

Flores

BIBLIOTECA  
NACIONAL DE METEOROLOGIA  
Ing. Alfredo G. Guinardini

PRESIDENCIA DE LA NACION  
MINISTERIO DE ASUNTOS TECNICOS

# METEOROS

82/LXXXIV

|| Año II, N.º 1-2 || METEOROS Enero-Junio, 1952 ||

## SUMARIO

AUTOGRAFO DEL EXMO. SEÑOR PRESIDENTE DE LA NACION .....	2
EDITORIAL .....	3
→ ADOLFO A. MARCHETTI.—Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires .....	7
G. DEDEBANT y R. DI MAIO.—Isocorrelación básica aplicada a la República Argentina .....	23
ANTONIO J. PASCALE.—Mapa fenológico del trigo en la República Argentina .....	50
FEDERICO J. PROHASKA.—Regimenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida) .....	66
RAIMUNDO CELESTE.—Contribución al conocimiento sísmico de la provincia de Salta .....	101
ENRIQUE L. SAMATÁN.—Método simplificado de análisis armónico .....	112
JOSÉ PROVERBIO.—Dos ensayos de calentamiento del aire para evitar la acción de las bajas temperaturas en frutales .....	117
NOTAS Y COMENTARIOS: FEDERICO J. PROHASKA.—Datos climatológicos y geomagnéticos de las Islas Orcadas del Sur (60° 44' S, 44° 44' W, Período 1903-50) .....	130
ACTUALIDADES .....	134
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS .....	138

DIRECCION GENERAL  
DEL  
SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL  
PASEO COLON 317 — BUENOS AIRES  
(REPUBLICA ARGENTINA)

Precio  
del ejemplar:  
10 pesos m/n

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

PALUMBO  
BS. AIRES

AÑO II

ENERO - JUNIO, 1952

Nº. 1-2

*M*ETEOROS, órgano de expresión científica del Servicio Meteorológico Nacional, se publica con el alto auspicio del Exmo. 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.

METEOROS

AÑO II      N<sup>o</sup>. 1-2

LA EXPRESION PERSONAL DEL EXMO.  
SEÑOR PRESIDENTE DE LA NACION



Juan Perón

A "Meteoros", con mi más cordial auspicio en esta hora de la vida nacional que abre extraordinarias perspectivas para el futuro de las investigaciones científicas y de manera muy particular en el campo de la meteorología y la geofísica.

Buenos Aires, 14 marzo 1952

Stamboriz

LUIS ALBERTO FLORES

# 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 II

ENERO-JUNIO, 1952

Nºs. 1-2

## IDEALES Y REALIZACIONES

**M**ETEOROS se abrió a la vida nacional y al intercambio científico con el extranjero en enero de 1951 respondiendo a una necesidad largamente sentida en los sectores especializados de la Meteorología y la Geofísica. Nació al amparo de la política de promoción general de actividades útiles trazada por el Exmo. Señor Presidente de la Nación, pronto de ánimo como es el General Perón para favorecer toda iniciativa honesta capaz de contribuir al progreso del país en el plano material o en los órdenes del intelecto y del espíritu. Y en esta iniciativa contribuyeron eficazmente sus colaboradores más inmediatos y lejanos, aquellos que querían el bien de la ciencia criolla, tan emparentada con la ciencia universal. A los que organizaron la revista se unieron sin dilación los que escribirían sus mejores artículos científicos, frutos de una tesonera búsqueda en el campo de las realidades argentinas.

Todas las voluntades actuaron puede decirse que al unísono en la noble finalidad, y hasta los archivos ya octogenarios del Servicio Meteorológico Nacional cobraron vida para entregar sus datos auténticos al afán del investigador, testigos como son del clima físico que acompañó al país en las últimas décadas. Registros que hablan con elocuencia al científico, y no menos al sociólogo y al historiador. La revista llegó a los confines del mundo por el sistema de comunicaciones que, a despecho de todas las divergencias, aun aproxima a los pueblos, y por vía del mismo correo alcanzó las bibliotecas más selectas de los más prestigiosos

institutos. Se presentó con su mensaje de argentinidad, su tono claro y sereno, y su aire de digna modestia, como cuadra a todo el que vale al presentarse ante otros que no exhiben menor señorío.

Mereció un recibimiento de viva simpatía porque, tras su franja de fresco verdor de pradera, traía el espíritu tradicional de la Argentina, acogedor de todo lo leal y valioso. Ideales y realizaciones de la Nueva Argentina bajo la forma de revista, afirmamos enfáticamente hoy: eran cien páginas trimestrales de artesanía intelectual bien lograda y definida. Recordamos con afecto las muestras de estímulo recibidas de personalidades científicas de estas y otras latitudes que, con tan fina percepción como la nuestra, saben descubrir la viabilidad desde el nacimiento y han hecho votos para que lleguemos a constituirnos en organismo vigoroso, bajo el clima propicio.

Así ha transcurrido el primer año de METEOROS. Ya en el segundo, nos conmueve gratamente la decisión del Jefe del Gobierno, General Perón, de auspiciar personalmente esta obra de difusión y de vinculación científica y dedicarle la palabra viva de su autógrafo. A la generosa aquiescencia presidencial de hace un año sucede el patrocinio explícito de hoy. Ningún momento más oportuno que éste, sin duda, para recibir y agradecer el estímulo personal del hombre que quiere apoyar todo cuanto suponga un anhelo de espontánea y leal cooperación para el mayor bien de la Patria, y por extensión, de la coetánea humanidad. Ningún momento mejor que éste, en consecuencia, para trocar ideales en realizaciones, inmediatas unas, a largo plazo otras, bajo la tercera posición doctrinaria y espiritual en que el país se ha colocado. El Segundo Plan Quinquenal implica eficaz cooperación de todas las fuerzas, y sobre los diversos organismos del Estado pesarán las distintas responsabilidades de la amplia tarea a realizarse en común, compartida con el pueblo todo de la República. Al Servicio Meteorológico Nacional le competirá intensificar la labor científica y operativa que desarrolla cotidianamente, durante las veinticuatro horas de cada día, la que en su aspecto más eminente constituye la base para la protección de la navegación aérea y marítima local y de ultramar, y la riesgosa actividad de las flotas pesqueras, y se manifiesta típicamente en el pronóstico meteorológico nacional, útil incluso para los países vecinos. Su actividad proseguirá, asimismo, en el relevamiento geomagnético del país, cuyas cartas tienen tanta importancia en la navegación aérea a la par que en la prospección del subsuelo con vistas al hallazgo del petróleo y otros minerales; en el estudio de la sismicidad del suelo nacional, cuyo conocimiento es necesario para el emplazamiento de poblaciones, núcleos industriales, y grandes diques, fuentes de riego y energía; en el del régimen de radiación solar y de electricidad atmosférica,

rica, de fecundas perspectivas científicas y tecnológicas; y en el de glaciares, abastecedores del caudal de los ríos cordilleranos. También afrontará el perfeccionamiento de los pronósticos del tiempo, de creciente de ríos, de heladas y de cosechas, y seguirá con atento interés las especulaciones mundiales sobre posibilidad de incrementación artificial de lluvias. Por último, entre otros aspectos de su compleja labor diaria, continuará el programa de investigación macro y microclimática, capaz de rendir grandes beneficios económicos a la agricultura, la ganadería y la industria, y de indudable valor para la salud humana, la radicación de centros industriales, y la orientación del turismo y de las futuras corrientes inmigratorias.

A la presencia tutelar del primer magistrado en la obra de difusión científica que realiza METEOROS con el aporte de sus valiosos colaboradores, se une espiritual y necesariamente otra presencia: la de su esposa, alma argentina, sensible y bienhechora. Ya lo decíamos en nuestro primer número y hoy lo recordamos: "Vibra este ideal — el de querer y realizar el bien de la Patria — como permanente convocatoria de honor, en las palabras con que a los varones y mujeres del país se dirigen en las ocasiones más solemnes y propicias el Excmo. Señor Presidente de la Nación, General D. Juan Perón, y su digna esposa, Doña Eva Perón, singular y nobilísimo valor en la esfera de la dinámica social argentina".

## FRECUENCIA DE LAS LLUVIAS INTENSAS DE CORTA DURACION EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Por ADOLFO A. MARCHETTI (\*)

**Resumen.** — Se estudian las precipitaciones intensas de corta duración correspondientes a un período de 30 años (1921-1950) en base a los datos obtenidos de las fajas del pluviógrafo instalado en el Observatorio Central de la ciudad de Buenos Aires, considerándose el factor frecuencia en la clasificación de los períodos de lluvias intensas por ser de suma importancia para la obtención de curvas límites. Fueron analizadas 672 precipitaciones con los siguientes intervalos: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos, y se calculó la frecuencia anual de intensidades para valores diferentes de 0,05; 0,10; 0,20; 0,5; 1; etc. veces por año. Se han obtenido las curvas de frecuencia así como las de intensidad y cantidad de lluvia en función del tiempo para diversos valores de frecuencia, deduciéndose las ecuaciones correspondientes. Se propone también la adopción, con carácter provisorio, de cinco curvas límites de clasificación para lluvias intensas.

**Summary.** — In this paper are considered intense precipitations of short duration. They belong to a period of 30 years (1921-1950), and are based on data from the raingage installed at the "Observatorio Central" of Buenos Aires City. In the classification of the periods of heavy rainfall, the frequency factor has been taken into account, as this is of great importance to secure limit curves. The precipitations analyzed were 672, these having the following durations: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes; the yearly frequency of intensities was calculated for different values of 0.05, 0.10, 0.20, 0.5, 1, etc., times per year. Frequency curves in function of time (as well as intensity curves) were obtained for various frequency values. From those, the corresponding equations were drawn. It is proposed, also, to adopt — provisionally — five limit curves to classify heavy rainfalls.

El estudio de las precipitaciones intensas de corta duración presenta interés tanto en el orden técnico como en el científico por la frecuente aplicación que de él se hace a la agricultura, y a los proyectos y obras de canalización, irrigación, viales y de desagüe, así como a los planes de obras edilicias, particularmente en el proyecto y cálculo de los conductos de desagüe en los centros de población.

La observación de los períodos de lluvia de gran intensidad, que son los que más interesan, sólo es posible hacerla con aparatos registradores, pues no solamente existen grandes dificultades para la medición directa de las cantidades de lluvia caída, y el tiempo exacto correspondiente, sino que habría que establecer un servicio permanente de observación, día y noche, a la espera de que se produjeran los grandes chaparrones, para proceder a su medición, lo cual, desde el punto de vista práctico, sería muy difícil organizar. En cambio, con los aparatos registradores actualmente en uso, de gran precisión y fácil manejo, la medición de la cantidad de lluvia y tiempo correspondiente se efectúa de modo automático. Esos aparatos se denominan pluviógrafos.

Asunto importante a considerar en el estudio y análisis de las precipitaciones intensas de corta duración es el estudio de las precipitaciones intensas de corta duración.

(\*) Ingeniero civil, Director de los Servicios Técnicos Meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional.

El presente número de METEOROS cubre los dos primeros trimestres del año 1952.

pitaciones intensas, es el que se refiere a la uniformidad de los métodos que deben emplearse para la medición y cómputo en todas las estaciones pluviométricas de la red, a fin de que los resultados obtenidos en las investigaciones que se practiquen sean comparables entre sí.

Los elementos de las lluvias intensas que particularmente deben estudiarse son: cantidad, duración, intensidad y frecuencia, debiendo considerarse, en todos los casos, series largas y uniformes de datos de precipitación. A fin de obtener la homogeneidad requerida de estos elementos, se torna indispensable establecer normas —como lo han hecho todos los servicios bien organizados— que aseguren la uniformidad en los métodos de cómputo.

Los fundamentos para el cómputo metódico de las lluvias intensas, considerando la duración, intensidad y frecuencia, surgen en primer lugar de la clasificación de los elementos obtenidos del gráfico de registro de la lluvia en la faja del aparato.

Punto de gran importancia también a tenerse en cuenta al analizar estadísticamente los datos pluviográficos y sobre el cual reposa la clasificación de los períodos de lluvia por sus intensidades, es el que se refiere a las curvas límites.

Al examinar los diversos estudios que numerosos investigadores han hecho en el extranjero sobre esta parte de la pluviografía para establecer las curvas límites de intensidad, se advierten grandes discrepancias, no sólo en lo relacionado con los valores básicos tomados en cuenta para el establecimiento de esas curvas, sino también en lo referente al criterio que han hecho prevalecer para su adopción, notándose especialmente gran diversidad en lo que atañe a las nomenclaturas de las curvas del mismo carácter.

Los autores suelen estar de acuerdo en establecer dos o tres categorías de lluvias, pero divergen al dar denominaciones distintas a las categorías elegidas, por lo que resulta imposible hacer comparaciones. Así Hellman, por ejemplo, habla de "chaparrones" y "chaparrones más inferiores", fijando los valores en base a sus trabajos de 1891. Hausser, por su parte, establece la clasificación de "chaparrones", "lluvias fuertes y muy fuertes" y "lluvias intensas". Kassner, introduce una curva intermedia entre las inglesas y la de Hellman, presentando los valores límites para las "lluvias muy densas". Wussow calcula una curva límite que relaciona los valores de la duración  $t$ , y la altura de la lluvia caída  $h$ , resultando una ecuación elíptica para las lluvias de mayor duración de dos horas. Las lluvias cuyo valor  $h$  sobrepasan  $1\frac{1}{2}$  veces los valores límites de esa curva, se llaman según el autor, "lluvias muy densas", y aquellas cuyos valores de  $h$  superan el doble del valor indicado, "lluvias extraordinariamente densas". Reinhold sustituye las ecuaciones elípticas y para-

bólicas de Wussow por una fórmula potencial del tipo  $i = \frac{C}{(t+a)^n}$

estableciendo la siguiente clasificación:

« Lluvia débil » .....	$C < 9$
« Lluvia intensa » .....	$C \geq 9$
« Chaparrón » .....	$C \geq 13,5$
« Aguacero » .....	$C \geq 18$

Symons presentó en 1898 el siguiente sistema de clasificación para las lluvias intensas: "notables" y "excepcionales". Mill definió en 1908 tres categorías de lluvias intensas: "notables", "remarcables" y "muy raras".

Todas estas clasificaciones están basadas únicamente en los valores de los intervalos de tiempo  $t$ , y la cantidad de lluvia  $h$  correspondiente, y sólo toman en cuenta la frecuencia en base a la experiencia obtenida en los cómputos de las lluvias intensas destinadas a la estadística y a la divulgación. Por ejemplo, Hellman al computar los valores límites ha juzgado importante que el número de lluvias intensas no sea demasiado grande y que éstas no se hayan producido anualmente en el mismo lugar y ello por la razón de que tan sólo deben computarse las lluvias de una intensidad notable, es decir, aquellas que prácticamente mayor interés revisten.

#### EL FACTOR DE FRECUENCIA

Es evidente que la introducción del factor frecuencia en la definición de lluvias intensas, es el que más corresponde al carácter y a las exigencias de éstas.

La frecuencia, cuando es aplicada a los factores meteorológicos, no significa que el fenómeno ocurrirá con intervalos regulares. En un record de observaciones que comprende un número determinado de años, puede pronosticarse que una lluvia de determinada intensidad y duración podrá ser alcanzada o excedida una vez en tantos años.

Si en el cómputo de frecuencia se divide el número de veces que se ha producido un determinado tipo de lluvia, por el período correspondiente, se tendrá el valor medio de la frecuencia por año de observación, es decir, el número de veces por año que ocurrirá tal lluvia.

La necesidad de introducir la frecuencia en la estadística pluviográfica se explica por el simple hecho de que las nociones de "lluvia intensa", "chaparrón" y en modo especial "aguacero" van unidas al concepto de algo extraordinario, es decir, que no es común que suceda a menudo, y por lo tanto, se refiere directamente a la frecuencia con que se producen esos fenómenos.

La definición de lluvia intensa según las constantes de frecuencia tiene la importante ventaja de permitir extender el criterio de clasificación a cualquier región climática de la tierra. Para ello, sólo sería necesario establecer firmemente los valores de cantidad de precipitación y la duración correspondiente en relación a diversos valores de frecuencia. Así,

por ejemplo:  $n = \frac{1}{30}; \frac{1}{20}; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 3 \dots$  veces por año

dando después una denominación adecuada a cada serie de valores límites, en correspondencia con los valores de  $n$ , elegidos como valores tipo. La solución más segura del problema de clasificación será indudablemente aquella que se base en el criterio expuesto sobre los valores de frecuencia uniformes ya que de este modo se pueden obtener las definiciones de lluvia intensa válidas en todas las regiones climáticas. La fijación de los valores tipos de  $n$  podrá arreglarse por convención entre los diversos países del continente, eligiendo expresiones de significado simple que concuerden con el lenguaje técnico corriente.

La fijación de los valores límites relativos a la cantidad y duración de la lluvia según un valor tipo de frecuencia, habría que hacerla para cada zona de caracteres climáticos análogos, pues no sería posible establecer comparaciones de valores de precipitación intensa de corta duración correspondientes a zonas cuyos regímenes pluviométricos acusaran diferencias apreciables en sus caracteres propios.

Este criterio de clasificación de las curvas límites por la frecuencia ha sido ya adoptado por E. G. Bilham (British Rainfall 1935) y está en vigor en Inglaterra desde el año 1930. Con esto abandona Bilham el criterio de definición usado hasta esa época para las lluvias intensas de corta duración pues no solamente emplea la duración y cantidad de lluvia para el cómputo de los valores límites, sino también la frecuencia. Bilham deduce de sus observaciones efectuadas durante diez años una relación entre la duración  $t$ , la cantidad de lluvia  $h$ , y la frecuencia  $n$ , estableciendo la siguiente clasificación:

"Lluvias notables", son las que se producen cada 10 años; "lluvias remarcables", cada 40 años; y "lluvias muy raras", cada 160 años; fijando por lo tanto los valores de la frecuencia para la clasificación que antecede  $n = 1$ ;  $n = 0,25$  y  $n = 0,065$ . Para deducir su fórmula empleó un período de 10 años de observación.

El mismo criterio de clasificación ha sido adoptado por Reinhold en Alemania, es decir, haciendo intervenir la frecuencia  $n$  para el cálculo de los valores límites, estando en desacuerdo con el criterio de Bilham en lo que se refiere a la nomenclatura de las curvas límites, pues en lugar de relacionar la denominación con el valor de la frecuencia, lo hace con

el coeficiente  $C$ , que resulta de la fórmula  $i = \frac{C}{(t+a)^n}$  como se ha indicado anteriormente.

#### TIPOS DE FÓRMULAS DE INTENSIDAD

Para las lluvias intensas de 5 a 120 minutos de duración la fórmula que más se adapta para expresar la relación entre la intensidad  $i$  y la duración  $t$  es del tipo  $i = \frac{C}{t+a}$  en la que  $t$  es la duración de la lluvia en minutos.  $C$  y  $a$  son dos constantes que deben ser investigadas en cada caso.

Esta fórmula ha sido aplicada por Mayer en sus trabajos pluviográficos de Estados Unidos. También se usa para estudios similares la fórmula parabólica siguiente conforme a Nopher:

$$i = \frac{C}{\sqrt{t}}$$

donde  $C$  es una constante llamada "potencia pluvial" por ser

$$C = \sqrt{hi} \quad \text{siendo } h = ti \text{ mm}$$

La primera fórmula indicada tiene la siguiente ventaja sobre la anterior:

La cantidad  $h$  de lluvia es  $h = it$ ; luego,

$$h = \frac{Ct}{t+a}; \quad h = \frac{C}{1+\frac{a}{t}}$$

Entonces, cuando  $t$  tiende a 0,  $h$  tiende a 0  
cuando  $t$  tiende a  $\infty$ ,  $h$  tiende a  $C$ .

Esto significa que los valores de  $h$  tienen un límite máximo que es el valor de  $C$ , lo que está de acuerdo con lo que se verifica en el fenómeno lluvia. En cambio, con la segunda fórmula,  $h$  aumenta indefinidamente con el crecer de  $t$ , lo cual no concuerda con el desarrollo natural de la lluvia.

#### ESTUDIO PARA LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Siguiendo el criterio expuesto, se han calculado para la ciudad de Buenos Aires las curvas de frecuencia, así como las de intensidad  $i$  y cantidad  $h$  en función de la duración  $t$ , analizando los datos pluviográficos de una serie de 30 años, registrados en la ciudad de Buenos Aires por el Servicio Meteorológico Nacional en su Observatorio Central de Buenos Aires. Algunas precipitaciones que faltaban en la serie se obtuvieron de los archivos de Obras Sanitarias de la Nación.

