos una idea sobre la procedencia del agua precipitable consideremos el mapa de lluvias anuales, Fig. 1. Se destaca muy bien cómo la Cordillera impide muy eficientemente, en la zona de los vientos del oeste, el ingreso de vapor de agua desde el océano Pacífico. Lo confirma también el siguiente mapa, Fig. 2, que ilustra la marcha anual de las lluvias. Constatamos, pues, que el agua precipitable sobre el centro y norte de la Argentina proviene del Atlántico y, probablemente en grado algo menor, de las zonas selváticas del interior del Brasil, Colombia, Bolivia, Paraguay y de la mesopotamia argentina.

La procedencia del agua precipitable desde el noreste, se advierte también en los mapas de la tensión del vapor, Fig. 3 *a* y 3 *b*. Las isolíneas de la tensión del vapor van del noroeste al sudeste. En verano como en invierno, la relación de mezcla disminuye a la mitad de su valor, yendo de Misiones a Bahía Blanca. Según se percibe en las Fig. 4 *a* y 4 *b*, no se trata de un efecto de la temperatura, pues las isoterms de enero están orientadas del noreste al sudoeste, y las de julio casi E-W, es decir, en verano forman un ángulo recto con las isolíneas de la tensión del vapor y en invierno un ángulo algo menor. En otras palabras, las direcciones del gradiente horizontal de temperatura y de la humedad absoluta no coinciden.

Consideremos brevemente el régimen de los vientos que aportan la humedad. Apelando a una imagen diríamos que tenemos al país ubicado entre dos "ruedas" de transporte, a saber: el sistema de vientos del anticiclón semipermanente del Pacífico y el del Atlántico, y, aparte de estas dos "ruedas", existe la cinta de baja presión al sud del país en latitud 60° aproximadamente, con su correspondiente sistema de vientos W, ubicada entre 40° y 60° S. La "Alta" del Pacífico envía masas de aire frío que entran al país desde el sudoeste y que son pobres en vapor de agua. La "Alta" del Atlántico aporta las masas de aire cálido y húmedo desde el noreste, constituyendo esa corriente una rama desviada de los vientos alisios del sudeste. Dejamos fuera de consideración como transportadores de agua a los vientos de grandes alturas (4.000 ó más) porque a las bajas temperaturas reinantes en esas alturas el contenido de agua precipitable es en sí pequeño.

En invierno, con el mayor enfriamiento del continente comparado con el mar, existe una especie de puente de alta presión que conecta los dos anticiclones a través de nuestro país, Fig. 5 *a* y 5 *b*.

Ese puente reduce la entrada de los vientos norte y noreste en invierno, con lo cual dificulta la entrada de vapor de agua desde el Atlántico. En verano, con el fuerte calentamiento del continente, desaparece dicho

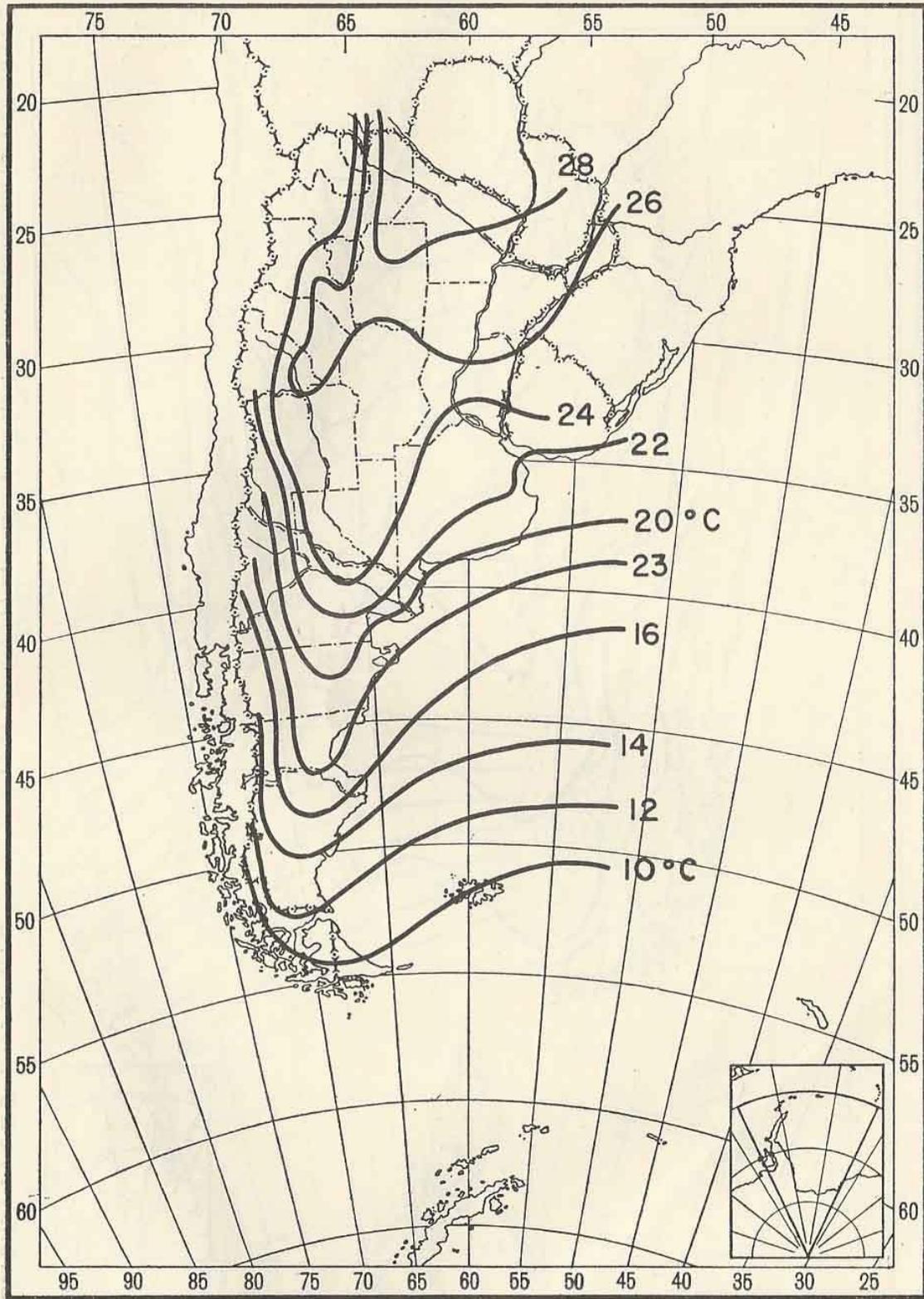


FIG. 4 a. — Temperatura media (período 1901-1950). Enero.

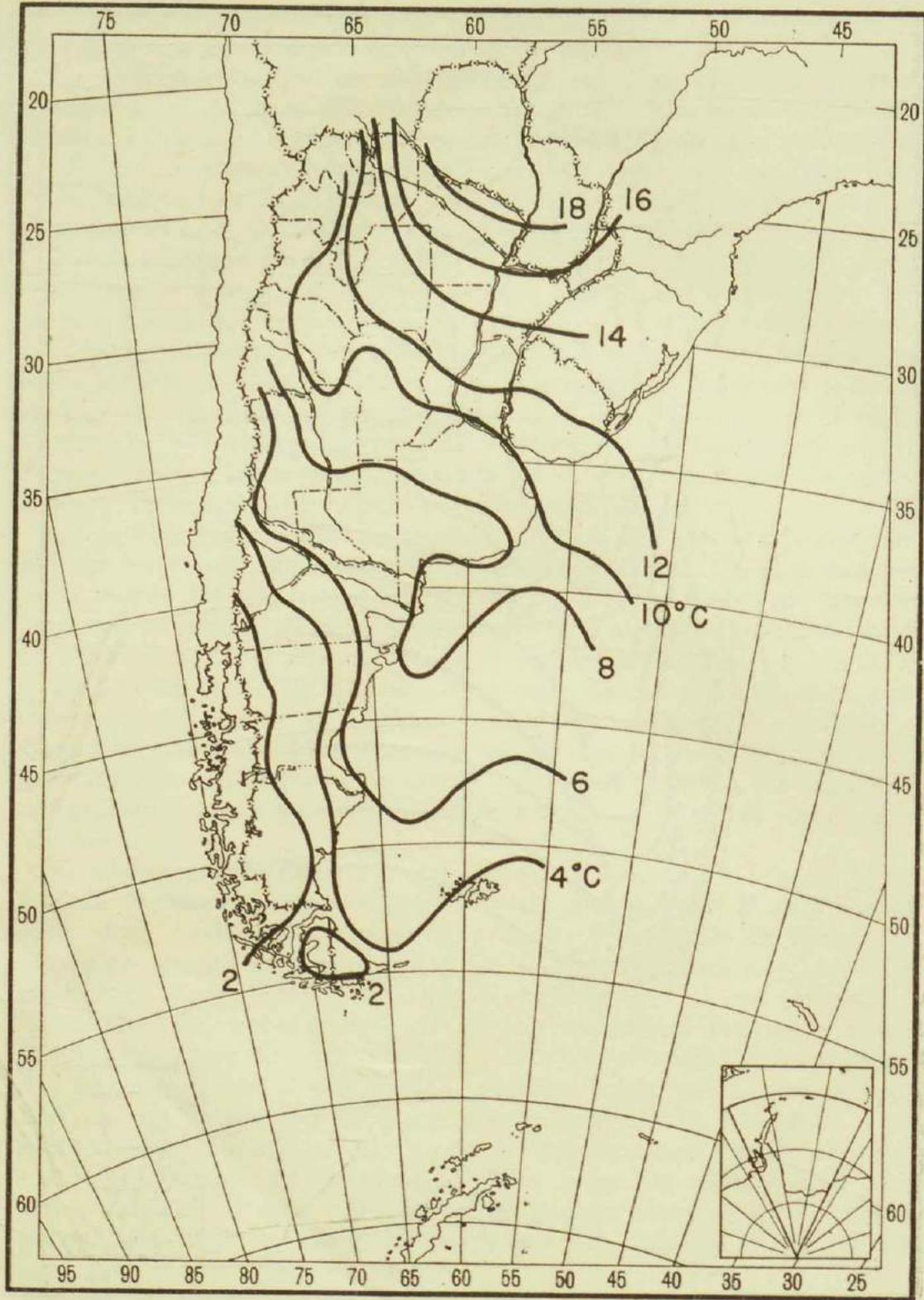


FIG. 4 b. — Temperatura media (período 1901-1950). Julio.

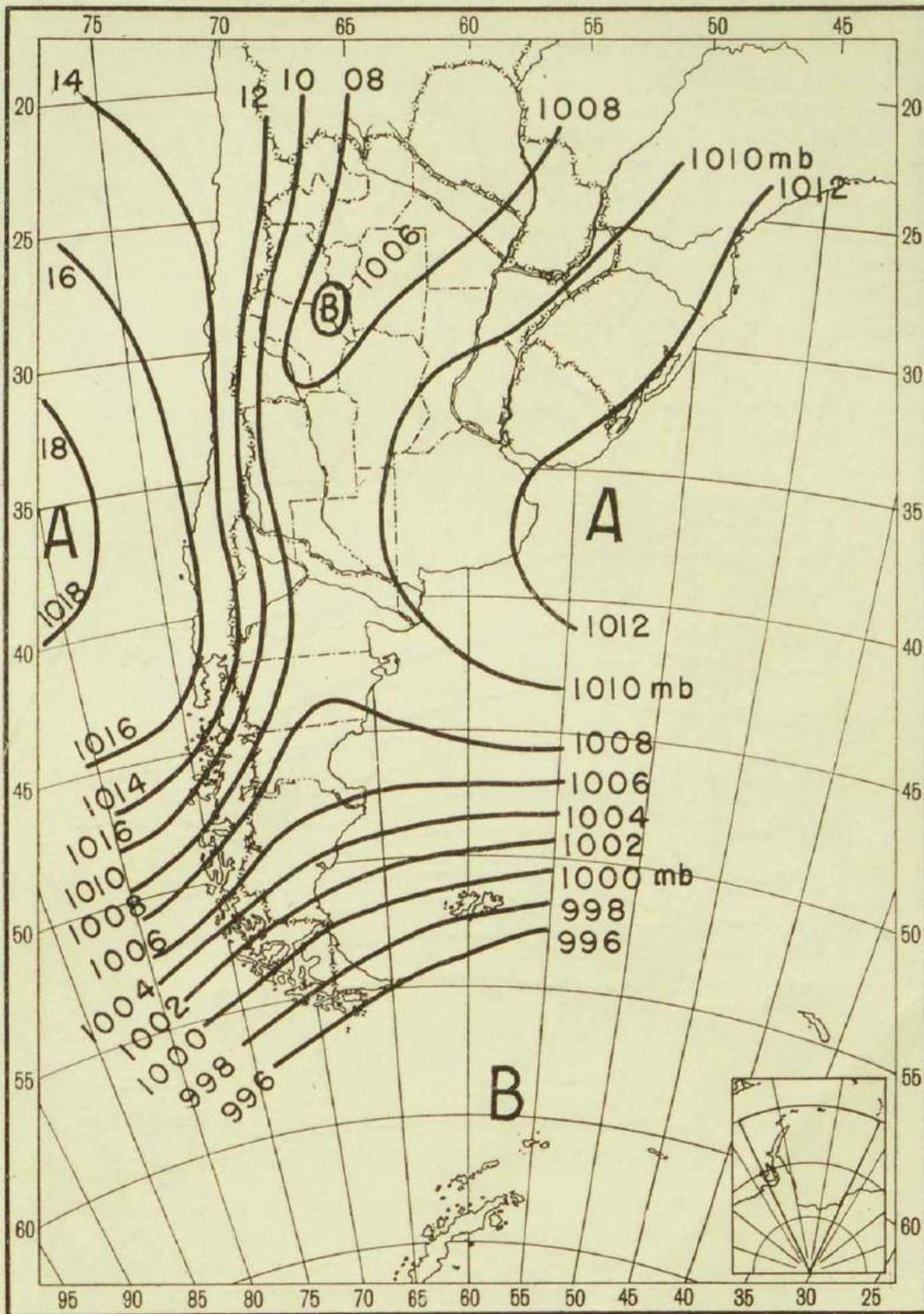


FIG 5 a. — Presión atmosférica media, reducida al nivel del mar (1901-1950). Enero.

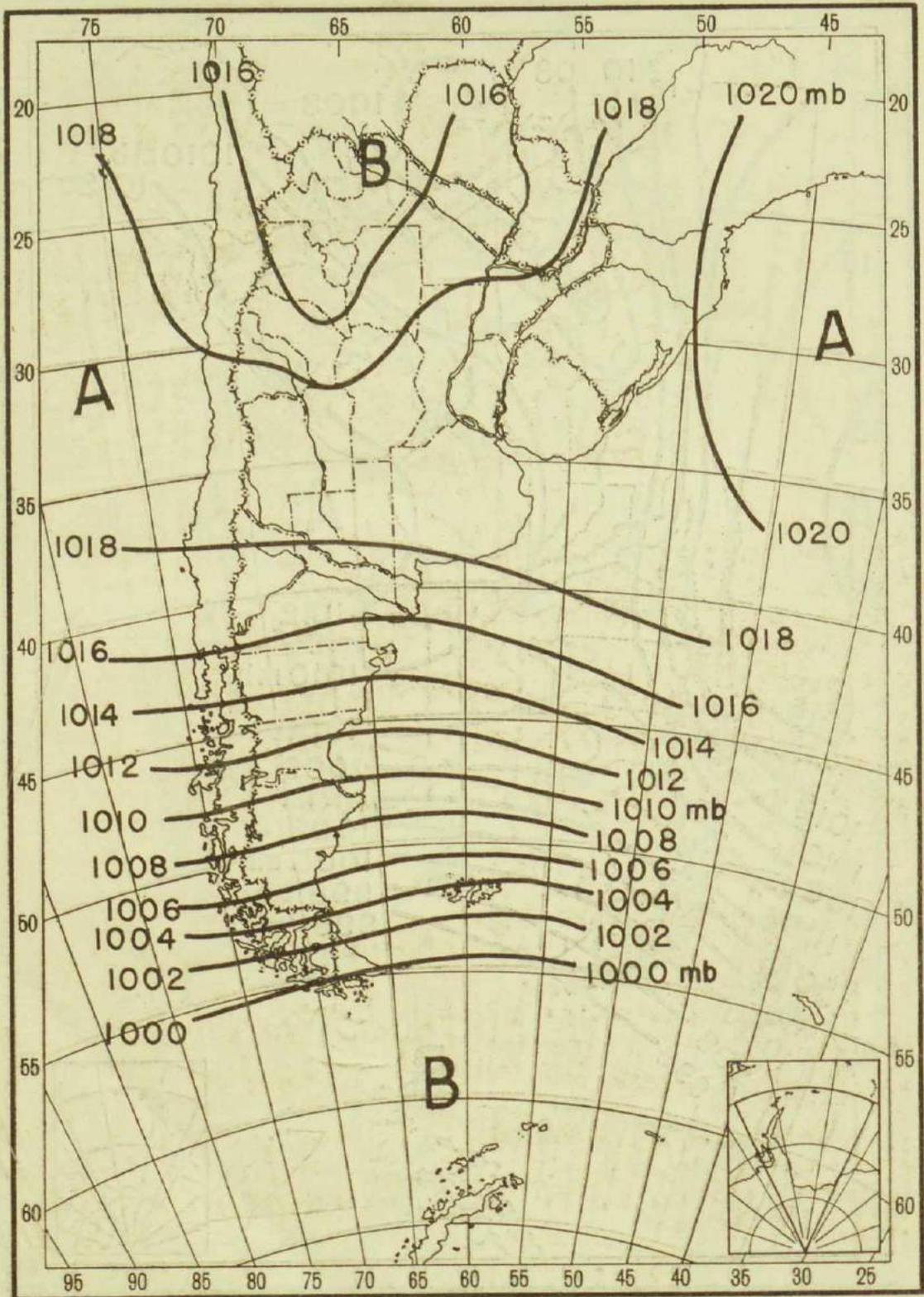


Fig 5 b. — Presión atmosférica media, reducida al nivel del mar (1901-1950). Julio.

punte y en su lugar existe baja presión. Entonces, el aire húmedo del noreste puede entrar con facilidad y también con mayor intensidad que en la época fría. Tal mecanismo se refleja muy bien en la marcha anual de las isohietas de precipitación mensuales. Como ejemplo vemos en los mapas siguientes las sucesivas posiciones de la isohieta de 60 mm en el transcurso del año. Durante los cuatro meses fríos de junio, julio, agosto y septiembre, la isohieta está ubicada en la parte oriental del litoral fluvial. Al desaparecer el puente de alta presión, dicha isohieta se desplaza en apenas 2 meses, 700 Km hacia el W, hasta las provincias andinas, Fig. 6 a, donde permanece durante los cuatro meses calurosos de diciembre, enero, febrero y marzo, para regresar luego, otra vez en sólo dos meses, a su posición invernal con el restablecimiento del puente de alta presión, Fig. 6 b.

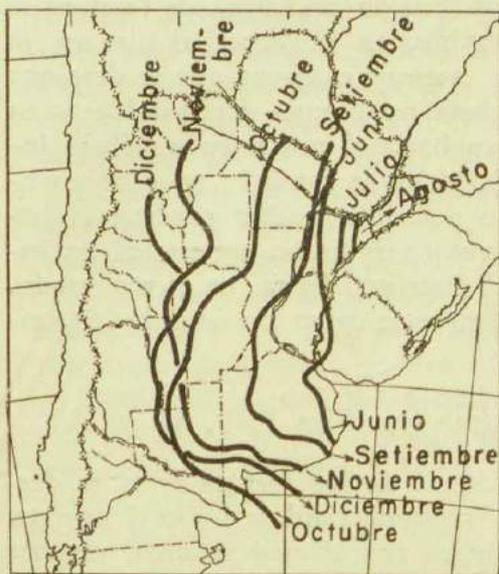


FIG. 6 a. — Desplazamiento de la isohieta mensual de 60 mm. Primavera: Las lluvias se extienden hacia el W.

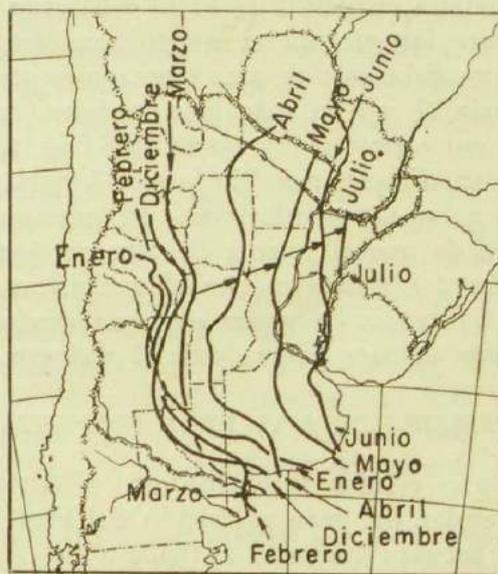


FIG. 6 b. — Desplazamiento de la isohieta mensual de 60 mm. Otoño: Las lluvias se retiran hacia el E.

Ahora, habiendo recordado ese "fondo" climático, podemos fijar nuestra atención en los procesos lluviosos mismos.

LOS PRINCIPALES PROCESOS METEOROLÓGICOS, PRODUCTORES DE LLUVIAS EN LA ARGENTINA

El más frecuente de los procesos lluviosos lo constituyen los empujes de aire polar o subpolar que, entrando por la Patagonia, se desplazan en dirección general hacia el noreste. Se producen alrededor de 80 por año, alcanzando o sobrepasando los empujes en invierno con bastante frecuencia el extremo norte del país, mientras que en verano su frente se detiene muchas veces sobre el sud del litoral fluvial o aún antes, para regresar pronto hacia el sud.

Cabe preguntar, ¿por qué no actúa el puente de alta presión también de freno para los empujes polares? Parece que la explicación se halla en las condiciones de las capas medias y altas de la troposfera. Según

lo indican los sondeos de viento y la marcha de la presión y temperatura en Cristo Redentor ($33^{\circ}50' S$ $70^{\circ}05' W$; 3800 m), las vaguadas béricas superiores penetran en verano pocas veces hasta la latitud $33^{\circ}S$ y son entonces débiles, mientras que en invierno tienen intensidad y penetran con frecuencia mucho más al norte. Se manifiesta así el hecho conocido de que en la troposfera media y alta, el límite ecuatorial del régimen de los vientos W, con sus ondas, está situado más hacia el ecuador en invierno y más hacia el polo en verano. Conforme con esto se observa que en la zona entre los paralelos 30° y $35^{\circ}S$ los vientos W, a 4000 y 5000 metros de altura, aumentan su velocidad en invierno al doble del valor estival.

Como la mayor parte del vapor de agua, que luego precipita en un proceso lluvioso, está contenido en las capas inferiores a 3000 metros, dicha agua precipitable puede desplazarse hacia el sud en verano aunque existiera en 3000 m (700 mb) una distribución uniforme de la presión sobre las provincias argentinas. En cambio, en invierno, el aire en la parte delantera de una vaguada superior, aunque es cierto que se desplaza hacia el sud o más bien sudeste, contiene poca agua precipitable y en la parte posterior avanza aire frío y seco hacia el norte, en un flujo intenso, el que, por "inducción" hacia abajo, pone también en movimiento a las capas inferiores. El mecanismo descrito podría explicar el hecho de que el puente de alta presión, que en invierno conecta al anticiclón del Atlántico con el anticiclón del Pacífico, frena, en cierto grado, la afluencia de vapor de agua desde el noreste, pero no impide los empujes de aire polar desde el sudoeste.

EMPUJES DE AIRE FRÍO, FRENTES FRÍOS (ver Figs. 8, 9, 10 y 11)

Las células anticiclónicas existentes detrás de los frentes fríos se desprenden del gran anticiclón del Pacífico y, desplazándose hacia el noreste, se acoplan luego al anticiclón del Atlántico con el cual se unen muchas veces con sorprendente rapidez. Con frecuencia se puede observar que en este proceso de amalgamiento, dichas células pierden su identidad en 12 horas, es decir, la célula, bien individualizada al principio del período, no es identificable como individuo, ni según las características físicas del aire que la formaba, ni por el campo de movimiento, 12 horas después de tomar contacto con el anticiclón semipermanente del Atlántico. Las trayectorias de los centros de estas células anticiclónicas móviles se hallan en verano más al sud, entrando al país en latitud 42° aproximadamente y evitando el bulto del continente calentado. En invierno ingresan a unos 500 Km más al norte, en latitud 37° , y evitan el mar, que entonces es más caliente que la tierra. En invierno se manifiesta también otro tipo de anticiclones, los llamados "antárticos", que penetran al país por el sud de la Patagonia y se desplazan a lo largo de la cordillera, guiados por esa gran cadena de altas montañas, llegando hasta el norte del país (Santiago del Estero), donde su trayectoria gira hacia el este y luego al sudeste. Estas altas "antárticas", suelen ser más intensas y de vida más larga que las otras, aunque mucho menos frecuentes.

Lo que a nosotros interesa son los procesos lluviosos vinculados con los empujes polares. El aire de estos empujes contiene muy poca agua

precipitable por tres razones: Primera, por su baja temperatura; segunda, porque la mayor parte de su humedad está concentrada en una capa de poco espesor (1000 a 2000 m) adyacente al suelo. En los anticiclones semipermanentes el aire superior es muy seco y separado de la capa húmeda por una inversión de temperatura. En el hemisferio norte, la capa húmeda tiene su menor desarrollo en aquel lado polar del anticiclón donde la corriente empieza a doblar hacia el ecuador (Islas Canarias). Nuestras células móviles se desprenden del anticiclón del Pacífico en el lugar correspondiente, es decir, del lado polar de la "Alta", donde la corriente W dobla para acercarse al ecuador. La tercera y tal vez más importante razón es que esta humedad restringida a las capas bajas, es quitada en forma muy eficiente cuando el aire cruza la Cordillera, la que aun en el sud tiene casi la altura de esa capa húmeda. La experiencia confirma que generalmente las precipitaciones originadas dentro del aire de estos empujes polares son débiles. Ejemplo: Chaparrones muy ligeros en la costa sud de Buenos Aires cuando el aire proviene de la Patagonia, pasa sobre el mar y llega sobre la costa; en cambio, hay chaparrones más intensos si el aire proviene directamente del sud o primeramente del este y luego del sud.

Lo decisivo para las lluvias vinculadas con empujes polares son, desde luego, las condiciones y la estratificación del aire (caliente), que es levantado. Desgraciadamente, la falta de sondeos aerológicos nos deja muchas veces en duda sobre estas condiciones, las que pueden variar muchísimo y con ellos las características de la lluvia resultante. Es evidente que se produce poca o ninguna lluvia si con anterioridad al empuje polar han persistido vientos del W sobre las provincias, pues éstos son secos. Si, en cambio, durante dos días por lo menos, se han registrado vientos del NE o N en 2000 m, la probabilidad de considerables lluvias es mucho mayor.

W. SCHWERDTFEGGER⁽¹⁴⁾ ha elaborado una estadística muy útil que relaciona las lluvias en el NE de Buenos Aires con la ocurrencia previa de vientos norte en 1000 a 2000 m de altura sobre el litoral y la desviación negativa de la presión atmosférica en Cristo Redentor.

FRENTE DE LLUVIA

Otras veces se observan vientos del NW delante del empuje polar y suele ocurrir que esta corriente del NW se compone de dos distintas masas de aire, ambas calientes, siendo la rama proveniente de la cordillera muy seca, y la proveniente del litoral fluvial, húmeda. Fig. 7.

Al progresar el empuje polar hacia el NE, se observan primeramente todos los cambios característicos correspondientes al pasaje de un bien definido frente frío, excepto la nubosidad baja y la precipitación. De repente, cuando el frente alcanza al aire húmedo, se producen abundantes precipitaciones, que pueden ser prefrontales y/o postfrontales y posiblemente también tormentas eléctricas. Si la estratificación térmica y la distribución vertical de la humedad en el aire caliente son apropiadas, se observa a veces que se inicia un proceso de autoconvección en gran escala que se propaga según un régimen propio con un "frente de lluvia", es decir, un nuevo frente frío en el límite del aire enfriado por las in-

tensas lluvias. El proceso corresponde al desparramamiento del aire enfriado debajo de un cúmulonimbus, pero que se realiza en escala mucho mayor y es similar al de las líneas de turbonada prefrontales. Si el empuje polar inicial es débil, estas situaciones presentan un problema muy desagradable al pronosticador, pues es casi imposible prever si el empuje llegará o no a "gatillar" el proceso de autoconvección.

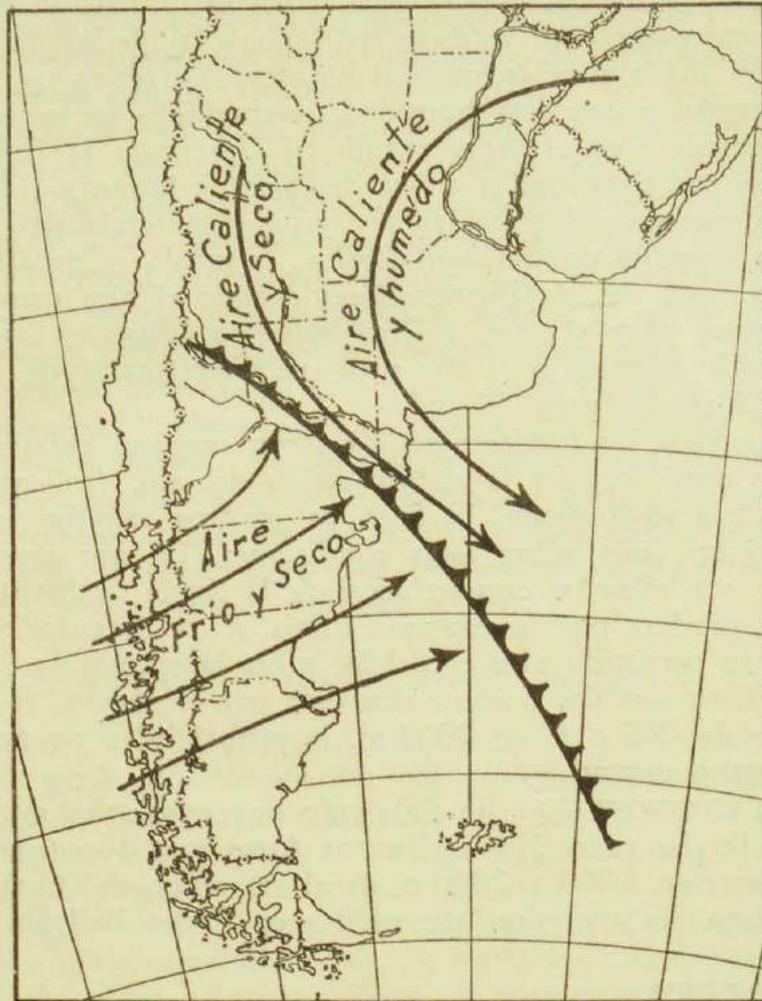


FIG. 7. — Situación sinóptica propicia para originar un « frente de lluvia ».

Más frecuentes son los casos en que los "frentes de lluvia" se forman sin que haya ningún proceso frontal iniciador. Esto ocurre casi exclusivamente en verano. Dentro de una masa de aire caliente con marcada inestabilidad condicional se forma primeramente una tormenta "de verano" por convección, produciendo lluvias intensas. El proceso de cúmulonimbus se generaliza rápidamente y abarca un área de 10.000 a 100.000 Km². El "frente de lluvia" principal aparece en el límite norte y este del área lluviosa, con violentas ráfagas de vientos y se desplaza con velocidades similares a las de los frentes fríos comunes, muchas veces sin dependencia de una corriente general débil y hasta en contra de la corriente general. Detrás del frente principal, sobre la mayor parte del área lluviosa, se notan fuertes tendencias positivas de la presión atmosférica, habiéndose registrado subidas de 8 mb en 3

horas, tendencias cuya característica es el ser proporcionales a la intensidad de la lluvia y que, cuando la precipitación cesa, desaparecen tan pronto como se habían formado. En el lado "seco" (sudoeste) del gran proceso de autoconvección se forma a veces un frente secundario, hecho que no requiere mayor explicación en vista del tan característico campo alobárico.