CUADRO I. — Precipitación en milímetros e intensidad correspondiente en milímetros por minuto para diversos intervalos de tiempo\*. — Ciudad de Buenos Aires; período 1921-1950

Nº	Fecha			Intervalo en minutos									
	Día	Mes	Año	5	10	15	20	30	45	60	90	120	
18	1	I	1921	4.6 0.92	6.6 0.66	7.6 0.51	9.2 0.41	10.9 0.36	15.5 0.34	18.4 0.31	24.5 0.27	27.0 0.23	
71	12	I	1925	6.2 1.24	9.2 0.92	11.8 0.79	13.1 0.67	17.6 0.59	20.0 0.44	20.2 0.34			
97	2	II	1926	11.7 2.34	20.7 2.07	26.1 1.74	28.3 1.42	29.6 0.99	30.0 0.67	30.1 0.50	30.2 0.34		
151	26	IV	1950	7.6 1.52	10.6 1.06	13.4 0.89	19.0 0.95	21.6 0.72	24.9 0.55	30.9 0.52	38.7 0.43	44.7 0.37	
292	20	III	1936	10.1 2.02	14.9 1.49	19.6 1.31	25.0 1.25	31.6 1.05	45.9 1.02	51.7 0.86	68.5 0.76	72.6 0.61	
584	4	XII	1946	3.6 0.72	5.9 0.59	7.8 0.52	8.6 0.43	9.7 0.32	13.8 0.31	14.6 0.24	14.9 0.17	17.7 0.15	
642	17	VI	1949	8.0 1.60	11.0 1.10	13.1 0.87	14.4 0.72	14.7 0.49	16.4 0.36	18.6 0.51	20.4 0.23	21.2 0.18	
669	10	XI	1950	7.7 1.54	10.1 1.01	10.5 0.70	12.6 0.63	13.6 0.45	14.9 0.33	17.0 0.28	19.2 0.21	19.8 0.17	

\* La planilla original contiene las 672 lluvias intensas analizadas en el presente estudio. Por razones de espacio sólo se consignan en este cuadro algunas de las más significativas.

Se han seguido en este estudio métodos gráficos conforme al siguiente proceso:

1) Análisis de las fajas de lluvia tomando para cada lluvia las cantidades de precipitación registradas a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 minutos, etc. Después se calcularon los incrementos correspondientes a cada 5 minutos, estableciéndose por suma la máxima precipitación para cada uno de los intervalos.

En esta forma fueron analizadas 672 precipitaciones en un período de 30 años (1942-1950) con 5714 intervalos (Cuadro I).

Los períodos tomados en cuenta tienen intensidad mínima de 0,1 mm y la cantidad mínima que se computa es de 6 mm en cinco minutos.

El estudio estadístico en cuestión se extendió a los siguientes intervalos: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos, calculándose la intensidad correspondiente.

Se han clasificado los períodos de precipitación que tienen duración de 5 minutos o más, pero no se han extendido a duraciones inferiores, pues se considera casi imposible determinar con suficiente exactitud las cantidades de precipitaciones que ocurren en tiempo menor de 5 minutos, con los tipos de pluviógrafos standard que se utilizan actualmente. La escala de tiempo en estos aparatos es tal que 5 minutos están representados en la faja por 1 milímetro, razón por la cual los registros de precipitación con duración de 2 ó 3 minutos no inspiran mucha confianza. Para observaciones de períodos tan cortos, sería necesario utilizar registradores especiales como el descrito por el Dr. Lipple en el "Magazine Meteorológico", 1934.

CUADRO II. — Frecuencia de lluvias intensas  
30 años — 1921-1950

Intervalo minutos	Intensidad													
	0.0167 0.035	0.034 0.067	0.068 0.100	0.101 0.153	0.134 0.167	0.168 0.20	0.21 0.25	0.26 0.30	0.31 0.40	0.41 0.50	0.51 0.60	0.61 0.70	0.71 0.80	0.81 0.90
5					7	21	16	35	56	76	78	57	64	45
10				4	11	24	37	40	94	87	86	73	54	37
15			1	7	16	29	56	43	128	118	79	51	44	29
20			2	8	26	42	55	82	147	102	58	52	25	21
30		1	1	19	31	62	125	91	128	71	57	28	17	8
45		1	2	50	95	127	97	77	101	59	26	13	6	5
60		1	5	80	132	98	107	55	78	40	13	6	1	5
90		1	59	143	112	86	74	50	41	12	5	1		
120		15	101	137	100	69	58	23	19	6	2			

CUADRO II (Continuación)

Intervalo minutos	Intensidad														
	0.91 1.00	1.01 1.20	1.21 1.40	1.41 1.60	1.61 1.80	1.81 2.00	2.01 2.20	2.21 2.40	2.41 2.60	2.61 2.80	2.81 3.00	3.01 3.20	3.21 3.40	3.41 3.60	3.61 3.80
58	71	37	22	15	19	4	6	2	5	1					1
35	37	22	12	6	5	6	1			1					
19	24	12	5	6	2	1	2								
18	12	6	6	2	1										
7	9	2	1												
1	3														

2) Frecuencia  $M$  de intensidades para diferentes intervalos, variando de  $i = 0,0167$  a  $0,033$  hasta  $i = 3,81$  a  $4,00$  mm/m (Cuadro II).

$M$  es el número de veces que se ha producido una lluvia de determinada intensidad y duración hasta 120 minutos. Así, por ejemplo, durante los años 1921-1950 se registraron 12 períodos de 20 minutos con intensidad que varía entre 1,01 y 1,20 mm/m.

3) Frecuencia acumulada de intensidades para el período  $S = 30$  años (Cuadro III). Los datos de este cuadro, que se obtienen sumando cada línea del Cuadro II de derecha a izquierda, representan el número de lluvias de determinada duración con intensidad igual o mayor a la indicada en la columna correspondiente. Ejemplo: se han registrado 51 casos de lluvia de 5 minutos de duración con intensidad igual o mayor de 1,61 a 1,80 mm/m.

CUADRO III. — Frecuencia acumulada de lluvias intensas  
1921-1950  
Valores de  $M$   $S = 30$  años

Intervalo minutos	Intensidad													
	0.1167 0.035	0.034 0.067	0.068 0.100	0.101 0.153	0.134 0.167	0.168 0.20	0.21 0.25	0.26 0.30	0.31 0.40	0.41 0.50	0.51 0.60	0.61 0.70	0.71 0.80	0.81 0.90
5					672	665	644	628	595	537	461	383	326	262
10				672	668	657	635	596	556	462	375	289	216	162
15			672	671	664	648	619	563	520	392	274	195	144	100
20			665	665	655	639	597	532	450	305	201	143	91	66
30		658	657	656	637	606	544	419	328	200	129	72	44	27
45		641	640	638	608	515	388	291	214	115	54	28	15	9
60		619	618	615	533	401	303	196	141	63	23	10	4	3
90		585	584	525	382	270	184	110	60	19	7	2	1	
120		530	515	414	277	177	108	50	27	8	2			

CUADRO III (Continuación)

Intervalo minutos	Intensidad															
	0.91 1.00	1.01 1.20	1.21 1.40	1.41 1.60	1.61 1.80	1.81 2.00	2.01 2.20	2.21 2.40	2.41 2.60	2.61 2.80	2.81 3.00	3.01 3.20	3.21 3.40	3.41 3.60	3.61 3.80	3.81 4.00
219	181	110	75	51	38	19	15	9	7	2	1	1	1	1	1	1
125	90	53	31	19	13	8	2	1	1	1						
71	52	28	16	11	5	3	2									
45	27	15	9	3	1											
19	12	3	1													
4	3															

4) Frecuencia anual  $n = \frac{M}{S}$ , de intensidades para los mismos intervalos de  $i$  (Cuadro IV).

Con  $n$  se representa el número de veces por año (promedio de los años indicados) que se registra una lluvia de cierta duración cuya intensidad es igual o superior a la indicada por la columna correspondiente. Estos datos resultan de dividir por 30 los datos del Cuadro III. Por

ejemplo: lluvias de 5 minutos de duración con intensidad 1,41 a 1,60 mm/m o mayor, se producen 2,43 veces por año.

5) Trazado del gráfico de la Fig. 1, vistas (a) y (b). Variación de  $i$  respecto a  $n$  para valores de  $t = 5, 10, 15, \dots$  minutos con Cuadro IV. A fin de conseguir mayor exactitud en los valores pequeños de  $n$ , se ha trazado la parte correspondiente a  $n$  de 0 a 1 en escala ampliada 10 veces para  $n$ , vista (b).

CUADRO IV. — Promedio frecuencia anual. — Lluvias intensas 1921-1950

Valores de  $n = \frac{M}{S}$   $S = 30$  años

Intervalo minutos	Intensidad														
	0.0248	0.050	0.084	0.117	0.150	0.184	0.25	0.28	0.355	0.455	0.555	0.655	0.755	0.855	0.955
5	0.0167	0.054	0.068	0.101	0.134	0.168	0.21	0.26	0.31	0.41	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91
10	0.035	0.067	0.100	0.133	0.167	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
15				22.40	22.17	21.47	20.95	19.77	17.90	15.37	12.77	10.87	8.73	7.30	
20				22.40	22.27	21.90	21.10	19.87	18.55	15.40	12.50	9.65	7.20	5.40	4.16
30				22.40	22.37	22.15	21.60	20.65	18.77	17.33	15.07	9.15	6.50	4.80	3.53
45	21.95	21.90	21.87	21.25	20.20	18.15	15.97	10.95	6.67	4.30	2.40	1.47	0.90	0.63	0.45
60	21.36	21.35	21.27	20.27	17.17	12.95	9.70	7.15	3.77	1.80	0.95	0.50	0.30	0.15	0.10
90	20.65	20.60	20.45	17.77	13.37	10.10	6.55	4.70	2.10	0.77	0.33	0.15	0.10	0.07	
120	19.50	19.47	17.50	12.75	9.00	6.15	3.67	2.00	0.65	0.25	0.67	0.05	0.035		
	17.67	17.17	13.80	9.25	5.90	3.60	1.67	0.90	0.27	0.07	0.04	0.035			

CUADRO IV (Continuación)

Intensidad															
1.105	1.505	1.605	1.705	1.905	2.105	2.305	2.505	2.705	2.905	3.105	3.305	3.505	3.705	3.905	4.105
1.01	1.21	1.41	1.61	1.81	2.01	2.21	2.41	2.61	2.81	3.01	3.21	3.41	3.61	3.81	4.01
1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20
6.05	5.67	2.43	1.70	1.27	0.65	0.50	0.30	0.235	0.07	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	
3.00	1.77	1.05	0.63	0.43	0.27	0.07	0.035	0.035	0.035						
1.75	0.95	0.55	0.37	0.17	0.10	0.07									
0.90	0.50	0.30	0.10	0.035											
0.40	0.10	0.035													
0.10	0.06														
0.05	0.035														

6) Valores de intensidad  $i$  de lluvia para diversos períodos de tiempo  $t$  y frecuencia  $n$ . De la Fig. 1, previa rectificación de las curvas, se obtienen pares de valores de intensidad y tiempo correspondiente, para cada valor de frecuencia  $n$  tomado sobre el eje de abscisas (Cuadro V).

7) Con estos pares de valores de  $i$  y  $t$ , se trazan las curvas del gráfico de la Fig. 2, que representan la función  $i = f(t)$  para diversos valores de  $n$ . Existen algunas ligeras diferencias entre los valores que se obtienen de la Fig. 1 y los que se consignan en este cuadro debido a las correcciones hechas para rectificar las curvas.

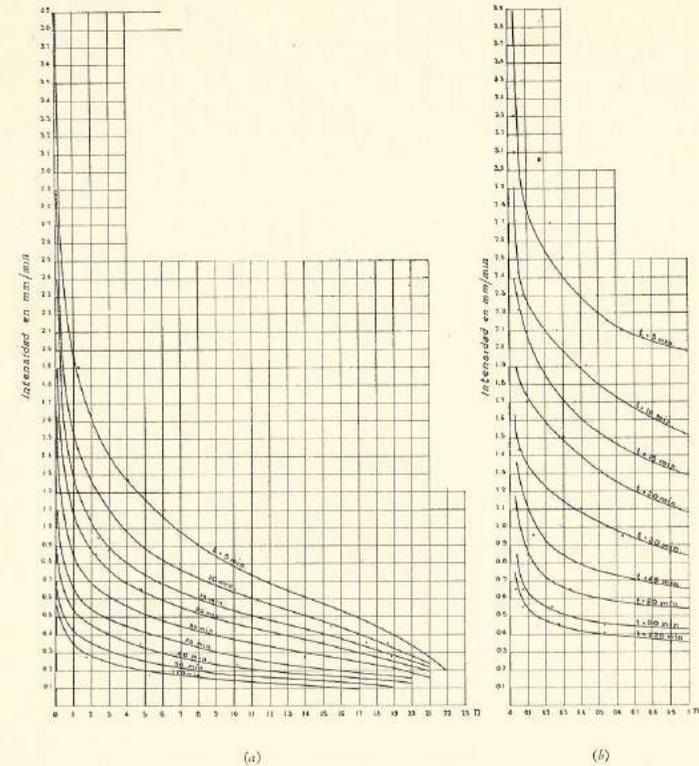


FIG. 1. — Curvas de Intensidad-Frecuencia para diferentes intervalos de tiempo.

8) Determinación de la función  $i = f(t)$  para cada valor de  $n$ . Se calcularon las ecuaciones correspondientes para las distintas curvas caracterizadas por el valor  $n$  de frecuencia anual, adoptando los siguientes tipos de fórmulas, por tratarse de ser las que mejor se adaptan a la representación gráfica de los resultados obtenidos en el estudio efectuado:  $i = \frac{C}{t^a}$  de

$$\text{Lindley } e \ i = \frac{C}{t+a}$$

Los valores respectivos de las constantes  $C$  y  $a$ , están indicados en la Fig. 2 y el Cuadro VI.

9) Del estudio realizado resulta que la fórmula  $i = \frac{C}{t^a}$  se adapta mejor a las curvas  $i = f(t)$  para  $n = 0,033$  y  $n = 0,05$ , es decir, para frecuencia de una vez cada 30 años y una vez cada 20 años, respectivamente.

CUADRO V. — Valor de la intensidad  $i$  para distintos intervalos de tiempo y frecuencias  
Ciudad de Buenos Aires — 1921-1950

n	Intervalo en minutos									
	1 vez cada	5	10	15	20	30	45	60	90	120
0.033	50 años	3.91	2.91	2.40	1.90	1.63	1.36	1.17	0.85	0.75
0.05	20 »	3.40	2.43	2.22	1.85	1.46	1.27	1.02	0.76	0.67
0.1	10 »	2.80	2.27	2.10	1.73	1.35	1.11	0.86	0.64	0.54
0.2	5 »	2.56	2.11	1.86	1.60	1.23	0.93	0.72	0.56	0.48
0.5	2 »	2.20	1.80	1.53	1.32	1.02	0.75	0.60	0.46	0.40
1.0	1 »	1.98	1.51	1.29	1.08	0.84	0.65	0.54	0.42	0.35
2.0	$\frac{1}{2}$ = 6 meses	1.61	1.27	1.04	0.87	0.69	0.54	0.46	0.35	0.28
5.0	$\frac{1}{3}$ = 4 meses	1.40	1.11	0.89	0.76	0.62	0.49	0.41	0.30	0.25
4.0	$\frac{1}{4}$ = 3 meses	1.27	0.98	0.81	0.69	0.56	0.45	0.37	0.28	0.22
5.0	$\frac{1}{5}$ = 2.4 m.	1.17	0.89	0.74	0.63	0.51	0.42	0.33	0.25	0.20
6.0	$\frac{1}{6}$ = 2 meses	1.07	0.82	0.68	0.58	0.48	0.39	0.29	0.23	0.18
10.0	$\frac{1}{10}$ = 1.2 m.	0.80	0.64	0.53	0.46	0.38	0.28	0.23	0.17	0.14
12.0	$\frac{1}{12}$ = 1 mes	0.69	0.57	0.48	0.42	0.33	0.24	0.20	0.16	0.13

Para las demás frecuencias adoptadas,  $n = 0,1$  a  $n = 12$ , se adopta por ser la que más se aproxima a la realidad, la fórmula  $i = \frac{C}{t+a}$ .

El grupo de curvas obtenidas con el cálculo efectuado es el que podría adoptarse para la clasificación de las lluvias intensas en base al coeficiente característico C.

10) Los valores de la intensidad  $i$  calculados para diversos valores de  $t$  y  $n$  con las fórmulas  $i = \frac{C}{t^a}$  e  $i = \frac{C}{t+a}$ , se han consignado en el Cuadro VI.

11) Se calcularon los distintos valores de  $h = it$  para cada intervalo de tiempo y cada valor de frecuencia  $n$  deduciéndose las fórmulas respectivas (Cuadro VII y Cuadro VIII) trazando las curvas correspondientes, en el gráfico de la Fig. 3, resultando fórmulas del tipo  $h = C\sqrt{t}$  para las dos primeras frecuencias y  $h = \frac{C}{1 + \frac{a}{t}}$  para las restantes.

CUADRO VI. — Precipitaciones intensas de corta duración. Intensidades obtenidas con el gráfico y calculadas con la fórmula, para distintas frecuencias e intensidades  
Ciudad de Buenos Aires — 1921-1950

t minutos	Frecuencia n											
	0.033 = $\frac{1}{30}$ $i = \frac{9}{t^3}$		0.05 = $\frac{1}{20}$ $i = \frac{8}{t^2}$		0.1 = $\frac{1}{10}$ $i = \frac{65}{t+18}$		0.2 = $\frac{1}{5}$ $i = \frac{59}{t+18}$		0.5 = $\frac{1}{2}$ $i = \frac{47}{t+16}$		1 $i = \frac{37}{t+15.6}$	
5	3.91	4.00	3.40	3.58	2.80	2.85	2.56	2.20	2.24	1.98	1.98	1.98
10	2.91	2.86	2.45	2.51	2.27	2.32	2.11	1.80	1.80	1.51	1.57	1.57
15	2.40	2.35	2.22	2.07	2.10	1.97	1.86	1.53	1.51	1.29	1.29	1.29
20	1.90	2.02	1.85	1.79	1.73	1.71	1.60	1.32	1.30	1.08	1.10	1.10
30	1.63	1.65	1.46	1.46	1.33	1.35	1.23	1.02	1.04	0.84	0.84	0.84
45	1.36	1.34	1.22	1.19	1.11	1.05	0.93	0.75	0.77	0.65	0.65	0.65
60	1.17	1.16	1.02	1.05	0.86	0.84	0.72	0.60	0.62	0.54	0.54	0.54
90	0.85	0.95	0.76	0.84	0.64	0.60	0.56	0.46	0.44	0.42	0.42	0.42
120	0.75	0.83	0.67	0.73	0.54	0.47	0.48	0.40	0.35	0.35	0.35	0.35

i gráf.	Frecuencia n												
	2 $i = \frac{34}{t+16}$		3 $i = \frac{31}{t+17}$		4 $i = \frac{29}{t+18}$		5 $i = \frac{26}{t+17}$		6 $i = \frac{23}{t+16}$		10 $i = \frac{17.5}{t+17}$		12 $i = \frac{15.5}{t+17.5}$
1.61	1.62	1.41	1.27	1.27	1.18	1.07	1.09	0.80	0.80	0.69	0.69	0.69	0.69
1.27	1.30	1.11	0.98	0.98	0.89	0.82	0.88	0.65	0.64	0.57	0.57	0.57	0.57
1.04	1.10	0.89	0.81	0.88	0.74	0.68	0.74	0.55	0.53	0.48	0.48	0.48	0.48
0.87	0.94	0.76	0.69	0.63	0.58	0.58	0.64	0.46	0.46	0.42	0.42	0.42	0.42
0.69	0.74	0.62	0.56	0.51	0.48	0.48	0.50	0.37	0.38	0.35	0.35	0.35	0.35
0.54	0.56	0.49	0.45	0.42	0.42	0.39	0.42	0.28	0.28	0.24	0.24	0.24	0.24
0.46	0.45	0.41	0.37	0.35	0.34	0.29	0.30	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20
0.35	0.32	0.29	0.28	0.25	0.24	0.23	0.22	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
0.28	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13

Todas las fórmulas calculadas que figuran en el presente trabajo, se consideran válidas para intervalos de tiempo  $t$ , comprendidos entre 5 y 120 minutos y frecuencias  $n$  comprendidas entre  $n = 0,033$  y 12.

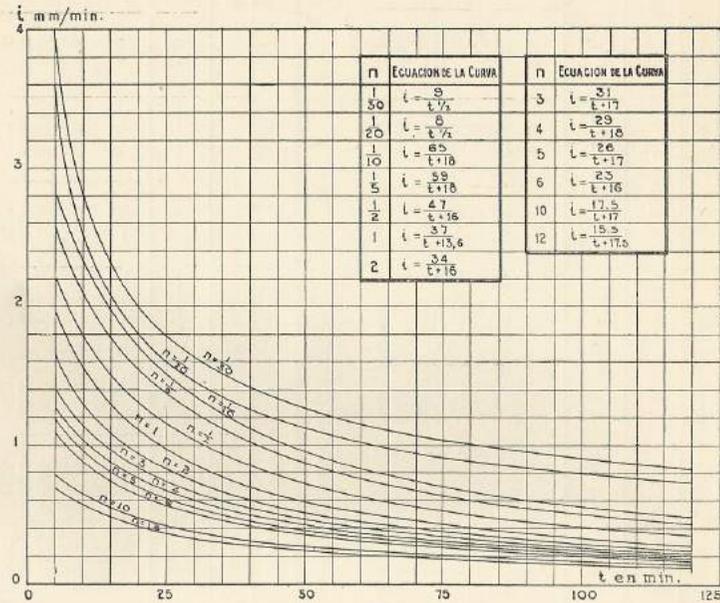


FIG. 2. — Curvas de Intensidad-Tiempo para diferentes frecuencias.

CUADRO VII. — Precipitaciones intensas de corta duración. Intensidades y alturas para diversas frecuencias e intervalos

Ciudad de Buenos Aires — 1921-1950

Frecuencia anual $n$	Intervalo en minutos							
	5		10		15		20	
	$i$	$h$	$i$	$h$	$i$	$h$	$i$	$h$
0.033	4.00	20.00	2.86	28.6	2.53	34.95	2.02	40.4
0.05	3.58	17.90	2.51	25.10	2.07	31.05	1.79	36.80
0.1	2.83	14.15	2.32	23.20	1.97	29.55	1.71	34.20
0.2	2.56	12.80	2.11	21.1	1.79	26.85	1.55	31.0
0.5	2.24	11.20	1.80	18.0	1.51	22.65	1.30	26.0
1	1.98	9.90	1.57	15.7	1.29	19.55	1.10	22.0
2	1.62	8.10	1.30	13.0	1.10	16.50	0.94	18.8
3	1.41	7.05	1.14	11.4	0.97	14.55	0.84	16.8
4	1.27	6.35	1.03	10.3	0.88	13.20	0.76	15.2
5	1.18	5.90	0.96	9.6	0.81	12.15	0.70	14.0
6	1.09	5.45	0.88	8.8	0.74	11.10	0.64	12.8
10	0.80	4.00	0.65	6.5	0.55	8.25	0.47	9.4
12	0.69	3.45	0.57	5.7	0.48	7.20	0.42	8.4

(Continúa)

CUADRO VII (Continuación)

Intervalo en minutos									
30		45		60		90		120	
$i$	$h$	$i$	$h$	$i$	$h$	$i$	$h$	$i$	$h$
1.65	49.5	1.34	60.30	1.16	69.60	0.95	85.50	0.83	99.60
1.46	43.8	1.19	53.55	1.03	61.80	0.84	75.6	0.73	87.60
1.35	40.5	1.03	46.35	0.84	50.40	0.60	54.00	0.47	56.40
1.23	36.9	0.94	42.30	0.76	45.60	0.55	49.50	0.43	51.60
1.04	31.2	0.77	34.65	0.62	37.20	0.44	39.60	0.35	42.00
0.84	25.2	0.63	28.35	0.50	30.00	0.36	32.40	0.28	33.60
0.74	22.2	0.56	25.20	0.45	27.00	0.32	28.80	0.25	30.00
0.66	19.8	0.50	22.50	0.41	24.60	0.29	26.10	0.23	27.60
0.60	18.0	0.46	20.70	0.37	22.20	0.27	24.50	0.21	25.20
0.55	16.5	0.42	18.90	0.34	20.40	0.24	21.60	0.19	22.80
0.50	15.0	0.38	17.10	0.30	18.00	0.22	19.80	0.17	20.40
0.37	11.1	0.28	12.60	0.23	13.80	0.16	14.40	0.13	15.60
0.33	9.9	0.25	11.25	0.20	12.00	0.15	13.50	0.12	14.40

12) Este estudio de la lluvia intensa de corta duración, hecho en base a los registros de las fajas del pluviógrafo, ha dado como resultado una serie de curvas nitidas representativas del desarrollo de las lluvias intensas hasta 120 minutos de duración, clasificadas según el factor frecuencia.

CUADRO VIII. — Fórmulas deducidas para  $h$ .

Frec. anual $n$	Fórmula	$n$	Fórmula	$n$	Fórmula
0.033	$h = 9\sqrt{t}$	0.5	$h = \frac{47}{1 + \frac{16}{t}}$	4	$h = \frac{29}{1 + \frac{18}{t}}$
0.05	$h = 8\sqrt{t}$	1	$h = \frac{37}{1 + \frac{13.6}{t}}$	5	$h = \frac{26}{1 + \frac{17}{t}}$
0.1	$h = \frac{65}{1 + \frac{18}{t}}$	2	$h = \frac{34}{1 + \frac{16}{t}}$	6	$h = \frac{23}{1 + \frac{16}{t}}$
0.2	$h = \frac{59}{1 + \frac{18}{t}}$	3	$h = \frac{31}{1 + \frac{17}{t}}$	10	$h = \frac{17.5}{1 + \frac{17}{t}}$
				12	$h = \frac{15.5}{1 + \frac{17.5}{t}}$

13) A título ilustrativo analizaremos tres curvas calculadas tomadas entre las de menor frecuencia:  $\frac{1}{30}$ ,  $\frac{1}{20}$  y  $\frac{1}{2}$ , que relacionan  $h$  con  $t$  (Cuadro VII).

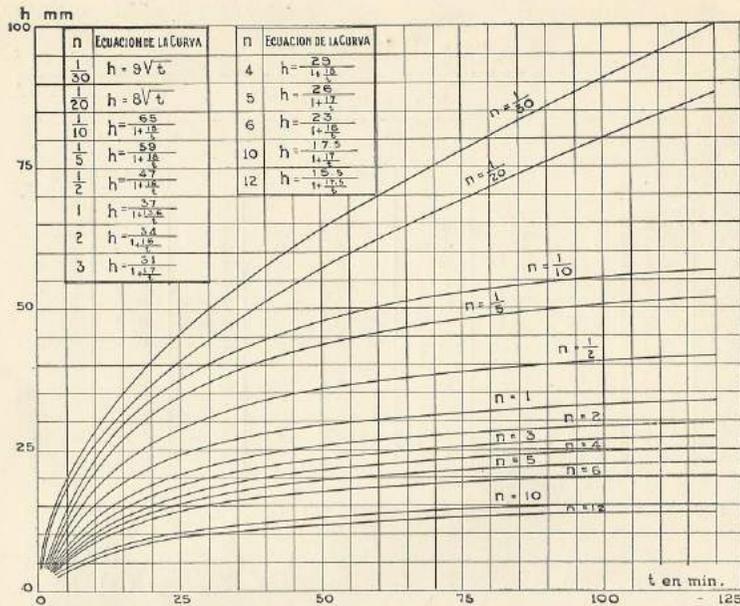


FIG. 3. — Curvas de Cantidad-Tiempo para diferentes frecuencias.

Aplicando las fórmulas halladas, se deduce que existe probabilidad de que se presenten una vez cada 30 años las siguientes cantidades, o mayores, de lluvias en los intervalos respectivos:

Minutos .....	5	10	15	20	30	45	60	90	120
Lluvia en mm .....	20,0	28,6	35,0	40,4	49,5	60,3	69,6	85,5	99,6

Y en cuanto a las curvas correspondientes a  $n = \frac{1}{20}$  y  $\frac{1}{2}$ , la cantidad de lluvia que puede esperarse una vez cada 10 y 2 años respectivamente es:

Minutos .....	5	10	15	20	30	45	60	90	120
$\frac{1}{20}$ Lluvia en mm .....	17,9	25,1	31,1	35,8	43,8	53,6	61,8	75,6	87,6
$\frac{1}{2}$ Lluvia en mm .....	11,2	18,0	22,7	26,0	31,2	34,7	37,2	39,6	42,0

14) Los resultados obtenidos en este estudio sobre la frecuencia de intensidades, si bien se refieren a la ciudad de Buenos Aires, pueden aplicarse a la zona circundante, hasta un cierto límite, cuyo régimen de precipitación se admite que sea igual o semejante al de Buenos Aires. La posibilidad de poder establecer esta semejanza depende, desde luego, de varios factores y de consideraciones de orden climático y estadístico.

Sin entrar en mayores consideraciones surge de inmediato la importancia de las curvas calculadas y lo útil que puede resultar su utilización en la solución de numerosos problemas de la ingeniería en los que intervenga el factor lluvia intensa.

Aunque el record de 30 años de observaciones utilizado se considera reducido para realizar el estudio definitivo de las curvas límites, podría sin embargo adoptarse una clasificación provisoria con sólo cinco de las curvas de intensidad y cantidad de precipitación obtenidas en el presente estudio, eligiendo las siguientes frecuencias:

$$n = \frac{1}{30}, \frac{1}{20}, \frac{1}{10}, \frac{1}{5}, \frac{1}{1}$$

es decir, una vez cada 30, 20, 10, 5 y 1 años, respectivamente.

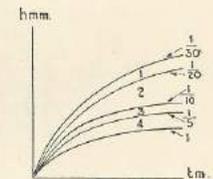
La clasificación que se propone es la del Cuadro IX.

De acuerdo con esta clasificación, las precipitaciones se identificarían con la característica del 1 al 4, según que el valor de la intensidad o cantidad y el intervalo de tiempo correspondiente estén comprendidos entre dos determinados valores de la clasificación.

Así, por ejemplo, al caso  $h = 45$  mm,  $t = 50$  m, correspondería la característica 3, es decir, entre intensa y regularmente intensa.

CUADRO IX

n	Denominación	Caract.
30	Excepcional .....	1
1/20	Muy intensa (muy rara) .....	
1/10	Intensa (rara) .....	2
1/5	Regular intensidad (poco frecuente) .....	
1/1	Poca intensidad (frecuente) .....	3
		4



15) Los valores deducidos para casos límites responden a las características pluviométricas propias de cada lugar y es evidente que si puede considerarse extraordinaria una determinada lluvia para una región, no puede aplicarse el mismo criterio para otra cuya régimen pluviométrico sea diferente. Por tal razón el estudio de las precipitaciones intensas de corta duración debe hacerse para un número determinado de lugares del país, eligiéndolos en zonas de características climáticas bien diferenciadas, a fin de poder obtener el conocimiento del régimen de ese tipo de precipitación en todo el país.

CONCLUSIONES

1. — En el cómputo de los datos pluviométricos obtenidos con aparato registrador, correspondientes a lluvias de corta duración y gran intensidad, es de suma importancia tomar en consideración la frecuencia

con que se producen las lluvias registradas, fraccionando el tiempo de duración de la lluvia en intervalos cortos, comenzando por 5 y alcanzando hasta 120 minutos.

Este límite de 120 minutos se establece para las lluvias intensas de corta duración de acuerdo con los resultados obtenidos de la estadística.

2. — Se han calculado para la ciudad de Buenos Aires las curvas de frecuencia así como las de intensidad  $i$  y cantidad de lluvia  $h$  en función del tiempo  $t$  para diversos valores de frecuencia  $n$  deduciéndose las ecuaciones correspondientes. Los resultados obtenidos con un récord de 30 años de observación pueden aplicarse a zonas adyacentes y de régimen climático similar al de la ciudad de Buenos Aires, hasta tanto se tenga un récord más largo.

Todas estas fórmulas son válidas para  $t = 5$  a 120 y  $n = 0,033$  a 12.

Este estudio deberá hacerse para las distintas zonas climáticas del país, cuyos regímenes pluviométricos tengan caracteres diferentes.

3. — Las fórmulas estudiadas pueden considerarse elementos de gran utilidad para encarar oportunamente, cuando se tenga un registro mayor de observaciones, el análisis y determinación de las curvas límites definitivas que caractericen las lluvias de corta duración y fuerte intensidad en las distintas zonas del país.

## ISOCORRELACIÓN BÁRICA APLICADA A LA REPÚBLICA ARGENTINA

Por G. DEDEBANT \* y R. DI MAIO \*\*

Resumen. — Este artículo, continuación de las aplicaciones del Cálculo Aleatorio a la Meteorología<sup>1</sup>, tiene por objeto exponer las primeras cartas de "isocoras" (o curvas de igual correlación) de la presión barométrica, que han sido trazadas en la República Argentina. Para apreciar toda la significación del mismo, se empieza por dar una teoría "solamente cinemática" de las isocoras, definiendo las "tres" velocidades (del corpúsculo, de propagación física y de la onda asociada), que se refieren a la descripción de su movimiento y de su deformación. Se establece una relación entre estas tres velocidades: es formalmente la misma que la de Louis de Broglie, en Física Atómica. Introduciendo luego una hipótesis "dinámica", bajo la forma de ecuaciones del viento geostrofico, se establece el significado "físico" notable de las isocoras de la presión; describen ellas la "difusión" de una "macropartícula de aire". Finalmente se reproducen y comentan las cartas de isocoras relativas al mes de julio de 1942.

Résumé. — L'objet de cet article, qui est la suite des applications du Calcul aléatoire à la Météorologie<sup>1</sup>, est de divulguer les premières cartes "d'isocores" (ou courbes d'égale corrélation) de la pression barométrique, qui ont été tracées en République Argentine. Pour permettre au lecteur d'en saisir toute la signification, on commence par donner une théorie "seulement cinématique" des isocores, définissant les "trois" vitesses (du corpuscule, de propagation physique et de l'onde associée) qui se rattachent à la description de leur mouvement et de leur déformation. Une relation est établie entre ces trois vitesses: c'est formellement la même que celle de Louis de Broglie, en Physique atomique. Introduisant ensuite une hypothèse "dynamique", sous la forme des équations du vent géostrophique, on établit le "sens physique" remarquable des isocores de la pression: elles décrivent la "diffusion" d'une "macroparticule" d'air. Finalement, on reproduit et on commente les cartes d'isocores relatives au mois de Juillet 1942.

### I. NUEVO ASPECTO MATEMÁTICO DADO AL PROBLEMA BAROMÉTRICO

Postulamos que la presión barométrica es una función aleatoria<sup>1</sup>:

$$P/x, y, t$$

de las coordenadas  $(x, y)$  del lugar de la superficie de la Tierra considerado, y del tiempo  $t$ .

Esto, lejos de ser una hipótesis es, al contrario, una extensión del concepto clásico de función con el que hasta el presente se han conformado los meteorólogos, quienes, sobre las cartas de isobaras, admiten implícitamente que la presión  $P$  es una función cierta<sup>1</sup> (siempre conti-

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

\*\* Doctor en Física (Universidad de Pavía). Asesor Técnico de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional.

<sup>1</sup> Cfr. Delebant, G., «Sobre la previsión estadística del tiempo», *Meteoros*, año I, N° 4, diciembre de 1951, pp. 251-275.

nua y generalmente derivable) de las coordenadas y del tiempo,

$$P(x, y, t),$$

lo que les permite trazar isobaras según el concepto de interpolación, y hablar de *gradiente barométrico*, y de *tendencia barométrica* (que son, en escala sinóptica, las derivadas parciales respecto del espacio y del tiempo de la función cierta  $P$ , salvo a lo largo de las líneas de discontinuidad (o frentes), y sobre los accidentes del barograma).

El concepto de función aleatoria incluye evidentemente el de función cierta, que no es más que un caso particular límite.

La experiencia de los meteorólogos sinópticos ha demostrado que la presión barométrica es, en cada *prueba* (y por prueba significamos aquí un barograma o una carta sinóptica), un elemento *derivable*, con respecto al tiempo y al espacio, salvo en instantes *aislados* (los accidentes del barograma), y a lo largo de *líneas singulares* (los frentes de las cartas sinópticas).

En términos matemáticos, expresaremos estas constataciones diciendo que las discontinuidades de la presión, en el espacio-tiempo de tres dimensiones  $(x, y, t)$ , constituyen solamente un subespacio de *una* dimensión (cero para el tiempo, más *una* para el espacio), y en consecuencia de *medida nula* en un espacio de tres dimensiones, pues una línea si bien tiene en ella misma una medida que es su longitud, tiene por el contrario un *volumen* nulo en el sentido de volumen de tres dimensiones. Se infiere de aquí que, desde el punto de vista aleatorio, la presión barométrica será *derivable sin restricción*, pues la función aleatoria es siempre de un grado más regular que su realización en una prueba. El interés desde el punto de vista aleatorio, para la previsión, reside precisamente en que permite *literalmente* tender un puente por encima de las discontinuidades, y retomar más allá del abismo el hilo conductor que accidentalmente se había roto.

Cualquiera sea el dominio de aplicación de estas consideraciones teóricas, hemos probado efectivamente por vía experimental, analizando los datos numéricos del barómetro de mercurio, que la presión barométrica era, en *escala sinóptica*<sup>1</sup> una función aleatoria *derivable* por lo menos una vez respecto del espacio y del tiempo, y probablemente también analítica<sup>2</sup>.

Sin extendernos acerca de la naturaleza de las funciones aleatorias, destaquemos lo estrictamente necesario para la comprensión del presente trabajo.

Una función aleatoria requiere para su descripción más algoritmos que una función cierta; en la práctica, por lo menos tres funciones ciertas, de las cuales la tercera duplica el número de los parámetros fundamentales (aquí  $x_1, y_1, t_1; x_2, y_2, t_2$ , en lugar de  $x, y, t$ , simplemente). Estas tres funciones ciertas son:

a) El *valor probable*,  $\bar{P}$ , función cierta del punto  $(x, y)$  y del instante  $t$ .

<sup>1</sup> Escala definida para una distancia entre dos puntos de observación de la red = 100 Km, e intervalo de tiempo entre dos observaciones = 3 horas.

<sup>2</sup> Cfr. l. c.

b) La *variancia*:

$$\sigma_P^2 = \overline{P'^2}$$

que es también una función cierta de  $(x, y, t)$ .

$P'$  designa la componente puramente aleatoria de  $P$ , o sea  $P' = P - \bar{P}$ .

$P'$  es, pues, una nueva función aleatoria  $(x, y, t)$ , pero de valor probable nulo ( $\overline{P'} = 0$ ). Y no es más que la función aleatoria inicial, depurada de su parte cierta.

El operador ( $'$ , prima), que representa prácticamente una *primera variación*, tiene, matemáticamente hablando, la jerarquía de una diferencial primera. Las reglas usuales del cálculo diferencial pueden por otra parte serle aplicadas sin modificaciones, cuando  $P'$  es en general *débil* frente al valor probable  $\bar{P}$  (cálculo débilmente aleatorio); y éste es precisamente el caso de las variaciones accidentales, y aun diurnas de la presión barométrica. Las funciones a) y b) son las únicas nociones percibidas hasta el presente por los climatólogos, que en Meteorología son los que aplican criterios estadísticos.

c) La *covariancia*

$$\mathcal{M}(x_1, y_1, t_1; x_2, y_2, t_2) = \overline{P'_1 P'_2},$$

siendo  $P'_1$  y  $P'_2$  las componentes puramente aleatorias de  $P$  en dos puntos  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  y en dos instantes  $t_1$  y  $t_2$ .

En lugar de la covariancia de  $P$ , es preferible emplear la covariancia de la función aleatoria *reducida*  $\frac{P'}{\sigma_P}$ , sea

$$r(x_1, y_1, t_1; x_2, y_2, t_2) = \frac{\overline{P'_1 P'_2}}{\sigma_{P_1} \sigma_{P_2}},$$

que es un número puro, sin dimensiones físicas, cuyo valor está comprendido necesariamente entre el  $-1$  y  $+1$ , y que se llama coeficiente de selfcorrelación, o de autocorrelación, de la función aleatoria  $P$ .

La introducción de dicho coeficiente constituye un hecho nuevo en Meteorología y su importancia es fundamental. Expresa en efecto la única noción *verdaderamente intrínseca* concerniente al elemento considerado. No depende ni del *nivel* del fenómeno (sea  $\bar{P}$ ), ni de su *intensidad* (sea  $\sigma_P$ ), ni de las *unidades* elegidas. No es exagerado decir que él representa el *mecanismo* del fenómeno, de manera que si se espera encontrar *regularidades* correspondientes a Leyes físicas —y cómo se podría hacer Ciencia sin creer en estas Leyes!—, es a él a quien debe referirse.

Es lo que hemos hecho en este estudio y nuestra esperanza no ha sido frustrada. El estudio completo del coeficiente de self correlación requiere en principio un espacio de seis dimensiones  $(x_1, y_1, t_1; x_2, y_2, t_2)$ . Pero si se fija el punto  $(x_1, y_1)$  o *base de operaciones*<sup>1</sup> y el instante inicial  $t_1$ , se tiene un espacio de sólo tres dimensiones  $(x_2, y_2, t_2)$ , que se podrá dividir en *hojas* de espacios de dos dimensiones  $(x_2, y_2)$ , o

<sup>1</sup> Cfr. l. c.

cartas, empleando una gama de intervalos 0, 1h, 2h, 3h ... contados a partir de  $t_1$ . Sobre cada una de las cartas se representará el coeficiente de autocorrelación para su curvas de igual valor, que abreviadamente llamaremos *isocoras*. En ello se fundan las cartas reproducidas en este artículo.

Digamos algo más. Si la covariancia  $\overline{P_1' P_2'}$ , que es en general una función de los instantes  $t_1$  y  $t_2$ , separadamente no es más que función de la diferencia  $h = t_2 - t_1$  de estos instantes, la función aleatoria  $P/t$  se llama *estacionaria* en el tiempo.

Nos fundaremos siempre en la hipótesis de estacionariedad en el tiempo, pues ella es indispensable en las aplicaciones<sup>1</sup>.