El frente secundario se da en la zona donde el régimen de los vientos alobáricos linda con el régimen de vientos no perturbados. La actividad en el frente secundario es generalmente débil.

FRENTE FRÍO DE ALTURA

La existencia de verdaderos frentes fríos de altura en la Argentina es debida a las condiciones orográficas especiales. Cuando una masa de aire frío de gran espesor (de 6 a 7 Km, p. ej.), proveniente de la parte austral del océano Pacífico y desplazándose en dirección ENE, se encuentra con la Cordillera de Mendoza y San Juan, dicha cadena de altas montañas impide el avance del aire frío que está por debajo de aproximadamente 4.000 metros, y solamente la parte superior de la gran masa de aire frío invade el país. Hemos mencionado anteriormente que los vientos W en alturas de 4.000 a 5.000 metros, en estas latitudes, aumentan considerablemente en invierno, lo que entonces facilita la entrada de aire frío en altura.

Si la Región de Cuyo y las provincias centrales estaban cubiertas por aire caliente y húmedo, el frente frío superior produce tormentas bastante violentas.

Dichos frentes pueden atravesar todo el país y producir lluvias y tormentas hasta en el sud del Brasil.

Existen otros procesos de labilización por advección de aire frío en altura, p. ej. detrás de una vaguada bárica superior, procesos que son más frecuentes que los verdaderos frentes de altura. A falta de sondeos aerológicos, el mejor recurso para discriminar entre los dos procesos lo constituye el análisis detallado de las observaciones de la estación Cristo Redentor. Generalmente, cuando se trata de un frente superior, el descenso de temperatura es más fuerte y más repentino y además mejor sincronizado con la subida de la presión que en el caso de las vaguadas superiores.

FRENTES CALIENTES

En cuanto a los frentes calientes constatamos que los pasajes de bien definidos frentes calientes, en superficie, son mucho menos frecuentes que los de bien definidos frentes fríos. En el sud del litoral fluvial, en la región entre Rosario y Paraná por ej., se registran durante el año aproximadamente tres veces más pasajes de frentes fríos que de frentes calientes.

La marcha de la temperatura en la superficie lo corrobora, pues los *descensos* de temperatura suelen ser rápidos y nítidos mientras que los *ascensos* son generalmente paulatinos, difusos, y se extienden a varios días.

Recordamos que la mayor parte del agua precipitable, para todos los procesos lluviosos en las provincias argentinas (las condiciones en la

Patagonia no se consideran en este trabajo), está contenida en el aire caliente que proviene del noreste, vale decir, en aquella masa de aire que forma muchos de los frentes calientes.

En la Argentina, las lluvias de frente caliente tienen algunas particularidades que merecen ser mencionadas. La lluvia estable, suave y continua, tan característica en Europa Central y a la cual el idioma alemán dió un término propio (*Landregen*), es mucho menos frecuente en la Argentina. En cambio, observamos aquí que con los frentes calientes no solamente la intensidad de las precipitaciones suele ser mayor sino que también son más frecuentes los casos que muestran al mismo tiempo marcada inestabilidad. La inestabilidad tiene su asiento en gran altura y se manifiesta en chaparrones superpuestos a las lluvias continuas como también por fuertes tormentas eléctricas de altura. No es nada extraordinario que ocurran juntos los siguientes fenómenos aparentemente contradictorios: Niebla densa con lluvia continua de regular intensidad y fuertes e incesantes relámpagos directamente encima del lugar de observación, sin que se oigan los truenos. Resulta así que los fenómenos de las capas bajas indican una estratificación marcadamente estable al mismo tiempo que los fenómenos de altura señalan una estratificación muy inestable. Estas condiciones son características para lugares que se hallan a unos 50 a 150 Km delante del frente caliente. La niebla es causada por la lluvia relativamente caliente que atraviesa una capa de aire de temperatura considerablemente menor. Una fuerte inversión de temperatura (la superficie frontal) constituye el límite superior del aire fresco. La lluvia continua proviene de un sistema de *nimbostratus* muy denso y de muy gran espesor. (Se carece de mediciones efectuadas en la Argentina en tales condiciones, pero no sería sorprendente encontrar espesores de 6 Km o aun mayores). La corriente ascendente de aire caliente contiene grandes cantidades de agua precipitable. De esta capa de *nimbostratus* crecen los *cúmulonimbus* hasta la tropopausa, es decir, que en verano pueden alcanzar alturas de 14 Km y tal vez superiores.

Es evidente que las grandes cantidades de calor, liberadas en la troposfera media al condensarse el vapor de agua del aire tropical marítimo, son suficientes para explicar la marcada inestabilidad observada. La inestabilidad se acentúa debido a que las capas superiores del aire tropical son secas, como ya se dijo, y, por lo tanto, se enfrían mucho más durante el prolongado ascenso frontal que las capas húmedas inferiores.

ANTICICLONES Y DEPRESIONES

Sobre los sistemas de alta presión atmosférica, Figs. 8 y 9, sus trayectorias y los procesos lluviosos vinculados con ellos, nos hemos ocupado ya en ocasión de tratar los empujes de aire polar. Queda por mencionar una situación sinóptica invernal característica. Cuando un puente de alta presión, conectando el anticiclón semipermanente del Atlántico con el del Pacífico, está bien desarrollado, persistente y ubicado con su eje sobre el sud de la Pcia. Eva Perón y el centro de la Pcia. de Buenos Aires, se produce una continua afluencia de aire marítimo desde

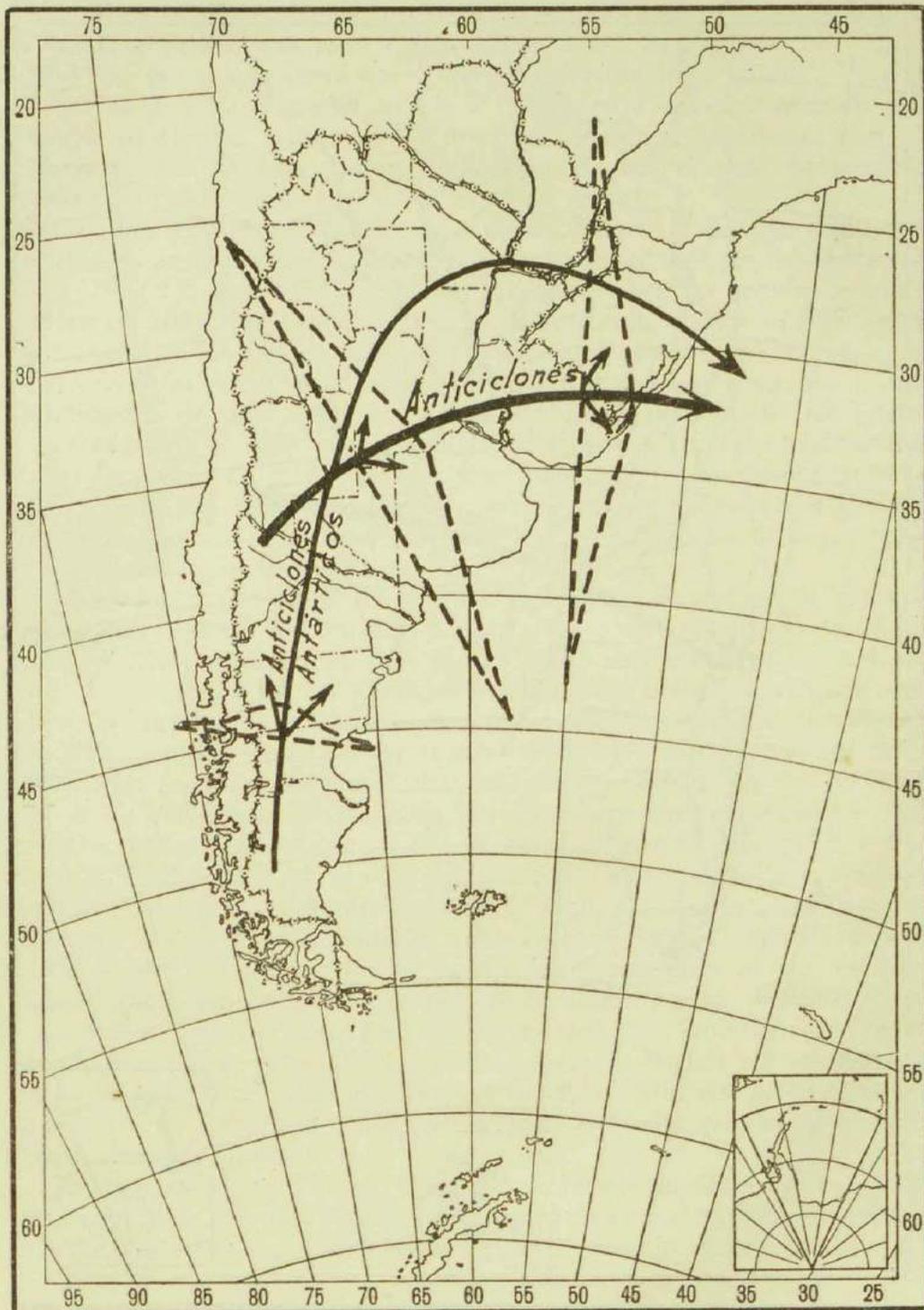


FIG. 8. — Trayectoria de los centros de los ANTICICLONES. INVIERNO (junio, julio, agosto). El ancho de área delineado con trazo interrumpido, indica cuántas veces la trayectoria ha sido observada en el respectivo lugar. Por ejemplo, trayectorias que atraviesan Misiones ocurren solamente la mitad de las veces que aquellas que atraviesan el Uruguay. Las flechas cortas delimitan al ángulo de dispersión de los rumbos de las trayectorias.

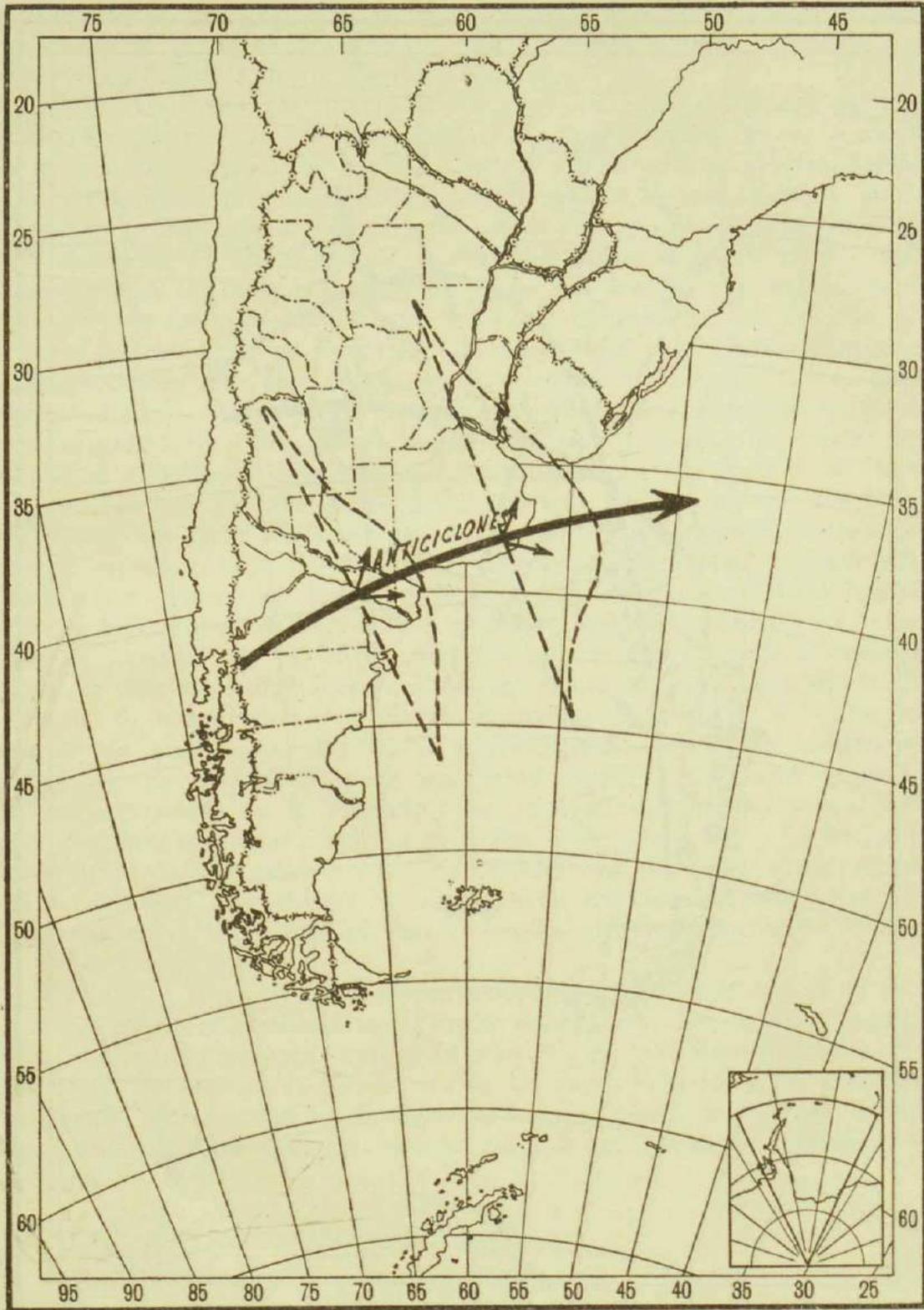


FIG. 9.— Trayectorias de os centros de los ANTICICLONES. VERANO (diciembre, enero, febrero).
Véase explicaciones en Fig. 8.

el este sobre las provincias argentinas. Aun en los casos cuando la masa de aire marítimo no tenga gran espesor, esta situación sinóptica conduce a semanas enteras con cielo cubierto por nubes bajas, llovizna o lluvia débil con pocas interrupciones y con temperatura muy estable. Especialmente en aquellas regiones donde a la afluencia del aire húmedo se le agrega un ascenso orográfico (Tucumán, Córdoba, Mendoza, etc.), las sumas totales de estas lluvias, relativamente suaves pero prolongadas, constituyen una parte apreciable del total anual.

La gran mayoría de los sistemas cerrados de baja presión atmosférica (ciclones) se desplazan del W hacia el E en latitud 60° aproximadamente, Figs. 10 y 11. Sus centros se hallan tan alejados de las provincias que su influencia sobre los procesos lluviosos es indirecta y casi exclusivamente por medio de los frentes fríos correspondientes. Existe, sin embargo, una variante de la circulación general normal que se caracteriza por el establecimiento de una zona frontal en aproximadamente 40° de latitud, orientada WNW-ESE, con una sucesión de ondas frontales o de ciclones frontales. Con tal zona frontal, que suele mantenerse varias semanas, los ciclones son lo suficientemente cercanos a las provincias como para producir algunas precipitaciones ciclónicas en el sud de la zona central y en el sud de la provincia de Buenos Aires.

Entre los varios tipos de ciclones, aquellos que se forman sobre las provincias mismas son los más importantes para los procesos lluviosos, pues en ellos ascienden grandes masa de aire con mucha agua precipitable. Especialmente los así llamados "ciclones del litoral" producen considerables cantidades de lluvia en áreas extensas. Como el Dr. Schwerdtfeger publicará una investigación especial sobre la formación y el comportamiento de esa clase de depresiones, bastará mencionar aquí que la mayoría de las sudestadas prolongadas con su tiempo muy lluvioso, se deben a estos ciclones del litoral. Ellos se forman cuando una potente zona frontal queda estacionaria sobre el norte del país y en ella evolucionan ondas. Muchas veces el comienzo de la evolución de las ondas frontales coincide con la llegada sobre la zona frontal de una vaguada superior desde el WSW. Otras veces el ciclón del litoral nace al convertirse la depresión térmica del NW argentino en depresión activa, dinámica. Estas depresiones térmicas han sido investigadas por W. Schwerdtfeger en ⁽⁸⁾ donde demuestra, entre otros aspectos, cómo la llegada de potentes empujes de aire polar pone fin a su vida inactiva. Mientras están estacionarias y son de estructura puramente térmica estas depresiones no dan origen a procesos lluviosos.

Se conocen algunos otros tipos de evolución ciclónica, inclusive con producción de grandes lluvias, pero no se las considera en este trabajo porque son evoluciones anormales que han ocurrido escasas veces.

LAGUNA FRÍA (CUT-OFF LOW; KALTLUFT-TROPFEN)

Este fenómeno, aunque también es el resultado de una evolución más bien "anormal", se presenta con suficiente frecuencia para ser descrito como causa de procesos lluviosos. Ocurre preferentemente en la época fría y, hasta donde la falta de datos aerológicos permite establecerlo, suele manifestarse sobre el territorio argentino entre las latitudes de 32° y

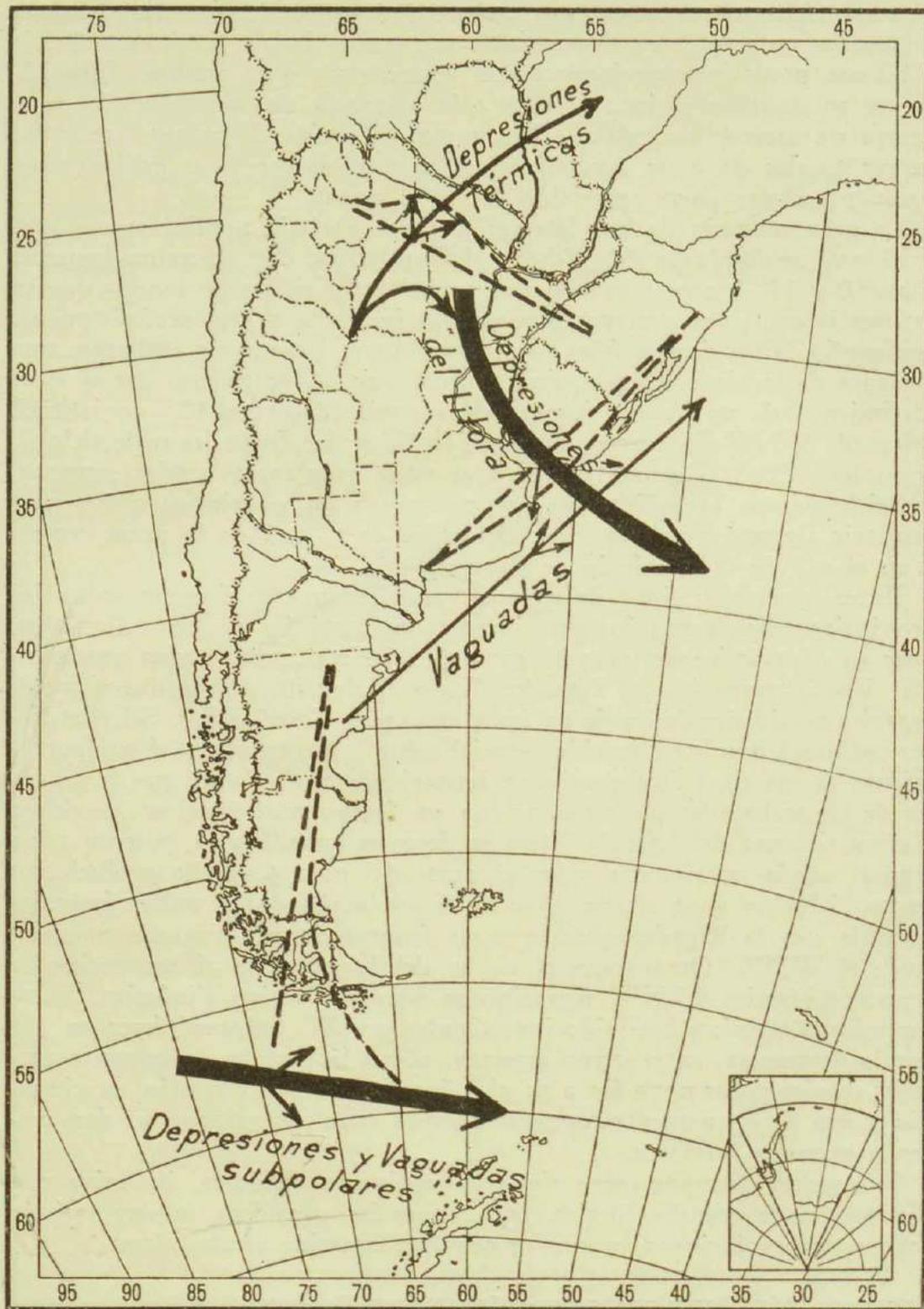


FIG. 10. — Trayectorias de los centros de las DEPRESIONES. INVIERNO (junio, julio, agosto). Véanse las explicaciones en Fig. 8.

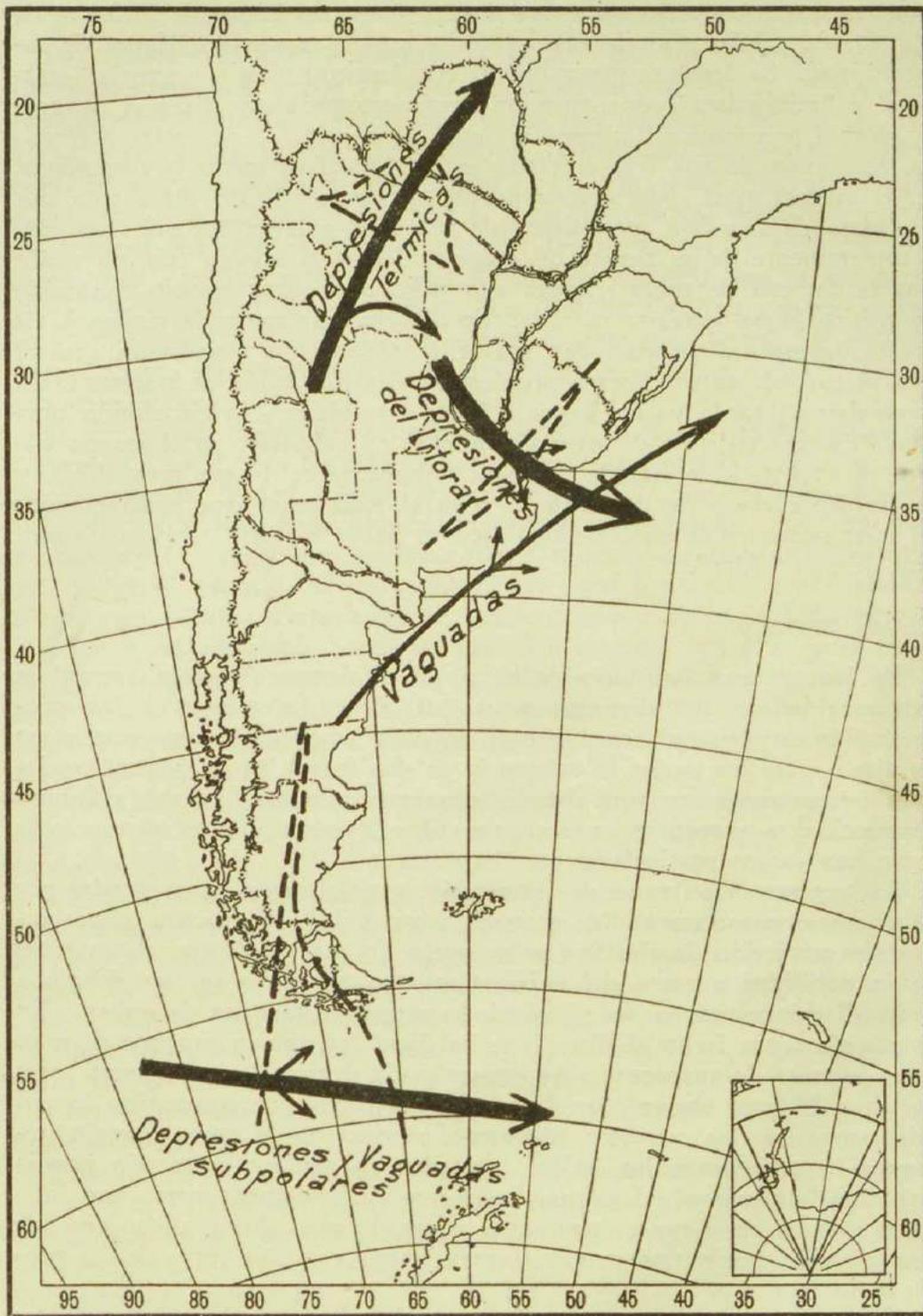


FIG 11. Trayectorias de los centros de las DEPRESIONES. VERANO (diciembre, enero, febrero). Véanse las explicaciones en Fig. 8.

42° aproximadamente. La laguna fría está acompañada de un campo bastante extenso de densas nubes medias (área del orden de 500 Km de diámetro), débiles a moderadas precipitaciones y a veces de signos de inestabilidad. Se desplaza generalmente con lentitud y su trayectoria "errática" e "imprevista" constituye un verdadero problema para el pronosticador. Los procesos lluviosos se deben a su particular estructura térmica, una masa de aire frío centrada en la troposfera media y circundada, en el mismo nivel, por aire de mayor temperatura. En otras palabras, esa masa de aire frío, procedente de latitudes polares, ha sido separada completamente de su fuente de origen. Como la laguna fría no recibe nuevos aportes de energía, gasta ella poco a poco su propio contenido energético hasta apagarse su vida. Se observa una marcada tendencia de repetición para el proceso de "cut-off". Cuando la circulación general está perturbada en una forma propicia para la formación de lagunas frías, generalmente tarda varias semanas hasta restablecerse la circulación normal. Es característico de estos sistemas el no reflejarse en el campo bórico de superficie, o hacerlo tan sólo solamente en forma muy débil, y es frecuente causa de desconcierto para el lego tener que constatar que en tales ocasiones la zona de mal tiempo puede hallarse en la parte central de una "Alta".

OTROS PROCESOS

En los procesos considerados hasta ahora siempre ha sido esencial la intervención de dos distintas masas de aire. En cuanto a los procesos lluviosos que tienen lugar enteramente dentro de una sola masa de aire o para los cuales la existencia de dos masas no es esencial, podemos contentarnos con una simple enumeración porque su explicación y descripción se encuentra en cualquier libro de texto sobre meteorología y no hay rasgos particularmente "argentinos".

Así tenemos las lluvias de convección, generalmente representadas por chaparrones o tormentas "de verano" a causa de la insolación, chaparrones por advección de aire frío sobre suelo (o mar) caliente, chaparrones de inestabilidad a causa del enfriamiento en altura, a su vez debido a la irradiación nocturna (p. ej., desde la superficie superior de nubes). En el párrafo sobre frente de lluvias se ha dicho ya que en muchos de estos casos se trata de autoconvección generalizada dentro de una misma masa de aire. El otro extremo en la familia de lluvias de convección lo encontramos en los procesos turbulento-convectivos. Como ejemplo tenemos los stratocúmulus bajos, formados en aire casi saturado por la turbulencia friccional. Las cantidades que rinde dicho proceso son ínfimas, aunque en algunos lugares, p. ej. en Buenos Aires, dicho tipo de precipitación ocurre con mayor frecuencia que cualquier otro de los procesos no frontales.

La convergencia de masas, en las capas inferiores, da lugar a corrientes ascendentes y puede causar lluvias. La encontramos especialmente originada por un apropiado campo bórico superior, impuesto a las capas atmosféricas inferiores.

Por último cabe mencionar el efecto orográfico, o sea, el ascenso forzado de aire húmedo debido a la orografía del lugar.

CLASIFICACION SINOPTICA DE PRECIPITACIONES

Para sustanciar numéricamente las ideas sobre los diversos procesos lluviosos descriptos, y con la intención de precisar mejor la importancia relativa de cada uno de ellos, hicimos una tentativa de clasificar las lluvias con criterio sinóptico. Un rastreo en la literatura disponible en procura de una clasificación que utiliza como parámetro las principales singularidades sinópticas tal como se presentan en las modernas cartas del tiempo, nos enfrentó con un número abrumador de los más diversos sistemas de clasificación de precipitaciones, pero ninguna llegó a adaptarse satisfactoriamente al fin perseguido. Lo cual no significa que no exista tal clasificación, publicada o inédita, sino meramente que no fué hallada por el autor. En consecuencia, se ensayó un sistema en función de las siguientes bases:

Se distinguen dos clases principales de lluvias, las *frontales* y las *no frontales*. Las lluvias frontales comprenden todos aquellos casos en que la intervención de dos, o más, diferentes masas de aire era esencial para el proceso lluvioso. Estas lluvias pueden ser prefrontales, postfrontales, de frente frío, frente estacionario, frente caliente, de frentes superiores, etc. La clase "frontal" abarca también los casos con varias causas simultáneas como ocurre frecuentemente, pero siempre requiere la intervención esencial de dos distintas masas de aire. En un caso concreto, para decidir si un determinado caso de lluvia debería ser clasificado como perteneciente a la clase principal *F* (lluvia frontal), resultó muchas veces decisiva la consideración de si hubiera llovido *sin* interacción de dos diferentes masas de aire.

Todas las demás lluvias se consideran debidas a procesos en una *sola* masa de aire y pertenecen por lo tanto a la clase principal *E* (en una sola masa de aire).

En cada clase principal se establecieron varias subdivisiones, algunas de ellas elegidas para tomar en cuenta las condiciones especiales de la Argentina. Así, p.ej., se hace figurar como subdivisión de *F*, la combinación de frente frío y efecto orográfico y como subdivisión de *E* los "pseudofrentes de lluvia". Hay que recordar que la clasificación se basa en singularidades o procesos sinópticos discernibles en el mapa de superficie, ya que se carece de sondeos aerológicos.

Para la presente investigación la clasificación quedó conforme al esquema del cuadro A.

Una vez establecido el esquema de clasificación, se eligieron 6 lugares ubicados en diferentes distancias de la fuente de agua precipitable. Nos aseguramos de que las observaciones pluviométricas en cada uno de estos lugares fueran exactas y completas. Los lugares elegidos fueron los señalados en el cuadro B.

Comenzando con el verano 1940/41 se anotó para cada uno de estos lugares la fecha en la cual se observó una precipitación que llegó hasta el pluviómetro, aunque fueran solamente unas pocas gotas (el día pluviométrico comprende las 24 hs. desde las 8 hs. del día de la fecha, hasta las 8 hs. del día siguiente, con referencia al meridiano 60°W). Luego se estudió todo el material sinóptico disponible, volviendo a analizar mu-

chas veces los mapas con datos completados, y se clasificó la lluvia según la predominancia de uno de los procesos que figuran en el esquema.

CUADRO A

Clase principal	Subdivisiones
<p style="text-align: center;"><i>F</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Lluvias frontales</i></p> <p>La interacción de dos masas de aire es esencial.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Frente frío común. El aire frío levanta al aire caliente. El ascenso del aire caliente es pasivo. 2) Frente frío combinado con ascenso orográfico. 3) Frente caliente. El aire caliente asciende activamente sobre el aire frío. La gran mayoría de las lluvias con frente estacionario pertenece también a esa subclase, pues en estos casos llueve principalmente debido al ascenso activo del aire caliente. 4) Frente frío de altura. 5) Frente de inestabilidad. Esta subclase no está bien definida. Pertenecen a ella los casos en que se nota un definido cambio de masa de aire después del pasaje del frente, siempre que las lluvias no encuadren en ninguna de las subclases anteriores y que existan claramente señales de inestabilidad. Los « frentes de lluvia » con cambio de masa de aire están incluidos en esta subdivisión. También los casos en que una vaguada superior produjo la inestabilidad y, mediante un campo bórico impuesto, efectuó el cambio de masa de aire.