El cálculo aleatorio muestra entonces que el coeficiente de autocorrelación  $r(h)$  es de la forma

$$r(h) = \left( \cos \frac{2\pi}{T} h \right),$$

siendo  $T$  un período aleatorio (dispersado), y estando tomada la media indicada por el operador  $(\overline{\quad})$ , trazo recto según la función espectral de  $T$ . Análogamente, si en el lugar del tiempo  $t$  se introduce la coordenada  $x$ , siendo  $(x_2 - x_1) = h$  intervalo de espacio, se tiene un coeficiente de autocorrelación en el espacio,  $r(k)$ , de la forma

$$r(k) = \left( \cos \frac{2\pi}{\Lambda} k \right)$$

siendo  $\Lambda$  una longitud de onda aleatoria.

## II. ELIPSOIDES DE AUTOCORRELACIÓN Y NÚCLEOS DE ISOCORAS

En la proximidad de una base de operaciones  $O$  y del instante inicial  $t$ , el coeficiente de autocorrelación de la función aleatoria derivable  $P$  se desarrolla así

$$r(h, k, l) = 1 - \frac{1}{2} \varphi(h, k, l) + \dots$$

donde  $\varphi(h, k, l)$  es la forma cuadrática:

$$\varphi(h, k, l) = ah^2 + ck^2 + 2dkl + e l^2 + 2fkh + 2glh$$

y donde:

$(k, l)$  son las coordenadas de un punto cualquiera  $M$ , referido a dos ejes de origen  $O$ :

$h$  es un intervalo de tiempo contado a partir del instante inicial arbitrario  $t$ .

Los coeficientes de la forma cuadrática  $\varphi$  pueden ser funciones del centro de operaciones  $O$ , pero no del instante inicial  $t$ , a causa de la estacionariedad en el tiempo.

<sup>1</sup> Es cierto mientras dura un régimen.

Si se hace  $h = l = 0$  se obtiene:

$$r(h, 0, 0) = 1 - \frac{1}{2} ah^2 + \dots$$

que es el coeficiente de autocorrelación en el tiempo, correspondiente en consecuencia al barograma.

Si se hace  $h = 0$ , se tiene:

$$r(0, k, l) = 1 - \frac{1}{2} (ck^2 + 2dkl + el^2) + \dots,$$

que es el coeficiente de autocorrelación en el espacio, en dos instantes simultáneos, correspondiente como concepto al de la carta sinóptica.

En general, habrá que estudiar correlaciones *diferidas*, es decir, entre dos puntos y en dos instantes separados por un intervalo fijo  $h_0$ . Esto es:

$$r(h_0, k, l)$$

Ya no es más un coeficiente de autocorrelación. Su máximo no es más igual a 1 (en general). No es una función simétrica de  $k$  y de  $l$ , pues los coeficientes que son funciones de la base, no son forzosamente los mismos para el punto  $O$  que para el punto  $M$ , salvo el caso de "estacionariedad" en el espacio.

De esta disimetría resulta por otra parte el sentido de propagación (de  $O$  hacia  $M$ , o bien el inverso).

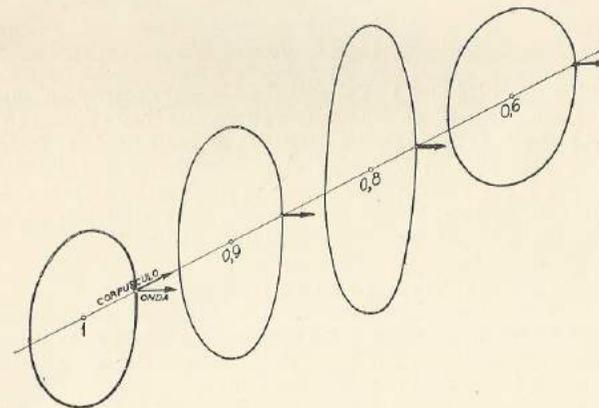


FIG. 1.

Las isolíneas  $r(h_0, k, l) = \text{constante}$ , son las isocoras de intervalo  $h_0$ . Se organizan en *núcleos* (positivos o negativos) alrededor de un centro. Las cartas sucesivas de isocoras relativas a una gama de intervalos: 0,  $h$ ,  $2h$  ... expresan la propagación (o el desplazamiento) y la evolución del fenómeno representado (ver Fig. 1).

La forma cuadrática  $\varphi(h, k, l)$  debe ser definida no negativa (pues  $r \leq 1$ , condición de coherencia).

De aquí resulta que el determinante

$$\mathcal{D} = \begin{vmatrix} a & f & g \\ f & c & d \\ g & d & e \end{vmatrix}$$

así como sus menores principales de segundo orden:

$$\begin{vmatrix} c & d \\ d & e \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} a & f \\ f & c \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} a & g \\ g & e \end{vmatrix}$$

y de primer orden:

$$a \quad c \quad e$$

son positivos o nulos.

Los tres invariantes principales son positivos o nulos y son:

$$\begin{cases} a + c + e \\ (ce - d^2) + (ac - f^2) + (ae - g^2) \\ \text{y el mismo } \mathcal{D}. \end{cases}$$

Además, para un intervalo fijado  $h_0$ , los invariantes, en el plano  $k, l$  son:

$$\begin{cases} c + e \\ (ce - d^2) \end{cases}$$

por haberse trasladado los ejes al centro de isocoras correspondiente a  $h_0$ .

Si nos colocamos en un espacio-tiempo de tres dimensiones ( $h$  ortogonal al plano  $k, l$ ) los lugares geométricos de iguales valores de la autocorrelación son, en la proximidad de la base de operaciones, elipsoides concéntricos y homotéticos. Las cartas de isocoras relativas a diferentes intervalos:  $0, h, 2h, 3h, \dots$ , son cortes de estos elipsoides por planos paralelos, equidistantes, perpendiculares al eje de las  $h$ .

### III. VELOCIDAD DEL CORPÚSCULO

El sentido físico atribuible a los núcleos de isocoras es evidentemente el de una *macropartícula* cuyas partículas elementales constitutivas vibran en conjunto y tienen un destino común.

El desplazamiento de un núcleo de isocoras debe, pues, ser interpretado como el desplazamiento material de una gran partícula de aire individualizada, y por ello llamaremos *velocidad del corpúsculo* a la velocidad del centro del núcleo de isocoras.

Calculemos esta velocidad. En un instante dado  $h = h_0$ , hay sobre la carta de isocoras correspondiente a este instante un punto  $C(k_0, l_0)$ , que posee la correlación máxima, alrededor del cual se distribuyen las isocoras, como ocurre con las isalobaras alrededor de un núcleo de va-

riaciones en alza. En el origen ( $h_0 = 0$ ), el centro es la base de operaciones  $O$ , y su cota es igual a 1.

El punto  $C(k_0, l_0)$  está definido por el sistema de dos ecuaciones lineales:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial k_0} = ck_0 + dl_0 + fh_0 = 0$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial l_0} = dk_0 + el_0 + gh_0 = 0$$

cuyas soluciones son:

$$k_0 = -\frac{fe - gd}{ce - d^2} h_0; \quad l_0 = -\frac{gc - df}{ce - d^2} h_0$$

Los cocientes  $\frac{k_0}{h_0}$  y  $\frac{l_0}{h_0}$  representan las componentes de la velocidad del centro  $C$  que designaremos por  $\vec{V}(u_0, v_0)$ .

El máximo de  $r$  (o cota del centro) se obtiene sustituyendo los valores  $h_0, k_0, l_0$ , en  $r(h, k, l)$ . Y se obtiene:

$$r_c = 1 - \frac{1}{2} \frac{\mathcal{D}}{ce - d^2} h_0^2 + \dots$$

El coeficiente de  $h_0^2$  es siempre positivo o nulo, según las condiciones de coherencia recordadas más arriba. La cota del centro es, pues, en general inferior a la unidad (salvo en el origen).

Habiendo determinado la dirección de la trayectoria del centro, tomemos como eje de las  $h$  esta dirección. De ello resulta que  $v_0$  será nulo. En cuanto a  $u_0$ , será igual al valor absoluto de la velocidad:

$$u_0 = V = -\frac{f}{c} = -\frac{g}{d}$$

Anotemos la relación:

$$fd = gc,$$

que, por supuesto, sólo existe en este sistema de ejes.

La cota del centro toma entonces la forma simple:

$$r_c(h) = 1 - \frac{a - cV^2}{2} h^2 + \dots,$$

(siendo  $h$  un intervalo cualquiera, perteneciente o no a la gama de intervalos).

La expresión  $r_c(h)$ , es, pues, el coeficiente de correlación, que sigue al centro de las isocoras (análogo a la cota del centro de un núcleo de variaciones en alza, cuando se sigue a este núcleo en su desplazamiento).

Si se lo compara con la cota correspondiente de la base  $O$  que, en el tiempo  $h$ , es igual a:

$$r_0(h) = 1 - \frac{ah^2}{2} + \dots,$$

se notará que  $r_e$  es más grande que  $r_0$ , y tanto más cuanto más rápido sea el desplazamiento.

#### IV. VELOCIDAD FÍSICA DE PROPAGACIÓN

Coloquémonos en el centro de base ( $k = l = 0$ ). El coeficiente de autocorrelación se reduce a

$$r_0(h) = 1 - \frac{ah^2}{2} + \dots$$

Hemos recordado (§ I) que  $r_0(h)$  puede ponerse en la forma

$$r_0(h) = \cos \frac{2\pi}{T} h$$

donde  $T$  es período aleatorio. Luego:

$$a = 4\pi^2 \left( \frac{1}{T} \right)^2$$

Coloquémonos ahora en un punto cualquiera, situado sobre la trayectoria del centro y en el instante inicial ( $h = 0$ ). El coeficiente de autocorrelación será:

$$r(k) = 1 - \frac{ck^2}{2} + \dots$$

Se tendrá, pues:

$$c = 4\pi^2 \left( \frac{1}{\Lambda} \right)^2$$

donde  $\Lambda$  es longitud de onda aleatoria.

El cociente:

$$\frac{a}{c} = \left( \frac{1}{T} \right)^2 / \left( \frac{1}{\Lambda} \right)^2$$

es, según las reglas del cálculo débilmente aleatorio recordadas al principio, aproximadamente igual a

$$(\bar{\Lambda}/\bar{T})^2$$

Llamaremos velocidad de propagación física al cociente:

$$\mathcal{U} = \frac{\bar{\Lambda}}{\bar{T}} = \sqrt{\frac{a}{c}}$$

Prácticamente se pueden determinar  $\bar{\Lambda}$  y  $\bar{T}$  de la siguiente manera:

a) Sobre la carta de isocoras de intervalo  $h = 0$  medir la distancia de la base al primer mínimo; esta distancia es  $\frac{\bar{\Lambda}}{2}$ .

b) Sobre la curva de autocorrelación  $r(h)$  en el punto  $O$ , medir el intervalo de tiempo  $\frac{\bar{T}}{2}$  correspondiente al primer mínimo.

$\mathcal{U}$  representa la velocidad de propagación propia de las perturbaciones sinópticas; su significación física es enteramente análoga a la de la velocidad de la luz para la Óptica o a la de la velocidad del sonido para la Acústica.

Si el centro de isocoras se desplaza con velocidad  $V = \mathcal{U}$ , entonces, de acuerdo con la expresión de  $r_e$ , que puede escribirse:

$$r_e(h) = 1 - \frac{1}{2}c(\mathcal{U}^2 - V^2)h^2 + \dots,$$

se ve que

$$r_e(h) = 1$$

El centro conservaría en este caso la cota unidad en su movimiento. Pero, en general, la velocidad  $V$  del centro será inferior a  $\mathcal{U}$ . Vemos que el corpúsculo no puede exceder la velocidad de propagación física (como un punto material no puede en Mecánica relativista sobrepasar la velocidad de la luz).

#### V. VELOCIDAD DE LA ONDA ASOCIADA

El adjetivo asociada se explicará por lo que sigue. En un punto dado fijo:  $M(k, l)$  el coeficiente de correlación (que no es más un coeficiente de autocorrelación), es una función de  $h$  solamente:

$$r_M(h) = 1 - \frac{1}{2}(ah^2 + 2fkh + 2gll + \text{Cte.}),$$

siendo por otra parte la constante igual a

$$ck^2 + 2dkl + el^2.$$

El máximo de correlación ya no se producirá para  $h = 0$ , sino para un cierto valor  $h_1$  de  $h$ ; por otra parte, este máximo no será igual a 1 (ver Fig. 2).

Se obtiene el instante del máximo anulando  $\frac{\partial r}{\partial h}$  (ó  $\frac{\partial \varphi}{\partial h}$ )

lo que da:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} = ah_1 + fk + gl = 0$$

Por consiguiente, en el instante  $h_1$ , el lugar geométrico de los puntos para los cuales se alcanza el máximo de correlación, es la recta:

$$fk + gl + ah_1 = 0,$$

del espacio  $(k, l)$ , es decir, de la carta.

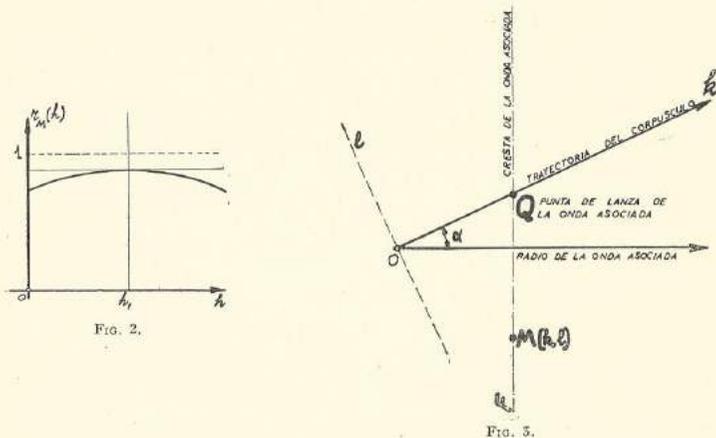


FIG. 2.

FIG. 3.

De una manera general, las rectas:

$$\frac{\partial r}{\partial h} = \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial h} = \text{constante}$$

son las *isalocoras* instantáneas, o líneas de igual variación instantánea de la correlación. El lugar geométrico de los máximos de correlación es, pues, la *isalocora* instantánea *cero*. La llamaremos *cresta de la onda asociada* (ver Fig. 3). El punto Q en que corta a la trayectoria del corpúsculo recibirá el nombre de *punta de lanza de la onda asociada*.

Veremos, en efecto, que es éste el punto más avanzado en que se manifiesta la perturbación.

La cresta de la onda asociada  $F$  se desplaza paralelamente a sí misma (como un frente de onda), con una velocidad que se calcula fácilmente. Sean  $(u_1, v_1)$  las componentes de esta velocidad; se tienen las dos ecuaciones:

- 1)  $fu_1 + gv_1 = -a$  (el punto acompaña a la onda)
- 2)  $gu_1 - fv_1 = 0$  (y en una dirección normal)

De donde

$$\begin{cases} u_1 = -\frac{af}{f^2 + g^2} = -\frac{a}{f} \cos^2 \alpha \\ v_1 = -\frac{ag}{f^2 + g^2} = -\frac{c}{g} \cos^2 \alpha \end{cases}$$

donde  $\alpha$  designa el ángulo que forma el rayo de la onda con la trayectoria del corpúsculo.

El valor absoluto de esta velocidad es:

$$V_F = \sqrt{u_1^2 + v_1^2} = \frac{a}{\sqrt{f^2 + g^2}} = \frac{a}{f} \cos \alpha$$

De aquí resulta que la velocidad de la punta de lanza Q es:

$$V^* = V_Q = \frac{V_F}{\cos \alpha} = \frac{a}{f}$$

Busquemos ahora cuál es el valor del coeficiente de correlación en el punto Q. Las coordenadas de este punto son:

$$k = V^* h \quad y \quad l = 0$$

Introduciendo estos valores en  $r(h, k, l)$ , y teniendo en cuenta que:

$$ah + fk = 0,$$

se halla

$$r_Q(h) = 1 - \frac{1}{2} (cV^{*2} - a) h^2 + \dots = 1 - \frac{1}{2} c (V^{*2} - Q^2) h^2 + \dots$$

Esto muestra que la velocidad de la onda asociada es siempre superior o igual, a la velocidad  $Q$  de la onda física (y a fortiori a la  $V$  del corpúsculo):

$$V \leq Q \leq V^*$$

Esto justifica el nombre de *punta de lanza* de la onda asociada que hemos dado al punto Q, pues es el punto más avanzado en que se hace sentir la acción de la perturbación, mucho antes de la llegada del corpúsculo.

Haremos notar desde ahora (esta consecuencia será desarrollada un poco más adelante) que entre las tres velocidades  $V$ ,  $Q$  y  $V^*$  existe la relación notable:

$$VV^* = Q^2$$

Como caso límite, puede suceder que el corpúsculo y la onda asociada se reúnan y entonces se reúnen también con la onda física:

$$V = Q = V^*$$

En este caso, el coeficiente de correlación sigue siendo igual a 1 en el centro del núcleo de isocoras. Se trata entonces de una onda *pura*, de período bien determinado.

Comparemos en el caso general los máximos de correlación: a) en el centro del corpúsculo; b) en la punta de lanza de la onda. Tenemos:

$$r_c = 1 - \frac{1}{2} c (Q^2 - V^2) h^2 + \dots$$

$$r_Q = 1 - \frac{1}{2} c (V^{*2} - Q^2) h^2 + \dots$$

De donde se deduce:

$$\frac{1 - r_c}{1 - r_Q} = \frac{V^2}{Q^2}$$

Como  $V \leq Q$  se sigue que el coeficiente de correlación en la punta de lanza es siempre inferior (o igual) al coeficiente de correlación en el centro del corpúsculo. La diferencia es tanto más grande cuanto más lento es el corpúsculo.

#### VI. RELACIÓN ENTRE LAS VELOCIDADES DEL CORPÚSCULO Y LA ONDA ASOCIADA

Veremos ante todo cómo se vinculan las *direcciones*. Se puede dar de esta relación una interpretación geométrica elegante. Sea:

$$\varphi(k, l) = 1 - \frac{1}{2} (ck^2 + 2dhl + el^2) + \dots = \text{Cte.}$$

una isocora cerrada cercana a la base  $O$  (para  $h = 0$ ); ver Fig. 4.

La dirección conjugada ( $k', l'$ ) de la dirección  $k, l$  de desplazamiento del corpúsculo está dada (geometría elemental de las cónicas) por la relación (llamada de involución):

$$ckk' + d(kl' + k'l) + ell' = 0$$

Ahora bien, es bien sencillo ver que, si se hace:

$$k = u = -\frac{f}{c}; l = 0$$

se verifica que  $k'$  proporcional a  $-v_1 = g$ ;  $l'$  proporcional a  $u_1 = -f$  pues se reduce entonces a:

$$cg - df = 0,$$

relación que hemos hecho para observar que se verifica cuando se toma la trayectoria del corpúsculo por eje de las  $k$  (§ III).

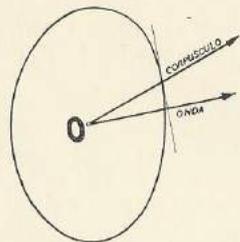


FIG. 4.

Por consiguiente se tiene la siguiente regla: *La dirección de propagación de la onda asociada es normal a la dirección conjugada de la trayectoria del corpúsculo, respecto de una isocora central.*

En cuanto a la relación entre los valores absolutos de las velocidades, según la trayectoria de los centros, como lo hemos dicho antes, es:

$$VV^* = Q^2$$

$$V = -\frac{f}{c}; V^* = -\frac{a}{f}; Q^2 = \frac{a}{c}$$

Luego, en el caso en que las direcciones del movimiento del corpúsculo y de la onda se confundan (por ejemplo, en el caso de que el espacio es unidimensional) la relación precedente coincidiría exactamente (por la forma, ya que no por los conceptos), con la célebre relación que Louis de Broglie ha establecido en Física atómica, y que ha sido el punto de partida de la Mecánica ondulatoria.

#### VII. COMPARACIÓN DEL CONCEPTO METEOROLÓGICO CON EL DE L. DE BROGLIE

Se sabe que la noción de onda asociada al corpúsculo ha sido imaginada al principio por L. de Broglie para reconciliar la Óptica geométrica y la Óptica ondulatoria. Luego, confirmada experimentalmente por la difracción de los electrones, ha servido de base a la Mecánica ondulatoria.

Este investigador ha establecido que las velocidades del corpúsculo y de la onda son recíprocas respecto del cuadrado de la velocidad de la luz; y ha demostrado esta relación tanto en Mecánica clásica como en Mecánica relativista.

Siendo la onda asociada más rápida que la luz no tiene ninguna realidad material o energética: es una onda de *probabilidad*, o todavía, como se la llama, una onda *piloto*. Cuando el corpúsculo alcanza la velocidad de la luz (y es entonces un *fotón*), encuentra su onda asociada que tiene también la velocidad de la luz, y no es otra que la onda luminosa.