Clase principal	Subdivisiones
<p style="text-align: center;"><i>E</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Lluvias no frontales</i></p> <p>Los procesos lluviosos se producen esencialmente en una sola masa de aire. Pueden existir dos masas, pero no existe interacción o ella es de importancia secundaria; la presencia de dos masas de aire no es decisiva para estos procesos lluviosos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pseudofrente de lluvia. Autoconvección en gran escala produce un frente frío aparente, pero en realidad se trata de aire frío producido por la misma lluvia intensa. No hay verdadero cambio de masa de aire. El proceso es similar al de cúmulus nimbus convectivo generalizado y abarcando áreas de más de 100 Km en diámetro. 2) Convección. Ascenso convectivo común. 3) Convergencia. Convergencia de masa, generalmente ubicada en las capas inferiores de la troposfera, y, cualquiera que sea su causa con excepción del efecto orográfico, produce el ascenso de aire. 4) Orográfico. Ascenso forzado del aire debido a la orografía de la zona. Incluye los casos de lluvias por amontonamiento del aire (Stauregen). 5) Turbulento-convectivo. Turbulencia mecánica, ante todo la friccional, produce corrientes ascendentes locales dentro de una capa limitada de aire. Muchas veces el calor latente liberado en la condensación provee una componente ascendente adicional.

CUADRO B

Nombre	Latitud	Longitud	Altura s/n mar	Breve caracterización del régimen de lluvias según su marcha anual
Tucumán	26° 48' S	65° 12' W	480 m	Pronunciado máximo en verano. Seco en invierno.
Corrientes	27° 28' S	58° 49' W	60 m	Mucha lluvia todo el año con máximos en primavera y otoño.
Córdoba	31° 24' S	64° 11' W	425 m	Lluvia en verano, seco en invierno.
Mendoza	32° 53' S	68° 52' W	830 m	Poca lluvia en total; se produce en verano.
Buenos Aires	34° 35' S	58° 29' W	25 m	Lluvia todo el año, con máximos poco pronunciados en otoño y primavera.
Santa Rosa	36° 37' S	64° 19' W	185 m	Cantidad anual relativamente escasa. Seco en invierno.

NOTA: Sobre el régimen estacional de las lluvias, véase también (2), donde F. Prchaska lo trata detalladamente.

Siendo el análisis sinóptico y la consecuente clasificación de las lluvias un proceso inevitablemente subjetivo, resultó necesario que fuera ejecutado siempre por la misma persona y con el mismo criterio. Ese trabajo ha sido más largo de lo estimado al iniciarlo, de modo que se presentan los resultados de dos años solamente, en vez de cinco como había sido proyectado. Aun así ha sido necesario efectuar los análisis sinópticos para clasificar 1.169 valores.

En vez de utilizar los datos de un solo pluviómetro en cada lugar hubiera sido preferible caracterizar la precipitación por las mediciones de una red densa de instrumentos, tal como lo hizo W. Schwerdtfeger en (14), donde cuenta para el Gran Buenos Aires con 12 puntos en un área de 1200 Km². Empero, para asegurar la comparabilidad hubiera sido necesaria, entonces, la existencia de redes pluviométricas de similar densidad en cada uno de los 6 lugares elegidos.

Los cuadros 1, 2 y 3 contienen el resultado de nuestra clasificación.

Si fijamos la atención primeramente en las clases principales y hacemos un promedio de los 6 lugares íntegros, encontramos que las lluvias frontales aportaron el 79 % de la cantidad total y las lluvias no frontales el 21 %.

En la presente investigación, cada día con lluvia ha sido clasificado directamente según el análisis efectuado sobre los mapas sinópticos correspondientes. Otros autores, entre ellos M. J. Olascoaga (9), han tratado las observaciones primeramente según un criterio puramente estadístico, dándoles luego hasta cierto grado una interpretación sinóptica.

M. J. Olascoaga, en el precitado trabajo del año 1950, distingue entre las lluvias que caen en forma organizada y las lluvias aisladas. Si en determinada fecha se registró lluvia ($R \geq 0,5$ mm) en 5 ó más puntos de una red de 10 puntos, la considera como organizada. Cuenta con tales grupos de estaciones pluviométricas vecinas en 9 regiones distintas del país, lo que le permite presentar en su Fig. 5 la distribución del por-

CUADRO 1. — Lluvias

(Promedio de los dos años investigados,

Columna N°	1	2	3	4	5	6	7	8										
	F Predominando los procesos frontales						Suma de procesos frontales	Suma de procesos frontales con $R < 0.5$ mm										
	Frente frío común		Frío con efectos orográficos		Frío				Caliente		Frío de altura		Frente de inestabilidad					
	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n
	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días
Tucumán	360	32	227	15	587	47	124	11.5	42	5	14	1	767	64.5	1.4	8.5	70	0
	33	%	21	%	54	%	11	%	4	%	1	%	70	%	0	%	70	0
Corrientes	682	56	—	—	582	56	470	37	46	2.5	17	0.5	1215	96	1.6	18	85	0
	48	%	—	—	48	%	33	%	3	%	1	%	85	%	0	%	85	0
Córdoba	189	23.5	70	10	250	33.5	200	16.5	53	6.5	44	1.5	547	58	1.7	11	70	0
	23	%	9	%	32	%	26	%	7	%	6	%	70	%	0	%	70	0
Mendoza	47	13.5	15	5.5	62	19	3	2.5	70	14.5	—	—	135	36	0.6	9	67	0
	23	%	7	%	30	%	1	%	35	%	—	—	67	%	0	%	67	0
Buenos Aires	422	61	—	—	422	61	261	30.5	22	2	29	2	834	95.5	2.7	29.5	91	0
	46	%	—	—	46	%	39	%	2	%	3	%	91	%	0	%	91	0
Santa Rosa	234	33.5	—	—	234	33.5	140	15.5	42	5.5	2	0.5	418	55	1.7	12.5	77	0
	43	%	—	—	43	%	26	%	8	%	0	%	77	%	0	%	77	0

NOTAS: 1°. Se tomaron en cuenta *todos* los días con precipitación que llegó al suelo en la donde *n* se refiere a los días con $R \geq 0.5$ mm.

2°. Las cantidades (*R*) en cada clase, fueron expresadas también como porcentaje del pro

centaje de lluvias no organizadas en dependencia con la ubicación geográfica.

Para el área en que están ubicadas nuestras 6 estaciones, el porcentaje de lluvia no organizada varía entre 3 y 13 % según las cifras dadas por el referido autor.

Estas cifras no deben compararse con nuestro valor de 21 % para lluvias no frontales, porque el criterio de clasificación ha sido bien distinto.

Si tomamos el número de días en vez de la cantidad de lluvia encontramos que en el 70 % de todos los días con precipitación ésta se debía predominantemente a procesos frontales, y en un 30 % a procesos dentro de la masa de aire.

Insistimos: Los procesos frontales prevalecen en el 70 % de los días con lluvia y aportan el 79 % de la cantidad anual.

Mayor interés ofrecen las variantes regionales y estacionales que se aprecian especialmente al comparar las columnas 7 y 14 de los cuadros 1, 2 y 3. El pronosticador, p.ej., tomará en cuenta que en Tucumán, Córdoba y Mendoza a cada 3 días con lluvias frontales corresponden 2 días con lluvias no frontales; que en Santa Rosa la relación es de

clasificadas. Año.

octubre 1940 a setiembre 1942)

9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
E Predominando los procesos no frontales										Suma de los procesos NO frontales		Suma no frontales con R<0.5mm		Promedio anual de todos los casos (1941-42)		Promedio anual para R<0.5mm (1941-42)		Promedio anual NORMAL (1913-37)		$\frac{R_{16}}{R_{18}}$	
Pseudo-frente de lluvia		Convección		Convergencia		Orográfico		Turbulento convectivo		R		R		R		R		R			
R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n		
mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días		
106	4	66	16	—	—	158	21	0	0.5	330	41.5	1.4	9	1097	106.5	2.8	17.5	932	74	1.18	
10	%	6	%	—	—	14	%	0	%	30	%	0	%	100	%	—	—	—	—	—	
76	5	26	6.5	105	6	—	—	0	4	207	21.5	1.0	8.5	1422	117.5	2.6	26.5	1188	69	1.20	
5	%	2	%	7	%	—	—	0	%	15	%	0	%	100	%	—	—	—	—	—	
100	6	79	7	12	3	41	23	1	4	233	43	1.7	20.5	780	100.5	3.4	31.5	695	60	1.12	
13	%	10	%	2	%	5	%	0	%	30	%	0	%	100	%	—	—	—	—	—	
8	0.5	5	3.5	24	1.5	30	16.5	0	1.5	67	23.5	1.9	11.5	202	59.5	2.5	20.5	187	28	1.08	
4	%	2	%	12	%	15	%	0	%	33	%	1	%	100	%	—	—	—	—	—	
38	3.5	6	3.5	39	4	—	—	3	13.5	86	24.5	1.3	16	920	120	4.0	45.5	996	69	0.96	
4	%	1	%	4	%	—	—	0	%	9	%	0	%	100	%	—	—	—	—	—	
43	2	46	7	34	9	—	—	1	6.5	124	24.5	0.4	8	542	79.5	2.1	20.5	600	50	0.90	
8	%	8	%	6	%	—	—	0	%	23	%	0	%	100	%	—	—	—	—	—	

estación, aún cuando se tratara solamente de unos pocas gotas, excepto para la columna N° 18, medio anual. La columna 3 contiene la suma de las columnas 1 y 2.

2: 1 y en Corrientes y Buenos Aires de 4: 1. Aun más pronunciadas son las diferencias entre lluvias frontales y no frontales cuando se consideran las cantidades. En Buenos Aires, las lluvias no frontales producen solamente la décima parte del milimetraje anual, pero en Mendoza, un tercio. Hay que tener presente la interpretación que se dió a los términos "frontal" y "no frontal". Es seguro que la convección juega un importante papel en la mayoría de los casos clasificados como frontales, pero *sin* el ascenso frontal esta convección *no* hubiera conducido a lluvias. El aire ascendente posee a menudo inestabilidad convectiva condicional, es decir que ella se realiza únicamente cuando el aire es levantado lo suficientemente por otro proceso, el frontal en nuestro caso.

Comparando las cantidades de lluvias no frontales del semestre estival con las del semestre invernal (columna 14 de los cuadros 2 y 3), obtenemos el resultado esperado de que el milimetraje del verano, en cuanto a lluvias no frontales, es mayor que el del invierno en todos los lugares. Sin embargo, utilizando el cociente R_{14}/R_{16} , es decir una cifra que indica qué parte de las lluvias semestrales se debe a procesos no frontales, se nota la diferenciación regional. En Mendoza, p. ej., los procesos no frontales producen el 50 % de las lluvias de verano, pero solamente el

CUADRO 2. — *Lluvias*
(Promedio de los dos años investigados,

Columna N°	1		2		3		4		5		6		7		8	
	Frente frío común		Frío con efecto orográfico		F Predominando los procesos frontales				Suma de procesos frontales		Suma de procesos frontales con R<0.5mm					
	R	n	R	n	Frío		Caliente		Frío de altura		Frente de inestabilidad		R	n	R	n
	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días
Tucumán	280	20	192	8	472	28	106	8	40	3.5	14	1	532	40.5	0.8	4.5
	31 %		21 %		53 %		12 %		4 %		2 %		71 %			
Corrientes	420	26	—		420	26	240	16	44	2	17	0.5	721	44.5	0.6	6.5
	48 %				48 %		27 %		5 %		2 %		82 %			
Córdoba	118	15	60	7.5	178	22.5	168	10.5	41	4	44	1.5	431	38.5	0.8	5
	18 %		9 %		28 %		26 %		6 %		7 %		67 %			
Mendoza	28	7	5	2.5	33	9.5	1	1.5	19	4	—		55	15.0	0.1	5
	26 %		5 %		31 %		1 %		18 %				50 %			
Buenos Aires	313	32	—		313	32	150	11.5	13	1.5	29	2	505	47	1.1	12
	57 %				57 %		27 %		2 %		5 %		92 %			
Santa Rosa	190	21	—		190	21	104	4.5	36	3.5	2	0.5	332	29.5	0.7	4
	42 %				42 %		23 %		8 %		0 %		73 %			

NOTAS: 1° Se tomaron en cuenta *todos* los días con precipitación que llegó al suelo en la se refiere a lo días con $R \geq 0.5$ mm.

2° Las cantidades (R) en cada clase, fueron expresadas también como por ciento del pro

CUADRO 3. — *Lluvias*
(Promedios de los 2 años investigados,

Columna N°	1		2		3		4		5		6		7		8	
	Frío común		Frío con efecto orográfico		F Predominancia de procesos frontales				Suma de los procesos frontales		Suma de los procesos frontales con R<0.5mm					
	R	n	R	n	Frío		Caliente		Frío de altura		Frente de inestabilidad		R	n	R	n
	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días
Tucumán	80	12	35	7	115	19	18	3.5	2	1.5	—		135	24	0.6	4
	40 %		17 %		57 %		9 %		1 %				67 %			
Corrientes	262	30	—		262	30	230	21	2	0.5	—		494	51.5	1.0	11.5
	48 %				48 %		42 %		0 %				90 %			
Córdoba	62	8.5	10	2.5	72	11	32	6	12	2.5	—		116	19.5	0.9	6
	44 %		7 %		51 %		23 %		8 %				82 %			
Mendoza	19	6.5	10	3	29	9.5	2	1	51	10.5	—		82	21	0.5	4
	20 %		10 %		30 %		2 %		54 %				86 %			
Buenos Aires	109	29	—		109	29	211	19	9	0.5	—		329	48.5	1.6	17.5
	30 %				30 %		57 %		2 %				89 %			
Santa Rosa	44	12.5	—		44	12.5	36	11	6	2	—		86	25.5	1.0	8.5
	48 %				48 %		40 %		7 %				95 %			

NOTAS: 1° Se tomaron en cuenta *todos* los días con precipitación que llegó al suelo en la se refiere a los días con $R \geq 0.5$ mm.

2° Las cantidades (R) en cada clase, fueron expresadas también como por ciento del pro

clasificadas. VERANO.
octubre a marzo de 1940/41 y 1941/42)

9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
E Predominando los procesos no frontales										Suma de los procesos no frontales		Suma procesos no frontales con R<0.5mm		Promedio semestral (1940/41 y 41/42)		Como columna 16 pero solamente días con R<0.5mm		Promedio NORMAL de 25 años (1913-37)		$\frac{R_{16}}{R_{18}}$	
Pseudo-frente de lluvia		Convección		Convergencia		Orográfico		Turbulento conveectivo		R		n		R		n		R		n	
R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n
mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días
106	4	61	14	—	—	96	9	—	—	263	27	0.8	6	895	68	1.6	10.5	781	52	1.15	
12 %		7 %				11 %				29 %				100 %							
76	5	26	6	50	1.5	—	—	—	—	152	12.5	0.8	3.5	873	57	1.4	10	735	40	1.19	
9 %		3 %		6 %						18 %				100 %							
100	6	78	5.5	12	1.5	18	10	—	—	208	23	1.0	7	639	61	1.8	12	546	43	1.17	
16 %		12 %		2 %		3 %				33 %				100 %							
8	0.5	5	3	24	1.5	17	6	—	—	54	11	0.4	3.5	107	26	0.5	8.5	136	19	0.79	
7 %		5 %		22 %		16 %				50 %				100 %							
38	3.5	2	2	3	1	—	—	2	7	45	13.5	0.7	8	550	60.5	1.8	20	549	38	1.00	
7 %		0 %		1 %				0 %		8 %				100 %							
43	2	46	6	30	7	—	—	0	0.5	119	15.5	0.4	3	451	45	11.	7	443	32	1.02	
10 %		10 %		7 %				0 %		27 %				100 %							

estación, aún cuando se tratara solamente de unas pocas gotas, excepto para la columna 18 donde n medio semestral. La columna 3 contiene la suma de las columnas 1 y 2.

clasificadas. INVIERNO.
semestre de abril a setiembre 1941 y 1942)

9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
E Predominancia de procesos no frontales										Suma de los procesos no frontales		Suma no frontales con R<0.5mm		Promedio semestral (1941-42)		Promedio semestral para R<0.5mm		Promedio NORMAL (1913-37) del semestre		$\frac{R_{16}}{R_{18}}$	
Pseudo-frente de lluvia		Convección		Convergencia		Orográfico		Turbulento conveectivo		R		n		R		n		R		n	
R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n	R	n
mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días	mm	días
—	—	5	2	—	—	62	12	0	0.5	67	14.5	0.6	3	202	38.5	1.2	7	151	22	1.34	
		2 %				31 %		0 %		33 %				100 %							
—	—	0	0.5	55	4.5	—	—	0	4	55	9	0.2	5	549	60.5	1.2	16.5	453	29	1.21	
		0 %		10 %				0 %		10 %				100 %							
—	—	1	1.5	0	1.5	23	13	1	4	25	20	0.7	13.5	141	39.5	1.6	19.5	149	17	0.95	
		1 %		0 %		16 %		1 %		18 %				100 %							
—	—	0	0.5	—	—	13	10.5	0	1.5	13	12.5	1.5	8	95	33.5	2.0	12	51	9	1.86	
		0 %				14 %		0 %		14 %				100 %							
—	—	4	1.5	36	3	—	—	1	6.5	41	11.0	0.6	8	370	59.5	2.2	25.5	447	31	0.78	
		1 %		10 %				0 %		11 %				100 %							
—	—	0	1	4	2	—	—	1	6	5	9	0.0	5	91	34.5	1.0	13.5	157	18	0.58	
		0 %		4 %				1 %		5 %				100 %							

estación, aún cuando se tratara solamente de unas pocas gotas, excepto para la columna 18 donde n medio semestral. La columna 3 contiene la suma de las columnas 1 y 2.

14 % de las de invierno. En cambio, en Buenos Aires hay poca diferencia entre la época calurosa y la fría; las cifras correspondientes son 8 % y 11 %.

Otra diferencia regional surge a la vista al comparar los datos de la columna 14 de Córdoba y de Buenos Aires. En ambos lugares, el número de días con lluvias de una sola masa de aire varía poco de verano a invierno. Pero en Córdoba estos procesos no frontales producen en verano 208 mm y en invierno solamente 25 mm mientras que en Buenos Aires la cantidad se mantiene estable con 45 mm en verano y 41 mm en invierno. En Córdoba los procesos convectivos puros rinden mucho en verano y poco en invierno, mientras que en Buenos Aires la convección rinde poco en ambas épocas.

Las diferencias entre la época calurosa y la fría se ven claramente comparando las subclases en los cuadros 2 y 3. No requiere explicación el hecho que los frentes de inestabilidad y los pseudofrentes "de lluvia" faltan por completo en invierno en los seis lugares sin excepción. En Mendoza, un día con lluvias de frente frío de altura produce 5 mm en promedio, tanto en verano como en invierno. Como en la altura, sobre Mendoza, los vientos del oeste son en invierno más fuertes y frecuentes, ocurren en esa época más días de lluvia con frente de altura. El resultado es que la suma de las lluvias debidas a ese proceso supera en invierno a la de todos los demás procesos.

Sobre la cantidad que produce en promedio un día de frente frío y uno de frente caliente informa el Cuadro C.

CUADRO C. — Cantidad (mm) que rinde en promedio un día con lluvia de frente frío y un día con lluvia de frente caliente respectivamente

	Verano		Invierno	
	Frente frío	Frente caliente	Frente frío	Frente caliente
Tucumán	17 mm	12 mm	6 mm	5 mm
Corrientes	16	16	9	11
Córdoba	8	16	7	5
Mendoza	3	(0.6)	3	(2.5)
Buenos Aires	10	13	4	11
Santa Rosa	9	23	3	3

NOTA: Las cifras entre paréntesis son promedios obtenidos de menos de 10 casos.

En Corrientes, en verano como en invierno, el ascenso frontal activo produce tanto como el ascenso pasivo. En Córdoba y en Santa Rosa, en verano, un día con lluvia de frente caliente rinde el doble que uno de frente frío. En Buenos Aires es en invierno cuando el frente caliente rinde mucho más que el frío. Parece que la explicación no es evidente ni simple y que requiere un estudio más profundo que el actual.

Los cuadros 1, 2 y 3 permiten determinar con facilidad cuál de los diversos procesos es el contribuyente de mayor importancia en cada lugar. En general, son las lluvias de frente frío, como ya se dijo al tratar los empujes polares. Sin embargo, en invierno son los frentes fríos de altura en Mendoza y los frentes calientes en Buenos Aires.

Las columnas 16 al 19 informan en cierta medida sobre el grado de representatividad de nuestros resultados. De la columna 19 del cuadro I vemos que la máxima diferencia entre el promedio de los dos años investigados y el promedio de 25 años es de 20 %. En cambio, las cifras de la columna 19 de los cuadros 2 y 3 acusan mayores diferencias. En especial notamos que en Mendoza las lluvias invernales del período 1941-42 eran mayores que las normales y que en Santa Rosa alcanzaron solamente el 60 % de la normal. En estas cifras se refleja la circulación anormal, especialmente la del invierno de 1942, caracterizada por un número excesivo de fuertes anticiclones del tipo "antártico". Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en Mendoza y en Santa Rosa las cantidades invernales normales son en sí pequeñas. Estas diferencias, grandes si se las expresa en porcentaje pero tolerables si se considera el milimetraje, no significan que haya que descartar los resultados generales.

Podemos, entonces, aceptar las cifras de los cuadros 1, 2 y 3 como representando los rasgos principales de una clasificación sinóptica de las lluvias en las provincias argentinas aunque sería muy deseable ampliar el período investigado a 5 años.

Igualmente deseable será extender la investigación para abarcar también la duración de las lluvias. Como se trabajó con datos que se referían siempre al día pluviométrico, no se podían obtener valores valederos de la duración de los distintos procesos lluviosos. P. ej. una lluvia de 3 horas de duración, que empezó a las 7 horas H. O. A. (= 10 horas T. M. G.) y terminó a las 10, figura en nuestro material en dos días de fecha sucesiva. En cambio, una lluvia de 12 horas de duración pero que comienza a las 10 hs., aparece en una sola fecha. Por otra parte, varias lluvias de diferentes características, ocurridas durante un sólo día pluviométrico, se consignan como una sola lluvia, etc. Por esas mismas razones han de ser demasiado largas las duraciones medias halladas por M. J. Olascoaga para lluvias "organizadas". Este autor encontró para las provincias argentinas valores de 1,8 a 2,5 días según la Fig. 9 de (9). Habrá que recurrir a los registros originales de los pluviógrafos, además de los mapas sinópticos, para obtener la duración verdadera de las distintas clases de lluvia.

LAS LLUVIAS MAXIMALES CAIDAS EN UN DIA

El aspecto estadístico ha sido tratado detalladamente por A. A. Marchetti en (5), donde especialmente las figuras 22 al 28 y las tablas 9, 10, 11 y 12 ofrecen amplia información. Desde el punto de vista sinóptico interesa determinar cuáles de los procesos lluviosos han producido estas cantidades maximales. Se utilizó material facilitado por el Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional, limitando los datos a los 6 lugares seleccionados y al día pluviométrico. En otras palabras, las cantidades maximales se refieren siempre al período de 24 horas desde las 8 hs. (8hs. del meridiano 60°W, o sea 12 hs. T. M. G.), del día de la fecha hasta las 8 horas del día siguiente. Por esta razón, nuestros valores son muchas veces menores que las verdaderas máximas de 24 hs. y no siempre coinciden con los valores dados por A. A. Marchetti en el citado trabajo.

En nuestra investigación de las lluvias máximas se procedió de la siguiente manera: Para cada lugar y cada año del récord existente se determinó la fecha de la máxima lluvia diaria (un valor para cada año). De estas series de valores se seleccionaron para cada lugar los 10 casos extremos y se analizaron las cartas sinópticas correspondientes en lo que era posible, pues no se dispone de cartas sinópticas anteriores al año 1902.

Es de mencionar que unos pocos años incompletos fueron eliminados de los records, y que en algunos de los seis lugares seleccionados el récord muestra breves interrupciones. Para Buenos Aires se utilizó únicamente el material desde el año 1906 porque, desde entonces, el pluviómetro oficial no ha cambiado de ubicación.

El resultado se presenta en los cuadros 4 a 9 y un resumen en el cuadro 10. Se utilizan las siguientes abreviaturas para la clasificación sinóptica:

<i>Ff</i> = frente frío;	<i>Ells</i> = proceso no frontal, frente de lluvia;
<i>Fc</i> = frente caliente;	<i>Econ</i> = convección pura;
<i>Ffa</i> = frente frío de altura;	<i>Ever</i> = convergencia, proceso no frontal;
<i>Ffi</i> = frente de inestabilidad;	<i>Eor</i> = efecto orográfico puro.
	<i>Etur</i> = turbulento-convectivo, proceso no frontal.

CUADRO 4.

TUCUMAN

Lluvia máxima diaria

65 años del período 1874-1948; faltan los años 1875, 1876, 1878, 1879, 1880, 1882, 1885, 1884, 1930 y 1931.

Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos.	16	15	13	2	1	0	0	0	0	1	5	12	65
%	25	23	20	3	1	0	0	0	0	3	7	18	100 %

Los 10 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	206	25/ 3/1943	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>
2	166	31/ 1/1910	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>
3	157	24/ 3/1889	—	—
4	149	18/ 3/1914	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>
5	144	2/ 1/1922	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>
6	143	24/ 1/1911	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>
7	140	5/12/1898	—	—
8	130	2/12/1874	—	—
9	124	24/11/1940	Efecto orográfico <i>sin</i> intervención de procesos frontales. Inestabilidad convectiva realizada en un sostenido flujo desde el E y SE.	<i>Eor</i>
10	124	8/ 1/1907	Frente frío común con efecto orográfico.	<i>Ff</i>

CUADRO 5

CORRIENTES

Lluvia máxima diaria

70 años del período 1876-1948; faltan los años 1881, 1888 y 1889.

Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos	9	10	10	10	7	0	0	0	3	8	9	4	70
%	13	14	14	14	10	0	0	0	4	11	13	6	100 %

Los 10 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	210	11/ 4/1915	Depresión « del litoral », frente caliente.	<i>Fc</i>
2	185	19/ 3/1920	Frente frío común, de un fuerte empuje polar.	<i>Ff</i>
3	178	2/ 5/1876	—	—
4	175	11/ 4/1898	—	—
5	152	8/ 2/1885	—	—
6	147	17/10/1892	—	—
7	145	20/12/1882	—	—
8	143	26/11/1918	Frente frío común.	<i>Ff</i>
9	143	21/10/1904	Frente frío de una intensa depresión centrada sobre el sud del Brasil. No se trata de una depresión « del litoral ».	<i>Ff</i>
10	137	18/11/1912	Zona frontal de gran potencia, casi estacionaria, con orientación W-E.	<i>Fc</i>

NOTA: Llama la atención que todos los 10 casos extremos se han producido antes del año 1921. Sin embargo, se registraron 132 mm el 6/1/1941 y 125 mm el 7/2/1934, es decir cantidades considerables aunque menores que los 10 casos extremos.

Para determinar si la ubicación del pluviómetro puede haber influenciado en este resultado, se consultaron los antecedentes disponibles. Ellos son incompletos, pero surge que, a partir de 1920, la estación meteorológica Corrientes cambió 5 veces de ubicación. Hasta 1920 el abrigo meteorológico permaneció en un mismo lugar; probablemente también el pluviómetro oficial.

En Tucumán, Córdoba, Mendoza, Buenos Aires y Santa Rosa la distribución de los casos extremos sobre el período abarcado por los registros, es bastante uniforme.

Es natural que el proceso turbulento-convectivo tal como ha sido definido y descrito anteriormente, no puede producir grandes lluvias, pero las demás subclases de procesos lluviosos están todas representadas entre los 49 casos extremos que fueron analizados.

En el cuadro 10 notamos que los procesos no frontales han sido los decisivos en 8 de los 49 casos de lluvias diarias extremas, a pesar de que los procesos no frontales son menos frecuentes que los frontales y, en el promedio, también menos efectivos.

Del cuadro 10 surgen también las diferencias regionales. Lluvias extremas en 24 horas, a causa de frentes fríos de altura o frentes de inestabilidad, se registraron únicamente en Mendoza y en Buenos Aires.

CUADRO 6
CORDOBA

Lluvia máxima diaria

68 años del período 1873-1950; faltan los años 1893 y de 1899 a 1907.
Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos	8	11	10	5	4	0	1	1	3	8	4	13	68
%	12	16	15	7	6	0	1	1	4	12	6	19	100 %

Los 10 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	143	23/ 2/1894	—	—
2	137	18/10/1939	Frente caliente puro, Efecto orográfico insignificante y sin convergencia de flujo en las capas bajas.	<i>Fc</i>
3	134	14/ 5/1919	Depresión « del litoral » con sudestada prolongada. El efecto orográfico es considerable.	<i>Fc</i>
4	116	17/ 5/1928	Depresión « del litoral », bien definida.	<i>Fc</i>
5	107	26/ 2/1889	—	—
6	103	30/ 1/1878	—	—
7	102	4/ 2/1919	Análisis inseguro. Probablemente ascenso activo junto con efecto orográfico.	<i>Fc</i>
8	101	6/12/1940	Frente frío común, junto con vientos convergentes en las capas bajas.	<i>Ef</i>
9	101	20/ 4/1924	Análisis poco seguro. Lo más probable es convergencia en gran escala debido a una vaguada de altura, estacionaria, con su eje orientado N-S. No hay invasión de aire frío.	<i>E ver</i>
10	98	10/12/1932	Frente frío común. Fuerte empuje polar.	<i>Ef</i>

Mientras que en Mendoza una lluvia extrema puede ser causada por casi cualquiera de los procesos de nuestra clasificación, predominan claramente los frentes fríos con efecto orográfico en Tucumán.

Por otra parte, el proceso que prevalece en las grandes lluvias de Santa Rosa es el ascenso activo correspondiente a los frentes calientes.

La comparación de los cuadros 4 al 9 con las cantidades normales de lluvia, publicadas en (1), resulta útil. En Tucumán, las lluvias máximas diarias y la lluvia mensual promedio tienen la misma marcha anual. Allí la situación sinóptica que conduce a las lluvias normales, produce también las lluvias extremas. En Corrientes y Córdoba, la coincidencia ya no es completa. Corrientes acusa una disminución de la frecuencia de lluvias máximas en diciembre, y Córdoba en noviembre. En ambos lugares, las grandes lluvias se deben a procesos frontales. Como las cifras mensuales de lluvias clasificadas (no publicadas) no acusan ninguna disminución del número o intensidad de los procesos fron-

CUADRO 7
MENDOZA

Lluvia máxima diaria

57 años del período 1877-1948; faltan los años 1881-1890 y los años 1898 y 1899.
Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos	12	9	8	3	2	0	1	0	3	7	3	9	57
%	21	16	14	5	3	0	2	0	5	12	5	17	100 %

Los 10 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	85	30/7/1911	Hubo intensa depresión « del litoral ». El material sinóptico es escaso y no permite decidir con seguridad si predominaba el ascenso orográfico del aire marítimo o si era más importante una vaguada fría de altura.	<i>Eor</i>
2	84	1/ 2/1920	Frente frío eleva al aire tropical que afluyó debido a una depresión « del litoral » centrada sobre el sudeste de Santiago del Estero. Notable efecto orográfico.	<i>Ff</i>
3	59	23/ 1/1945	Continua afluencia de aire del E. El ascenso frontal es menos importante que el efecto orográfico. El frente se halla 700 Km al NE del lugar.	<i>Eor</i>
4	57	1/ 3/1897	—	—
5	53	31/12/1926	Frente caliente sin efecto orográfico.	<i>Fc</i>
6	52	18/12/1939	Tormenta de verano (de calor).	<i>E con</i>
7	49	5/ 5/1943	Invasión de aire frío en altura.	<i>Ffa</i>
8	49	23/ 1/1922	Análisis inseguro. Lo más probable es convergencia de aire convectivamente inestable, debido a una vaguada de altura. Las lluvias son muy aisladas. No hay invasión de aire frío en altura.	<i>E ver</i>
9	48	22/ 9/1909	Frente frío de altura, vinculado con vaguada bórica de gran altura.	<i>Fja</i>
10	48	26/11/1913	Caso dudoso; el material sinóptico es muy escaso. Parece que se trata de tormenta local debida a un frente de inestabilidad.	<i>Ffi</i>

tales en estos meses, debemos deducir que en Corrientes y Córdoba actúa otro elemento adicional en la producción de las grandes lluvias. Esta relativa escasez de grandes lluvias en noviembre, notada en Córdoba, se encuentra también en Buenos Aires y en Mendoza. El mismo sentido de variación lo encontramos en forma muy suavizada en la tabla 10 de A. A. MARCHETTI (5) que contiene los promedios mensuales de las máximas lluvias diarias. No se encontró todavía una explicación

CUADRO 8
BUENOS AIRES

Lluvia máxima diaria

45 años; período 1906-50.

Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos	3	6	4	7	6	0	1	6	3	4	1	4	45
%	7	13	9	16	15	0	2	13	7	9	2	9	100 %

Los 11 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	166	5/ 5/1912	Frente frío común de avance lento. <i>No</i> se trata de depresión « del litoral » ni otra clase de depresión pronunciada.	<i>Ff</i>
2	158	1/ 2/1940	Depresión « del litoral » bien definida, centrada sobre el SE del Uruguay. Considerable efecto de convergencia sumado al ascenso frontal.	<i>Fc</i>
3	123	22/ 4/1914	Una depresión que se formó sobre el centro de la provincia de Buenos Aires y se mantuvo toda una semana sobre ella, causando uno de los períodos lluviosos más largos.	<i>Fc</i>
4	120	12/ 1/1925	Similar al caso Nº 1.	<i>Ff</i>
5	109	13/11/1913	Depresión « del litoral » es alcanzada por un empuje polar de gran espesor y se formó un frente de inestabilidad.	<i>Ffi</i>
6	109	23/10/1944	Onda estable sobre potente zona frontal estacionaria, orientada WNW-ESE.	<i>Fc</i>
7	107	22/ 4/1928	Frente estacionario.	<i>Fc</i>
8	104	21/ 9/1945	Depresión « del litoral » que se desplaza rápidamente del S de Santa Fe al SE del Uruguay, intensificándose mucho.	<i>Ff</i>
9	100	27/ 2/1930	Depresión « del litoral », formada sobre Misiones, se desplazó repentinamente hacia el Uruguay. Hubo fuerte sudestada, pero no prolongada.	<i>Fc</i>
10	100	28/ 2/1946	Onda frontal estable se desplaza del S de Entre Ríos al Río de la Plata.	<i>Fc</i>
11	99	8/10/1939	Depresión « del litoral ». Ciclogénesis sobre el sud de Santa Fe con posterior intensificación sobre el Río de la Plata.	<i>Fc</i>

sinóptica satisfactoria para esta interesante irregularidad en la marcha anual.

En Mendoza nos encontramos además con la particularidad que en julio, mes del mínimo promedio de lluvias, ocurrió la más grande lluvia diaria de todo el récord. Se manifiesta así el típico régimen del desierto.

CUADRO 9
SANTA ROSA

Lluvia máxima diaria

40 años; período 1911-50.

Seleccionando la máxima lluvia diaria de cada año, resulta la siguiente distribución:

Mes	E	F	M	A	M	Jn	Jl	A	S	O	N	D	Total
Nº de casos	3	7	5	3	2	1	0	0	5	6	6	2	40
%	8	18	12	8	5	2	0	0	13	15	15	5	100 %

Los 10 casos extremos y su clasificación sinóptica

Nº de orden	Cantidad mm	Fecha	Análisis	Clasificación
1	230	22/ 2/1915	Frente estacionario con prolongado y activo ascenso del aire caliente que estaba convectivamente inestable. Fuertes tormentas eléctricas de altura.	<i>Fc</i>
2	160	23/ 2/1925	Zona frontal, potente y estacionaria. Similar al caso Nº 1.	<i>Fc</i>
3	103	26/10/1919	Depresión « del litoral ».	<i>Fc</i>
4	97	4/ 3/1946	Sobre una extensa y uniforme masa de aire húmedo, convectivamente inestable, actúa convergencia, producida por el campo bórico superior. Se forma un típico « frente de lluvia » y se comprueba que, después de su pasaje, no se produjo ningún cambio de la masa de aire. Tampoco actuó aire frío en altura.	<i>Ells</i>
5	88	28/11/1928	Frente casi estacionario, de orientación N-S.	<i>Fc</i>
6	85	2/ 1/1914	Zona frontal estacionaria. No intervino aire frío en altura. Copiosas lluvias en un área muy extensa, con tormentas.	<i>Fc</i>
7	83	26/ 4/1938	Depresión « del litoral » que se desarrolla sobre el norte de la provincia de Buenos Aires, donde permaneció 3 días.	<i>Fc</i>
8	78	27/ 1/1920	Otro caso de autoconvección generalizada y « frente de lluvia ».	<i>Ells</i>
9	78	17/10/1934	Intensa frontogénesis sobre el S de Santa Fe y W de Buenos Aires.	<i>Fc</i>
10	76	12/ 5/1948	Frente estacionario sobre el S de Córdoba y N de Buenos Aires. El frente tiene orientación W-E y recién el día siguiente se forma una depresión frontal.	<i>Fc</i>

En Buenos Aires se destaca agosto. Durante los 45 años ocurrió 6 veces que la máxima lluvia diaria del año se produjo en este mes, pero ninguno de estos 6 casos pertenece a los 11 casos extremos. Podría resultar interesante una investigación especial que determinara si el notable número de lluvias máximas diarias en agosto está relacionado con

la "tormenta del día de Santa Rosa" (30 de agosto). Sabemos que el número de días con lluvias > 1 mm no acusa ningún aumento significativo alrededor del 30 de agosto, pero que el número de días con tormentas eléctricas se triplica durante la semana del 22 al 28 de agosto. (Véase también W. SCHWERDTFEGER en pág. 24 del libro "El problema de la previsión del tiempo", Buenos Aires, 1952). Las fechas en que ocurrieron nuestros 6 casos son:

22/8/1922	con	96.4	mm	y	con	tormenta	eléctrica
27/8/1923	»	58.8	»	»	»	»	»
26/8/1931	»	57.8	»	»	sin	»	»
29/8/1935	»	54.4	»	»	con	»	»
21/8/1941	»	83.9	»	»	sin	»	»
1/8/1942	»	86.4	»	»	con	»	»

Para una investigación especial debería confeccionarse una estadística para agosto y principios de setiembre, clasificando las lluvias día por día según la cantidad y según las condiciones sinópticas, tarea que no se efectuó por falta de tiempo. Aquí podemos constatar solamente que de los 6 casos extremos de lluvia diaria ocurridos en agosto hubo 4 con tormentas eléctricas.

CUADRO 10
Resumen de las lluvias máximas diarias clasificadas.

	F predominan procesos frontales				E predominan procesos no frontales					N ^o de casos
	<i>Ff</i>	<i>Fc</i>	<i>Ffa</i>	<i>Ffi</i>	<i>Els</i>	<i>Econ</i>	<i>E ver</i>	<i>E or</i>	<i>Et u</i>	
Tucumán ...	6	—	—	—	—	—	—	1	—	7
Corrientes ...	3	2	—	—	—	—	—	—	—	5
Córdoba	2	4	—	—	—	—	1	—	—	7
Mendoza	1	1	2	1	—	1	1	2	—	9
Buenos Aires	3	7	—	1	—	—	—	—	—	11
Santa Rosa .	—	8	—	—	2	—	—	—	—	10
Suma ...	15	22	2	2	2	1	2	3	—	49
	41				8					

El cuadro 1 nos informa que en Tucumán, Córdoba y Santa Rosa aproximadamente un 10 % de la lluvia anual se debe al proceso denominado "frente de lluvia", pero solamente en Santa Rosa se dió el caso de que dicho proceso causara lluvias diarias tan copiosas que dos de ellas figuran entre los 10 casos extremos. El NE de la Pcia. Eva Perón ya ha sido señalado en Fig. 7 como zona predilecta para la iniciación de autoconvección generalizada. Los restantes 8 casos de Santa Rosa son todos de frente caliente.

Fijando la atención en la columna "análisis" de los cuadros 4 al 9 podemos notar que una considerable parte de las lluvias extremas diarias se produjo durante la evolución de las así llamadas depresiones "del litoral". Según la descripción dada anteriormente de este tipo de depresiones, tenemos que esperar que las estaciones ubicadas en el norte

agradece su valioso aporte. Asimismo, hace constar que las figuras 1, 3, 4 y 5 se basan en los mapas del Atlas Climático de la República Argentina, preparados por la Dirección de Investigaciones del Servicio Meteorológico Nacional, que se halla en vías de publicación.

Los originales de las figuras 8, 9, 10 y 11, a su vez, fueron preparados por el Departamento Pronóstico del Tiempo y han sido publicados en el Derrotero Argentino, Parte I, 4ª edición, Buenos Aires, 1947. La figura 2 fué reproducida del tomo VI, pág. 19 de la "Geografía de la República Argentina", Buenos Aires, 1947, publicada por la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos.

BIBLIOGRAFÍA

1. SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. — « El régimen pluviométrico de la República Argentina ». Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, 1945.
2. PROHASKA, FEDERICO. — « Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos ». METEOROS II, pág. 66, Buenos Aires, 1952.
3. MARCHETTI, ADOLFO A. — « Oscilaciones extremas de la cantidad de precipitación en la República Argentina ». METEOROS, pág. 46, Buenos Aires, 1951.
4. MARCHETTI, ADOLFO A. — « Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires ». METEOROS, pág. 7, Buenos Aires, 1952.
5. MARCHETTI, ADOLFO A. — « Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina ». METEOROS, pág. 243, Buenos Aires, 1952.
6. MARCHETTI, ADOLFO A. — « Probabilidad de las lluvias intensas en la ciudad de Buenos Aires ». METEOROS, pág. 131, Buenos Aires, 1953.
7. SOCIEDAD ARGENTINA DE ESTUDIOS GEOGRÁFICOS GAEA. — « Geografía de la República Argentina », Tomo V y VI, Buenos Aires, 1946.
8. SCHWERTDFEGER, WERNER. — « La depresión térmica del noroeste argentino. » *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. Tomo CLT, pág. 255, Buenos Aires, 1951.
9. OLASCOAGA, M. J. — « Some Aspects of Argentine rainfall ». *Tellus*, Vol. II, N° 4, nov. 1950.
10. KUSNEZOV, NICOLÁS. — « Los tipos genéticos de la precipitación atmosférica en la Argentina ». *Rev. Dusenía*, III (2): 93-104, 1952, Brasil.
11. GEORGH, W. — « Regulación del tiempo por la doble onda diaria de la presión atmosférica, en Mendoza ». METEOROS, II, pág. 182, Buenos Aires, 1952.
12. SCHWERTDFEGER, WERNER. — « Más lluvias al fin de semana. ¿Realidad o ilusión? » (Divulgación). *Ciencia e Investigación*, Tomo 10, pág. 119, Buenos Aires, marzo 1954.
13. WOLCKEN, KURT. — « Vom Wetter in Argentinien ». (Divulgación). *Revista Sudamerika*, Buenos Aires, julio/agosto 1952.
14. SCHWERTDFEGER, WERNER. — « Aplicación de métodos objetivos a la previsión de lluvias, en Buenos Aires ». METEOROS, Buenos Aires, 1954, pág. 7-34.

NOTA: Esta lista no pretende ser completa, y comprende solamente publicaciones relativamente recientes y que se refieren a todo el país. No incluye, p. ej., los trabajos de Hessling, que son anteriores a 1940, ni los de Rohmeder, que tratan aspectos regionales.

551.491 : 551.579

VARIACIONES DE LA NAPA FREÁTICA EN RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN, LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y LA TEMPERATURA

POR JOSE M. RAFFO *

Resumen. — Se exponen los resultados obtenidos del análisis de series de observaciones del nivel de la napa freática, en relación con la precipitación, la presión atmosférica y la temperatura.

Summary. — The analysis of the levels of the groundwater (freatic-water) demonstrates the relation between the groundwater: and the rainfall, the atmospheric pressure, and the temperature.

I. INTRODUCCION

Desde hace años se trabaja en los distintos institutos hidrológicos del mundo en la determinación de los regímenes de las napas subterráneas, con el objeto de llegar a establecer los caudales que pueden extraerse de las mismas sin afectar sus niveles en forma permanente y evitar que el uso indebido de esas aguas origine serios problemas. Entre los más importantes se considera oportuno mencionar no sólo el hecho de que la napa freática tiende en general a descender en casi todos los países, incluso el nuestro, sino también que en algunas regiones, tales como en la Capital Federal (Villa Ortúzar, República Argentina), la primera napa ha desaparecido y que en otros puntos, como en la zona de Oxnard de California (EE. UU.) y en Zuidersee de Holanda, el descenso de la napa ha provocado la incursión del agua de mar, transformando en salitrosas las aguas potables, con el consiguiente perjuicio para la población y los cultivos de la zona y la perspectiva de que campos fértiles se transformen en regiones áridas o semiáridas.

Una demostración clara de la importancia que día a día adquiere esta rama de la hidrología — la hidrogeología — la constituyen las numerosas bibliografías y discusiones presentadas en los últimos congresos hidrológicos.

Para llegar a conocer el régimen de las aguas subterráneas es necesario establecer si se trata de ríos o de lagos subterráneos, determinar sus respectivas cuencas, la dirección y velocidad del escurrimiento, así como también conocer qué orígenes tienen y en qué forma influyen los cursos de agua, la precipitación, la presión atmosférica, la temperatura, etc.

En el presente trabajo, realizado con la colaboración del Ingeniero NILS FLÖTTEN¹, se dan los resultados obtenidos del análisis de largas series de observaciones del nivel del agua freática (1912-1953) efectuadas en distintas regiones de la República Argentina, la relación que existe

* Agrimensor Nacional. Jefe del Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

¹ Ingeniero Civil. Asesor del Servicio Meteorológico Nacional.

entre la precipitación caída en la cuenca y las variaciones de nivel de la napa, la relación entre las variaciones de nivel del agua en los pozos y la presión atmosférica, y la temperatura ambiente del lugar en que está ubicado el puesto de observación.

II. GENERALIDADES

La napa freática, es decir, la capa de agua más próxima al nivel del terreno, forma ríos y lagos subterráneos que como los superficiales tienen sus fluctuaciones y corrientes (dirección y velocidad) y están alimentados por la infiltración de las precipitaciones (lluvia, nieve, etc.) e infiltraciones laterales de los lagos, ríos, canales, etc.

El agua de las precipitaciones se transmite a la napa, con un retraso más o menos grande, que varía entre días y meses, según la constitución geológica del subsuelo, topografía de la cuenca y profundidad a que se halle el agua.

El proceso de infiltración es el siguiente: la primera lluvia penetra hasta saturar una capa más o menos delgada del terreno, según su cantidad, y sigue luego descendiendo lentamente hasta que la presión ejercida por las gases telúricos, equilibran a la fuerza resultante del peso del agua, Fig. 1. Al infiltrarse otra cantidad de agua de lluvia o de nieve, se une a la anterior o queda separada de ésta por una capa de gases, haciendo aumentar el peso de la primera y obligándola a continuar su descenso; en igual forma otras cantidades se suman a las precedentes hasta llegar a la napa.

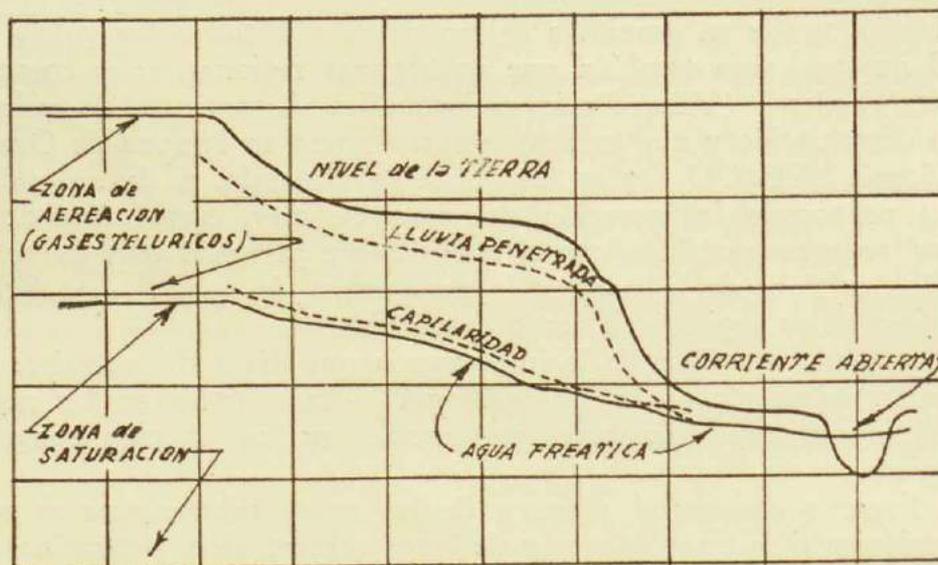


FIG. 1.

En algunas partes donde existen subsuelos de estructura muy gruesa (grava, arena, etc.) o donde hay grietas o fisuras, el agua pasa con mayor rapidez y en algunos casos llega directamente.

La mayoría de los hombres de ciencia que han estudiado los problemas del agua subterránea, coinciden en que parte del agua que penetra en la tierra se vaporiza y como su densidad es mayor que la de los gases telúricos, descende hasta llegar a la napa, donde vuelve a condensarse.

Como es natural, la cantidad que pasa en esta forma es pequeña y su influencia en el horizonte de la napa es poco menos que imperceptible.

Además de la infiltración más o menos lenta y de su transmisión en forma gaseosa, el agua de precipitación produce en muchas partes un aumento rápido, podemos decir que casi instantáneo, en el nivel del agua de los pozos. Está probado que tal incremento no obedece a que el agua se infiltre hasta llegar a la napa, sino a que, al impermeabilizarse la capa superior del terreno (terreno saturado), comprime a los gases telúricos, los que a su vez presionan sobre la napa, haciendo que el horizonte de la misma disminuya micrométricamente, mientras sube notablemente en las partes no cubiertas o semi cubiertas (pozos, manantiales, etc.) hasta equilibrar a la presión atmosférica.

En gabinete se han hecho ensayos que han permitido comprobar que, aunque las capas intermedias del subsuelo están completamente secas, el nivel del agua de los pozos ha aumentado considerablemente. Este aumento brusco en el nivel del agua, originado por la diferencia de presión entre los gases telúricos y la presión atmosférica, es de efecto rápido, debido a que al disminuir la saturación de la capa superior del terreno por efecto de la evaporación, los gases de la tierra la atraviesan perdiendo el exceso de presión y el agua de los pozos vuelve al nivel anterior. A partir de ese momento, tanto la napa como el agua de los pozos vuelven a estar sometidas sólo a la presión atmosférica.

Las infiltraciones laterales, que son las que se producen en los lagos y cursos de agua, son directas y continuas, porque como la tierra se halla siempre saturada de agua, no hay gases que impidan su infiltración. En el fondo de los lagos es generalmente nula, porque los sedimentos que ha ido dejando el agua al pasar, los vuelve impermeables. Lo mismo ocurre en los canales y ríos donde la velocidad es pequeña, pero, a medida que la velocidad aumenta arrastra parte o el total de la capa impermeable, permitiendo la infiltración. Igual cosa pasa en las orillas de los lagos, donde las olas representan el mismo papel que la velocidad, puesto que remueven su capa sedimentosa.

Además de las precipitaciones y aguas superficiales, que alimentan la napa y originan sus variaciones anuales, la napa freática está influenciada por otros agentes atmosféricos que producen variaciones diarias o instantáneas, que aunque pequeñas en el horizonte de la napa, son mucho mayores y bien apreciables en los pozos.

Relación entre las variaciones de nivel de la napa freática y la presión atmosférica.

Ya en el siglo XVII se notó que en los pozos surgentes y semi surgentes la cantidad de agua aumentaba antes de producirse una tormenta y que las galerías de las minas profundas también se inundaban antes de las tormentas. Esto que es debido a la disminución de la presión atmosférica por el ciclón que las precede, ha sido probado en la práctica y en los laboratorios experimentales por los profesores Otozky, King, Nowak, Lathana, Koeva, Martini, Pantanelli, Slichter, Vilhan y otros, quienes han llegado a las siguientes conclusiones:

1º) Las variaciones hidrobarométricas son irregulares y rítmicas.

2º) Cuando aumenta la presión atmosférica el agua de los pozos disminuye, y viceversa.

3º) Bajo las mismas condiciones, el efecto de la presión atmosférica se nota más claramente cuando: *a)* mayor es el gradiente barométrico; *b)* más cerca del punto de influencia de la curva barométrica se encuentra el lugar de observación; *c)* mayor es la profundidad del pozo, y *d)* más compacto es el subsuelo.

4º) La presión atmosférica obra por lo general conjuntamente con otros factores (temperatura, precipitación, fuerzas mecánicas, etc.), por lo que su influencia en muchos casos se hace poco visible y hasta desaparece.

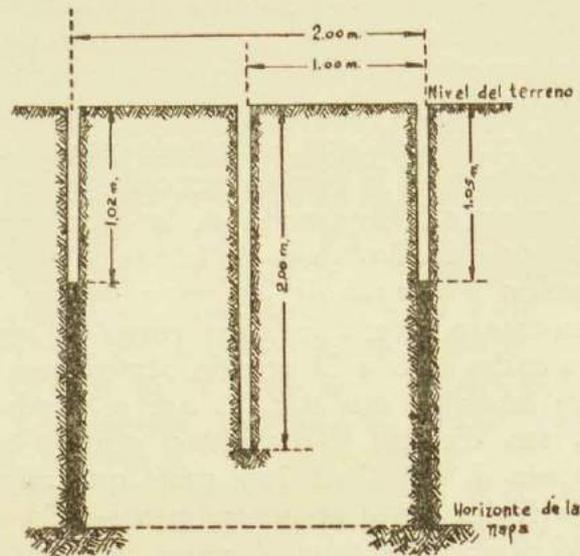


FIG. 2.

5º) Probablemente hay dos casos de variaciones hidrobarométricas: *a)* movimiento vertical de toda la napa, que depende del movimiento de la corteza terrestre; *b)* movimiento del agua subterránea abierta o semi tapada (pozos, manantiales, galerías de las minas y otros), que se produce por la influencia del cambio de la tensión de los gases telúricos que existen sobre la napa freática.

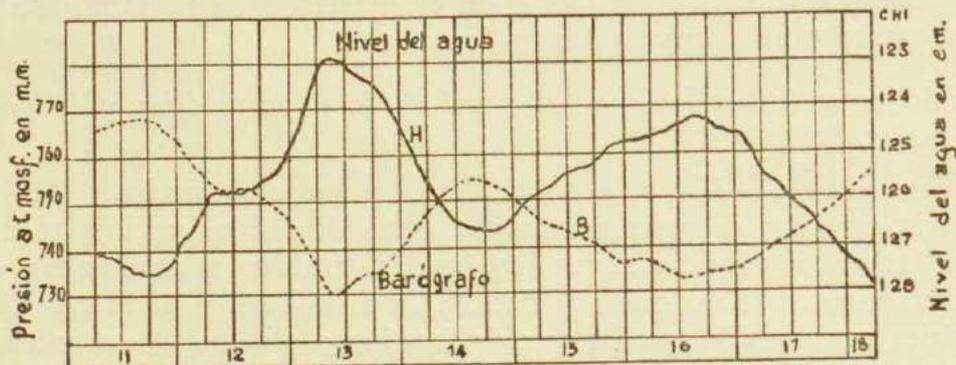


FIG. 3.

6º) Las dos clases de variaciones pueden producirse al mismo tiempo y con el mismo sentido o contrario.

Para comprobar que no es la napa sino el agua de los pozos la que varía por la influencia de la presión atmosférica, se ha recurrido a la siguiente experiencia: Se cavaron tres pozos a corta distancia uno de otro, en terreno horizontal, de modo que los dos pozos exteriores pasaran el horizonte de la napa, mientras que el intermedio no llegaba a esa profundidad, Fig. 2. Al disminuir la presión atmosférica, en los pozos extremos el agua alcanzó un nivel igual en ambos y superior al fondo del pozo intermedio, sin que en este último apareciera agua. Confirma ello la teoría de que no es la napa la que varía por efecto de la presión atmosférica, sino el agua de los pozos.

En los gráficos de las Figs. 3 y 4, deducidos en gabinete de experimentación y en la naturaleza, respectivamente, puede apreciarse la relación existente entre ambos.

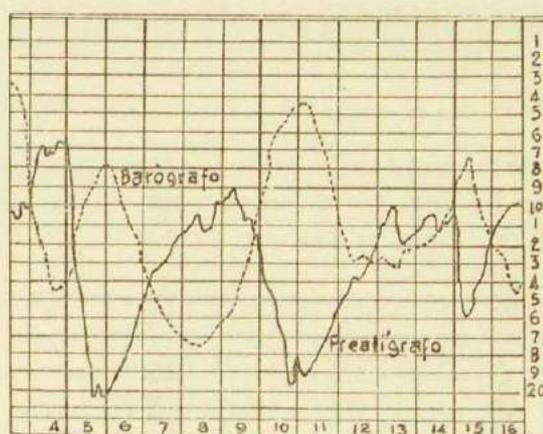


FIG. 4.

Relación entre la temperatura y la napa freática

La temperatura del subsuelo también produce oscilaciones de la napa que, como las ocasionadas por la presión atmosférica, son muy pequeñas en su horizonte pero notables en los pozos.

La amplitud de tales variaciones disminuye al aumentar la profundidad del pozo y se torna tanto mayor cuanto más poroso es el subsuelo, o sea, que ocurre lo contrario a lo que pasaba con la presión barométrica.

El aumento del nivel del agua debido a la influencia de la temperatura, no es por causa de que ésta actúe directamente sobre el líquido sino que se produce por expansión de los gases telúricos. Al referirnos al aumento casi instantáneo de la napa después de las lluvias, hemos visto que era producido por la compresión de los gases —debido al peso del agua— a la cual por lo general se suma la expansión de los gases producida por el aumento de temperatura y evaporación en la parte inferior de la faja húmeda de la misma napa; por esta razón es que en el verano se hace más apreciable, con la misma cantidad de lluvia, que en el invierno.

Las variaciones ocasionadas por la temperatura son periódicas (diarias y anuales), porque están en relación directa con la temperatura del ambiente y, por lo tanto, sometidas al mismo régimen.

En los gabinetes experimentales se ha llegado a demostrar la exactitud de estas teorías (Dr. Otozky). En ellos se utilizan recipientes de vidrio en los cuales se reproduce, en escala reducida, el proceso de los fenómenos que ocurren en la naturaleza. Se hace variar la temperatura manteniendo constante las otras causas, o con la misma temperatura se van haciendo variar uno a uno los otros elementos.

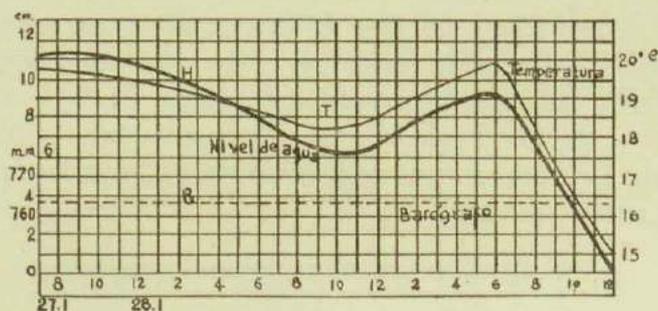


FIG. 5.

En la Fig. 5, que corresponde a una determinación de gabinete, en el que la presión se ha mantenido constante, la relación entre la temperatura y el nivel del agua es casi perfecto.

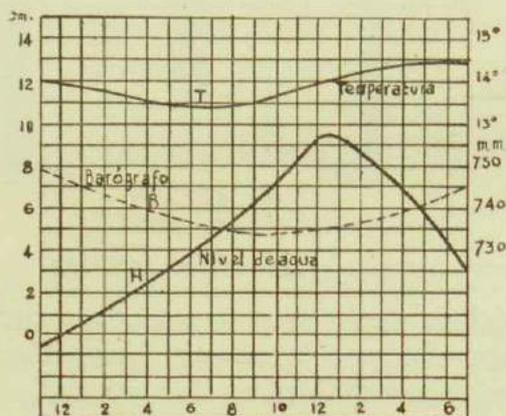


FIG. 6.

En el gráfico de la Fig. 6, donde se han hecho variar la temperatura y la presión, observamos que la relación no es tan exacta como en el caso anterior, porque en partes ambas causas han obrado en el mismo sentido y en otras en sentido contrario.

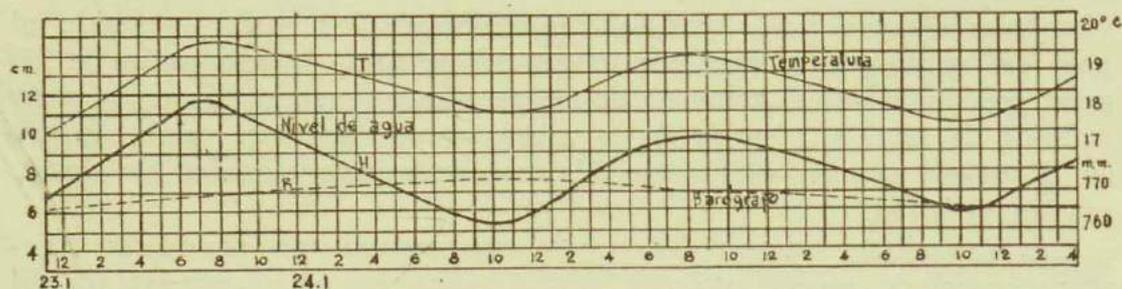


FIG. 7.

En el caso de la Fig. 7, análogo al anterior, se advierte que al hacerse menos variable la presión, la relación entre el nivel del agua y la temperatura es mucho más perfecta, lo cual nos confirma lo expresado.

En la naturaleza, también han sido comprobadas las teorías ya mencionadas, por el profesor F. H. King, aunque, como es lógico suponer, no con tanta exactitud como en el gabinete, pues en ella, en la generalidad de los casos, una causa no actúa aisladamente, sino en conjunción u oposición con otra.

III. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LA REPUBLICA ARGENTINA*

Del análisis de los datos de muchas estaciones freaticométricas de la red nacional, algunas de las cuales se instalaron en el año 1912 o subsiguientes, se deduce que, en general, en toda la zona del interior del país la tendencia secular de la napa es descendente. Las profundidades a que se encuentra el nivel del agua han tenido sus variaciones más o menos pronunciadas según la zona y profundidad a que se encuentra (tanto menores cuanto más profunda), que responden, como es lógico, a las variaciones cíclicas de la precipitación, pero tanto los máximos como los mínimos de cada ciclo son casi siempre menores que los anteriores.

Esta tendencia a descender obedece en gran parte a la modificación, producida por el hombre, en el régimen de escurrimiento de las aguas superficiales. Las obras hidráulicas (diques), al retener las aguas de las crecientes, impiden las inundaciones que son las que aumentaban considerablemente el aporte a la napa. Otra causa radica en que muchos ríos, antiguamente con caudales apreciables, ahora debido a las obras de riego, prácticamente se han transformado en ríos secos y por lo tanto no alimentan las napas subterráneas.

En los gráficos de las Figs. 8 y 9, correspondientes a las localidades de Esperanza (provincia de Santa Fe) y Buena Esperanza (provincia de San Luis), casos elegidos entre los analizados, se puede observar perfectamente lo expresado.

En otras regiones y especialmente en la parte baja de la provincia de Buenos Aires, la tendencia secular es horizontal y las variaciones cíclicas se suceden con máximos y mínimos más o menos iguales.

Los valores medios anuales consignados en el Cuadro I, correspondientes a las estaciones en el mismo consignadas, confirman lo expresado.

Las variaciones de nivel de la napa freática en la zona baja de la provincia de Buenos Aires, están en íntima relación con las variaciones de nivel del río Salado, sus afluentes y lagunas de la cuenca. En estiaje, el río Salado está alimentado por la napa.