En la concepción que nos sugiere la Meteorología, tenemos igualmente una velocidad fundamental  $Q$  de propagación física; está determinada por la estructura del medio atmosférico (en latitud y altitud) y sus mecanismos termodinámicos en gran escala. Una perturbación *pura y libre* (como se puede imaginar un ciclón del frente polar austral, sobre el Océano Pacífico) viaja con la velocidad  $Q$ . Es a la vez un *corpúsculo*, que sería la masa de aire que la acompaña en su movimiento, y una onda, que serían los efectos de compresión y de depresión que ella crea en el seno del ambiente, con todas sus consecuencias hidromecánicas. El corpúsculo y la onda están *vinculados* y se desplazan ambos con velocidad  $Q$ . Pero cuando la perturbación encuentre un obstáculo (aquí la Cordillera de los Andes), y lo franquea o atraviesa, cesará de ser una onda pura, se habrá convertido en una onda difractada y difusa; para decirlo todo: *un paquete de ondas*. Entonces el corpúsculo y la onda asociada se separan: el primero retardándose y la segunda acelerándose. El producto de sus velocidades sigue la ley de L. de Broglie  $VV^* = Q^2$ .

La velocidad del corpúsculo es, por otra parte, igual a la velocidad de grupo, y la velocidad de la onda, a la velocidad de fase del tren de ondas.

La onda asociada meteorológica puede ser considerada, más que como un piloto, como un emisorio del corpúsculo, pues el hecho de que su velocidad de propagación sea superior a la de la onda física, no impide como en relatividad, conferirle una realidad material y energética; en efecto, en la atmósfera la propagación de la causalidad sólo está limitada por la velocidad del sonido (si se trata de fenómenos termodinámicos), y por la velocidad (lineal) de rotación de la Tierra (si se trata de fenómenos de radiación). Ahora bien, las perturbaciones sinópticas están lejos de aproximarse a estos límites (330 m/seg y 460 m/seg, respectivamente).

La onda asociada meteorológica puede, pues, manifestarse por efectos materiales y visibles. En particular, es muy tentador atribuirle las nubes de onda del cielo superior (ciertos cirrus en bandas norte-sur, cirro-cúmulus y hasta cirrostratus que dan lugar al halo completo). Estas nubes tienen un movimiento del oeste. Las hemos llamado nubes de onda porque su rapidez de desplazamiento (aparente) y de evolución no puede casi explicarse por los vientos. En la República Argentina, estas nubes son frecuentes. No siempre se nos ocurre, como en Europa, vincularlas al mal tiempo que a menudo las sigue, pues lo preceden con una gran anticipación (a menudo 48 horas y aún más); y entre ellas y el mal tiempo que sigue el cielo retoma su completa serenidad.

El mal tiempo se anuncia, incluso, pero esta vez a muy corto plazo, por nubes medias (alto-cúmulus, sobre todo castellatus que tienen un movimiento de componente sud): es la llegada del corpúsculo.

Se ve, pues, que el concepto meteorológico de la onda asociada es mucho menos abstracto que el de la Mecánica ondulatoria. Evidentemente, es difícil decidir si hay entre ellos algo más que un parentesco de aspecto formal. En todo caso, todas las consecuencias de las fórmulas del Cálculo Aleatorio están experimentalmente verificadas y visualizadas en las cartas sinópticas de isocoras que se reproducen en este artículo (\*).

#### VIII. ALEATORIZACIÓN DE LAS ECUACIONES DEL VIENTO GEOSTRÓFICO

La teoría de las isocoras que acabamos de exponer es puramente cinemática y podría aplicarse igualmente a cualquier otro elemento aparte de la presión barométrica. Sería oportuno precisarla introduciendo alguna hipótesis de orden dinámico.

Elegiremos la más simple de estas hipótesis, que consiste en admitir que sobre cada prueba (es decir, sobre cada carta sinóptica) el viento obedece a la ley geostrofica, o sea:

$$u = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial P}{\partial y} ; v = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial P}{\partial x}$$

donde  $(x,y)$  son las coordenadas según los paralelos (hacia el Este) y los meridianos (hacia el Norte);  $(u,v)$  son las componentes del viento geostrofico, y  $\lambda = 2\varrho\omega \sin \varphi$  es el factor de Coriolis ( $\varrho$ , densidad).

\* Colaboraron en la elaboración de dibujos y cálculos, la División de Estudios Teóricos, y el señor Nissim Haquin Gerade, de la División de Estudios Experimentales, del Servicio Meteorológico Nacional

Para pasar de estas ecuaciones individuales a las ecuaciones verificadas por los momentos estadísticos, vamos a someterlas a una transformación, para la cual proponemos el neologismo *aleatorización*.

1º PASO:

La función cierta:

$$P(x, y, t)$$

es reemplazada por la función aleatoria derivable:

$$P/x, y, t.$$

Las derivadas parciales ciertas  $\frac{\partial P}{\partial x}$  y  $\frac{\partial P}{\partial y}$  se hallan pues sustituidas por las derivadas aleatorias en media cuadrática:

$$\dot{P}_x \text{ y } \dot{P}_y$$

Las velocidades  $u$  y  $v$  que eran las derivadas ciertas respecto de  $t$ , de las coordenadas  $x$  e  $y$  de la partícula que se halla en el instante  $t$ , en el punto geométrico  $(x,y)$ , y siendo:

$$u = \frac{dx}{dt} ; v = \frac{dy}{dt}$$

son reemplazadas por las derivadas aleatorias  $(U,V)$  de las coordenadas aleatorias  $(X,Y)$  de la partícula que, en el instante  $t$ , se halla en el punto geométrico  $(x,y)$ . Las designaremos por

$$U = \dot{X}/t ; V = \dot{Y}/t.$$

Ahora, las ecuaciones del viento geostrofico van a revestir la forma, idéntica en aspecto, pero de significación profundamente diferente:

$$U/x,y,t = \frac{1}{\lambda} \dot{P}_y/x,y,t ; V/x,y,t = -\frac{1}{\lambda} \dot{P}_x/x,y,t.$$

2º PASO:

Sometamos ahora a estas ecuaciones al operador de valor probable (— trazo recto). Ellas se transformarán en ecuaciones ciertas, llamadas "ecuaciones de los valores probables". Se tiene primeramente:

$$\bar{U} = \frac{1}{\lambda} \bar{\dot{P}}_y ; \bar{V} = -\frac{1}{\lambda} \bar{\dot{P}}_x$$

Ahora bien, según una de las reglas fundamentales del Cálculo Aleatorio (permutabilidad del operador de derivación y del operador de valor probable), se tiene

$$\bar{\dot{P}}_y = \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} ; \bar{\dot{P}}_x = \frac{\partial \bar{P}}{\partial x}$$

De modo que las ecuaciones de los valores probables se escriben finalmente:

$$\bar{U} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} ; \quad \bar{V} = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x}$$

Estas ecuaciones (ciertas), significan simplemente que las ecuaciones del viento geostrófico son válidas también para el viento medio y las isobaras medias.

### 3er. PASO:

Introduzcamos las componentes puramente aleatorias de las funciones aleatorias  $P, U, V$ ; sea:

$$P' = P - \bar{P} ; \quad U' = U - \bar{U} ; \quad V' = V - \bar{V}$$

que satisfacen a las ecuaciones (aleatorias):

$$U' = \frac{1}{\lambda} \dot{P}'_{y'} ; \quad V' = -\frac{1}{\lambda} \dot{P}'_{x'}$$

que significan que las fluctuaciones (individuales) del viento están aún en la relación del viento geostrófico con respecto a las fluctuaciones (individuales) de presión, que les corresponde.

### 4º PASO:

De aquí, deduciremos las *ecuaciones de las variancias*. Basta para ello multiplicar las dos ecuaciones (aleatorias) precedentes por sí mismas y cada una por la otra, y luego someter los resultados al operador (trazo recto). Se obtiene así:

$$\overline{\mathcal{C}_{UV}} = \text{tensor} \left\| \begin{array}{cc} \overline{U'^2} & \overline{U'V'} \\ \overline{U'V'} & \overline{V'^2} \end{array} \right\| = \frac{1}{\lambda^2} \left\| \begin{array}{cc} \overline{\dot{P}'_{y'}^2} & \overline{\dot{P}'_{x'} \dot{P}'_{y'}} \\ -\overline{\dot{P}'_{x'} \dot{P}'_{y'}} & \overline{\dot{P}'_{x'}^2} \end{array} \right\|$$

Con las notaciones empleadas en el desarrollo del coeficiente de autocorrelación, esta ecuación (tensorial) se escribe aún:

$$\overline{\mathcal{C}_{UV}} = \frac{1}{\lambda^2} \left\| \begin{array}{cc} e & -d \\ -d & c \end{array} \right\|$$

El tensor del primer miembro es el tensor de los esfuerzos ejercidos por el medio ambiente sobre la macropartícula. Y se ve que estos esfuerzos pueden deducirse de la forma de las isocoras (coeficientes  $e, d, c$ ). De manera precisa, si la indicatriz de curvatura de las isocoras es referida a sus ejes principales de longitudes  $\alpha$  y  $\beta$ , se tiene (en este sistema de ejes):

$$\overline{\mathcal{C}_{UV}} = \frac{1}{\lambda^2} \left\| \begin{array}{cc} \frac{1}{\beta^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\alpha^2} \end{array} \right\|$$

Aunque formada por partículas elementales perfectas (es decir, para las cuales las fuerzas de tensión se reducen a una presión uniforme), la macropartícula está sometida a esfuerzos de tensión de la forma más general (vale decir, que comportan fuerzas de viscosidad).

### 5º PASO:

Pero aún no se agota, con ello, el contenido del punto de vista aleatorio. Quedan por establecer las *ecuaciones de las covariancias*.

Tenemos los puntos-instantes:  $(x_1, y_1, t_1)$  y  $(x_2, y_2, t_2)$ . Se pueden escribir las cuatro ecuaciones (aleatorias):

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1' = \frac{1}{\lambda_1} \dot{P}'_{y_1} \\ V_1' = -\frac{1}{\lambda_1} \dot{P}'_{x_1} \end{array} \right. \quad \text{y} \quad \left\{ \begin{array}{l} U_2' = \frac{1}{\lambda_2} \dot{P}'_{y_2} \\ V_2' = -\frac{1}{\lambda_2} \dot{P}'_{x_2} \end{array} \right.$$

Multipliquemos el sistema relativo al punto 1 por el sistema relativo al punto 2, y apliquemos al resultado el operador (trazo recto). Designando por  $\mathcal{M}$  la covariancia  $\overline{P_1' P_2'}$  de la presión, se obtiene la ecuación tensorial cierta:

$$\overline{\mathcal{C}_{U_1 V_2}} = \left\| \begin{array}{cc} \overline{U_1' U_2'} & \overline{U_2' V_1'} \\ \overline{U_1' V_2'} & \overline{V_1' V_2'} \end{array} \right\| = \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \left\| \begin{array}{cc} \frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial y_1 \partial y_2} & -\frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial y_1 \partial x_2} \\ -\frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial x_1 \partial y_2} & \frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial x_1 \partial x_2} \end{array} \right\|$$

Esta relación no tiene equivalente en Hidrodinámica clásica, y es la verdadera *novedad* aportada por la concepción aleatoria.

Hay que hacer notar que cuando el punto 2 tiende hacia el punto 1  $\overline{\mathcal{C}_{U_1 V_2}}$  tiende hacia el tensor de variancia  $\overline{\mathcal{C}_{UV}}$ , de manera que no es necesario conservar las ecuaciones de las variancias como ecuaciones independientes. Para resumir el procedimiento de aleatorización decimos:

Se parte de ecuaciones individuales supuestas ciertamente realizables sobre cada prueba; sea aquí:

$$u = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial P}{\partial y} ; \quad v = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial P}{\partial x}$$

Se llega a ecuaciones (más numerosas), que vinculan los momentos estadísticos:

#### a) Valores probables:

$$\bar{U} = \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \bar{P}}{\partial y} ; \quad \bar{V} = -\frac{1}{\lambda} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x}$$

b) Covariancias:

$$\overline{U_1 V_2} = \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2} \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial y_1 \partial y_2} & -\frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial y_1 \partial x_2} \\ -\frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial x_1 \partial y_2} & \frac{\partial^2 \mathcal{M}}{\partial x_1 \partial x_2} \end{vmatrix}$$

Inversamente, las ecuaciones estadísticas pueden ser verdaderas sin que lo sea la ecuación de partida sobre cada prueba (con tal que las excepciones sean de medida nula).

El tensor  $\overline{U_1 V_2}$  es lo que en Mecánica de flúidos turbulentos<sup>1</sup> hemos llamado tensor de *conexión* (de la velocidad). Expresa las relaciones *estocásticas*, y no ya de continuidad rígida, que existen entre pares de puntos y de instantes, en un flúido turbulento. Es precisamente esto lo que condiciona la *difusión* del flúido en sí mismo. Se halla ahora expresado por un tensor formado por las derivadas parciales segundas de índices diferentes (1 y 2) de una sola función: la *covariancia* de la presión, o lo que es lo mismo (cuando  $\sigma_p$  es constante) del coeficiente de *autocorrelación* de la presión.

Se ha conferido así a las isocoras de la presión una significación física sumamente clara y precisa. Vamos a estudiarla más en detalle.

IX. RELACIÓN ENTRE LAS ISOCORAS Y LA DIFUSIÓN DE LA MACROPARTÍCULA

La difusión de un flúido en sí mismo consiste en el hecho siguiente: entre los instantes  $t$  y  $t+h$ , una partícula elemental se aparta de la posición media en una cantidad medida por el vector aleatorio (integral de la velocidad de la partícula):

$$X' = \int_t^{t+h} U'/s ds \quad ; \quad Y' = \int_t^{t+h} V'/s ds$$

La difusión está estadísticamente caracterizada por su tensor de covariancia (haciendo sucesivamente  $t = t_1$  y  $t = t_2$ ):

Abreviadamente:  $\left\| \overline{X'_1 Y'_2} \right\| = \left\| \begin{matrix} \overline{X'_1 X'_2} & \overline{X'_1 Y'_2} \\ \overline{X'_2 Y'_1} & \overline{X'_2 Y'_2} \end{matrix} \right\|$

El símbolo:  $\overline{\quad}$  (trazo curvo) designa un promedio de Lagrange, es decir, tomado siguiendo cada partícula elemental en su movimiento.

El Cálculo aleatorio establece la siguiente relación, entre el tensor de difusión y el tensor lagrangiano de conexión:

$$\left\| \overline{U'_1 V'_2} \right\| = \frac{\partial^2}{\partial t_1 \partial t_2} \left\| \overline{X'_1 Y'_2} \right\|$$

<sup>1</sup>G. Dedeant y Ph. Wehrlé, Mecánica Aleatoria- Portugaliae Physica, Vol. I (1945), Fasc. 4.

En el caso de una difusión homogénea y estacionaria, como lo suponemos, los promedios de Lagrange se identifican con los de Euler (los que corresponden al símbolo  $\overline{\quad}$ , trazo recto, empleado hasta aquí). Entonces:

$$\left\| \overline{U'_1 V'_2} \right\| = \frac{\partial^2}{\partial t_1 \partial t_2} \left\| \overline{X'_1 Y'_2} \right\|$$

En lugar de seguir cada partícula en su movimiento (lo que es prácticamente imposible), contentémonos con seguir al flúido en su movimiento de conjunto  $(\overline{U}, \overline{V})$ . En la hipótesis débilmente aleatoria ( $U'$  despreciable frente a  $\overline{U}$ ), esto resulta muy aproximadamente lo mismo. Tenemos entonces entre las derivadas temporal y espaciales las relaciones:

$$\frac{\partial}{\partial t} = -\overline{U} \frac{\partial}{\partial x} = -\overline{V} \frac{\partial}{\partial y}$$

Considerando estas relaciones y poniendo:

$$\mathcal{M} = \overline{P'_1 P'_2} = \sigma_p^2 r$$

la ecuación de las covariancias del viento geostrófico se convierte en:

$$\frac{\partial^2}{\partial t_1 \partial t_2} \left\| \overline{X'_1 Y'_2} \right\| = \frac{\sigma_p^2}{\lambda_1 \lambda_2} \left\| \begin{matrix} \frac{1}{\overline{V}^2} & -\frac{1}{\overline{U} \overline{V}} \\ -\frac{1}{\overline{U} \overline{V}} & \frac{1}{\overline{U}^2} \end{matrix} \right\| \frac{\partial^2 r}{\partial t_1 \partial t_2}$$

De donde se deduce, por doble integración, y teniendo en cuenta la condición inicial: difusión nula cuando  $r = 1$ :

$$\left\| \overline{X'_1 Y'_2} \right\| = \frac{\sigma_p^2}{\lambda_1 \lambda_2} \frac{1-r}{\overline{U}^2 \overline{V}^2} \left\| \begin{matrix} \overline{U}^2 - \overline{U} \overline{V} \\ -\overline{U} \overline{V} & \overline{V}^2 \end{matrix} \right\|$$

Hagamos ahora  $t_1 = t_2$ . El tensor de covariancia de la difusión se convierte en el tensor de variancia, función de  $h$  solamente. Igualmente  $r$  es una función de  $h$ . Y se tiene:

$$\left\| \begin{matrix} \overline{X'^2} & \overline{X' Y'} \\ \overline{X' Y'} & \overline{Y'^2} \end{matrix} \right\| (h) = \frac{\sigma_p^2}{\lambda_1 \lambda_2} \frac{1-r(h)}{\overline{U}^2 \overline{V}^2} \left\| \begin{matrix} \overline{U}^2 - \overline{U} \overline{V} \\ -\overline{U} \overline{V} & \overline{V}^2 \end{matrix} \right\|$$

Expresemos esta ecuación tensorial entre la difusión y la velocidad de conjunto, en forma geométrica.

La elipse (indicatriz de la difusión):

$$\overline{X'^2} k^2 + 2 \overline{X' Y'} kl + \overline{Y'^2} l^2 = 1,$$

es homotética de la cónica:

$$\bar{U}^2 k^2 - 2 \bar{U} \bar{V} k l + \bar{V}^2 l^2 = (\bar{U} k - \bar{V} l)^2 = 1,$$

que es una parábola degenerada (formada por dos rectas paralelas).

Como  $(\bar{U}, \bar{V})$  es tangente a la isobara media, se puede decir esquemáticamente que las isobaras medias son la *imagen* de la difusión. Esta conclusión se verifica por la comparación a vista de la carta de isobaras medias de julio de 1942, Fig. 5, con la carta de isocoras, Fig. 7, correspondiente a  $h = 24$  horas: Pero las consecuencias de la teoría pueden llevar a algo más que a un *sencillo parecido de aspecto*, y alcanzar el estado de verificación *numérica*, siempre que se trabaje con cartas de la misma escala que las empleadas en el pronóstico del tiempo.

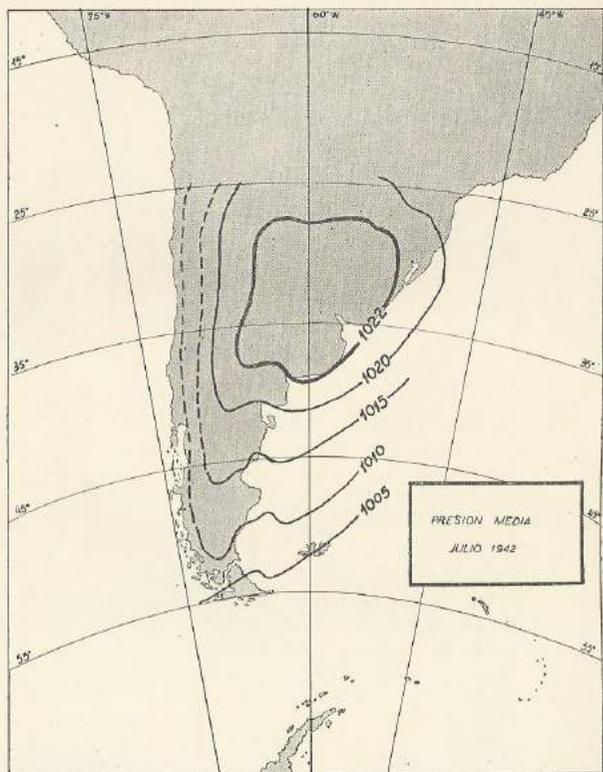


FIG. 5.

Se puede aún inferir que el *espesor* de la macropartícula, en virtud de la ecuación de continuidad, está en razón inversa de su extensión en superficie, es decir proporcional a  $1/(1-r)$ .

#### X. DIFERENCIA ENTRE EL VIENTO GEOSTRÓFICO Y EL MOVIMIENTO DE LA MACROPARTÍCULA

El movimiento de la macropartícula representado por la velocidad de su centro, no coincide generalmente con el viento geostrófico de las isobaras medias. Esto se relaciona con la existencia de las fuerzas de tensión:

$$\rho \begin{vmatrix} \bar{U}'^2 & \bar{U}' \bar{V}' \\ \bar{U}' \bar{V}' & \bar{V}'^2 \end{vmatrix}$$

que vienen a agregarse a la presión barométrica. En el caso de un movimiento uniforme del centro, las diferencias entre  $(\bar{U}, \bar{V})$  y  $(u_0, v_0)$ , velocidad del centro de la macropartícula, están dadas por las ecuaciones:

$$v_0 - \bar{V} = -\frac{1}{\lambda} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \rho \bar{U}'^2 + \frac{\partial}{\partial y} \rho \bar{U}' \bar{V}' \right]$$

$$u_0 - \bar{U} = \frac{1}{\lambda} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \rho \bar{U}' \bar{V}' + \frac{\partial}{\partial y} \rho \bar{V}'^2 \right]$$

Los segundos miembros pueden inducirse de la variación en el espacio de la forma de las isocoras. Las ecuaciones (siendo  $c, d, e$  los coeficientes ya conocidos, y considerando  $q$  como uniforme) son:

$$v_0 - \bar{V} = -\frac{\rho}{\lambda^3} \left( \frac{\partial e}{\partial x} - \frac{\partial d}{\partial y} \right); \quad u_0 - \bar{U} = -\frac{\rho}{\lambda^3} \left( \frac{\partial d}{\partial x} - \frac{\partial c}{\partial y} \right)$$

El movimiento de SW a NE de los centros de isocoras de julio de 1942 queda bien explicado por estas consideraciones.