* Datos del Archivo Meteorológico Nacional.

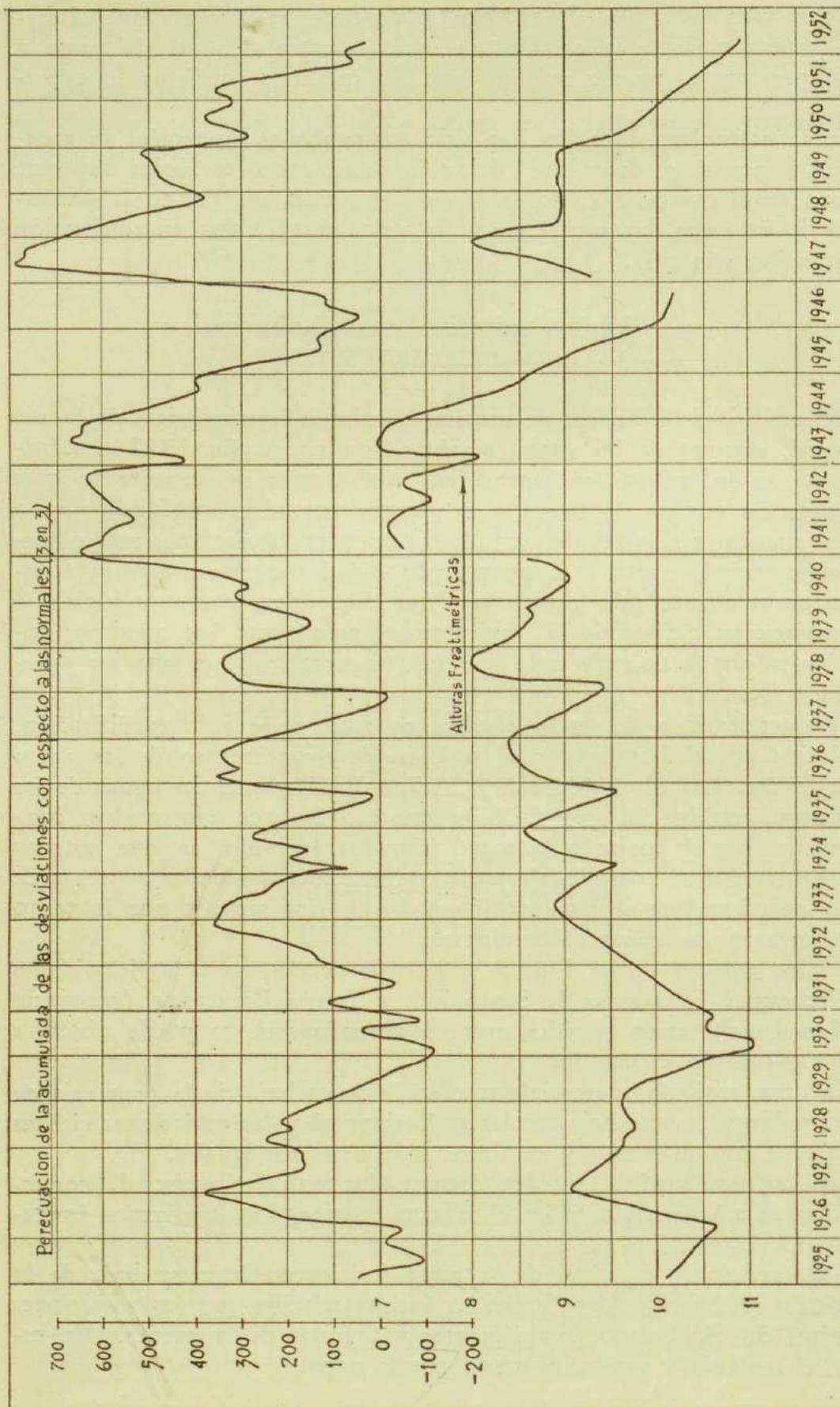


FIG. 8. — Esperanza (Provincia de Santa Fé). Lluvia en la cuenca y altura de la napa freática. (El cero del freatómetro coincide con el nivel medio del terreno).

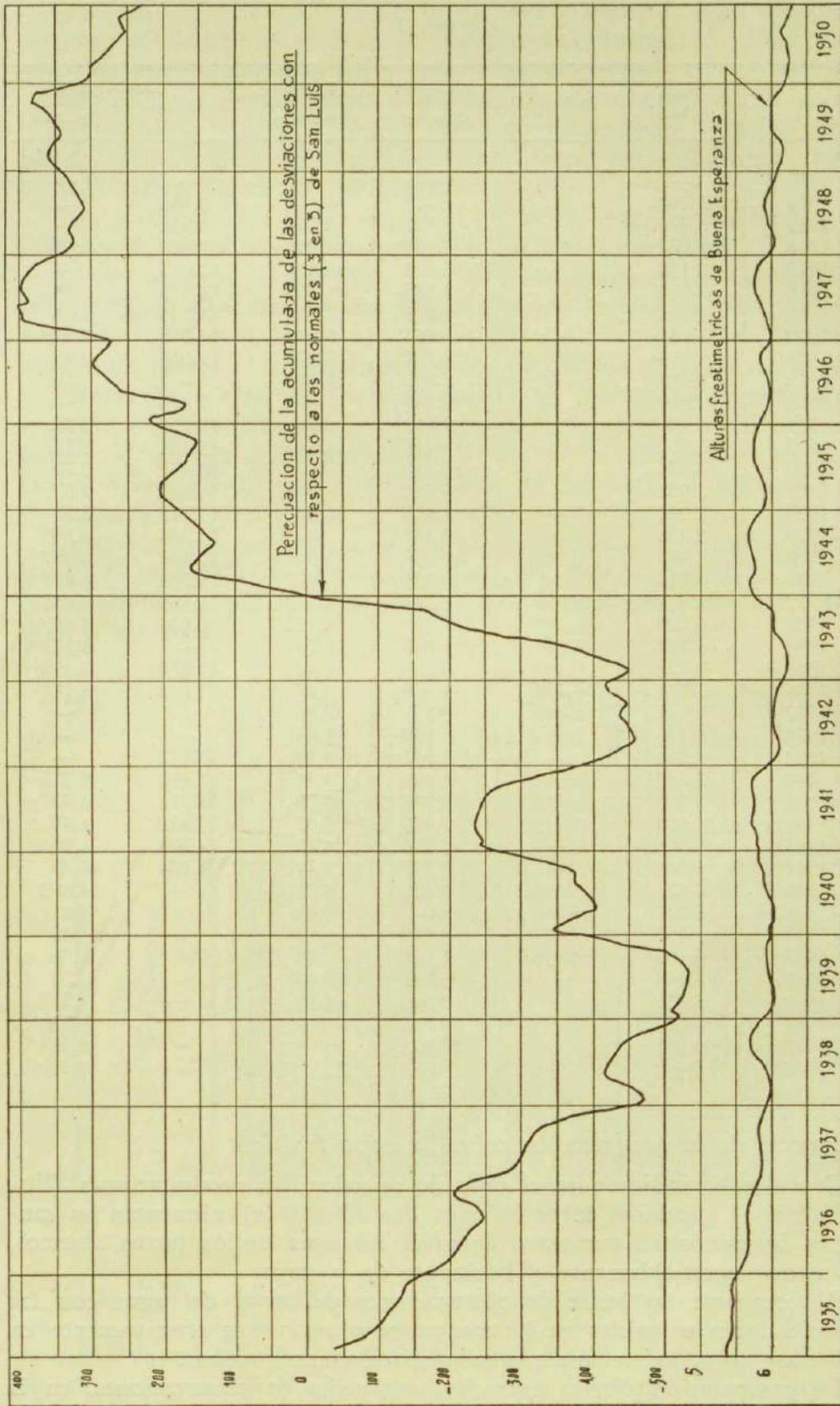


FIG. 9. — Buena Esperanza (Provincia de San Luis). Lluvia en la cuenca y alturas de la napa freática. (El cero del freatómetro coincide con el nivel medio del terreno).

CUADRO I

Año	Pilar (Cba.)	Bell Ville	Esperanza (Sta. Fe)	Buena Esperanza	Vila Ortúzar	Guaminí (Bs. As.)
1913	—	4.791	—	—	—	—
1914	5.179	—	—	—	8.155	—
1915	5.270	—	3.120	5.708	8.254	—
1916	6.062	4.52	5.497	5.992	11.825	2.92
1917	6.138	—	6.914	5.583	13.086	—
1918	5.970	—	7.586	5.750	13.375	3.78
1919	5.606	—	7.039	5.606	11.845	2.65
1920	5.640	—	7.564	5.539	11.038	2.18
1921	5.646	—	8.152	5.674	11.036	2.46
1922	5.591	—	8.890	5.474	—	—
1923	5.480	—	9.548	—	9.340	—
1924	5.736	—	9.159	—	10.391	2.87
1925	5.802	—	10.415	5.841	11.251	3.18
1926	5.941	—	10.219	—	10.451	2.70
1927	5.932	—	9.312	—	11.252	2.87
1928	5.942	—	9.813	5.352	11.115	3.20
1929	6.434	—	10.457	—	11.843	4.148
1930	5.858	6.008	10.798	5.596	10.857	4.697
1931	5.817	—	10.151	5.677	11.355	4.411
1932	5.464	5.327	9.743	5.765	11.359	4.688
1933	5.520	5.246	9.100	5.902	11.075	4.687
1934	5.327	6.101	9.045	5.76	—	5.118
1935	5.421	6.184	9.254	5.44	11.850	5.198
1936	5.541	6.184	8.668	5.67	11.640	5.184
1937	5.912	6.504	8.853	5.86	—	—
1938	6.115	6.552	8.457	5.84	—	—
1939	6.254	—	8.593	5.99	13.072	—
1940	5.647	4.954	8.921	5.95	11.868	5.313
1941	5.583	4.162	7.318	5.79	11.715	4.32
1942	5.588	4.919	7.429	6.07	13.418	4.59
1943	5.606	—	7.364	6.10	14.524	4.98
1944	5.846	—	8.193	—	14.934	4.40
1945	6.627	5.694	9.489	5.75	—	4.862
1946	6.247	5.706	—	5.94	—	4.66
1947	6.060	3.829	8.218	5.87	—	4.22
1948	6.102	4.598	8.812	5.99	—	4.62
1949	6.165	—	8.855	6.07	—	5.38
1950	6.030	—	9.640	6.21	—	4.213
1951	6.694	—	10.384	—	—	4.310
1952	6.289	—	10.826	—	—	4.368
1953	—	—	—	—	—	4.310

Influencia de la precipitación sobre la napa freática

Como se ha indicado en el capítulo anterior, las precipitaciones (lluvia o nieve) producen sobre la napa dos efectos: *a*) alimentan su caudal, y *b*) ocasionan aumentos de nivel del agua de los pozos abiertos, sin afectar apreciablemente el horizonte de la napa.

Al comparar las series de observaciones del nivel del agua con las precipitaciones ocurridas en la cuenca, se observa que efectivamente en todos los casos, existe una marcada relación entre ambas.

La comparación directa entre las dos series de observaciones, en la generalidad de los casos, es poco visible, aun suavizando la curva co-

rrespondiente a la lluvia. Sólo se observa claramente que después de un período de fuertes lluvias, se produce un aumento de nivel y que luego de un período de sequía, disminuye su nivel.

Sin embargo, esta relación se torna perfectamente clara cuando la comparación se efectúa con la curva correspondiente a la integral de las desviaciones de la precipitación con el signo correspondiente, respecto a la media (normal) del lugar.

Esto nos confirma lo ya expresado, a saber, que son los efectos acumulados de sucesivas lluvias los que afectan a la napa freática.

En los gráficos de las Figs. 8 y 9 correspondientes a las estaciones freaticas ubicadas en las localidades de Esperanza (provincia de Santa Fe) y Buena Esperanza (provincia de San Luis), en las cuales se dan las curvas correspondientes a las variaciones de nivel de la napa, y además la integral de las desviaciones de los totales mensuales con respecto a la precipitación media (normal), se aprecia la relación existente. A un máximo o mínimo de la lluvia le suceden después de un cierto período de tiempo un máximo o un mínimo del nivel del agua de la napa.

Entre los casos analizados, se reproduce, a título de ejemplo, parte de los gráficos de algunas estaciones, pero del análisis completo de todas las estaciones consideradas se deduce que ese tiempo varía entre pocos días y seis meses.

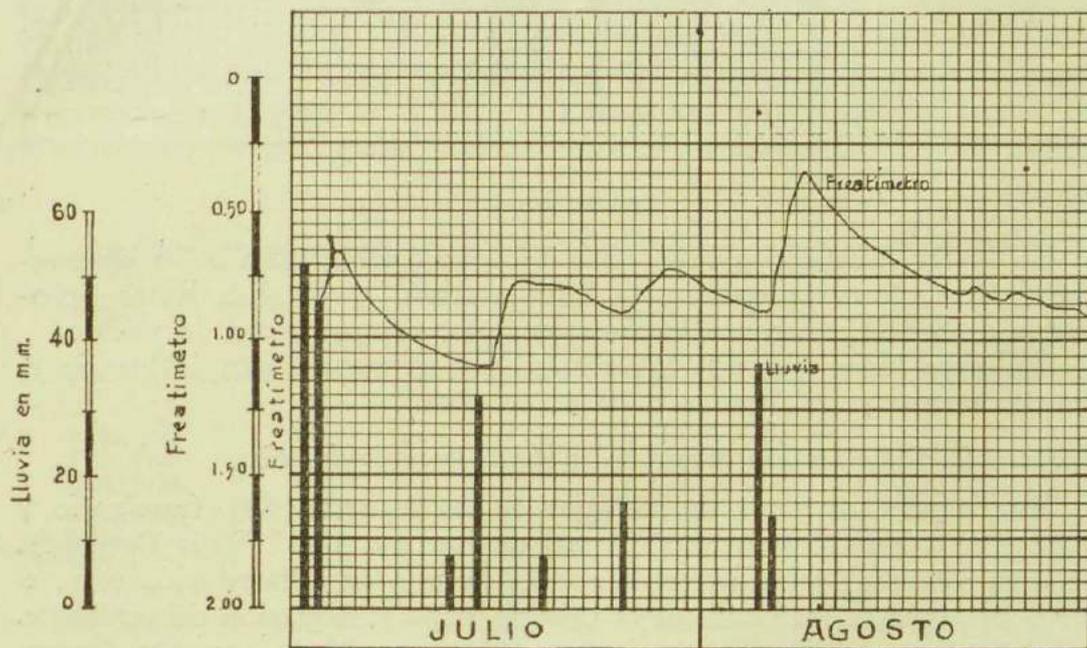


FIG. 10.

En el caso de la localidad de Esperanza, ese tiempo es de dos meses aproximadamente. En Junín (provincia de Buenos Aires), el tiempo no es tan constante como en el caso anterior y varía entre dos y seis meses, debido a que actúan otras causas tales como las variaciones de nivel del río Salado de la provincia de Buenos Aires. En Dolores (provincia de

Buenos Aires), no se aprecia una relación entre la precipitación caída en la zona y las variaciones de nivel de la napa, también debido a que está influenciada por las filtraciones en la cuenca del río Salado superior. En Buena Esperanza (provincia de San Luis), ese tiempo varía entre dos y seis meses.

Para determinar el efecto inmediato de las precipitaciones se han comparado los datos de observatorios ubicados en distintas zonas del país, comprobándose en todos ellos que el aumento del nivel de los pozos es transitorio y que el agua recobra su nivel al poco tiempo. Este efecto disminuye a medida que aumenta la profundidad a que está la napa. No puede haber duda alguna acerca de que la causa que produce el aumento de nivel es la lluvia, pero también es cierto que ha actuado en forma indirecta, porque, como ya se ha indicado, la infiltración no podría ser tan rápida.

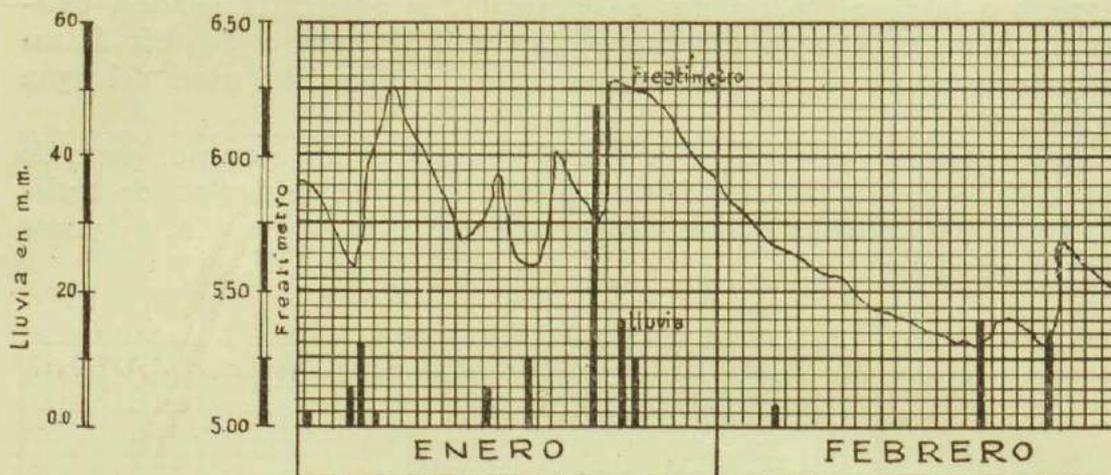


FIG. 11.

En los gráficos de las Figs. 10 y 11, que corresponden a las observaciones de Dolores (provincia de Buenos Aires) y Esteban Rams (provincia de Santa Fe), tomadas como ejemplo, siempre ocurre lo mismo.

En otros lugares, donde la profundidad es mayor, esta influencia es mucho menor y en algunos casos no se nota.

Influencia de la presión atmosférica sobre la napa freática

Analizando los datos de las fajas de los registradores (freatígrafo y barógrafo), del Observatorio Central de Buenos Aires (Villa Ortúzar), se llega a la conclusión cierta de que existe una estrecha relación entre el nivel del agua de los pozos de la primera napa y la presión del ambiente.

1) Esta relación, que es inversa, puesto que a un aumento de presión sucede siempre una disminución en el nivel del agua y viceversa, es instantánea o casi instantánea.

2) La diferencia que corresponde a un aumento o disminución de la presión atmosférica no es uniforme, sino que, por el contrario, varía entre límites muy amplios, probablemente debido a la influencia de otros agentes atmosféricos como ya ha sido demostrado en los gabinetes de experimentación.

3) Las variaciones hidrobarométricas tienen un período diario que responde a la marcha diaria de la presión atmosférica y fluctuaciones rápidas ocasionadas por los cambios bruscos de la presión.

En el gráfico de la Fig. 12 se aprecia perfectamente la variación diaria, que es bastante regular tanto por su periodicidad como por su amplitud, variando esta última entre 7,1 y 10,5 mm por mm de presión y siendo el promedio de todas las observaciones de 9,0 mm por mm de presión atmosférica.

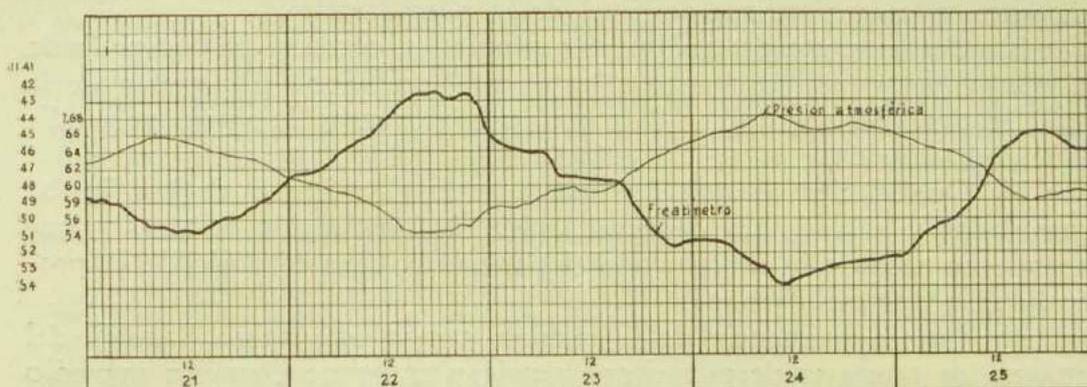


FIG. 12.

Las fluctuaciones rápidas alcanzan amplitudes mucho mayores; así, por ejemplo; el 3 de julio de 1934, entre las 11,50 hs y 12,50 hs, se registró un aumento de 19 mm en el nivel del agua del pozo del freático, ocasionado por una variación de presión en ese lapso de 0,2 mm, lo que da un desnivel de 95 mm por mm de presión. En el Cuadro II se consignan los principales valores de las variaciones sacadas de las fajas.

CUADRO II

Fecha	Hora		Variaciones presión nivel del agua		Variación nivel de agua (mm por mm de presión)
	Desde	Hasta	mm	mm	
5/6/1934	15.00	22.30	3.7	30.0	8.1
7/6/1934	8.30	13.00	2.4	33.0	13.8
3/7/1934	11.50	12.50	0.2	19.0	95.0
9/7/1934	5.10	5.20	0.1	9.0	90.0
20/7/1934	8.00	10.00	0.2	11.0	55.0
21/7/1934	8.00	12.00	1.4	26.0	18.6
24/7/1934	20.00	24.00	2.6	32.0	12.3
25/7/1934	18.00	19.00	0.9	28.0	31.1
5/8/1934	14.30	15.00	0.5	10.0	20.0
17/8/1934	7.00	8.00	1.0	20.0	20.0
24/8/1934	11.40	12.10	1.1	10.0	9.1

Además de la comparación de las observaciones tomadas en Villa Ortúzar durante un período de dos años aproximadamente, se han considerado las de otras estaciones, en las que si bien no existen aparatos registradores se efectúan lecturas diarias de ambos fenómenos.

De su análisis se deduce, aunque no tan claramente como en el caso anterior, que, en general, la relación es inversa, y que, cuando próximas al pozo de observación, como ocurre en Guaminí (provincia de Buenos Aires), existen lagunas de mucha extensión, esa relación es directa.

IV. CONCLUSIONES

En resumen, podemos afirmar:

1) Que existe una marcada relación entre la precipitación caída en la cuenca y las variaciones de nivel de la napa freática.

2) Que el efecto de las lluvias acumuladas, como se ha comprobado en laboratorio, y en otros países, es el que condiciona el régimen de la napa freática, siempre que en la zona no haya cursos de agua que modifiquen esa relación.

3) Que el tiempo que transcurre entre el máximo de las lluvias acumuladas y el máximo de nivel, varía de una región a otra, y que depende no sólo de la constitución del subsuelo, sino también de la profundidad a que está la napa.

4) Que la influencia de la presión atmosférica sobre el nivel del agua en los pozos es de poca importancia y transitoria, puesto que sólo alcanza a muy pocos centímetros.

5) Que la relación indicada en el punto anterior es directa cuando no hay superficies de agua libre en las proximidades del lugar de observación e inversa en el caso contrario.

551.586.1(82)

BOSQUEJO BIOCLIMÁTICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

POR DEMETRIO BRAZOL *

Resumen. — Basándose en diez años de observaciones meteorológicas correspondientes a 103 estaciones, se presenta un bosquejo bioclimático general de la República Argentina esbozado en cartas adjuntas y acompañado de breves monografías bioclimáticas de las 50 localidades representativas. El estudio demuestra, por medio de isocronas, la abundancia de los estados de bienestar en Argentina, y la duración de los períodos calurosos, frescos y fríos, dinámicamente originados y mantenidos por la advección de aeromasas frías y calientes.

Summary. — A general outline of Argentine bioclimatic conditions, based on 10 years records embracing the climatic data of 103 meteorological stations, was established and sketched in the adjoined charts, together with short bioclimatic monographs of 50 representative localities. This analysis shows, by means of isochrone lines, the abundance of climatic comfort in the Argentine and the duration of hot, cool and cold weather periods, dynamically originated and maintained by the advective transfer of warm and cold air masses.

I. CATASTRO BIOCLIMATICO DE LA REPUBLICA ARGENTINA

Hemos tratado de realizar un breve catastro bioclimático preliminar de la Argentina, a título de reconocimiento, restringido por el estado actual de conocimientos bioclimáticos y los materiales de estudio disponibles. Nos limitamos, además, al análisis de los estados térmicos de la atmósfera, por ser estos últimos fundamentales en la caracterización de los bioclimas, ya que las condiciones térmicas son la base misma de la vida orgánica.

Se han utilizado para ello las observaciones oficiales de las 103 estaciones de la Red Meteorológica Argentina correspondientes a los 10 años del período 1928-1937. Este período es corto frente a los 30 años exigidos en climatología, pero basta para el presente estudio porque ofrece la ventaja de poder utilizar los datos rectificadas y depurados de muchas estaciones. Para el método seguido importa más la cantidad de estaciones de apoyo que la duración del período de observaciones.

Los resultados obtenidos se han consignado en cartas bioclimáticas que acompañan este trabajo, confeccionadas conforme a dos principios siguientes:

1) La clasificación antropoclimática de los estados térmicos se efectuó de acuerdo con la Escala de la Sensación Climática elaborada por el autor.

2) Como unidad de trabajo se adoptó el mes calendario, calculándose por medio de la temperatura biológica (húmeda y equivalente) y para cada localidad la duración, en meses, del calor fuerte, del bienestar y de los estados frescos y fríos de la atmósfera.

* De la Dirección de Investigaciones Meteorológicas e Instrucción del Servicio Meteorológico Nacional.

Las isocronas reúnen los puntos con igual duración de los nombrados estados atmosféricos, calculándose esta duración en meses. (Empleamos aquí el término "isocrona" en concordancia con su etimología griega —aunque se usa habitualmente en el sentido de sincronismo— para indicar la igual duración en el tiempo).

En el Cuadro I damos la Escala de la Sensación Climática usada en este trabajo. Advertimos que los valores bioclimáticos incluidos en la misma fueron calculados en una escala mundial, después de un estudio analítico muy largo y minucioso de varios años, con referencia a la Tierra entera, prescindiendo de las estimaciones raciales, nacionales, locales o individuales.

CUADRO I. — *Escala de la sensación climática*

Grado	Sensación climática	Temperatura del aire			Entalpía del aire	Clasificación antropoclimática	
		Seca	Húmeda	Equivalente			
		°C	°C	°C	K.cal/Kg		
12	Calor letal	—	> 35	> 119	> 31	Climas hiper-térmicos	
11	Calor intolerable	—	32 -35	103-119	26 -31		
10	Calor sofocante	—	26 -32	76-103	19 -26		
9	Calor bochornoso	—	18,3-26	50- 76	12 -19		
8	Muy caluroso	—	16,6-18,3	45- 50	11 -12		
7	Bien-estar {	—	En verano (calor agradable)	14,8-16,6	40- 45	10 -11	Climas homeo-térmicos
6			Máximo (otoño-primavera)	12,8-14,8	35- 40	8,5-10	
5			En invierno (fresco suave)	10,8-12,8	30- 35	7,5- 8,5	
4	Fresco	10-15	8,5-10,8	25- 30	6,0- 7,5	Climas hipotérmicos	
3	Frío moderado	5-10	3,5- 8,5	15- 25	3,5- 6,0		
2	Frío	0- 5	0,5- 3,5	10- 15	2,5- 3,5		
1	Frío glacial	< 0	< 0,5	< 10	< 2,5		

NOTA: La entalpía del aire caracteriza muy bien los efectos del factor combinado calor-humedad, pero tanto la entalpía como sus índices termométricos no expresan bien la sensación climática para los estados de fresco y frío; la sensación climática correspondiente se indica entonces únicamente a título de orientación general. El hecho se explica por el gran poder refrigerante del viento en todos los estados y graduaciones del frío, que puede aumentar de un modo extraordinario la sensación y los efectos fisiológicos del frío. La sensación del frío resume la acción conjunta de una baja entalpía y de la velocidad del viento, con efecto refrigerante directamente proporcional a esta velocidad.

Es evidente que la sensibilidad climática es una función fisiológica subjetiva; cada individuo lleva, en realidad, su propia ecuación bioclimática condicionada por su constitución física, temperamento, estado del organismo y de la salud, edad, altura, peso, sexo, su metabolismo, funcionamiento de sus glándulas endócrinas y sudoríparas, junto con su herencia biológica o atavismo, denominado "aclimatación racial". Cada persona posee su "preferendum climático", y las grandes agrupaciones humanas llamadas "razas", "naciones" y "pueblos" pueden diferenciarse mucho en la apreciación de los climas. El "calor" experimentado por un esquimal podrá sentirse como "frío" por un negro de Africa Central, por ejemplo.

Sin embargo, una escala bioclimática mundial tiene que basarse en la ley de los grandes números y no en apreciaciones locales. Sin este requisito, sería imposible la comparación de los climas en gran escala, y se producirá una enorme confusión en las interpretaciones bioclimáticas.

Dicho de otro modo, la escala bioclimática comparativa ha de ser absoluta y no relativa.

Utilizando la Escala de Sensación Climática en las cartas de Bienestar, Calor Fuerte y Fresco-Frío, hemos representado estos estados térmicos por medio de isocronas y no por las clásicas isotermas. De este modo, las zonas bioclimáticas se definen categóricamente y de una manera clara, mientras que el uso de isotermas daría una representación vaga, y hasta podría inducir en errores de juicio; así, por ejemplo, trazando las isotermas de la temperatura biológica de los Estados Unidos, para los meses más fríos y más calurosos del año, resultaría que la ciudad de Nueva York cae en la isoterma del calor bochornoso en verano, y en la isoterma del frío glacial en invierno. ¿Cuál sería el clima real de Nueva York? Para poder contestar, nos será necesario trazar doce cartas de isotermas, mientras que necesitamos solamente tres cartas de isocronas. Además, las isotermas no definen bien las zonas geográficas en bioclimatología, porque la duración del calor o del frío es más decisiva que su intensidad. Son los calores prolongados o los fríos durables los que constituyen los climas calurosos y fríos, y no la intensidad del calor o del frío, ya que los mismos valores del calor fuerte o del frío intenso pueden corresponder tanto a los períodos climáticos largos como muy cortos. En Siberia Oriental, famosa por ubicarse allí el Polo Mundial del Frío, pueden cosecharse ciertas frutas cultivadas en latitudes mediterráneas, porque su verano muy corto es relativamente caluroso, aunque su clima es glacial, con largos meses de frío terrible. Una simple observación nos dice que la gran duración del calor o del frío corresponde a una gran intensidad de los mismos. Cuanto mayor la duración, tanto mayor será la intensidad, pero no viceversa.

Con todo eso, no queremos de ningún modo ignorar la necesidad de fijar también la intensidad de los estados térmicos, muy importante en bioclimatología.

A los efectos de presentar una imagen completa de los distintos bioclimas de la Argentina, incluimos un cuadro sinóptico, él que representa las condiciones bioclimáticas medias, durante el decenio 1928-1937, de las 50 estaciones meteorológicas, seleccionadas entre las 103 estaciones utilizadas en este trabajo.

Entre los valores del cuadro figuran la duración en meses de los períodos bioclimáticos, la temperatura biológica (equivalente) del mes más caluroso y del más frío del año, junto con la amplitud anual, muy importante en bioclimatología; omitimos, en cambio, la temperatura biológica anual que no es representativa. Consultando la Escala de la Sensación Climática, se obtiene la característica de la sensación climática correspondiente a los meses extremos, es decir, la intensidad del frío y del calor en cierto lugar.