#### XI. COMENTARIO SOBRE LAS CARTAS DE ISOCORAS DE JULIO DE 1942 (Figs. 6 a 10)

Una macropartícula, tal como la concebimos, es una masa de aire de una cierta extensión en superficie y de un cierto espesor, que constituye un medio *relativamente homogéneo* (salvo, por supuesto, los gradientes verticales resultantes de la existencia del campo gravitacional), separado del medio ambiente por *discontinuidades* marcadas más o menos netamente. Una imagen que podría hacerse de una tal entidad flúida sería, por ejemplo, un *torbellino* en el lecho de un río, que reúne en su seno partículas líquidas que forman una *comunidad* como consecuencia de la organización de sus movimientos internos, de manera que este conjunto no se mezcla con el flúido ambiente sino por los contactos periféricos, logrando así que conserve bastante tiempo su *individualidad*.

Es más aún, durante un cierto lapso, las micropartículas así constituidas en *autonomía*, van a seguir trayectorias *predeterminadas* por las reacciones del ambiente (geometeorológicas), como torbellinos que descienden por el lecho de un río. Es lo que llamamos un *régimen*. La persistencia de los regímenes observada durante más de un mes nos

autoriza a identificar la individualidad de las diferentes macropartículas como si se tratara siempre de una misma macropartícula. Es esta macropartícula tipo la visualizada por las isocoras.

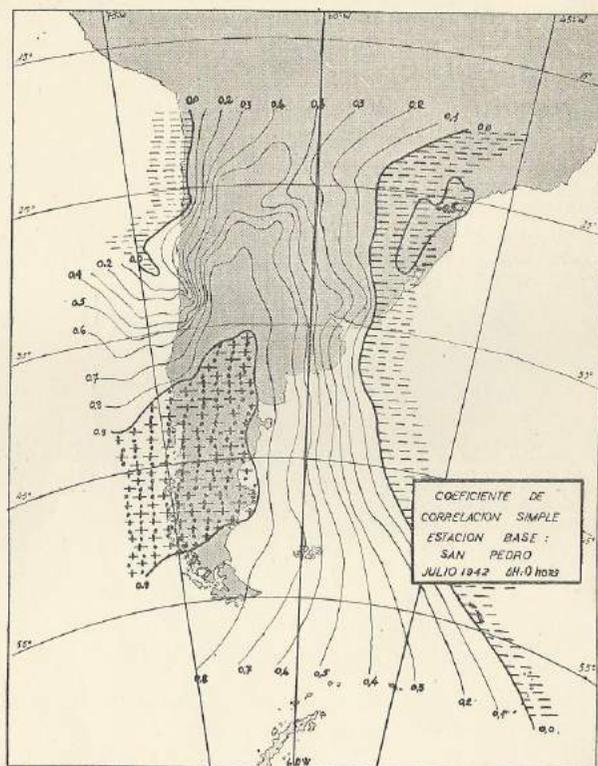


FIG. 6.

Por razones técnicas hemos elegido como *base de operaciones* la estación chilena de *San Pedro*. Después hemos emprendido el cálculo completo de las correlaciones entre San Pedro y las estaciones de la red argentina así como de los países limítrofes (un centenar en total), para intervalos según la proporción (de razón aritmética 24 H):

$$h = 0, 24H, 48H, 72H, 96H.$$

La razón 24 H ha sido elegida para eliminar la influencia de la variación diurna; sólo hemos utilizado una observación por día: la de las 9 H (hora argentina).

La carta correspondiente a  $h = 0$  muestra la existencia real de la macropartícula inicial llamada "de San Pedro", disimétrica (extendida en

el sentido S-N) con respecto al sentido W-E (estrechada). Se observará todavía su estrangulamiento hacia el paralelo 35, que se explica muy bien si se tiene en cuenta que en esta latitud la Cordillera Argentina pasa bruscamente de una altitud media de 2000 metros a una altitud media de 4.000 metros.

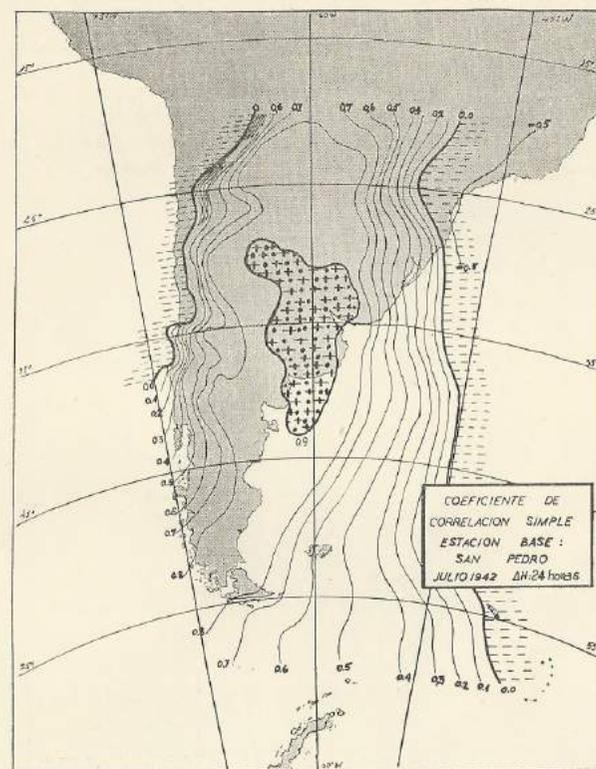


FIG. 7.

La macropartícula de San Pedro representa evidentemente una masa de aire compacta, cuyos elementos constitutivos "vibran en conjunto" (alto valor de la correlación), durante un cierto intervalo de tiempo. Es un ente dotado de una dimensión espacio-temporal que las cartas de isocoras nos revelan en un cierto momento de su ciclo existencial y que vamos a seguir en el espacio-tiempo durante un período de varios días y sobre una distancia que va de la Patagonia al Brasil (donde hemos perdido su huella por falta de datos observacionales).

En la carta ( $h = 0$ ), Fig. 6, se ve ya que el lecho de las perturbaciones está dirigido en el sentido SW-NE, según la línea San Pedro (Chile)-San Pablo (Brasil). La longitud de onda de la corriente de las pertur-

baciones puede ser estimada en  $\bar{\Lambda} = 6.000$  Km. Por otra parte<sup>1</sup>, el período medio es de  $\bar{T} = 100$  H (decreciendo de 120 H a 80 H del S hacia el N). Se deduce de aquí una velocidad de propagación física de:

$$Q = 60 \text{ Km/H}$$

En las cartas sucesivas se advierte que la macropartícula captada en San Pedro se desplaza casi en línea recta (arco de círculo máximo) del SW hacia el NE, con velocidades que decrecen rápidamente. Este retardo de la progresión puede explicarse por dos efectos:

- la resistencia que se crea en el medio ambiente *contra* su avance, manifestada probablemente por el anticiclón atlántico;
- el debilitamiento de su impulso inicial, resultado de su difusión en superficie y de la disminución correlativa de su espesor.

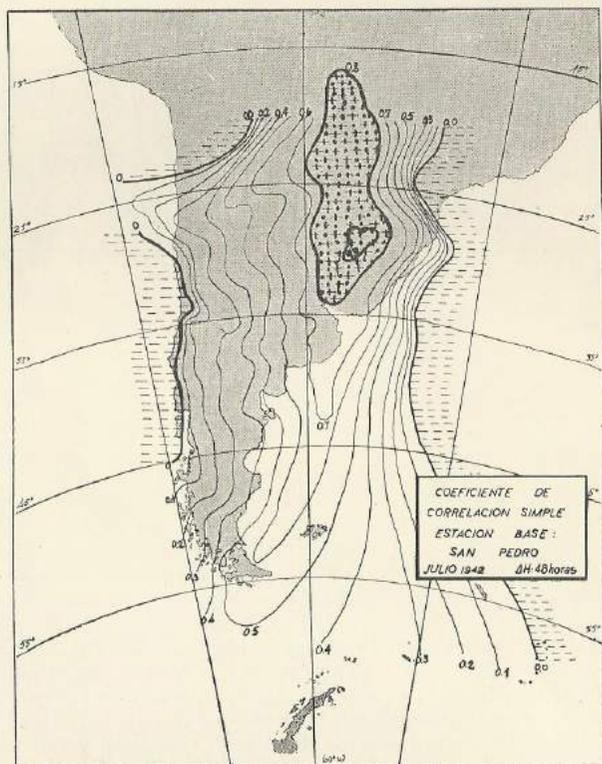


FIG. 8.

Debe observarse un fenómeno de *canalización* entre el obstáculo fijo y permanente que constituye la Cordillera de los Andes al oeste, y un

<sup>1</sup> Resultados de otro estudio que esperamos publicar en esta misma revista próximamente.

obstáculo flúido que se constituye progresivamente sobre el Uruguay y la costa atlántica del Brasil, debido con certeza al anticiclón atlántico. Resulta de aquí que la macropartícula se difunde apenas en el sentido W-E.

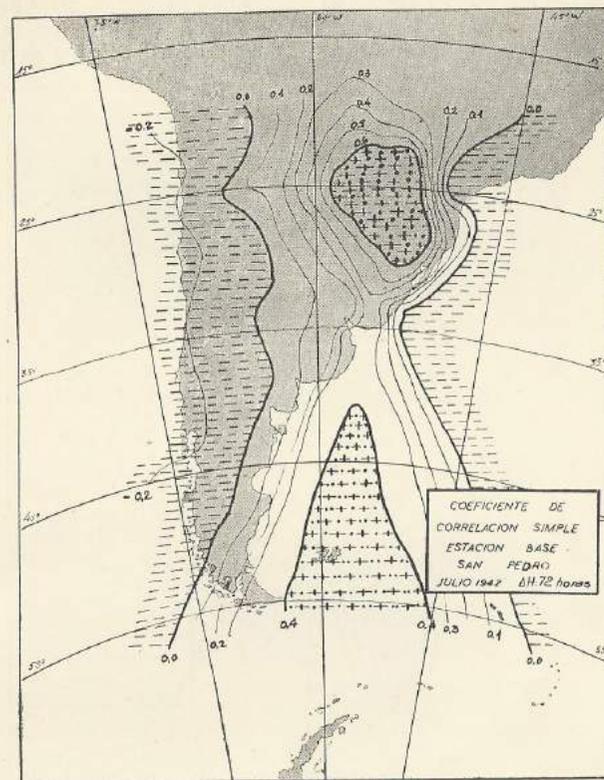


FIG. 9.

Una comparación que no parece mala para representar la evolución de una macropartícula, sería la de una gota de aceite colocada sobre un mármol y sobre la cual se soplara. Se desplazaría *cada vez con menor velocidad* en la dirección del impulso, debido al soplo, y al mismo tiempo se *aplastaría* y se *extendería*. Una vez que su espesor se hubiera reducido a cero, ya no existiría como gota, pero habría dejado sobre el mármol trazas húmedas y viscosas que dibujarían su trayectoria flúida, naturalmente cada vez más ancha y difusa.

La velocidad media de desplazamiento del centro puede ser estimada en las cartas en:

$$V = 40 \text{ Km/H}$$

Como  $Q = 60$  Km/h, la velocidad de la onda asociada sería

$$V^* = 90 \text{ Km/H}$$

Precede, pues, en 50 Km/H al corpúsculo, lo que le da 40 H de adelanto para arribar al Río de la Plata (llegada de las nubes de onda superiores). La construcción geométrica que da su dirección de propagación, muestra que ésta es de W a E.

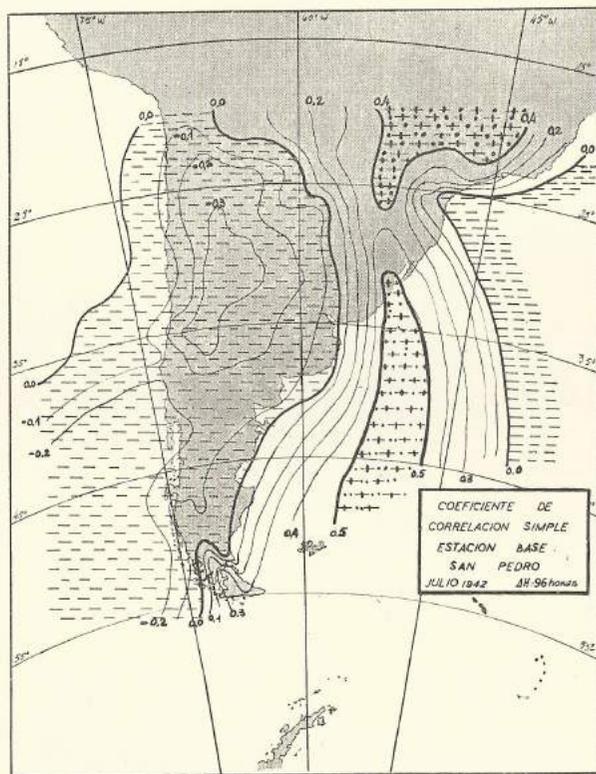


FIG. 10.

En lo que respecta al espesor de la macropartícula, se lo puede fijar al principio entre 2.000 y 4.000 m, pues franquea la Cordillera al Sud del paralelo 35 y no puede atravesarla al Norte. Utilizando, a continuación, la ley de adelgazamiento en  $1/(1-r)$ , se puede estimar su espesor en algunos centenares de metros solamente, en el momento en que la hemos perdido de vista en las cartas (región de San Pablo, Brasil).

Finalmente, digamos algunas palabras de un método más preciso para seguir la evolución de una macropartícula: el método de las *trayectorias*. Conservando siempre como base la estación inicial de San Pedro, lo que determinamos es una línea de corriente (punto de vista de Euler) y no una trayectoria (punto de vista de Lagrange).

Por otra parte utilizamos las correlaciones de la macropartícula con su estado *inicial*, lo que produce un decrecimiento de la cota del centro:

$$r = 1; 0.94; 0.82; 0.60; 0.40; \dots$$

Mientras que si hubiéramos querido representar lo mejor posible la macropartícula en el instante  $h$ , hubiéramos debido tomar las correlaciones con su *centro actual*, de manera de tener siempre en el centro:  $r = 1$ .

Hemos hecho el estudio desde este punto de vista y nada ha cambiado los resultados. Las bases de operaciones sucesivas han sido:

Junín (Provincia de Buenos Aires), Paso de los Libres, Iguazú, San Pablo (Brasil), es decir, prácticamente las posiciones sucesivas de los centros en el método de las líneas de corriente, o punto de vista de Euler.

Esta constatación es en sí misma muy interesante, pues prueba la *permanencia* de los regímenes, vale decir, la existencia de caminos estables *predeterminados* seguidos por las perturbaciones, cuando se tiene de ellas una representación fiel por las isocoras.

## XII. CONCLUSIONES

Por cierto que los métodos de Cálculo Aleatorio son universalmente aplicables, aunque la eficacia de los resultados depende mucho del criterio meteorológico de quienes lo aplican. Pero podemos preguntarnos si los resultados particularmente simples y alentadores obtenidos en la República Argentina no dependerán de que en América del Sur la circulación general del aire esté tal vez condicionada, en gran parte, por un gigantesco efecto de "sillage" de la Cordillera de los Andes, obstáculo interpuesto en el seno de la gran Circulación Planetaria del Oeste, del Hemisferio Austral. De modo que el problema meteorológico sudamericano, ¿estaría dominado fundamentalmente, desde su origen, por un problema aerodinámico?

A este interrogante, cuya importancia no puede escapar a ningún meteorólogo de ningún país, se puede responder de dos maneras. La primera es tratar de reproducir en el túnel aerodinámico los fenómenos que hemos observado, sin dejarnos desanimar a priori por la enorme desproporción de escala. La segunda, sería extender la aplicación de los mismos métodos a otras partes del mundo que presentaran orografías análogas, o bien totalmente distintas. Es evidente que este segundo programa no puede ser realizado sin la intervención de una eficaz cooperación internacional.

## MAPA FENOLOGICO DEL TRIGO EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Por ANTONIO J. PASCALE \*

**Resumen.**— En el presente trabajo, con los datos fenológicos de tres cosechas: 1947/48, 1948/49 y 1949/50, se confeccionaron las curvas isofenas de siembra, espigazón y cosecha de los trigos argentinos.

Estas curvas se trazaron separadamente para los trigos invernales y primaverales, para lo cual se clasificaron los trigos sembrados en el período mencionado anteriormente de acuerdo a la teoría estadal y según las exigencias en este sentido de las distintas variedades.

Los datos fenológicos utilizados, provenientes de la red de observadores fenológicos honorarios del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional, permitieron comprobar con bastante aproximación la difusión de las distintas variedades sembradas, así como su área de dispersión según sus características bioclimáticas.

Al mismo tiempo se delimitan las regiones de siembra de las variedades primaverales y las variedades invernales, y donde es posible la siembra de los dos tipos de variedades.

**Summary.**— In this work the isophene curves of sowing, earing and harvest of Argentine wheats are traced on the basis of phenological data from 1947/48, 1948/49 and 1949/50 harvests.

Curves were separately made for winter and spring wheat. On this purpose, wheat sowed on the above mentioned period was classified according to the stadial theory and to the variety requirements in such a sense.

The phenological data available from the honorarium phenologic observers of the Agrometeorological Department (Servicio Meteorológico Nacional) let verify, with fairly approaching, the spreading of different sowed varieties, as well as its dispersion area, according bioclimatic characteristics.

Simultaneously, the sowing regions of spring and winter varieties were limited and, where it was possible, the sowing of the two variety types was also determined.

### OBJETO DEL TRABAJO

En los estudios bioclimáticos que tienen por finalidad analizar los procesos biológicos en relación con la marcha del clima, es casi imposible evitar la utilización de las observaciones fenológicas como material de trabajo.

En efecto, la Fenología determina objetivamente los momentos en que el organismo diferencia sus tejidos para expresar las modificaciones fisiológicas que se producen al influjo de múltiples factores, encontrándose los climáticos entre los principales.

Por este motivo, el estudio fenológico a fondo de una determinada especie permite, finalmente, su conocimiento bioclimático, estudio básico para toda racionalización de cultivo, determinación de zonas aptas, conocimiento de límites ecológicos, etc.

En razón de lo expuesto anteriormente, con el presente trabajo se pretende determinar las isolíneas del cultivo del trigo en la República.

\*Ingeniero Agrónomo. Jefe de la División Control Funcional de Estaciones Agrometeorológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Argentina, con el objeto de tener una base más sólida para la determinación de las exigencias bioclimáticas de las variedades más cultivadas en el país.

Además del mapa de siembra, se confeccionan los de espigazón y cosecha correspondientes a las variedades primaverales e invernales, con el objeto de explicar las causas de la siembra de cada grupo de variedades según la zona de cultivo.

Los mapas de isofenas que incluye el presente trabajo tienden a completar el mapa ecológico del trigo que anualmente publica el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación por intermedio del Tribunal de Fiscalización de Semillas, en el que se divide al país en seis regiones aconsejándose la siembra de variedades para cada una de ellas.

### ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

La representación gráfica de los datos fenológicos suministrados por los agricultores, es prácticamente el único método utilizado para trazar mapas con isofenas de los distintos cultivos agrícolas.

Sin embargo, los antecedentes no son muy numerosos pues pocos cultivos cuentan con mapas fenológicos completos. Entre los que más han utilizado el método cartográfico de representación de datos se encuentra AZZI (1939) que además de otros cultivos trabajó, preferentemente, con trigo, llegando a confeccionar mapas de isofenas mundiales.

Interesante es el trabajo de BRICCOLI (1933) que presenta el mapa de siembra de los trigos otoñales. Divide el territorio de Italia en seis regiones, en las que las siembras comienzan el 15 de setiembre y terminan el 15 de diciembre. Como veremos más adelante, las fechas normales de siembra de nuestros trigos más tardíos, comienzan casi dos meses (50 días), después de las variedades sembradas en Italia.

Entre los 54 mapas representados en el trabajo de BAKER y otros (1917) con isofenas de diversos cultivos anuales y perennes, nos interesan particularmente los correspondientes a siembra y cosecha de los trigos invernales. Estos comienzan a sembrarse en la primera década de setiembre en el norte de los Estados Unidos de Norte América, hasta principios de noviembre en el sur, en tanto que la cosecha comienza, según la latitud, entre principios de junio y la segunda década de julio. Al tratar las isofenas correspondientes a la región cerealera argentina, podremos ver que los trigos invernales argentinos tienen un período vegetativo más corto, correspondiéndoles una época de siembra posterior y una de cosecha más temprana. Esto es debido a la interacción de las distintas características bioclimáticas de los trigos argentinos por una parte, y del complejo climático diferente en que tienen que desarrollar, por otra.