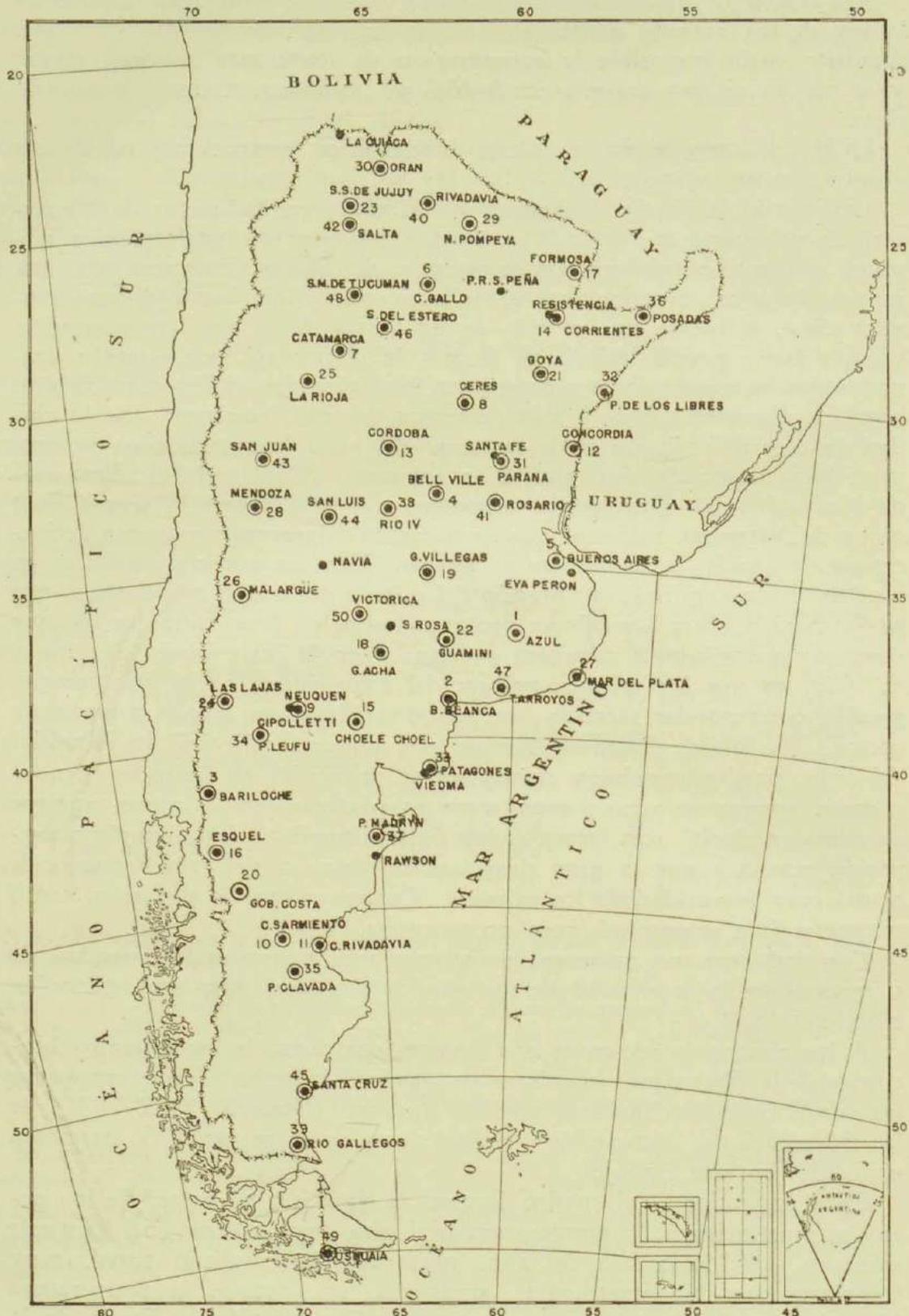


FIG. 1. — 50 estaciones seleccionadas de la Red Meteorológica Argentina.

CUADRO 2. — Breves monografías bioclimáticas de las 50 estaciones meteorológicas seleccionadas

1	2	3	4	5	6	7	8	9			11
								Duración de los períodos (meses por año)			
Nº	Localidad	φ	λ	H	Temperatura equivalente			Amplitud anual	Fresco y frío	Bienestar	Calor fuerte
					Mes más frío	Mes más caluroso	Mes más frío				
1	Azul (Buenos Aires)	3646	5950	153	20	45	25	5	6	1	
2	Bahía Blanca (Buenos Aires)	3845	6211	25	20	46	26	5	6	1	
3	Bariloche (Río Negro)	4109	7118	825	15	50	17	10	2	0	
4	Bell-ville (Córdoba)	3236	6243	153	23	52	29	5	3	4	
5	Buenos Aires (Capital Federal)	5435	5829	25	26	53	27	3 1/2	4 1/2	4	
6	Campo Gallo (Santiago del Estero)	2635	6251	191	31	60	29	0	6	6	
7	Catamarca (Catamarca)	2829	6544	515	27	59	32	3	3	6	
8	Ceres (Santa Fe)	2953	6157	88	29	59	30	2	5	5	
9	Cipolletti (Río Negro)	3857	6759	265	16	41	25	7	5	0	
10	Colonia Sarmiento (Chubut)	4535	6904	272	12	31	19	11	1	0	
11	Comodoro Rivadavia (Chubut)	4547	6730	62	15	34	19	10	2	0	
12	Concordia (Entre Ríos)	3123	5802	38	30	55	25	0	7	5	
13	Córdoba (Córdoba)	3125	6412	426	24	53	29	4	4	4	
14	Corrientes (Corrientes)	2728	5849	52	38	64	26	0	4	8	
15	Choele Choel (Río Negro)	3917	6539	155	17	40	23	7	5	0	
16	Esquel (Chubut)	4254	7121	568	11	30	19	11	1	0	
17	Formosa (Formosa)	2610	5812	65	39	65	26	0	4	8	
18	Gen. Acha (Eva Perón)	3722	6435	224	18	46	28	5	5	2	
19	General Villegas (Buenos Aires)	3501	6301	118	22	52	30	5	3	4	
20	Gob. Costa (Chubut)	4404	7037	730	10	28	18	12	0	0	
21	Goya (Corrientes)	2909	5916	37	34	61	27	0	5	7	
22	Guaminí (Buenos Aires)	3703	6225	110	21	48	27	0	4	3	
23	Jujuy (Jujuy)	2411	6518	1270	29	58	29	1	5	6	
24	Las Lajas (Neuquén)	3832	7023	715	15	37	22	8	4	0	
25	La Rioja (La Rioja)	2925	6652	517	23	58	35	3	4	5	

CUADRO 2 (Continuación)

1	2	3	4	5	7			8	9			11
					Temperatura equivalente				Duración de los períodos (meses por año)			
N°	Localidad	φ	λ	H	Mes más frío	Mes más caluroso	Amplitud anual	Fresco y frío	Bienestar	Calor fuerte		
											m	m
26	Malargue (Mendoza)	3528	6935	1418	15	45	32	7	5	0		
27	Mar del Plata (Buenos Aires)	5802	5733	14	22	44	22	6	6	0		
28	Mendoza (Mendoza)	3253	6850	769	18	53	35	5	4	3		
29	Nueva Pompeya (Pte. Perón)	2455	6139	107	37	65	28	0	5	7		
30	Orán (Salta)	2307	6420	357	35	66	31	0	5	7		
31	Paraná (Entre Ríos)	3147	6029	63	29	56	27	2	5	5		
32	Paso de los Libres (Corrientes)	2943	5706	67	33	58	25	0	6	6		
33	Patagones (Buenos Aires)	4048	6259	34	18	39	21	6	6	0		
34	Picún Leufú (Neuquén)	3930	6908	383	13	36	23	9	3	0		
35	Piedra Clavada (Santa Cruz)	4646	6857	525	11	30	19	11	1	0		
36	Posadas (Misiones)	2722	5556	117	38	63	25	0	4	8		
37	Puerto Madryn (Chubut)	4246	6502	8	17	38	21	7	5	0		
38	Río IV (Cordoba)	3308	6420	443	19	49	30	5	4	3		
39	Río Gallegos (Santa Cruz)	5138	6917	26	8	27	19	12	0	0		
40	Rivadavia (Salta)	2410	6254	207	36	66	30	0	5	7		
41	Rosario (Santa Fe)	3256	6042	22	28	56	28	3	4	5		
42	Salta (Salta)	2447	6525	1173	26	57	31	2	5	5		
43	San Juan (San Juan)	3132	6834	634	19	54	35	5	3	4		
44	San Luis (San Luis)	3318	6619	721	21	55	32	5	4	3		
45	Santa Cruz (Santa Cruz)	5001	6832	11	9	30	21	11	1	0		
46	Santiago del Estero (S. del Estero)	2747	6418	188	28	60	32	2	4	6		
47	Tres Arroyos (Buenos Aires)	3823	6016	108	19	45	24	5	7	0		
48	Tucumán (Tucumán)	2651	6511	427	27	61	34	2	4	6		
49	Ushuaia (Tierra del Fuego)	5449	6819	12	9	22	15	12	0	0		
50	Victorica (Eva Perón)	3613	6525	312	17	46	29	5	5	2		

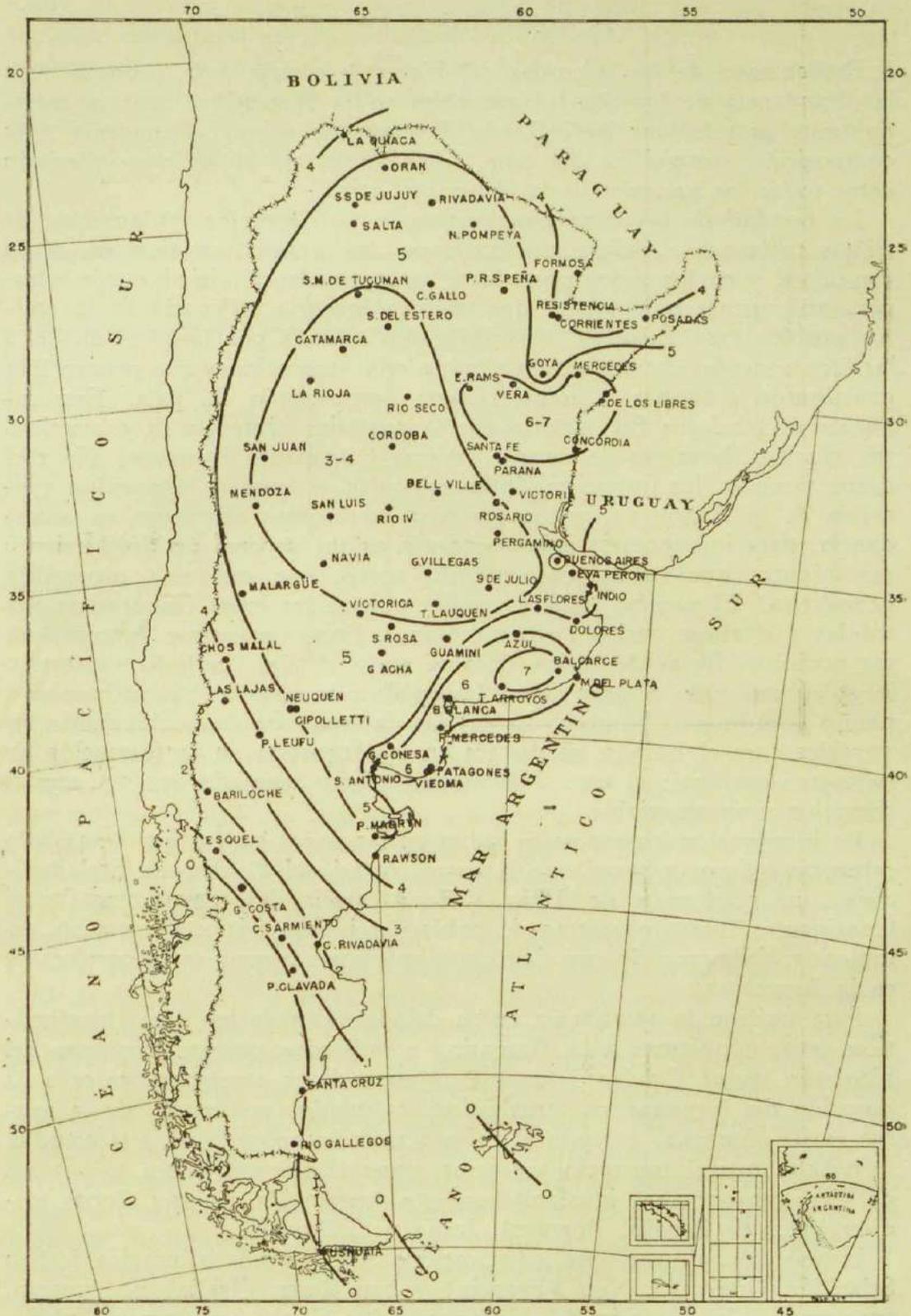


FIG. 2. — Isocronas del bienestar.

II. BIENESTAR CLIMATICO

Del examen de las isocronas del bienestar resurge a la primera vista la abundancia de los climas favorables en la Argentina, ventaja material muy grande, que ha influido directamente sobre la economía y la composición etnográfica del país, colocándolo en un sitio privilegiado entre todas las naciones de la América Latina.

La bondad de los climas regionales de la Argentina, la ausencia de climas malsanos o demasiado extremos, ha atraído, en tiempos de la conquista, y en los siglos posteriores, una considerable inmigración europea, étnicamente homogénea, que traía la herencia milenaria de los cultos pueblos mediterráneos, acostumbrados además por larga tradición a las faenas rurales de agricultura y ganadería, ocupaciones que pronto han contribuido a formar la actual riqueza agropecuaria del país. Esta corriente de labriegos fué seguida por la posterior afluencia de comerciantes, técnicos, hombres de ciencia, artistas y artesanos europeos. No tardaron tampoco los financistas internacionales en apreciar la posición ventajosa de la Argentina, y los capitales extranjeros afluyeron en abundancia, para incorporarse a la economía en un proceso de florecimiento tan rápido, que su aumento podría compararse con una progresión geométrica. El proceso sigue y seguirá porque las bases fisiográficas son sólidas y estables: suelos fértiles y llanos, litoral marítimo extenso, rutas oceánicas libres de hielos durante todo el año, período vegetativo largo en casi todo el país, clima favorable para el ciclo básico humano: planta —animal— hombre. La influencia específica de los bioclimas favorables para el hombre se destaca en la Argentina en la formación de su tesoro nacional: el capital humano, valioso, sumado con un capital climático muy apreciable.

La inmigración blanca no se radica en las zonas geográficas demasiado calurosas o frías, y es así que la parte central del Continente Sudamericano, una gran parte de África y de Australia, las costas árticas y el Continente Antártico carecen de población blanca fija y firmemente establecida. Ninguno de esos factores climáticos adversos es preponderante en la Argentina.

Para facilitar la apreciación en su debido valor de los datos bioclimáticos correspondientes a la Argentina e indicados por las isocronas del bienestar, en el Cuadro 3 damos algunos datos correspondientes a la duración del bienestar en otros países, calculados por medio de la misma escala climática, y según el mismo método aplicado en este estudio.

Resulta que el territorio argentino posee climas con hasta 6-7 meses de bienestar por año, igualando en este aspecto los mejores climas mediterráneos de España, Portugal, Italia y California.

Nótese especialmente que los tradicionales y famosos balnearios de San Sebastián (España), Niza (Francia) y San Remo (Italia) no superan, en cuanto a la duración del bienestar, a los climas comúnmente observados en la Argentina.

Muy notables son dos islas bioclimáticas: una invernal con 6-7 meses de bienestar durante el período fresco (otoño, invierno, primavera), que abarca ciertas regiones de las provincias de Corrientes, Entre Ríos y

Santa Fe, y otra estival, cerca del litoral atlántico, con 6-7 meses de bienestar durante el período caluroso (primavera, verano, otoño), que corresponde a la provincia de Buenos Aires. En esta última región es ubica el gran balneario de Mar del Plata, y toda una cadena de balnearios subsidiarios, que se extienden sobre las costas atlánticas, al norte y al sur de Mar del Plata.

CUADRO 3. — Duración del bienestar climático en varios países

C i u d a d	Bienestar (meses)	C i u d a d	Bienestar (meses)
Londres	4	Granada	3
París	4	San Sebastián	4
Berlín	4	Barcelona	3
Viena	5	Roma	3
Moscú	3	Torino	3
Nueva York	3	Florencia	4
Chicago	3	Nápoles	3
Lisboa	6	Malta	7
Coimbra	4	San Remo	3
Porto	5	Niza	4
Madrid	4	El Cairo	4
Valencia	4	Sacramento	6
Sevilla	4	Fresno	5

Unos de los mejores bioclimas de la Argentina se encuentran en la faja delimitada por los paralelos de 37° y de 41°S, con un alto índice de 5, 6 y 7 meses de bienestar durante el año.

Más o menos al norte del paralelo 30°S, los mejores meses del año corresponden al invierno con cierta fracción de las estaciones intermedias (otoño y primavera), mientras que, al sur del paralelo 37°S el bienestar se observa principalmente en el verano, y en algunos meses de las estaciones intermedias. En una gran extensión del país, el mejor período bioclimático corresponde al otoño. Así, por ejemplo, en la ciudad de Buenos Aires, el mejor período del año corresponde a la segunda quincena de abril y a la primera quincena del mes de mayo. La primavera, como estación climática, es poco pronunciada en la Argentina, porque adquiere las características de un invierno prolongado o de un verano anticipado, muchas veces con tiempo inestable, vientos fríos y cambios bruscos en el centro y sud del país, y un calor bastante fuerte en las provincias del norte. Los climas de bienestar son muy agradables en varias provincias del norte; durante el invierno constituyen una gran riqueza bioclimática del país. Debido a esta feliz repartición de los períodos de bienestar, los deportes, el turismo y la cura climática son posibles en la Argentina durante el año entero, ventaja climática poseída por muy pocos países en el mundo.

Prescindimos en este trabajo de climas de altura, aunque las Sierras de Córdoba y otras muchas regiones montañosas argentinas ofrecen toda una variedad de climas de bienestar, cuyo análisis no podemos encarar aquí, por ser necesario un estudio especial y detallado.

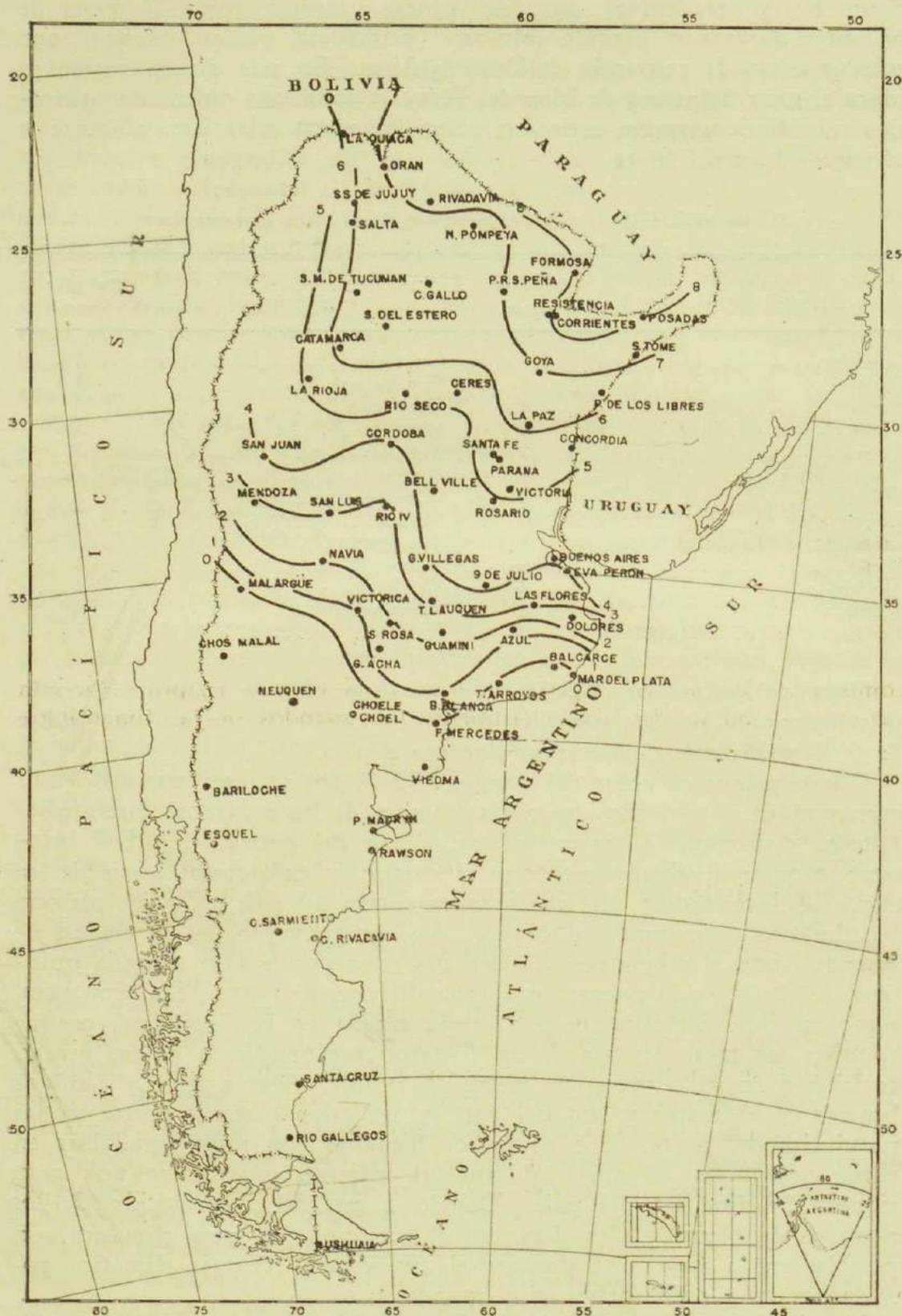


FIG. 3. — Isocronas del calor fuerte.

III. CALOR FUERTE

Con el término "Calor fuerte", señalamos aquellas zonas de la Argentina donde los valores mensuales de la temperatura biológica alcanzan el grado de "muy caluroso" y de "calor bochornoso", de acuerdo con las especificaciones de la Escala de la Sensación Climática. Según puede apreciarse, la mitad del país situada al norte del paralelo 40°S, está sometida a las invasiones prolongadas del aire tropical, mientras que la mitad meridional está libre de calores fuertes y durables. Se nota que la penetración del calor, realizada en olas progresivas señaladas por las isocronas, se desarrolla en concordancia con el régimen sinóptico general de la Argentina, que se manifiesta, especialmente en el norte y noreste, por la advección periódica del aire tropical, según las trayectorias conocidas, pero queda paralizada en el sur, debido a la enérgica circulación atmosférica reinante en la Patagonia, y por los avances del aire polar activos aun en el verano. La acción calorígena del anticiclón semipermanentes del Atlántico (célula del Brasil) está claramente señalada por las isocronas. Más sólo en raras ocasiones puede el aire tropical estancarse en Patagonia y alcanzar la misma Tierra del Fuego.

El calor, expresado por su duración y su intensidad, constituye un problema sumamente interesante en la bioclimatología argentina, porque posee ciertas características distintas de las observadas en otros países aparentemente mucho más calurosos, pero donde el calor es menos molesto, como, por ejemplo, en Argelia, en Marruecos y en el Egipto. Por esta razón, no podrán describirlo fielmente los métodos de la climatología física y los índices termométricos convencionales. En la gran zona argentina abarcada por las isocronas del calor fuerte, encontramos el verdadero aire tropical, es decir, aeromasas ambulantes o estacionarias provenientes de trópicos situados a corta distancia, más especialmente del Brasil, con todas sus características específicas físicas y biológicas, que traen consigo, por ejemplo, los insectos tropicales ajenos a la Argentina. Es un aire estancado y debilitante, acompañado, a menudo, de un calor sofocante, que suele durar varios días y noches seguidas, manteniéndose en un alto nivel de entalpía, con lo cual se crea, en tierras argentinas, una aguda impresión de períodos calurosos muy prolongados, de "veranos interminables". Faltando el descanso nocturno, el período caluroso literalmente se duplica en duración, y produce en algunos individuos el insomnio continuo, el cual hemos denominado "agripnia térmica", cuyo efecto deprimente sobre el organismo es, en cierto modo, cumulativo y duradero (del griego "agripnia", insomnio, desvelo, vela). Este tipo de malestar térmico diurno o nocturno se denomina, en climatología médica, "cacoforia tropical".

Luego, la intensidad del calor a menudo no corresponde al clima solar, produciéndose en latitudes medias de la Argentina calores demasiado intensos y opresivos, del tipo bochornoso, que no tienen relación alguna con la situación geográfica del país y del lugar considerado.

Este fenómeno de gran interés se manifiesta por el calor muchas veces severo en las regiones centrales de climas templados, con inviernos largos y frescos, mientras que los calores más intensos en las provincias del

norte, donde los inviernos no existen, se soportan relativamente mejor. En su estado actual de ciencia nueva, de formación reciente, la bioclimatología no puede asegurar todavía la causa de estos contrastes, siendo posible que la sensación fisiológica de calor sofocante aumente a causa de la irradiación infrarroja, de bandas desconocidas, originada localmente por el vapor de agua atmosférico, por las gotitas de agua de las nubes, y por la radiación infrarroja del suelo y de los edificios.

Empero, el hecho firmemente establecido por el autor en escala mundial, es que la sensación del calor es directamente proporcional a la tensión del vapor de agua. Con más de 13-14 mm el calor es fuerte; es bochornoso encima de 16 mm; sofocante con 25 mm y es letal con 47 mm de tensión; este último valor jamás se alcanza en la atmósfera terrestre, pero puede producirse artificialmente.

Las isocronas del calor indican las zonas donde el calor puede constituir algún impedimento serio para las actividades humanas, o puede favorecer el desarrollo de ciertas enfermedades tropicales o endémicas; proporcionan indicaciones valiosas respecto a las zonas donde es necesario instalar los equipos de aire acondicionado, en los hospitales, sanatorios, escuelas, talleres, usinas, oficinas públicas, teatros, cinematógrafos, y en toda clase de edificios o viviendas donde haya que cuidar la salud y la energía humana.

Las concentraciones y los traslados de grandes continentes humanos, como los que se producen en la época del turismo de verano, las maniobras militares y los desfiles populares, podrían ser eficazmente dirigidos, al tener en cuenta las isocronas del calor. Del mismo modo pueden ser útiles para establecer el horario de las oficinas públicas, las vacaciones escolares, horarios móviles de trabajo en fábricas, usinas y talleres, para lo cual todo el país puede ser dividido en zonas. El mejor método para luchar contra el calor agobiante de las viviendas es el de refrescar los dormitorios durante la noche, tal como lo enseña la experiencia recogida en Panamá y en los estados meridionales muy calurosos de Norte América. La refrigeración durante el día es mucho menos necesaria, mientras que la agripnia nocturna inevitablemente destruye la salud y la energía humanas.

IV. FRESCO Y FRIO

Las isocronas de los estados atmosféricos frescos y fríos ponen en evidencia el régimen de los ayances del aire polar, cuyas olas invaden todo el territorio argentino, con una mayor o menor permanencia en distintas regiones. La misma configuración de las isocronas del frío reproduce el trazado habitual de los frentes fríos, y corresponde a las trayectorias seguidas por los anticiclones móviles durante el transcurso del año, demostrándose la importancia de los procesos de advección del aire frío en la bioclimatología argentina. Debido a estas invasiones frecuentes, en dos terceras partes del territorio argentino la calefacción es absolutamente necesaria durante el invierno.

Las irrupciones periódicas del aire frío, pueden ocasionar heladas en cualquier parte de la Argentina, incluso en las provincias del norte, y son especialmente dañinas en primavera y en otoño. Aunque indeseables

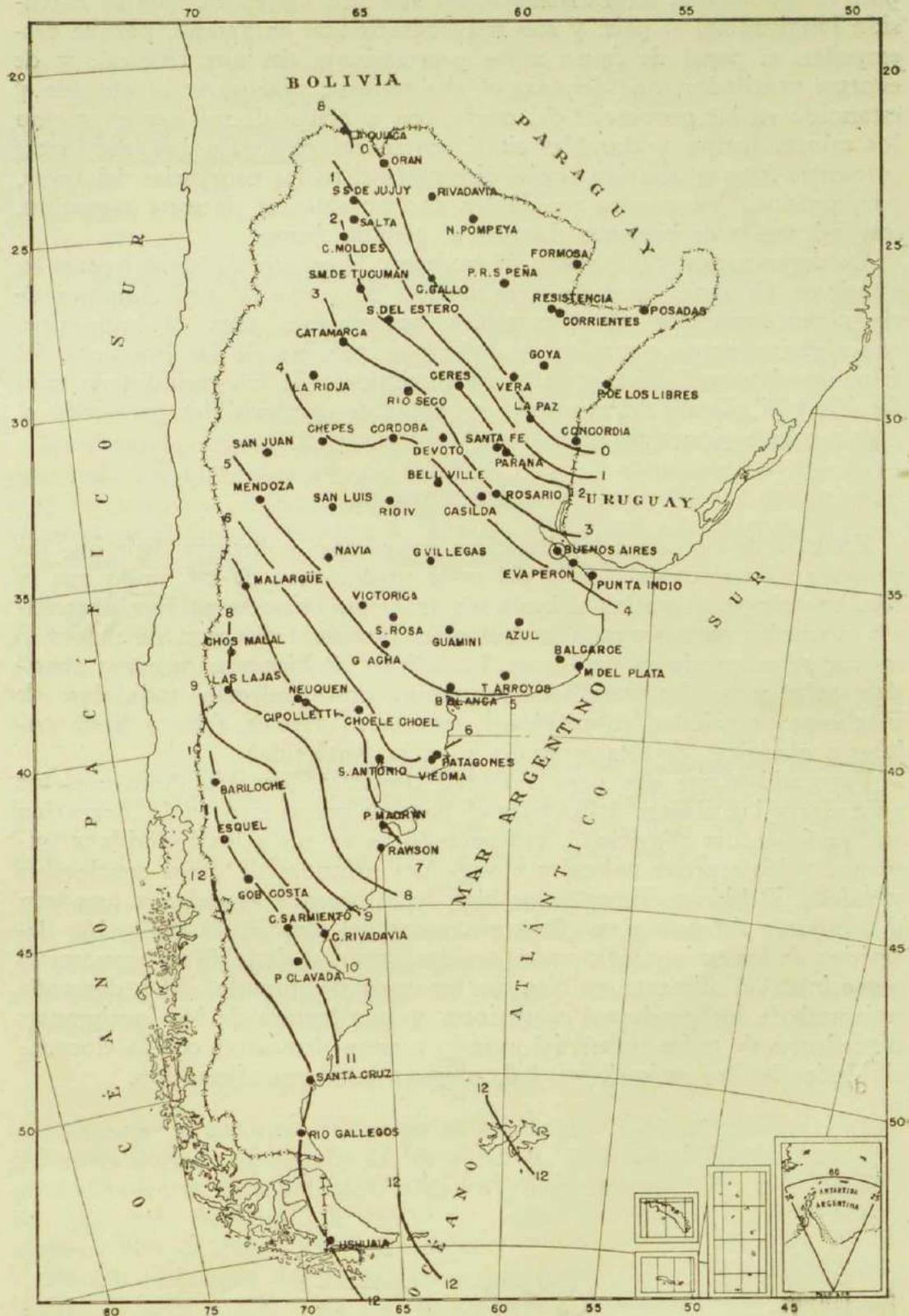


FIG. 4. — Isocronas del fresco y frío.

para la agricultura, estas corrientes del aire frío barren en toda su extensión longitudinal el país, y son muy beneficiosas en verano, porque desempeñan el papel de freno a las penetraciones del aire tropical, y de enorme ventilador, que desplaza el aire caliente, muchas veces húmedo y estancado en las provincias del norte, con el efecto de mitigar en verano los calores fuertes y durables en el centro del país. En invierno, estas corrientes frías se mezclan con el aire tropical en las provincias del norte, para producir los estados agradables, tan notables en el norte argentino, con 5-7 meses de bienestar durante el período fresco.

La organización del turismo de invierno, la estadía de los enfermos en estaciones de aguas termales y minerales, así como la cura climática de ciertas enfermedades: el reumatismo, tuberculosis, asma y bronquitis, son algunos pocos ejemplos de aplicación práctica de las isocronas del frío, especialmente útiles para el establecimiento de los períodos de calefacción y el cálculo del consumo probable de combustibles para todo el país o para regiones aisladas.

V. CONCLUSIONES

En base de las cartas bioclimáticas precedentes podremos decir que los procesos advectivos del frío y del calor predominan de tal modo que la bioclimatología argentina debería, en principio, basarse en la climatología dinámica de aeromasas ambulantes, caracterizadas por su mayor o menor permanencia en un lugar. Los climas de bienestar humano abundan en el país. La República Argentina posee, además, toda clase de bioclimas: tropicales, subtropicales, templados, frescos, fríos y hasta polares o glaciales (de alta montaña y en la Antártida).

Favorecidos por esta gran variedad climática, los seres humanos, los animales y las plantas útiles para el hombre encuentran en la Argentina su "preferendum climático", prosperando en su suelo los individuos humanos y las especies animales y vegetales oriundas de otros continentes y países. Debido a climas favorables, los alimentos abundan y aseguran la economía del país y sus finanzas, como así también la radicación definitiva de los emigrados nuevos, porque, según el decir de un economista argentino, "el alimento es la mejor moneda del mundo". La demanda universal de los productos argentinos, y la afluencia de los inmigrantes procedentes de todas partes del mundo parecen demostrar con la elocuencia de los hechos reales la verdad subyacente en esta afirmación.

ARTÍCULOS BREVES

551.584.6 : 625.24

Marcado gradiente térmico en vagones de ferrocarril

POR ALBERTO CAGLIOLO *

I. OBJETIVO

En el verano pasado una compañía productora de frutas cítricas, com-penetrada del inconveniente que significa para el transporte de las mis-mas los vagones inadecuados, nos sugirió el estudio de las condiciones térmicas en el interior de algunos de ellos. Con este objeto se utilizaron tres tipos de vagones con las características siguientes:

Vagón común: Cerrado, con paredes de madera y techo de chapa. Para uso de cargas generales. Debido a la carencia de vagones especiales para el transporte de frutas, la mayor parte de los empleados para en-víos desde la Mesopotamia a la ciudad de Buenos Aires son de este tipo (Fig. 1, A).

Vagón ventilado: Con sus laterales y cabezales abiertos en su mitad inferior, permitiendo el intercambio de aire con el exterior del vagón. Pequeñas toberas de ventilación en sus cabezales y techo de madera por de-jo del de chapa, con espacio de aire entre ambos techos (Fig. 1 B).

Vagón reformado: Modificado por una firma particular, sobre la base del común. Las paredes internas y techo se revistieron de material aislante de la temperatura (lana de vidrio). Fué provisto además de dos toberas, una en cada cabezal del vagón, destinadas a forzar la cir-culación de aire dentro del mismo durante la marcha (Fig. 1, C).

II. INSTRUMENTAL Y OBSERVACIONES

Debido a los inconvenientes que se presentaron para controlar las tem-peratures durante la marcha de los vagones, se ubicó el instrumental re-gistrador dentro de los vehículos vacíos y cerrados detenidos en la playa de maniobras Federico Lacroze de la ciudad de Buenos Aires, durante algunos días de fuerte radiación solar.

Fueron instalados dos termógrafos semanales, a dos alturas diferentes dentro de cada vagón; una correspondiente a la segunda fila de cajones de fruta, es decir a 0,50 m sobre el piso, y el otro a 1,30 m sobre el anterior, esto es, a 0,70 m por debajo del techo.

* Ingeniero Agrónomo. Jefe de la División Microclimatología Agrícola del Departamento de Agrome-teorología del Servicio Meteorológico Nacional.

De los termogramas respectivos se extractaron las temperaturas máximas y mínimas diarias; las de ambiente son las registradas dentro de abrigo meteorológico por medio de termómetros de máxima y de mínima, en el Observatorio Central Buenos Aires, ubicado muy próximo a la citada playa.

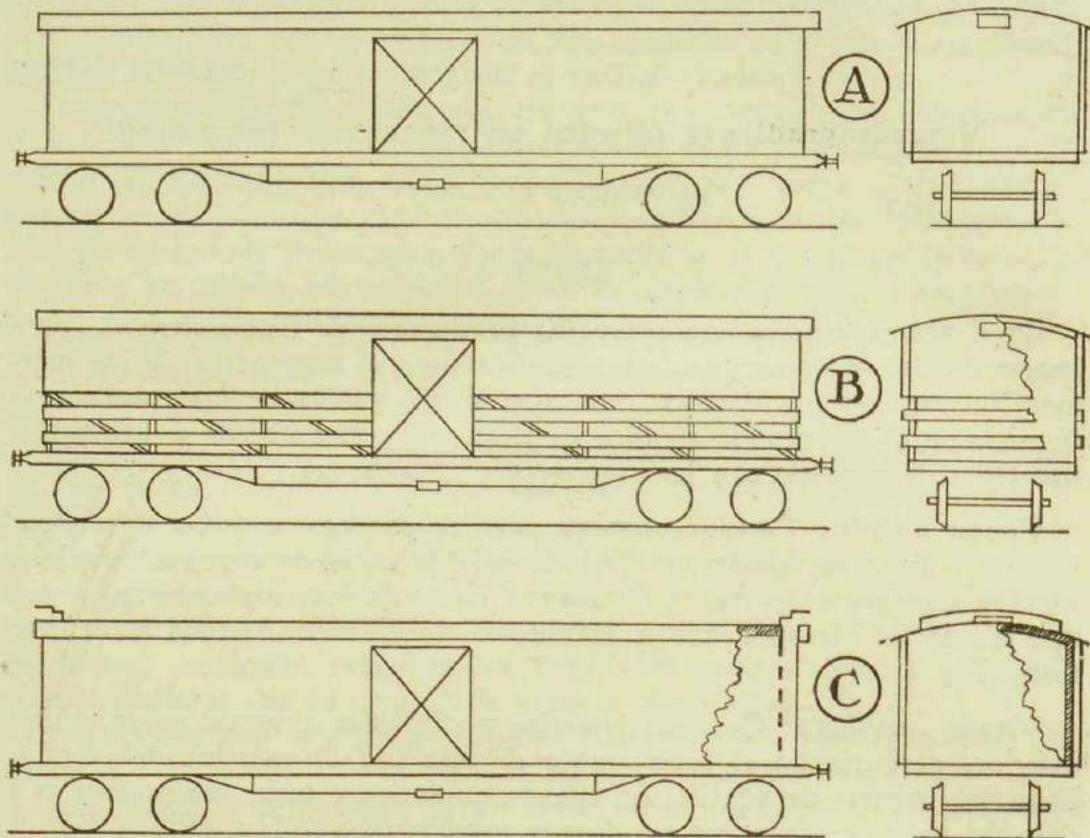


FIG. 1. — Esquema de los vagones utilizados en el ensayo: *A* común, *B* venado y *C* reformado.

Observando el gráfico *A* de la Fig. 2 se nota que la temperatura máxima obtenida dentro del vagón reformado se mantiene en algunos grados inferior, no solamente a la de los demás vagones, sino también a la ambiente, lo que demuestra que el sistema de aislación utilizado es bastante efectivo. Si comparamos además las temperaturas de ambas alturas de cada vagón (0,50 y 1,80 m sobre el piso) llama la atención el marcado gradiente térmico dentro del vagón común. Para una diferencia de altura de 1,30 m existen diferencias de temperatura de 4,4, 4,5 y 4,1°C en los días 16, 17 y 18, respectivamente.

Es evidente que la causa del notable aumento de la temperatura en el nivel superior reconoce como origen el calentamiento de la chapa que constituye el techo en este modelo.

Las temperaturas mínimas registradas en todos los vagones, son superiores a las mínimas ambiente, pero las del vagón común presentan una diferencia muy pequeña con ésta, lo que significa una gran amplitud diaria (más de 20°C) dentro de este vehículo (Fig., B).

III. CONSIDERACIONES BIOLÓGICAS

La gran amplitud térmica e higrométrica atenta contra la conservación de la fruta, especialmente en los viajes largos. Los citrus transportados, pese a haber sido cosechados en condiciones especiales de premadurez fisiológica, o sea, en estado de madurez comercial, pueden sufrir hasta que llegan a destino, si no son mantenidas las condiciones de poca variación de la temperatura y humedad, aceleraciones en su metabolismo que conducen, sea a una madurez óptima para el consumo inmediato o a una sobremadurez. Cualquiera de ambas circunstancias redunda en perjuicio de los distribuidores y consumidores. En el caso de una madurez óptima, el inevitable manipuleo para la descarga y el transporte en camiones hasta los depósitos o mercados, acentúan aún más estos procesos catabólicos, siendo necesaria la venta casi inmediata al consumidor para evitar mayores pérdidas. En el caso de la sobremadurez, muchas veces se elimina la fruta en la misma playa de descarga, pues debido a las pésimas condiciones en que arriba, es imposible su consumo.

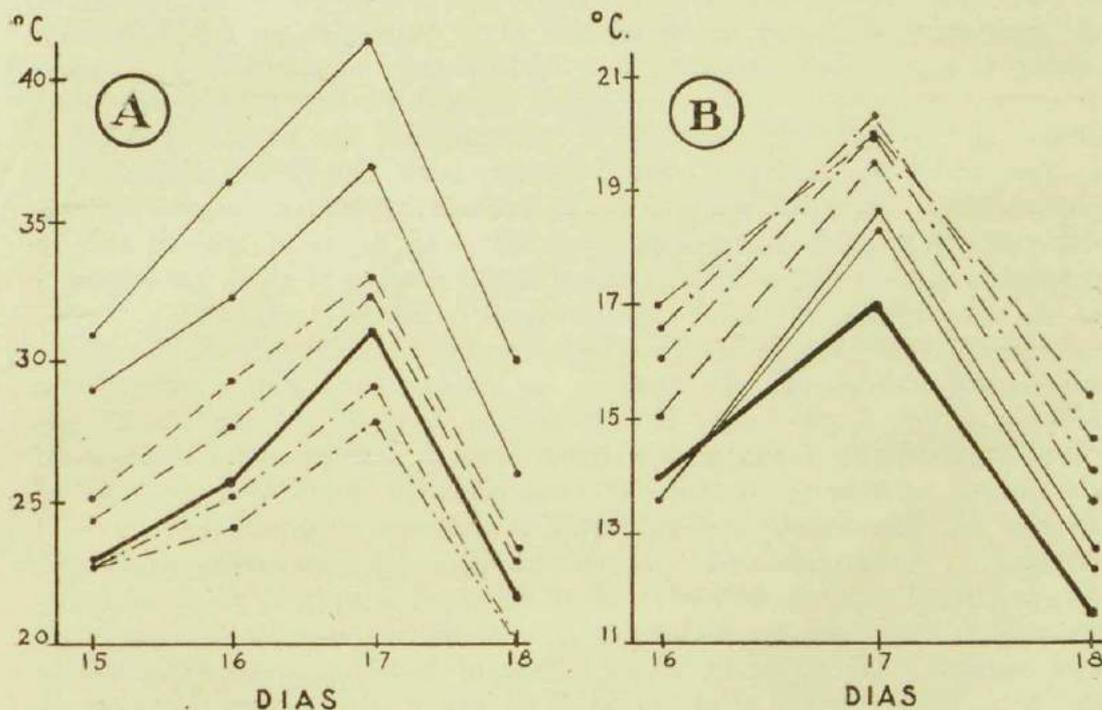


FIG. 2.—A, temperaturas máximas, y B, temperaturas mínimas dentro del vagón común (línea fina continua), ventilado (línea cortada) y reformado (línea de punto y raya), comparadas con las temperaturas máximas y mínimas al exterior (línea gruesa continua). En todos los casos, los valores más altos de cada vagón corresponden al termógrafo ubicado cerca del techo.

La fruta transportada en el vagón común, especialmente la de la estiba superior (capa megatérmica), sufrirá un calentamiento excesivo en las horas de máxima temperatura. Un rápido descenso térmico, como el que es dable observar a veces en horas de la noche o madrugada, puede conducir a valores inferiores al punto de rocío de la masa de aire confinada dentro del vagón, con la consiguiente deposición de agua en la superficie de los frutos (si éstos no se hallan envueltos con papel). Tal humedad

favorece la germinación de esporos de hongos, sumándose un factor exógeno al considerado anteriormente de maduración acelerada, concordando ambos, por la maceración de la piel del fruto y posterior penetración del micelio dentro de él, en la pérdida parcial o total de la mercadería transportada.

IV. CONCLUSIONES

Si bien al estar detenidos y vacíos los vagones, las condiciones del ensayo no se pueden comparar con las del tren en marcha (en el cual influye la renovación continua de la masa de aire), es presumible que las diferencias anotadas podrán mantenerse con ligeras variantes.

De cualquier manera, se deduce que una de las modificaciones más rápidas y económicas podría ser la construcción de un segundo techo de madera por debajo del de chapa, en los vagones que no disponen de él y que son utilizados para el transporte de mercaderías perecederas.

CRÓNICA

Primer Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología

Como estaba programado, el 15 de noviembre último, en el aula magna de la Facultad de Ciencias Médicas, se inauguró el Congreso del epígrafe, auspiciado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Grande fué la concurrencia al acto inaugural de este congreso, que contaba con el patrocinio personal del Excmo. señor Presidente de la República, General Perón, en su carácter de titular de la Comisión Honoraria. Adhirieron al acto, por vía de representantes, los ministros de la Nación en las ramas de Educación, de Ejército, de Marina, de Aeronáutica, y de Asuntos Técnicos, y el gobernador de la provincia de Buenos Aires.

Inicióse el acto con la ejecución del Himno Nacional por la banda de la Policía Montada, cuyas estrofas fueron cantadas por la concurrencia. Guardado que fué un minuto de silencio en homenaje a la memoria de Eva Perón, el decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y presidente de la Comisión Organizadora del Congreso, doctor Alberto Gracia, pronunció el discurso de apertura. Señaló la importancia de la reunión interuniversitaria y el progreso logrado en las distintas especialidades que serían consideradas en el curso de las deliberaciones. En uno de sus pasajes, luego de puntualizar el apoyo del gobierno a todas las especulaciones del pensamiento científico argentino, el disertante evocó la figura de Eva Perón diciendo que "la proyección histórica de su vida y de su obra permite descubrir a diario nuevos aspectos de los inmensos valores espirituales que conformaban su fisonomía moral". Acto seguido tomó la palabra el rector de la Universidad, doctor Taiana, quien al referirse al enfoque oficial de estas cuestiones expresó que "el plan de gobierno del General Perón encuentra en la iniciativa del Congreso una de sus realizaciones más felices en el plano de la investigación científica y la divulgación cultural". Dijo, por último, que "las Facultades de la Nueva Argentina no deben actuar independientemente y desarticuladas, sino perfectamente conectadas, prestándose asistencia mutua para cultivar el desarrollo de un espíritu de cuerpo auténticamente universitario".

Durante toda la semana se desarrolló intensa actividad en torno a la temática impuesta a este Congreso de especialistas, jornadas que se clausuraron el día 20 con palabras alusivas por parte del Rector de la Universidad y el Decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Con anterioridad, en la sesión plenaria final, luego de ofrecerse una síntesis de todo lo actuado, se resolvió que la actual Comisión Organizadora prosiguiera en sus funciones con vistas al desarrollo, en agosto de

1955, de un nuevo congreso, pero de ámbito más amplio: sudamericano, continental o internacional.

Damos panorámicamente, conforme a la documentación del programa oficial, idea de la estructura del Congreso, trabajos presentados, temas de disertación y visitas realizadas.

COMISIÓN HONORARIA

Presidente: Excmo. señor Presidente de la Nación, General Juan Domingo Perón. Vicepresidente 1º: Ministro de Educación de la Nación, Doctor Armando Méndez San Martín. Vicepresidente 2º: Rector de la Universidad de Buenos Aires, Doctor Jorge Alberto Taiana. Vocales: Los Decanos de las Facultades de Derecho y Ciencias Sociales, Doctor José A. Fernández Moreno; Ciencias Médicas, Doctor Felipe María Cía; Ciencias Exactas y Naturales, Doctor Alberto Gracia; Ingeniería, Ingeniero Oscar Rimoldi; Filosofía y Letras, Doctor Antonio E. Serrano Redonet; Agronomía y Veterinaria, Ingeniero Agrónomo Juan J. Billard; Odontología, Doctor Guillermo A. Bizzozero; Arquitectura y Urbanismo, Arquitecto Manuel Domínguez; Ciencias Económicas, Doctor Ramón A. Cereijo.

COMISIÓN ORGANIZADORA

Presidente: Doctor Alberto Gracia; Vicepresidente 1º: Capitán de Fragata (R) Carlos Núñez Monasterio; Vicepresidente 2º: Doctor Juan Carlos Vignaux; Secretario General: Doctor Armando F. Leanza; Vocales: Doctor José Antonio Balseiro, Doctor Carlos Biggeri, Doctor Juan Blaquier, Capitán de Corbeta Doctor Jorge Alberto Boffi, Ingeniero Roberto Broquá, Doctor Martín Cappelletti, Doctor Adulio Atilio Cicchini, Doctor Félix González Bonorino, Capitán de Navío Pedro Iraolagoitia, Doctor Miguel Marcos Muhlmann, Teniente Coronel Ingeniero Doctor Manuel Olascoaga, Doctor Cristian Serafín Petersen, Ingeniero Pedro Silbert; Asesor Científico: Ingeniero Silvio Antonio Tosello.

SUBCOMISIONES

Matemática: Profesores Doctores Juan I. Blaquier, Carlos Biggeri, Juan Carlos Vignaux e Ingeniero Pedro Silbert; Física: Profesores Doctores José Antonio Balseiro, Adulio A. Cicchini y Capitán de Navío D. Pedro Iraolagoitia; Meteorología: Profesores Ingeniero Roberto J. Broquá, Doctor Martín S. Cappelletti y Capitán de Fragata (R) Carlos Núñez Monasterio; Geología: Profesores Doctores Félix González Bonorino, Armando F. Leanza, Cristián S. Petersen y Miguel M. Muhlmann; Di-

fusión: Profesores Doctores José A. Balseiro, Armando Federico Leanza, Capitán Carlos Núñez Monasterio, Doctores Miguel M. Muhlmann y Juan Carlos Vignaux y señores David Schetjer, Juan M. Eitor, Clodomiro Diez Ovalle, Anselmo P. Oyola, Tito Rampa, Jorge Moro, Abelardo Barrera, Juan A. González, José Galeppi, Eduardo Passo, Pedro J. Uzal, José María Thiezi, Susana Rabuffetti y J. López de Tejada.

DELEGADOS DEL INTERIOR

Matemáticos: Universidad del Litoral: Doctores Beppo Levi y G. Dielefort; Universidad de Tucumán: Doctores Ernesto Lammel y Félix E. Herrera; Universidad de Cuyo: Doctores Mischa Cotlar, Rodolfo Ricabarra y Manuel Balauzat. Físicos: Universidad de Córdoba: Doctor Manlio Abele; Observatorio de Córdoba: Doctores Jorge Sahade y Ricardo Platzsch; Universidad de Cuyo: Doctor Mario Bángora; Universidad de Tucumán: Doctor Augusto Battig. Meteorólogos: Mendoza: Ingeniero Agrónomo Félix Albani y Doctor Walter Giorgi; Santiago del Estero: Ingeniero Néstor E. Ledesma. Geólogos: Universidad de Córdoba: Doctores Otto Schlagintweit y Juan Olsacher; Universidad de Cuyo: Doctores Clemente Leidhold y Emiliano Aparicio.

ACTOS Y TRABAJOS

Subcomisión de Matemática

« Cálculo de la función conjugada por la transformada de Laplace », por el Ingeniero Juan B. Kervor; « Sobre la limitación de las raíces por el método Newton », por el Doctor Samuel Selzer; « Determinación de área real de una superficie topográfica », por el Doctor Leonidas Slaucitajs; « Las funciones aleatorias en la teoría de las Probabilidades y en la Estadística », por el Doctor Georges M. J. Dedeant; « Nuevos métodos generales de soluciones explícitas y globales de ecuaciones funcionales diferenciales y no-diferenciales », por el Doctor Carlos Biggeri; « Interpolación polinomial de recurrencia acelerada », por el Doctor José Barral Souto; « Representación de las funciones regulares », por el Doctor Juan Carlos Vignaux; « Teoría de las simetrías consecutivas »,

por el Ingeniero Pedro Domínguez; « Nuevos métodos generales para determinar efectiva y explícitamente las singularidades periféricas y exteriores de funciones analíticas definidas por series generales de Dirichlet », por el Doctor Carlos Biggeri; « Vida y obra de Enrique Poincaré », a cargo del Profesor Doctor Juan Blaquier.

« Métodos generales de representación analítica », por el Doctor Carlos Biggeri; « Teorema de incrementos finitos en funciones vectoriales de una variable real o compleja », por el Doctor Pedro Pi Calleja; « Algunos aspectos de los trabajos realizados en el Departamento de Cálculos y Efemérides del Observatorio Astronómico de Eva Perón », por el Doctor Pascual Sconzo; « Fórmulas prácticas para la integración numérica », por el Ingeniero Doctor Nicolás Krivoshein; « Geometría y transformación de Galileo », por el Doctor Juan Carlos Vignaux; « Caracterización Topológica de las extensiones Compactas de las funciones continuas », por el Doctor Héctor A. Pérsico; « Nuevos métodos generales en la Balística Exterior », por el Doctor Carlos Biggeri; « La variable compleja hiperbólica y la transformación de Lorentz », por el Doctor Juan Carlos Vignaux; « Sobre los arcos de curvas algebraicas y de las curvas analíticas », por el Doctor Carlos Biggeri.

« Observaciones sobre la integral de Cauchy », por el Ingeniero Juan V. Kervor; « La sumabilidad absoluta con el método de Dirichlet. Un teorema de Hardy », por el Doctor Juan Carlos Vignaux; « Nuevos tipos de transformaciones funcionales. Nuevas generalizaciones de la integral de Laplace. Sobre un teorema referente a los puntos singulares de las funciones analíticas definidas por series generales de Dirichlet. Sobre un integral elíptica usada por Bloch », por el Doctor Carlos Biggeri; « Teoría de las Simetrías Consecutivas », por el Ingeniero Pedro Domínguez; « Teorema general sobre las singularidades periféricas de las integrales de Laplace », por el Doctor Carlos Biggeri; « Generalizaciones de las funciones elípticas », por el Doctor Carlos Biggeri; « Los métodos de integración del Doctor Carlos Biggeri y sus aplicaciones completas de los problemas fundamentales de la balística exterior », por el Teniente Coronel Carlos J. M. Argañaraz.

Temas oficiales: « La contribución argentina a la Historia, Metodología y Filosofía de las Ciencias Matemáticas », a cargo del Profesor Armando Asti Vera. « La contribución argentina al Análisis

Matemático Superior », a cargo del Profesor Doctor Carlos Biggeri. « La contribución argentina a la Teoría de las Probabilidades y a la Estadística », a cargo de los Profesores J. C. Dieulefait y Georges De-debant; « La contribución argentina a la Topología y a las Algebras Abstractas », a cargo de los Profesores A. Sagastume Berra y Mischa Cotlar.

Subcomisión de Física

« La Física y la Geodesia frente al problema Astronómico del lugar y tiempo », por el Ingeniero Geodesta Doctor D. Guillermo Schulz; « Preparación de un análisis esquemático de recuentos de estrellas en campos galácticos brillantes (ricos en estrellas) y oscuros (pobres en estrellas) », por el Doctor Gerbert Wilkens; « Tablas de intensidad relativas en transiciones de cuadrupolo y dipolo magnético », por la Doctora Adela Ringuelet; « Tabla de los entes dimensionados de la Física », por el Doctor L. P. Allende Lezama; « Determinación microscópica de la magnitud de partículas con radios de 10^{-5} cm y una comprobación experimental de la ley de Stokes-Cunningham », por el Doctor Guillermo Bibl; « Cálculo de un modelo de atmósfera para una estrella gigante de tipo K », por el Doctor Livio Gratton; « Valiosa contribución reciente de los físicos para la Medicina. Los isótopos para el tratamiento de los tumores », por el Doctor José De Filippi; « Posibilidades que ofrece el estudio de la conversión interna en la capa L para determinar la naturaleza y multipolaridad de las transiciones gama en los núcleos pesados », por el Doctor J. Teillac; « Sobre la estructura de las fibras de haloisita y crisotilo », por el Ingeniero E. Galloni y la Doctora M. E. J. de Abeledo.

« El ala delta », por el Doctor Reimar Horten; « Sobre la teoría del magnetón a cavidades », por el Doctor Manlio Abele; « Cámaras sin simetría de revolución para espectrógrafos estelares, con dispositivo de imágenes múltiples », por el Doctor Ricardo Platzeck; « Sistemas de perfiles en cascada », por el Doctor K. Nickel; « Sobre el cálculo de canales convergentes », por el Doctor Gino Morretti; « Observaciones aerodinámicas relativas al diseño de aviones a chorro », por el Doctor E. de Krasinsky; « Resistencias y presiones estáticas dentro de una esfera porosa », por el Doctor E. de Krasinsky; « Movimiento de un líquido ideal con superficie libre y con fuerza de gravedad », por el Ingeniero Doctor Nicolás Krivoshein; « Contribu-

ción al estudio de corrientes potenciales líquidas », por Enzo Macagno.
 « Método de alta resolución para la determinación de espectros de neutrones », por el Doctor Pedro J. Waloschek y la Doctora Emma Pérez Ferreira; « Dispersión de neutrones por un modelo de potencial nuclear », por la Doctora Susana Perla Levy; « Amplificador lineal », por el Doctor K. Frenz y S. F. Pinasco; « Formulación de la electrodinámica cuántica en forma compatible con la condición de Lorentz », por el Doctor José Antonio Balseiro; « Efectos relativistas en las intensidades y las reglas de selección de las radiaciones multipolares », por el Doctor Carlos G. Bollini; « Circuitos electrónicos para la detección de radiaciones nucleares con fotomultiplicadores », por el Doctor Horacio E. Bosch; « Dosaje isotópico del agua por absorción en el infrarrojo », por el Doctor Enrique Silberman; « Sobre el espectro de Br. F. », por los Doctores Pedro H. Brodersen y V. Sicre; « Algunas consideraciones sobre extra e interpolación de los calores de disociación del flúor y sus compuestos », por el Doctor Pedro H. Brodersen; « Ejemplos de aplicación de la extracción por solventes para la preparación de fuentes radiactivas », por el Doctor G. Bouissiers; « Resumen de varios trabajos realizados en los laboratorios de radioquímica de la Comisión Nacional de Energía Atómica », por los Doctores W. Seelmann Egebert, G. Baró, D. J. Beninson, F. Flegenheimer, I. G. de Franz, O. O. Gatti, S. J. Nassif, N. Nussis, P. Rey, E. Ricci y J. Rodríguez; « Sobre algunos productos de fisión del Uranio », por la Doctora J. Rodríguez; « Sobre algunos nucleidos producidos por procesos (n. p) y (n. alfa) », por el Doctor J. Flegenheimer.

Temas oficiales: « Estado actual del problema del origen de la energía de las estrellas », a cargo del Profesor Doctor Livio Gratton. « Aceleradores lineales », a cargo del Profesor Doctor Manlio Abele.

Subcomisión de Meteorología

« Determinación del ozono atmosférico en base a mediciones actinométricas », por el Doctor Andrés Héjjas; « Bocio endémico », por el Doctor Hugo Maccarini; « Las armónicas de la variación diurna de la presión atmosférica en la República Argentina », por el Ing. Enrique L. Samatán; « Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos distintos tipos de depresiones béricas, en el norte de la

Argentina », por el Dr. W. Schwerdtfeger; « Terminología global de la atmósfera », por los Doctores E. Machado y G. Dedeant; « Formulación matemática del problema de la turbulencia », por los Doctores E. Machado y G. Dedeant; « Algunos sinópticos de las lluvias en la República Argentina », por el Doctor K. Wölcken; « Investigación operativa en el estudio de las regiones áridas y semiáridas argentinas », por el Doctor R. Di Maio; « Variaciones de la temperatura en la atmósfera en la República Argentina », por el Doctor S. Pietrzkoski.

« La temperatura sol-aire en Buenos Aires », por los Ingenieros Enrique L. Samatán y César J. Vasino; « Curva de frecuencia del Raquitismo en la Capital Federal en relación con la variación de la luminosidad solar anual », por el Doctor Hugo Maccarini; « Pronósticos de crecientes y bajantes del río Paraná », por el Agrim. José M. Raffo; « Variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República Argentina », por el Doctor W. Schwerdtfeger y el Ing. C. Vasino; « Comentarios sobre aspectos de previsión del tiempo en la República Argentina », por el Doctor A. Maurstad; « Los radioatmosféricos al servicio del análisis y pronóstico del tiempo », por los Doctores S. Koncsak y M. Winiewski; « Estudio sinóptico de algunas situaciones meteorológicas sobre el extremo sur de Sudamérica », por los Doctores H. N. Grandoso y J. E. Núñez. « Análisis de una situación de bloqueo en la parte austral de América del Sur », por los Doctores Héctor Nicomedes Grandoso y José E. Núñez; « El bulbo seco y la humedad relativa en la dispersión térmica del lactante », por el Doctor Hugo Maccarini; « Variación anual de la humedad relativa en la República Argentina », por el Doctor F. J. Prohaska; « Aplicaciones a la Previsión estadística del Tiempo y a la Mecánica de la Atmósfera », por el Doctor G. M. J. Dedeant; « Volumen, Gasto, Caudal. Consideraciones sobre la necesidad de un correcto vocabulario Hidrológico », por el Ingeniero Carlos Alberto Guzmán; « Localidad sanjuanina de lluvia considerable », por el Doctor Armando L. De Fina.

Temas oficiales: « Climatología y Meteorología aplicada », a cargo del Ingeniero Jorge Roberto Broquá. « Meteorología Sinóptica e Hidrometeorología », a cargo del Doctor Héctor Nicomedes Grandoso. « Física y Dinámica de la Atmósfera », a cargo del Doctor José Eduardo Núñez.

Subcomisión de Geología

- « Los fosfatos de las pegmatitas del cerro Blanco, cerca de Tanti en Córdoba y su contenido en uranio », por el Doctor, Erwin Kittl con la colaboración de Antonio Tosi y Néstor Hillar; « Sobre fosfatos de la sierra de La Huerta, San Juan », por los Doctores Erwin Kittl y Antonio Tosi; « Estratigrafía y Tectónica de los alrededores del Cerro Caicayen. Territorio de Neuquén », por los Doctores Arturo J. Amos y Raúl Zardini; « Contribución al conocimiento de la edad llamada « Devónico » del norte de Mendoza », por los Doctores Emiliano Pedro Aparicio y Clemente Leidhold; « Creación de una Comisión Permanente de Nomenclatura y Terminología Estratigráfica », por los Doctores Emiliano Pedro Aparicio y Clemente Leidhold; « Acerca de una fauna supercretácida procedente de la Gobernación Marítima de Tierra del Fuego », por el Doctor Horacio Homero Camacho; « Características geológicas de la costa atlántica entre Camarones y Dos Pozos (Chubut) », por los Doctores Horacio H. Camacho y Julián Fernández; « Las relaciones geológicas del granito de Famaña », por el Doctor Enrique de Alba; « Estudio psamológico de los médanos de Junín. Aplicación de sus arenas en la industria de la metalurgia », por el Doctor Miguel Marcos Muhlmann; « Imbricación de la Cordillera del Plata (Mendoza) », por el Doctor Jorge Polansky; « El carbón de Río Turbio como fuente de materia prima para la industria química nacional. Su importancia geológico-económica », por el Doctor Carlos Arturo Serafín Piscione; « Génesis de los yacimientos de hierro de Sierra Grande », por el Doctor Jorge A. Valvano; « Tectónica y Geomorfología de las Hojas Chicoana y Salta », por el Doctor Oscar José Ruiz Huidobro; « La Gravi-Magnetometría, asunto fundamental para la Geología y Geofísica Nacionales », por el Ingeniero Geodesta Doctor Guillermo Schulz; « La estructura geológica de la Sierra Pintada, Departamento de San Rafael, Provincia de Mendoza », por el Doctor Raúl Narciso Dessanti; « Las Sierras Transpampeanas como unidad estructural », por el Doctor Juan Carlos Manuel Turner.
- « Índice alfabético para el diccionario minero y tablas para la determinación

microscópica y por rayos X de minerales opacos », por el Ingeniero Alejandro Novitzky; « Estudio de las arenas del Querandinense de Plátanos. Provincia de Buenos Aires. Investigaciones granulométrica, mineralógica, química y paleontológica », por el Doctor Miguel Muhlmann; « Estudio de las arenas en zonas de la provincia de Entre Ríos. Investigaciones granulométrica, mineralógica, química e industrial », por el Doctor Miguel Muhlmann; « Las arenas de la ribera izquierda del río Paraná entre las ciudades de Corrientes y Posadas. Estudio mineralógico », por la Doctora Paulina Muhlmann; « Contribución al conocimiento de la Estación La brookita de las arcillas de la Estación López, provincia de Buenos Aires », por la Doctora Paulina Muhlmann; « La importancia geológico-económica de los esquistos bituminosos de la República Argentina. Consideraciones sobre el límite de explotación económica », por el Doctor Carlos Arturo Serafín Piscione; « Consideraciones sobre la clasificación de las asphaltitas de la República Argentina », por el Doctor Carlos Arturo Serafín Piscione; « Clasificación de los minerales según el grado de esencialidad. Su importancia geológico-económica e industrial », por el Doctor Carlos Arturo Serafín Piscione; « Un temblor en la zona del Plata a fines del siglo XIX », por el Doctor Romualdo Ardissonne.