En un trabajo de KINCER (1939) además de las isofenas de otros cultivos, se mencionan las fechas en que comienzan las siembras de los trigos primaverales en los EE. UU. Según la latitud abarcan el período comprendido entre el 20 de marzo y el 15 de abril. Al tratar la clasificación de las variedades cultivadas en la República Argentina, veremos que nuestros trigos primaverales, no son típicos, como los del hemisfe-

rio norte, ya que no pueden sembrarse tardíamente como aquéllos. Influyen en esto además de la variedad, las características climáticas distintas en ambos hemisferios, ya que las isofenas de siembra de los trigos mencionados por KINCER se corresponden sensiblemente con la isoterma de 3,5°C, y esta temperatura no se observa entre nosotros, ni aun en las siembras de los trigos invernales.

Entre los aportes bibliográficos nacionales que se relacionan con el objeto de este trabajo, merece citarse la publicación anual del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación (1947, 1948 y 1949) del Mapa de siembra del trigo en la República Argentina, con recomendación de las variedades más aptas para cada región. En este caso la confección del mapa se efectúa con los datos suministrados por la Red Oficial de Ensayos Territoriales de Granos y Forrajes, lo que le da marcado grado de uniformidad en la apreciación de los fenómenos.

Otros cultivos que han sido motivo de estudio y representación gráfica de los datos de siembra, fueron el lino y la papa. HIRSCH y SARLI (1937) confeccionaron un mapa con las fechas de siembra del lino en la República Argentina, en el que dividen al país en cuatro regiones línearas, según sea el mes en que se efectúe la siembra.

La carta de plantación de la papa, en la región pampeana, de BURGOS (1946), merece especial mención por ser muy similar al estudio que hemos realizado sobre el trigo, en lo que respecta al método de trabajo y a la fuente de información utilizada para la confección de los mapas. En este trabajo se estudia además la relación entre la fecha de plantación y los factores climáticos que la determinan.

#### MATERIAL Y METODO DE TRABAJO

La fuente principal de información de este trabajo han sido las observaciones practicadas por los observadores fenológicos honorarios que se hallan distribuidos en toda la región cerealera argentina.

Estos observadores fenológicos, que colaboran con el Servicio de Fenología del Servicio Meteorológico Nacional, remiten anualmente una ficha en la que consta la variedad sembrada y los datos fenológicos correspondientes a las fases de siembra, encañamiento, espigazón y cosecha.

Se trabajó con los datos de tres cosechas: 1947/48, 1948/49 y 1949/50, a fin de obtener un promedio aproximado a la realidad, dado que las fases señaladas varían anualmente según las características climáticas del año y la reacción consiguiente de las distintas variedades sembradas.

Cada dato fenológico tomado en consideración es el promedio de las observaciones de una zona limitada por un grado geográfico, o sea, una superficie que tiene por lados un grado de latitud y otro de longitud.

A su vez, no se promediaron todos los valores de todas las variedades, sino que se agruparon éstas en invernales y en primaverales, de acuerdo al concepto que se verá en el capítulo correspondiente, a fin de obtener de cada zona dos datos, uno de cada tipo de variedad.

Las fechas fenológicas medias así obtenidas se confrontaron, para efectuar un reajuste, con los datos registrados en las Estaciones Agro-

meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional y Experimentales del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, que se encuentran en nuestra zona cerealera.

En una palabra, cada valor fenológico definitivo corresponde al promedio de los datos de un grupo de variedades remitidos por los observadores de un grado geográfico en un período de tres años, depurados a su vez con los datos de las fuentes mencionadas.

Estos valores fenológicos se asentaron sobre mapas, trazándose las isolíneas correspondientes a siembra, espigazón y cosecha de los trigos invernales y primaverales.

#### CLASIFICACION DE VARIEDADES

La utilización del trigo para la alimentación humana ha incidido fundamentalmente sobre el interés de los investigadores para que sea ésta, posiblemente, la especie agrícola más estudiada en todos los países, sobre todo en los cerealeros.

No escapa a esta afirmación nuestro país, el cual, con la creación de la Comisión Nacional de Granos y Elevadores en el año 1935, racionalizó el cultivo del trigo en la República Argentina, permitiendo sólo la siembra de las variedades recomendadas, eliminando las inaptas y favoreciendo el cultivo de las variedades obtenidas en el país, para lo cual ejerció un amplio control por medio de las Estaciones Experimentales mediante los ensayos territoriales de las variedades nuevas, etc.

Este estricto control determinó que a los pocos años comenzaran a sembrarse variedades argentinas y se fueran desechando las exóticas, así como sus selecciones efectuadas en el país.

Esto trajo como consecuencia la obtención y siembra de variedades de trigo con exigencias climáticas definidas de acuerdo a las características ecológicas del país, con la ventaja principalísima de que las variedades no tienen que esforzarse para cumplir su ciclo vegetativo en condiciones que no le son aptas.

Debido a esto, se fué formando el plantel de variedades argentinas que, si bien tienen ascendientes extranjeros, sus progenies van pasando por un proceso de aclimatación que las capacita para poder desarrollarse normalmente según las características climáticas del país.

Por este motivo no se puede clasificar a los trigos argentinos en los grandes grupos de: variedades otoñales, invernales y primaverales, tal como se las individualiza en los países cerealeros del hemisferio norte.

Según los trabajos realizados por MCKINNEY y SANDO (1933) y los más recientes de GREGORY (1945), GREGORY y PURVIS (1936, 1937) y PURVIS (1934) realizados en Inglaterra, complementarios de los de LYSENKO (1933, 1935), los trigos otoñales son aquellos que deben pasar sus primeros estados de desarrollo en un ambiente de bajas temperaturas y días de corta duración, para poder entrar en la segunda parte del desarrollo, que comprende la floración, en ambientes de altas temperaturas y fotoperíodos largos.

Las variedades primaverales, en cambio, pueden prescindir de la pri-

mera condición, pudiendo sembrarse y cosecharse en un medio de temperaturas relativamente altas y fotoperíodos largos.

Las variedades invernales presentan un comportamiento intermedio.

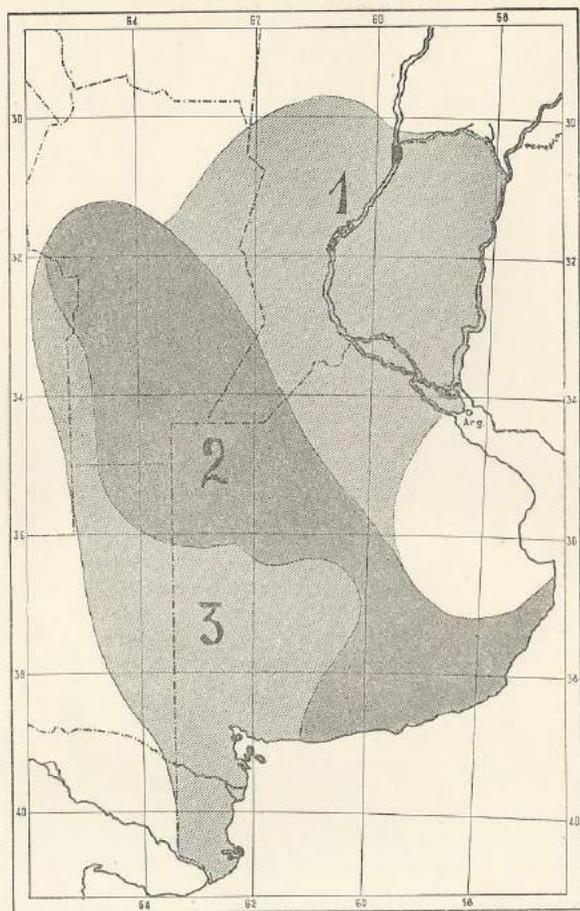


FIG. 1. — Mapa de la región del cultivo del trigo en la República Argentina (límites aproximados). 1) Zona de trigos primaverales. 2) Zona de trigos primaverales e invernales. 3) Zona de trigos invernales.

Las variedades de trigo que se siembran actualmente en el país, no participan completamente de ninguno de los dos casos extremos, pudiendo afirmarse que son, en su mayoría, trigos invernales con tendencia a primaverales, por las razones que se puntualizan a continuación.

La gran región cerealera argentina, salvo muy pocas zonas, no dispone de suficiente frío invernal como para permitir el desarrollo de variedades de trigo de gran exigencia en frío, para que éstas puedan cumplir su termoestadio, término con el que se designa, según LYSENKO (1946), el primer estadio del desarrollo.

En contraposición, tampoco existen zonas en las que se puedan sembrar variedades típicamente primaverales, pues el fotoperíodo largo solamente se encuentra en lugares donde el trigo difícilmente puede madurar por falta de temperaturas altas durante el verano. Además, nuestras variedades llamadas primaverales siempre necesitan algo de frío para poderse desarrollar.

Por este motivo, en el desarrollo de este trabajo hacemos la clasificación de los trigos que se cultivan actualmente en la República Argentina, en dos grandes grupos: trigos invernales y trigos primaverales; dejándose aclarado que los primeros corresponden a variedades relativamente exigentes en frío, y los segundos a los que pueden espigar con cierta indiferencia fotoperiódica, a pesar de que algunas variedades tienen exigencias definidas con respecto a este último factor.

En la Fig. 1 se muestra el mapa de la distribución de los dos grupos de variedades citadas, en la región cerealera argentina. Nótese lo amplia que resulta la zona en la que pueden sembrarse tanto trigos invernales como primaverales, lo que demuestra los muchos puntos de contacto que tienen los dos grupos en lo que se refiere a exigencias climáticas.

Es así que los trigos sembrados en la región cerealera argentina pueden ser agrupados como se indica en el cuadro I. Cabe hacer notar, sin embargo, que los límites de esta clasificación no pueden considerarse como definitivos, así como tampoco su ordenación por su condición de tardío o de precoz, según se trate de variedades invernales o primaverales. Se utilizan para la ordenación indicada en el cuadro I, los comportamientos varietales observados por el autor, en ensayos realizados o en marcha.

CUADRO I. — Clasificación de las variedades de trigo sembradas en la región cerealera argentina durante los años 1947/48-48/49 y 49/50

Invernales	Primaverales
Massaux N° 1	Sivalocho M. A.
Massaux N° 3	Benvenuto Inca
Buck Sarmiento	Klein 52
Klein 157	Klein Exitó
Klein Aniversario	Benvenuto 3085
Eureka F. C. S.	Olatea Don José
Buck Quequén	Klein Amalia
La Previsión 25	Klein Cóndor
Klein Orgullo	
Bahiense F. C. S.	

Falta agregar a esta lista tres variedades muy importantes, por su difusión: 38 M. A., Klein Cometa y Klein Albertí. Estas variedades son clasificadas comúnmente como primaverales, lo que no es exacto si

nos atenemos a las consideraciones efectuadas al puntualizar las exigencias de los dos grupos de variedades.

Consideremos en particular el caso del trigo 38 M. A., por ser más típico que el Klein Cometa y Klein Alberti. Se trata de una variedad precoz pero no primaveral.

Como se dijo anteriormente, las variedades primaverales deben poder sembrarse en condiciones de temperaturas altas y fotoperíodos relativamente largos y llegar a producir cosechas económicas. En cambio, la variedad 38 M. A., a pesar de espigar temprano, es decir, precozmente, no reúne las condiciones de una variedad primaveral, porque para comportarse como precoz es necesario sembrarla muy temprano y que cumpla todo su ciclo en condiciones de días mucho más cortos que el resto de las variedades. Así, en el norte de la región triguera se siembra en mayo y la espigazón tiene lugar en setiembre, es decir, que incide sobre ella todo el frío invernal y a la vez coincide la espigazón con fotoperíodos aún cortos. En estas condiciones es aún más precoz que las variedades primaverales que se siembran en el resto de la región triguera.

En síntesis, el 38 M. A. es una variedad que en la parte norte de la región triguera no se puede sembrar tarde porque no cumple su termoestadio, y en la parte sud tampoco puede atrasarse su siembra porque entonces su espigazón coincidiría con días más largos que los compatibles con las exigencias climáticas de dicha variedad.

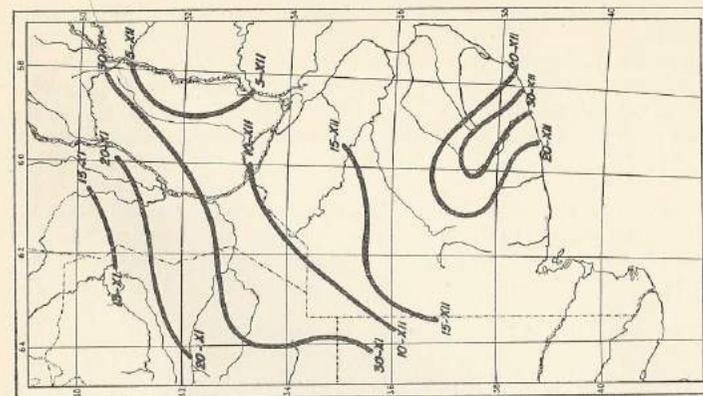
La afirmación de que el 38 M. A. tiene exigencia en frío elevada está sustentada por un trabajo efectuado en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar, en el que en un cotejo con otras seis variedades: Buck Quequén, Klein 517, Eureka F. C. S., Klein Orgullo, Benvenuto Inca y Sinvalocho, la variedad 38 M. A. se comportó entre las más exigentes en frío, habiéndose obtenido esta conclusión luego de efectuar siembras escalonadas con material vernalizado a distintas temperaturas, PASCALE (1949).

Sin embargo, y a pesar de estas consideraciones, los datos fenológicos del trigo 38 M. A., del Klein Cometa y Klein Alberti son igualmente promediados con los de las variedades primaverales, con el objeto de no abultar con otro grupo más la clasificación ya efectuada, y teniendo en cuenta que la finalidad de este trabajo no es la de clasificar bioclimáticamente las variedades de trigo.

Los datos con que se confeccionaron los mapas incluidos en el trabajo constituyen los promedios del grupo de variedades, ya sean invernales o primaverales, que se siembran en cada zona.

#### CARTA FENOLOGICA DE LOS TRIGOS PRIMAVERALES

Las variedades de trigo que entran en el promedio de los datos para esta carta fenológica, tal como se discriminó anteriormente, son: Sinvalocho M. A., Benvenuto Inca, Klein 32, Klein Exito, Benvenuto 3085, Olaeta Don José, Klein Amalia y Klein Cóndor, además de 38 M. A., Klein Cometa y Klein Alberti. En la región cerealera se sembraron algunas otras variedades primaverales, pero como sólo corresponden a muy pocos agricultores y no son recomendadas ni mencionadas



por el Tribunal de Fiscalización de Semillas, no se tomaron en consideración.

La región sembrada con trigos primaverales es amplia, comprendiendo (mapa n° 1) las provincias de Entre Ríos, Santa Fe desde el límite superior del cultivo del trigo, paralelo de 30°, la mayor parte de la provincia de Córdoba y la provincia de Buenos Aires, menos el sud y sudoeste.

**ISOFENAS DE SIEMBRA.** — Los trigos primaverales se siembran en la región cerealera argentina en el período comprendido entre el 20 de mayo y el 1° de agosto, correspondiendo la primera fecha a la parte septentrional del cultivo y la segunda al límite meridional (Mapa 2, a).

Probablemente, las fechas de siembra correspondientes a la zona norte sean algo anteriores al 20 de mayo, pues de algunas zonas tales como el sudeste de Santiago del Estero se carece de observaciones.

La razón de que una misma variedad deba sembrarse en el norte hasta con dos meses de anticipación con respecto al sud, radica en el hecho de que debe aprovecharse el máximo de frío invernal, a fin de completar su termooestadio. Esto no sucede en el sud, ya que con una siembra posterior puede acumular el frío necesario. Además, en el norte, las temperaturas lo suficientemente elevadas como para entrar en la segunda parte del desarrollo de la variedad, se producen antes que en el sud.

Evidentemente una variedad debe ser fotoperiódicamente plástica para poder ser sembrada tanto en el norte como en el sud, ya que las mismas temperaturas en el momento de la espigazón se consiguen con duraciones del día mayores en la parte sud que en la parte norte. Cuando una variedad no posee tal plasticidad, como en el caso del 38 M. A., su siembra debe limitarse a una región determinada. Caso contrario al 38 M. A. es, entre otros, el del trigo Benvenuto Inca, cuya siembra se efectúa tanto en el norte de la provincia de Santa Fe, como en el sud de la de Buenos Aires, variando su fecha de siembra desde mediados de mayo hasta principios de agosto. Por supuesto, que ésta es una variedad fotoperiódicamente plástica.

En la provincia de Entre Ríos observamos una gran inflexión de las isolíneas, primeramente hacia abajo, a causa de la acción reguladora del Río Paraná, para subir posteriormente. Esta es la zona del cultivo del trigo primaveral, ya que en su parte oriental se siembra hasta el mes de julio, es decir, un mes solamente antes que en el sud de la provincia de Buenos Aires. No es posible sembrar trigos invernales en la provincia de Entre Ríos debido a la falta de frío invernal.

**ISOFENAS DE ESPIGAZÓN.** — La diferencia de dos meses y medio que separa a las fechas extremas de siembra es reducida a mes y medio en la espigazón, variando las fechas correspondientes entre el 20 de setiembre en el norte y el 5 de noviembre en el sur. (Mapa n° 2, b).

En el caso de las variedades primaverales esta fase del desarrollo del trigo está más influida por la longitud del día en el momento de la espigazón, que por la cantidad de frío que requieren los primeros esta-

dios de su desarrollo, lo que se consigue regulando convenientemente la fecha de siembra.

Entre las variedades que no necesitan fotoperíodos tan largos para espigar encontramos el 38 M. A., Klein Cometa y Klein Alberti. Además, comparativamente con las demás variedades primaverales, exigen bastante frío para cumplir su termooestadio, debiendo agregarse con respecto a esta exigencia las variedades Klein Exito y Klein Cóndor, aunque en mucho menor escala.

En realidad, cada variedad tiene su termooestadio y fotoestadio claramente definido, y lo ideal sería caracterizar a cada una bioclimáticamente. En este trabajo sólo se efectúa el promedio de estas características varietales.

**ISOFENAS DE COSECHA.** — Las fechas extremas de los trigos primaverales son: 15 de noviembre y 30 de diciembre.

Una vez producida la espigazón y posterior floración y formación del grano, el proceso de la maduración está gobernado principalmente por las altas temperaturas. Así, con altas temperaturas y humedad ambiente reducida, la maduración se acelera, siendo éste el caso de las maduraciones del oeste de la provincia de Buenos Aires, provincia Eva Perón y provincia de Córdoba. En cambio, en regiones de condiciones climáticas inversas a las señaladas, la maduración se prolonga, pudiendo citarse típicamente la acción retardadora del Océano Atlántico sobre la maduración de los trigos sembrados en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, como puede apreciarse en el mapa de la Fig. n° 2, c.

Como la cosecha está regulada por la velocidad de maduración de los trigos, en los párrafos anteriores mencionamos solamente la maduración, sin considerar su cosecha que es la isofena que estamos estudiando.

#### CARTA FENOLOGICA DE LOS TRIGOS INVERNALES

Las variedades de trigo que se utilizaron para esta Carta, y cuyos valores entraron en los promedios fenológicos, son las siguientes: Massaux n° 1, Massaux n° 3, Buck Sarmiento, Klein 157, Klein Aniversario, Eureka F. C. S., Buck Quequén, La Previsión 25, Klein Orgullo y Bahiense F. C. S.

Estas variedades se siembran en una amplia región que abarca el centro y sud de la provincia de Córdoba, la provincia de Buenos Aires, menos el noreste y el este; comprende todas las zonas cerealeras de la provincia Eva Perón y el límite oriental de la provincia de San Luis. (Mapa n° 1).

En esta región, además de las variedades mencionadas, se siembran algunas otras como Kanred, Reliance, etc., a las que no consideramos por sembrarse en pequeña escala y estar fuera de las variedades aconsejadas o mencionadas. Principalmente se las encuentra en el límite occidental del cultivo del trigo, donde el agricultor sólo siembra pocas hectáreas y para fines locales.

En la provincia de Córdoba, a pesar de su latitud más propicia para la siembra de los trigos primaverales que invernales, estos últimos



también tiene alguna influencia la mayor temperatura que se produce hacia el interior y que favorece el fotoestadio.

Esta última es la causa de los atrasos en las espigazones en las sierras de Puán y de Balcarce, ya que al efectuarse las siembras a cierta elevación sobre el nivel del mar, las temperaturas en el momento de la espigazón son inferiores a la de las zonas circundantes.