Temas oficiales: « El Cuartario Argentino, según las últimas investigaciones », a cargo de los Doctores Pablo Groeber y Cristián Serafín Petersen. « Recientes progresos en el conocimiento geológico de la Argentina », a cargo de los Doctores Armando Federico Leanza y Raúl Narciso Dessanti. « Primeros aportes para la estructuración del mapa psamológico de la República Argentina », a cargo del Doctor Miguel Marcos Muhlmann.

VISITAS

Durante el transcurso del Congreso se efectuaron visitas al Policlínico Presidente Perón de Avellaneda, a la Ciudad Infantil, al Museo de la Ciudad Eva Perón, al Observatorio Astronómico de la Ciudad de Avellaneda, al Parque Los Derechos de la Ancianidad y al Observatorio Meteorológico de Villa Ortúzar.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS Y FASCICULOS

Bartels, J. — *Geophysik*. Wiesbaden, At the Clarend. Press, 1948. 2 v. 55.031.1.

Obra en dos tomos recopilados y editada bajo la dirección de Julius Bartels, profesor de la Universidad de Gotingen, compuesta de once partes escritas por diferentes autores como Errulat, Dieminger, Israel, Reich y muchos otros. Las partes del primer tomo tratan sobre magnetismo terrestre, ionosfera, electricidad atmosférica y aplicación práctica de geofísica en la geología. Las partes del segundo tomo se ocupan de sismología, oceanografía, hidrografía y geodesia. — C. M. J. K.

Meteorological Office, — *Observer's Handbook*. Londres, Her Majesty's Stat., 1952. 216 p. 551.501.1.

Este manual contiene los detalles de procedimientos de observación de acuerdo con las recomendaciones internacionales fijadas en la 12ª Conferencia de Directores llevada a cabo en Washington, en 1947, y se ocupa tanto de las observaciones requeridas a las estaciones sinópticas, es decir aquellas relacionadas con el pronóstico del tiempo, como de las instaladas con propósitos climatológicos, aunque fundamentalmente no hay diferencia en las observaciones correspondientes.

En el I capítulo, trata de las observaciones que requiere cada tipo de estación. En los sucesivos se da información suficiente sobre instrumentos, su uso diario y mantenimiento de los mismos. Se agregan varios apéndices, el primero de los cuales orienta sobre la elección del lugar y detalles referentes a la instalación de una estación. Los demás se refieren a correcciones de lectura de diversos instrumentos y algunas tablas útiles para los observadores. — E. C. B.

Brown, H. A. — *A bibliography on meteorites*. Chicago. University of Chicago Press. 1953. 686 p. 523.53: 016.

Catálogo de unas 8600 citas bibliográficas, desde el año 1491 hasta 1950, sobre meteoritos, con índice alfabético de autores. La materia se relaciona con las cien-

cias geofísicas no solamente por la información material que nos proporciona acerca de la composición de determinados escombros de origen cósmico, sino ante todo por la interacción de los meteoritos con la alta atmósfera. La disposición del catálogo, sin embargo, no permite localizar estos tópicos dentro del conjunto de la bibliografía consignada, a menos que se conozca de antemano el autor cuyo trabajo es de interés consultar. Sin embargo, siendo este libro el primero de una serie de tres, a publicarse próximamente, que tratarán de la distribución cronológica, geográfica y sistemática de los meteoritos, es de esperar que la obra en su conjunto sea una importante fuente de consultas. — O. S.

Flora, S. D. — *Tornadoes of the United States*. Oklahoma, University of Oklahoma Press, 1953. 194 p. 551.515.3(73).

Un exhaustivo estudio de estos fenómenos, bastante comunes en una gran zona de Estados Unidos. Se complementa el libro, en una edición impecable, con numerosas fotografías y datos estadísticos. — R. M. Q.

Garnier, B. J. — *New Zealand weather and climate*. Wellington, Whitcombe and Tombs, 1950. 154 p. 551.582(931).

En un pequeño volumen de 150 páginas se presenta un esquema general de la climatología de Nueva Zelandia, preparado bajo los auspicios de la New Zealand Geographical Society. El folleto describe también la organización y el desarrollo de las observaciones meteorológicas, menciona las publicaciones que edita, explica sobre el tipo y desarrollo de los fenómenos en escala sinóptica y estudia con más detalle los elementos del clima de la isla. Muy novedosos unos esquemas cartográficos, mostrando distintos tipos de formaciones nubosas típicas de la zona. — R. M. Q.

Rothe, J. P.; Thellier, R.; Jouast, R., y Dauvillier, A. — *Problemes de géomagnétisme*. Paris, Revue d'Optique theorique et instrumentale, 1950. 114 p. 538.7.

Se trata de un pequeño folleto que, a diferencia de los grandes tratados clásicos

de magnetismo terrestre como el de Mascart, sólo trata algunos puntos críticos y modernos de esta ciencia, los que fueron desarrollados por los especialistas, señores Rothe, Thellier, Jouast y Dauvillier. — M. G. O.

UNESCO. — *L'Hydrologie de la zone aride.* Paris, F. Didot et Cie., 1952. 217 p. 551.491: 628.1(100.3).

Es bien conocido el déficit de alimento (o si se prefiere de calorías) que amenaza a la población del mundo, pues al aumento de ésta, estimada en unas 60.000 almas por día, no corresponde una paralela producción de alimentos; éstos están provistos por la parte húmeda del planeta, y como únicas soluciones para restablecer el equilibrio perdido sólo quedan: 1º) mejorar e intensificar los métodos de producción y 2º) ampliar las zonas de cultivo. Orientada en este último aspecto la UNESCO acaba de dar a publicidad una colección de informes sobre investigaciones hidrológicas efectuadas en la zona árida del planeta; de ellos (son 9 en total) se destaca por lo completos y por la posibilidad de adoptarlos a nuestro país los presentados por el Ing. G. Drouhin y el Prof. S. Hills. Ambos estudios vienen acompañados de cartas o mapas para facilitar la interpretación de los textos. — M. G. O.

Huntington, E. — *Principles of human geography.* Nueva York, John Wiley and Sons, 1951. 805 p. 91: 551.586.

La obra original, escrita en 1920 en colaboración con S. W. Cushing, se presenta en esta 6ª edición remozada por E. B. Shaw y revisada en su parte cartográfica por J. Mac Farland. Es un libro esencialmente didáctico, dedicado a cursos de geografía, y para tal fin, en cada capítulo figuran preguntas, ejercicios y problemas. La característica principal de esta obra reside, como en todas las de Huntington, en el énfasis con que se hace resaltar la influencia del clima y del suelo sobre el desarrollo económico y social del hombre. Numerosos y bien impresos gráficos y fotografías completan el volumen de 800 páginas. — R. M. Q.

American Geophysical Union. — *Annotated bibliography on hydrology, 1941-1950. (United States and Canada).* Washington, U. S. Government Printing Office, 1952. 408 p. 551.49.

El Subcommittee on Hydrology de la Federal Inter-Agency River Basin Committee ha hecho posible la presentación de esta bibliografía, como una guía para la

literatura hidrológica destinada al uso de instituciones oficiales y privadas. Se ha realizado un verdadero esfuerzo para cubrir la literatura hidrológica, publicada en los EE. UU. y Canadá. La American Geophysical Union comenzó en EE. UU. en 1936 la preparación de bibliografías amplias sobre hidrología. Se publicó una serie anual de acuerdo con los standards establecidos por la International Association of Scientific Hydrology de la International Union of Geodesy and Geophysics y se distribuyeron copias junto con bibliografías similares de otros países cooperantes como una « International Bibliography of Hydrology ». La segunda guerra mundial creó una interrupción desde 1940. Esta bibliografía cubre lo que data desde 1941 hasta 1950. — E. C. B.

Michigan, University. Engineering Research Institute. — *Atmospheric phenomena at high altitudes.* Michigan, University of Michigan, 1952. 16 p. 551.506.7(774).

Se trata de un somero informe referente al programa de experiencias meteorológicas en grandes alturas, cumplidas en el segundo trimestre de 1952. Dichas investigaciones comprendieron la preparación de la preparación del « Aerobee SC-23 » y de la « V-2 59 ». Se dan datos sobre los valores observados complementándose el trabajo con fotografías de los equipos utilizados. — R. M. Q.

Ramírez, J. E. — *Proyecto y estado de la sismología en la América Latina, 1950 y 1951.* Bogotá, Instituto Geográfico de Colombia, 1953. 18 p. 55.034(8).

Una gran parte de los países latinoamericano se encuentran situados en una zona particularmente activa desde el punto de vista sismológico. En el folleto que reseñamos se da una nómina de las estaciones y equipos, se citan proyectos, estudios, organizaciones, publicaciones, proyectos, etc., vinculados con la geofísica. Algunas notas se refieren a la historia de la actividad sismológica en nuestro continente. — M. G. O.

U. S. A. Department of the Interior. Geological Survey. — *Water-loss investigations: Volume I. Lake Hefner studies, technical report.* Washington, Navy Electronics Laboratory, 1952. 153 p. 551.573: 551.48.

Documentado informe sobre el programa de investigación acerca de la pérdida de agua en el lago Hefner, llevado a cabo en colaboración por distintas entidades es-

tadounidenses (Navy Electronics Laboratory, Department of the Navy, Geological Survey, Weather Bureau, etc.). En el capítulo « Lake and pan evaporation », M. A. Kohler, del U. S. Weather Bureau, hace un detenido análisis de las experiencias realizadas con 4 tipos diferentes de tanques de evaporación. Esas experiencias confirman los estudios previos que muestran que la evaporación en tanques es mayor que la de los lagos y que la relación entre ambas tiene una variación estacional pronunciada. Sugiere estudios más detallados en vinculación con las condiciones climáticas. — R. M. Q.

REVISTAS Y PUBLICACIONES SERIADAS

Science News Letter, 63 (8), feb. 1953 (Washington).

« Clue to jet streams ». 551.590.2.

Un estudio hecho por el Weather Bureau y el U. S. Naval Observatory, indica que el Jet Stream puede ser revelado en el aire por el rápido centelleo de estrellas. Cuanto más rápido y elevado es el viento, según Frank Gifford, tanto más rápida parece ser la forma en que titilan las estrellas.

También parece que ciertas fuentes de radiaciones, que son invisibles al ojo o al telescopio, pero que reciben ciertos receptores de radio, tienen variaciones relacionadas con la velocidad y altura de los vientos sobre la Tierra. — E. C. B.

Meteorologiske Annaler, 3 (9-10), 1953 (Oslo).

Hisdal, V. — « The influence of weather on mortality ». 551.586.616.

El resultado de la investigación indica que la relación entre los fenómenos meteorológicos y la proporción de muertes diaria en Oslo existe debido al aumento de la temperatura, principalmente en el otoño, y al marcado cambio de masa de aire, causados por el pasaje de un frente frío. La aplicación de ciertos métodos de prueba estadísticos, obtenidos del material disponible y de las dos investigaciones de E. Huntington y G. Ortmann dan este resultado. — M. A.

Geofisica pura e applicata, 21, 1952 (Milán).

Tenani, M. — « L'Organizzazione del Servizio Meteorologico a bordo delle navi mercantili italiane ». 551.501 (26).

El artículo describe el Servicio Meteorológico de la Marina Mercante Italiana, or-

ganizado desde el 1º de enero de 1950 por el Instituto Idrográfico di Genova, de acuerdo con las resoluciones de la Conferencia Meteorológica, realizada en Washington en 1947. Se pone de manifiesto el esfuerzo para salvar las dificultades que se presentan en algunas observaciones en el mar. — E. C. B.

Es interesante señalar que en este mismo número se incluye una reseña de las deliberaciones y conclusiones de la reunión internacional de Meteorología Marítima celebrada en Génova del 20 al 22 de setiembre de 1951. — R. M. Q.

Geophysical Memoirs (Meteorological Office), N° 89, 1952 (Londres).

Best, A. C.; Knighting, E.; Pedlow, R. H., y Stormonth, K. — « Temperature and humidity gradients in the first 100 m over southeast England ». 551.524.4 (42).

Se han efectuado experiencias a 4 niveles hasta 106 m de altura en el Observatorio de Rye (Sussex), durante un período de 3 años. Se analizan los datos y se grafican y discuten los resultados obtenidos. Esta memoria resulta de interés, en especial, por el método de experimentación empleado, que puede resultar ilustrativo para investigaciones similares. — R. M. Q.

Technical News Bulletin. National Bureau of Standards, 37(10): 145-150, oct. 1953 (Washington).

« National Bureau of Standards Western Automatic Computer (SWAC) ». 681.142.83.

La SWAC es una máquina digital construida en 1950, que opera a una velocidad de 16000 adiciones o 2600 multiplicaciones por segundo. Ultimamente se le ha agregado un dispositivo de « memoria », que permite ampliar su campo de acción; dicho aditamento está basado en la acción magnética y posee además 37 tubos de rayos catódicos que forman el llamado tubo de Williams. Se utiliza especialmente para resolver problemas aerotécnicos y de índole matemática. El artículo contiene fotografías y esquemas y da algunos detalles sobre los problemas resueltos. — R. M. Q.

Revista Telegráfica Electrónica, 41 (494), 731-734, nov. 1953 (Buenos Aires).

Panzarini, R. N. — « Geografía y exploración del Antártico ». 910.4(99).

Conferencia pronunciada por el Capitán de Navío Rodolfo N. Panzarini en el Radio Club Argentino, el 11 de setiembre de 1953. En ella el disertante pasa revista ágilmente

a la historia de la exploración antártica desde el primer intento de James Cook (1772-1775), quien no logró más que cruzar el círculo polar, hasta las últimas expediciones navales y aéreas argentinas (1952-1953). Considera luego los aspectos geográficos, marítimos, climatológicos, fito y zoográficos y geológicos del Continente Antártico, para terminar con una somera exposición de las exigencias en materia de soberanía antártica, proclamadas por Chile, Francia, Gran Bretaña, Noruega, Estados Unidos y la República Argentina. Del examen de los argumentos argentinos se desprende, una vez más, como expresa el conferenciante, que el sector así definido y denominado Antártida Argentina, está incorporado efectivamente a la soberanía de la República. — D. Z.

Mitteilungen, 72. 1953 (Helsingfors).

Vuorela, L. A. — « Some results from the Finnish Atlantic Expedition 1939 ». 551.571.2:551.576.2.(261/4)

Presenta un informe concerniente a la inversión del viento alisio y la distribución de humedad y nubosidad sobre el Atlántico, habiéndose obtenido estos resultados sobre las bases de datos recogidos justo antes de la segunda Guerra Mundial durante un viaje de ida y vuelta entre Finlandia y Buenos Aires. — M. A.

The Meteorological Magazine, 82 (976): 291-301, oct. 1953 (Londres).

Sumner, E. J. — « Cold pools: a statistical and synoptic study ». 551.515.8:551.509.317.

Sobre las « gotas frías », que es uno de los modelos sinópticos más conocidos desde la introducción de las cartas de altura en el pronóstico, y que el autor define como: « Una masa de aire fría enteramente rodeada por aire relativamente cálido, y que aparece como una o más líneas cerradas en las isopletas de topografía relativa de cualquier capa de altura », se hace, en base a las cartas de altura (1000-500 mb.) de las 0.300 y 15.00 GMT, preparadas diariamente por la Forecasting Research Division de la Oficina Meteorológica de Inglaterra, un estudio sobre las ocurridas durante 5 años (setiembre del 46 a agosto del 51), entre las latitudes 60° oeste y 30° este, al sud del paralelo 80 norte. Su número total alcanza a 224, clasificadas de acuerdo a su intensidad. Se llega a la conclusión que, dentro del área considerada, la mayor parte de las más intensas « gotas frías » ocurren en primavera y principios de verano (mayo y junio). En el estudio detallado de aquéllas ocurridas al sud del

paralelo 65 norte, se establece que la mayoría de las que dieron origen a períodos de tiempo estable (spells), se forman como consecuencia de una total o parcial separación de la parte sud de una vaguada fría (ejemplo ilustrado por 3 cartas). La mayor parte de las « gotas frías » desaparecieron o disminuyeron de intensidad, debido al calentamiento « in situ ». Además de los sistemas de presión en superficie, se considera asimismo el tiempo a ellas debido (con exclusión del asociado a los fenómenos de superficie), notándose que más de la mitad deben considerarse como de tiempo « nublado » (más de $\frac{3}{4}$ de cielo cubierto), un cuarto como « parcialmente nublado » (entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de cielo cubierto), y que hubo relativamente pocos casos de tiempo « bueno » o « cubierto » (ambos menos del 10 % del total). Se tomó nota también del tipo de precipitación y de su intensidad, así como de la ocurrencia de tormentas, registrándose solamente 6, aunque hubo muchos registros de « sferics » dentro del área de la « gota fría », la mayor parte en los meses cálidos y sobre el continente europeo, lo que el autor considera se deban muy probablemente a las « pausas » de las tormentas en el centro de las gotas frías. J. A. D.

Weather, 8 (10): 306-308, oct. 1953 (Londres).

Francis, J. R. D. — « The sea, trade winds and weather ». 551.555.1.

Con el fin de analizar la interacción del océano y de la atmósfera en la región de los vientos alisios, se organizó una expedición en marzo y abril de 1953 en la isla Anegada (18° N; 64° W) en las Indias Occidentales, por su posición casi ideal para estudiar los vientos alisios sobre el océano. Se hicieron muchos ascensos de globos pilotos los que fueron observados simultáneamente por dos teodolitos de tal manera que su exacta posición y altura pudo calcularse cada 20 s. Simultáneamente, un grupo de meteorólogos del Woods Hole Oceanographic Institution hizo una serie de mediciones relacionadas con nubes de tipo cúmulus, llamadas « trade-winds cúmulus » por tener las mismas gran influencia en los fenómenos de la zona. Los dos grupos de investigadores trabajaron en perfecta colaboración, de tal manera que sus métodos de considerar los problemas de los vientos alisios se valorizan mutuamente. — E. C. B

Geofisica Pura e Applicata, Vol. 25: 214-220, may.-ag. 1953 (Milán).

Bossolasco, M., y Meda, F. — « Perfezionamenti nelle misure di elettricità atmosferica ». 551.594.

Se presenta y describe un registrador del potencial eléctrico atmosférico basado en el uso invertido de los electrodos de una válvula electrónica (placa como electrodo de control), según lo realizado anteriormente por L. Koenigsfeld y P. Piraux, lo que permite aumentar los límites del potencial eléctrico de control sin necesidad de recurrir a resistencias reductoras. Se disminuyen dificultades de aislación eléctrica por el montaje del triodo usado sobre el aislador de la sonda radiactiva; la placa puede conectarse al colector radiactivo, aún para campo eléctrico positivo por el uso de una batería de contratenión conectada entre el cátodo y tierra, pudiéndose variar además fácilmente los límites del registro. El instrumento opera con baterías secas, es de poco peso y fácil y rápidamente instalable. — C. A. M. M.

Papers in Meteorology and Geophysics, 4 (1): 43-46, ab. 1953 (Tokio).

Sanuki, M.; Kimura, S., y Toyama, S. — « A preliminary test of an antifreezing combination wind vane and anemometer on the summit of Mt. Fuji ». 551.508.5.

En marzo de 1953 se hizo, durante diez días, un ensayo de una combinación experimental de veleta de viento y anemómetro con calefacción eléctrica. La experiencia se realizó en la cima del Mt. Fuji, estación de altura, a 3.773 m sobre el nivel del mar. Se deduce que, para los propósitos de descongelamiento, en condiciones ordinarias, es suficiente una potencia total destinada a calefacción de 650 ± 70 watt. — E. C. B.

Tellus, 5 (1): 32-35, feb. 1953 (Estocolmo).

Best, A. G. — « The relative humidity in radiation fog ». 551.571.7: 551.521.1.

En las nieblas de radiación, la humedad relativa depende de la condensación del

vapor de agua sobre los núcleos higroscópicos y el gradiente de caída de temperatura. Se ha desarrollado una ecuación en base a esto, y de la misma se deduce que para valores de dicho gradiente y contenido de sal de aire, es muy difícil que la humedad relativa exceda a 100,1 %. — E. C. B.

Tellus, 4 (3): 145-156, ag. 1952 (Estocolmo).

Eliassen, A. — « Simplified dynamic models of the atmosphere, designed for the purpose of numerical weather prediction ». 551.509.3.

El cómputo numérico de mapas sinópticos pronosticados, se basa en ciertos « modelos » del estado de la atmósfera, definidos por condiciones simplificadas que reflejen el estado real con alguna aproximación. El autor examina varios de estos modelos, y ofrece una nueva versión de aquel tipo que se llama « modelo de $2\frac{1}{2}$ dimensiones ». — W. S.

Tellus, 4 (3): 195-200, ag. 1952 (Estocolmo).

Lonquist, O. — « To the comparison between numerical methods and methods now in use for forecasting meteorological charts ». 551.509.3.

Los métodos actualmente usados para la elaboración de mapas sinópticos pronosticados se basan, en primera instancia, en las derivadas de los valores meteorológicos con respecto al tiempo, mientras que los métodos numéricos parten de las derivadas con respecto al espacio. En consideración de esta diferencia fundamental, el autor expone la necesidad de que cada verificación de los resultados obtenidos por un procedimiento numérico, incluya una comparación con los resultados conseguidos por la extrapolación temporal. — W. S.

CORRECCIONES

En el trabajo « El temple de trigo contra la sequía aplicado al gran cultivo », por V. Michajlikov, G. A. Suárez y L. A. Alvarez Herlein, aparecido en METEOROS, Año IV, N° 3, julio-septiembre 1954, a pedido de sus autores han de introducirse las siguientes modificaciones: Pág. 217, línea 1, donde dice « 303 mm », debe decir « 378 mm »; y línea 8, donde dice « 537,5 mm », ha de leerse « 574 mm »; pág. 220, línea 8, en lugar de « Fig. 1 », se leerá « Fig. 2 ».

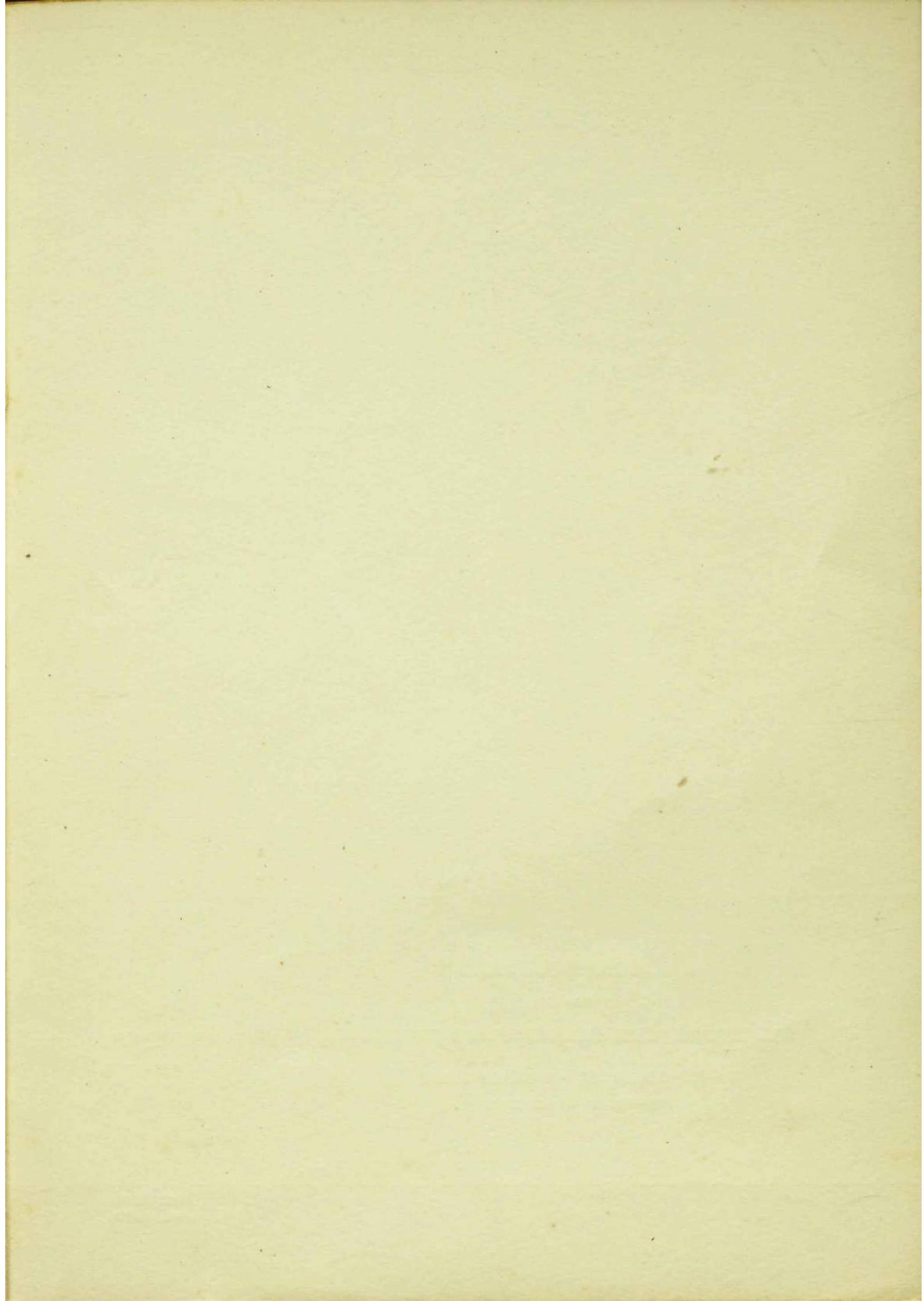
ÍNDICE DEL TOMO IV

(AÑO 1954)

ARTICULOS	PÁG.
ALVAREZ HERLEIN, L. A. — <i>Ver Michajlikov, V.</i>	215
BRAZOL, DEMETRIO. — Bosquejo bioclimático de la República Argentina	381
BURGOS, JUAN JACINTO. — Influencias microclimáticas y climáticas sobre la población de insectos transmisores de virus en la papa en la región S. E. de la provincia de Buenos Aires	261
DEDEBANT, G. — Determinación cuántica de la estratosfera	158
DEDEBANT, G., y MACHADO, E. A. M. — Sobre una nueva definición de función aleatoria y su tema ergódico	287
DEDEBANT, G., y MACHADO, E. A. M. — Las funciones aleatorias (breve tratamiento teórico)	69
DEDEBANT, G., y MACHADO, E. A. M. — Empleo de la función generatriz para la integración de procesos bidimensionales	194
DAMARIO, E. A. — <i>Ver Pascale, A. J.</i>	129
GILARDONI, R. J. — Importancia del río Barrancas (cuenca superior del río Colorado)	230
JUÁREZ, G. — <i>Ver Michajlikov, V.</i>	215
MACHADO, E. A. M., y MARCHETTI, A. — El análisis secuencial y su aplicación a la hidrología	35
MACHADO, E. A. M. — <i>Ver Dedebant, G.</i>	69, 194 y 287
MARCHETTI, A. — <i>Ver Machado, E. A. M.</i>	35
MARTINOLI, C. A. M. — Nuevo soporte y conexión para la determinación del potencial eléctrico atmosférico, con sonda iónica y electrómetro, utilizando método de cero	324
MICHAJLIKOV, V. — El temple de trigo contra la sequía aplicado al gran cultivo	215
PASCALE, A. J., y DAMARIO, E. A. — El índice heliotérmico aplicado a los trigos argentinos	129
RAFFO, JOSÉ M. — Variaciones de la napa freática en relación con la precipitación, la presión atmosférica y la temperatura	367
SCHWERDTFEGER, WERNER. — Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos distintos tipos de depresiones bálticas en el norte de la Argentina	301
— Aplicación de métodos objetivos a la previsión de lluvias, en Buenos Aires	7
SCHWERDTFEGER, W., y VASINO, C. J. — La variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República Argentina	174
VAN GOOL, E. — Comportamiento fenológico y fecha óptima de plantación de cuatro variedades de papa, en Balcarce	54
VASINO, C. J. — <i>Ver Schwerdtfeger, W.</i>	174
WOLCKEN, KURT. — Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en la Argentina	329
ARTICULOS BREVES	
CAGLILOLO, ALBERTO. — Marcado gradiente térmico en vagones de ferrocarril ...	395
DEDEBANT, G. — A propósito de una crítica al trabajo « Circulación General del Aire en la República Argentina. Historia de una Investigación Científica » ...	240
SCHWERDTFEGER, W. — Valoración de posibles observaciones meteorológicas en el océano Pacífico, al oeste de Chile, para la previsión del tiempo en la Argentina	99

	PÁG.
<i>NOTAS Y COMENTARIOS</i>	
ALBANI, F. — Lucha antigranizo en Europa, 245. - Perspectivas de aprovechamiento de la energía solar e información básica meteorológica necesaria ...	245
SCHNEIDER, O. — Hacia un concepto integral de la geofísica	105
<i>EDITORIALES</i>	
Medio siglo de actividades antárticas	3
La ciudad de Buenos Aires, sede de la futura Asamblea General de la UGGI ...	127
El primer Congreso Interuniversitario de Matemática, Física, Meteorología y Geología	259
<i>TEXTOS</i>	
Evolución de la Meteorología Agrícola	108
<i>CRONICA</i>	
Primera Reunión de la Comisión de Meteorología Agrícola de la OMM, en París	112
Primer Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología	399
<i>ACTUALIDADES</i>	
Actualización de la nómina de los miembros que integran, por parte de la Argentina, las Comisiones Técnicas de la OMM	118
Decreto de pase del Servicio Meteorológico Nacional al Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación	251
Décima Asamblea General de la UGGI, en Roma	251
Primer Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología	252
<i>RESEÑAS BIBLIOGRAFICAS</i>	119, 263 y 404
<i>CORRECCIONES</i>	208

Se terminó de imprimir el 30 de diciembre de mil novecientos cincuenta y cuatro, en los Talleres Gráficos "Palumbo", La Madrid 311-325, Buenos Aires, República Argentina



DIRECCION GENERAL
DEL
SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL
PASEO COLON 317 — BUENOS AIRES
(REPUBLICA ARGENTINA)

Precio
del ejemplar :
10 pesos m/n

PALUMBO
BS. AIRES