**ISOFENAS DE COSECHAS.** — La cosecha de los trigos invernales se efectúa entre el 5 de diciembre y el 5 de enero.

Evidentemente esta fase tiene que producirse posteriormente a la de los trigos primaverales ya que la espigazón también se produce con posterioridad. Como dijimos antes, la maduración está regulada por las altas temperaturas y la humedad ambiente, siendo ésta la causa por la cual las isofenas del sudeste de la provincia de Buenos Aires toman la forma que se observa en el mapa n° 3, c.

#### ISOFENAS DE COSECHA DE LOS TRIGOS DE LA REGION CEREALERA ARGENTINA

La diferencia en las fechas de siembra de las distintas variedades de trigo tiende a permitir que éstas puedan cumplir su desarrollo con normalidad y llegar a la espigazón justamente en el momento en que las condiciones climáticas sean adecuadas para la floración y fecundación.

Por este motivo, tanto las variedades primaverales como las invernales espigan y maduran aproximadamente en la misma época.

Esta época de maduración está de acuerdo con las condiciones climáticas de la región en estudio. Así, las maduraciones se aceleran en lugares de temperaturas altas y baja humedad atmosférica estival, por ejemplo, en la subregión V norte (Córdoba), siendo en cambio más prolongadas en la III (parte de Entre Ríos) y IV (sudeste de la provincia de Buenos Aires). En este sentido es interesante mencionar las maduraciones que se producen en regiones como las precordilleranas, por ejemplo, El Bolsón (R. N.), en donde se siembra trigo esencialmente con fines locales, produciéndose la espigazón en el mes de diciembre y no pudiéndose efectuar la cosecha hasta los meses de febrero o marzo, dado que las condiciones de baja temperatura del verano prolongan el período de maduración. Se observan en estos lugares las plantas de trigo completamente amarillas mientras que los granos se encuentran en continua maduración ccrea, que no permite su cosecha sino a comienzos de otoño.

En el mapa n° 4 se promediaron las fechas correspondientes a la ocurrencia de las fases de cosecha de todos los trigos de la región triguera argentina, con lo que se obtuvo un conjunto de isofenas de cosecha general donde las inflexiones de las curvas en uno u otro sentido dan la mayor o menor velocidad de maduración, indicando asimismo la forma cómo influyen los agentes locales. El trazado de las isofenas del sudeste de la provincia de Buenos Aires es claramente demostrativo en ese sentido.

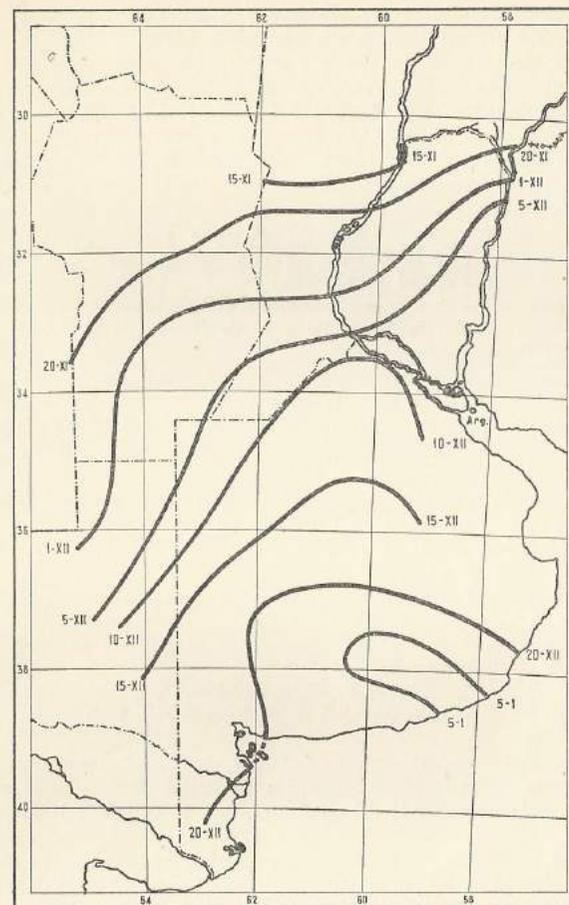


Fig. 4. — Mapa de isofenas de cosecha del trigo en la República Argentina.

#### CONCLUSIONES

1. Las variedades de trigo sembradas en la región cerealera argentina pueden clasificarse en invernales y primaverales, siendo sobre todo estas últimas de una característica bioclimática algo distinta a las variedades que se involucran en el grupo de primaverales de acuerdo al concepto utilizado en el hemisferio norte.

2. Dentro del grupo de las variedades invernales y según su decreciente exigencia en frío, se encuentran: Massaux n° 1, Massaux n° 3, Buck Sarmiento, Klein 157, Klein Aniversario, Eureka F. C. S., Buck Quequén, La Previsión 25, Klein Orgullo y Bahiense F. C. S.

3. En el grupo de las variedades primaverales se hallan: Sinvalcho M. A., Benvenuto Inca, Klein 32, Klein Exito, Benvenuto 3085, Olaeta Don José, Klein Amalia y Klein Cóndor, ordenadas según sus exigencias crecientes en frío y decreciente plasticidad fotoperiódica.

4. Las variedades 38 M. A., Klein Cometa y Klein Alberti, a pesar de ser precoces, para cumplir esta condición deben sembrarse temprano, pues tienen una exigencia en frío bastante marcada, siendo además necesario que la espigazón se produzca cuando los días primaverales son todavía fotoperiódicamente cortos.

5. Los trigos primaverales se siembran en la región comprendida por las provincias de Entre Ríos, Santa Fé, la mayor parte de Córdoba y Buenos Aires, menos el sud y sudoeste.

6. En esta región la siembra se inicia el 20 de mayo en el norte, correspondiendo la isofena más tardía al 1º de agosto en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

7. Las espigazones correspondientes a estas fechas de siembra oscilan entre el 20 de setiembre y el 5 de noviembre.

8. La cosecha de los trigos primaverales se inicia el 15 de noviembre en la parte norte de la región cerealera, siendo la última el 15 de diciembre en la parte sud.

9. Los trigos invernales se siembran en la región comprendida por el centro y sud de la provincia de Córdoba, la provincia de Buenos Aires menos el este y noreste, la provincia Eva Perón y la parte oriental de la provincia de San Luis.

10. Las isofenas de siembra de estos trigos se encuentran comprendidas entre el 5 de mayo y el 30 de junio.

11. La espigazón de los trigos invernales se produce entre el 20 de octubre y el 10 de noviembre.

12. Las fechas de espigazones dadas en el punto anterior determinan las fechas de cosecha, que son el 5 de diciembre y el 5 de enero, respectivamente.

13. La amplia variación de la fecha de siembra de las distintas variedades tiende a satisfacer las exigencias climáticas de cada una de ellas, es decir, la exigencia en frío del termoestadio y la exigencia lumínica del fotoestadio.

14. Las diferencias de las fechas de siembra se suavizan en la espigazón, y más aún en las maduraciones, dependiendo las fechas de cosecha, principalmente, de las características estivales de la zona.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AZZI, C. 1939. — « Trattato di Ecologia Agraria ». Torino.  
 BAKER, O. E.; BROOKS, CH. F., and HAINSWORTH. 1917. — « A graphic summary of seasonal work on farm crops ». Yearbook 1917: 537-589. U. S. Dept. Agr. Washington. Resumido y discutido en *Mc. Wather Rev.*, 1919.  
 BRICCOLI, M. 1933. — « L'epoca della semina dei grani autunnali in Italia ». *La Meteorologia Pratica*. Anno XIV. Nº 5 y 6, 1933. XII-4-II.  
 BURGOS, J. J. 1946. — « Carta de plantación de la papa en la región pampeana de La República Argentina ». *Rev. Arg. de Agr.*, T. 13, nº 4, p. 293-309.  
 GREGORY, F. G. 1945. — « Personal communication. Consultada en Vernalization and Photoperiodism ». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.  
 GREGORY, F. G., and PURVIS, O. N. 1936. — *Nature*, 138-249.  
 HIRSCH, H., y SARLI, E. J. 1937. — « Las épocas de siembra del lino en la República Argentina ». *Rev. Arg. de Agr.*, 4 (3): 203-206.

- IMPERIAL AGRICULTURAL BUREAUX. 1935. — *Bull.* Nº 9. Se consultó « Vernalization and Photoperiodism ». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.  
 IMPERIAL AGRICULTURAL BUREAUX. 1935. — *Joint. Publ.* nº I. Se consultó « Vernalization and Photoperiodism ». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.  
 KINGER, J. E. 1939. — « Temperature influence on planting and harvest date ». *Mo. Weather Rev.*, 1919, May 312-323.  
 LYSSENKO, T. 1946. — « Agrobiología ». Moscú, 1946. Traducción inédita del Ing. Agr. Vladimir Michajlikov.  
 MC. KYNNEY and W. J. SANDO. 1935. — « Earliness and seasonal growth habit in wheat as influenced by temperature and photoperiodism ». *The Journal of Heredity*. V. XXIV. May. 1935, nº 5.  
 PASCALE, A. J. 1949. — « Exigencia en frío de siete variedades de trigo ». Informe inédito. Departamento de Agrometeorología. Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires.  
 PASCALE, A. J. 1950. — « Comportamiento bioclimático de tres variedades de trigo en un ensayo de siembras continuadas ». Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires. 1950. Inédito.  
 PURVIS, O. N. 1934. — *Ann. Bot. N. S.*, 48: 919-55. Se consultó resumen en « Vernalization and Photoperiodism ». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.  
 PURVIS, O. N., and GREGORY, F. G. 1937. — *Ann. Bot. N. S.*, I: 569-91. Se consultó « Vernalization and Photoperiodism ». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.  
 TRIBUNAL DE FISCALIZACIÓN DE SEMILLAS. — « Consejos para la siembra de variedades de trigo ». Años 1947, 1948 y 1949. Ministerio de Agricultura y Ganadería República Argentina.

## REGÍMENES ESTACIONALES DE PRECIPITACIÓN DE SUDAMÉRICA Y MARES VECINOS

(DESDE 15°S HASTA ANTÁRTIDA)

Por FEDERICO J. PROHASKA \*

**Resumen.** — En base a un nuevo mapa de isoyetas anuales (Mapa 1) se calculan las sumas mensuales relativas (Mapa 2) para poder delimitar los distintos regímenes de la marcha anual de la precipitación. Se destacan siete tipos, no según la época de lluvia o de sequía, sino conforme al régimen de la circulación atmosférica que los determina. Nótase en particular que en Sudamérica no existe un régimen monzónico, excepto en una pequeña región costera entre Río y Santos. Por lo tanto puede desarrollarse también en la costa oriental del continente el régimen de lluvias subtropicales invernales (entre la costa Sud de Brasil y el Río de la Plata). Además existe un régimen similar en la costa chilena, extendiéndose a pesar de la cordillera de los Andes, hasta la costa patagónica. La precipitación en el centro del continente depende en primer término del desarrollo de la depresión térmica en el NW argentino, mientras la variación anual del gradiente bórico entre el anticiclón pacífico y la baja presión en la zona subantártica, como también la temperatura del mar, son causas de las precipitaciones en Tierra del Fuego y el océano de estas latitudes (tipo polar con máximo en verano y mínimo en invierno).

**Summary.** — A new map of annual rainfall sums has been drawn up (Map 1) and relative monthly amounts calculated (Map 2) to outline different regions of the annual march of precipitation. Seven main types can be determined, not related to the dry or wet seasons, but with the specific intervening regime of the general circulation of the atmosphere. It appears that there exists no monsoon type of precipitation in South America except over a small coastal stretch between Río de Janeiro and Santos. Therefore subtropical winter rains may occur even on the east side of the continent between the South coast of Brasil and the River Plate. A similar type of west coast winter rains exists on the coast of Chile, extending—in spite of the Cordillera—from there to the Atlantic across Patagonia. The annual distribution over the inland of the continent is governed in the first line by the development of the thermal depression over NW of Argentina, whereas the annual course of precipitation over the Tierra del Fuego and adjoining oceanic regions depends on the variation of the pressure gradient between the Pacific anticyclone and the subantarctic low pressure system and the temperature of the ocean (polar type).

### INTRODUCCIÓN

Uno de los factores climáticos de mayor importancia es la precipitación. Además de ser elemento significativo en problemas de climatología aplicada y esencial en la vida orgánica en general, constituye uno de los índices principales para diferenciar los distintos tipos de clima.

El conocimiento del régimen pluviométrico no sólo es necesario para clasificaciones descriptivas, como figuran en general en los textos de geo-

\* Doctor en Filosofía (Meteorología y Geofísica), Universidad de Viena, Jefe División Climatología del Servicio Meteorológico Nacional.

grafía, sino también para clasificaciones genéticas, vale decir, ordenamientos en que se distinguen los diferentes tipos de clima según sus causas, basándose ante todo en los diversos regímenes que actúan en la atmósfera.

Para el análisis verdaderamente genético del clima, y aun sólo del régimen de lluvias, además de los promedios mensuales, sería necesario conocer el tipo, la frecuencia y la intensidad de las precipitaciones. Estando publicados en general sólo los promedios mensuales, hay que limitarse a la descripción de ellos. Por otra parte, los promedios mensuales son y serán siempre el fundamento de toda consideración relativa al régimen pluvial.

En rasgos generales, la distribución anual y mensual de las precipitaciones en Sudamérica es conocida, ya que su orografía y la situación del continente llamaron siempre la atención de los climatólogos. Lo publicado hasta la fecha, empero, se basa en un material por completo desigual, lo que reduce su valor considerablemente. La densidad exigua de la red climática sudamericana obligó a utilizar todo el material disponible con prescindencia de si se trataba de series largas o de observaciones de pocos años. Resulta, por lo tanto, que los autores se han abstenido de analizar más en detalle las condiciones pluviales de este continente, o de inquirir sus causas posibles. Por la misma razón no se determinaron hasta ahora los límites de las zonas con régimen pluviométrico uniforme, con mayor exactitud, sobre todo en estas regiones donde la intensidad de las precipitaciones varía en gran escala de un año al otro.

El momento oportuno para un análisis nuevo, cuya importancia es innecesario destacar, se presentó cuando los dos países más grandes de Sudamérica — Argentina y Brasil — publicaron estadísticas que abarcan casi el mismo período de 25 años de observaciones. Este hecho garantiza por primera vez una comparación suficientemente exacta para el área más grande e importante del continente.

El presente estudio se ocupa ante todo del régimen pluviométrico de la parte extra-tropical de América del Sud. El régimen de lluvias de la zona tropical pura se consideró sólo en la medida necesaria para interpretar sus estribaciones meridionales, que en parte penetran profundamente en zonas subtropicales. Un análisis verdadero de aquella región rebasaría el margen de este trabajo, por intervenir en latitudes ecuatoriales la circulación tropical y en parte la del hemisferio septentrional.

### MATERIAL

Este trabajo se basa esencialmente en el "Régimen pluviométrico de la República Argentina", (1), que da los promedios mensuales y anuales de la precipitación en el período de 25 años, que va de 1913 a 1937, y en el "Atlas pluviométrico do Brasil", que abarca los 25 años que van de 1914 a 1938 (2). Los datos de Chile y Uruguay han sido tomados de los anuarios de los dos países respectivos, y del "Handbuch der Klimatologie" de Köppen-Geiger (3). Se eligieron solamente estaciones con un período mínimo de 10 años, dentro del período antes

mencionado. Bolivia publicó en el año 1946 un pequeño resumen de los valores medios de la precipitación, pero sólo de un corto período (los últimos años) (4). En cuanto al conocimiento del régimen pluviométrico de Paraguay, se le agradece al Director del Servicio Meteorológico de ese país, Capitán de Navío P. A. N. Teófilo Fariña Sánchez, quien amablemente puso los datos respectivos a disposición del autor.

Para trazar las isoyetas sobre los océanos se consultaron las obras básicas de Schott (5, 6) y de Mainardus (7). Por intermedio de publicaciones recientes fué posible comprobar estos datos, ya que Estados Unidos de Norte América e Inglaterra publicaron hace poco atlas climáticos de los mares del mundo (8, 9), y Möller hizo nuevos mapas mundiales para cada estación del año (10). También la serie de publicaciones de la U. S. Navy (11) sirvió para completar el material pluviométrico.

Nos hemos abstenido de publicar en este trabajo los mismos promedios mensuales, por estar publicados en las obras citadas, siendo accesibles fácilmente.

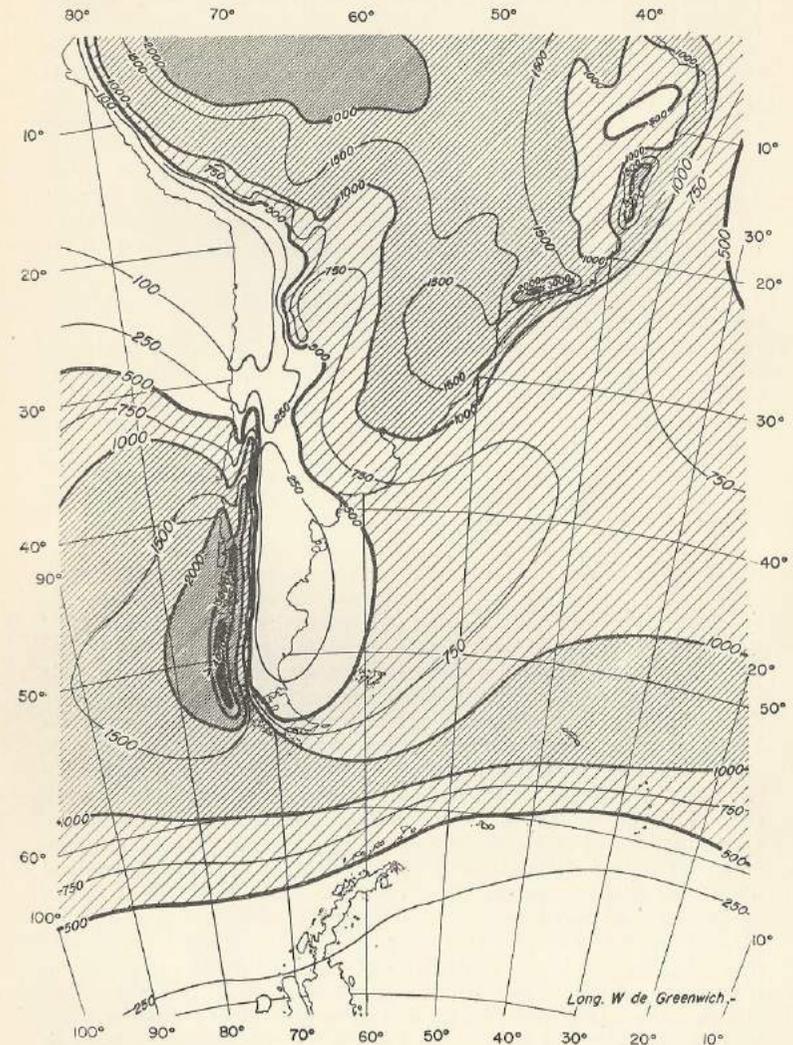
#### DISTRIBUCIÓN MEDIA ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES

La base de las consideraciones ulteriores de este trabajo es el mapa de las sumas anuales (Mapa 1). Aunque no difiere mucho de los mapas anteriores, muestra empero ciertos desplazamientos de las isoyetas o confirmaciones de curvas solamente supuestas hasta ahora. Resulta distinta además, con este material más homogéneo, la clasificación de los diferentes centros de lluvias abundantes.

En general, confirma este mapa la opinión de Köppen según la cual los continentes en latitudes tropicales y subtropicales ofrecen regiones secas en las costas occidentales y húmedas en las orientales y que en latitudes templadas, es decir, en la zona de los vientos del oeste, las condiciones son inversas (mucho precipitación en las costas occidentales y poca en las orientales). Sin embargo, este último hecho se observa netamente expresado tan sólo en América del Sud, pero no es su causa exclusiva la cordillera, como podría creerse considerando la orografía del continente sudamericano, sino que se funda en la circulación general de la atmósfera de estas latitudes.

Por lo tanto, las isoyetas corren tanto más longitudinalmente cuanto más cercanas corren las costas; por lo cual el gradiente más acusado se encuentra en la región más angosta del continente, vale decir, en el estrecho de Magallanes, donde se registran aproximadamente 5.000 mm anuales a la salida occidental y sólo la décima parte (300 a 500 mm) a unos 200 km hacia el Este, en la región de Punta Arenas.

De los cinco grandes centros de lluvias abundantes en el continente sudamericano el principal no figura en este mapa, por hallarse situado en la costa pacífica de Colombia. En cantidad pluvial siguen a este centro, prácticamente con iguales valores, el que se da en la Serra do Mar en el estado de Sao Paulo, Brasil y el que afecta a la costa chilena austral entre 47° y 54°S. En ambas regiones se registran sumas anuales de 4500 a 5000 mm. En la zona comprendida entre las embocaduras



MAPA 1.—Sumas anuales de la precipitación en mm.

del Río Amazonas y Río Orinoco, las lluvias anuales no parecen sobrepasar los 3500 mm, lo que vale también para la zona más vasta con lluvias abundantes que se encuentra en la cuenca superior del Río Amazonas.

La zona árida se extiende en el continente a lo largo de la costa del Pacífico casi desde el Ecuador (Golfo de Guayaquil) hasta unos 33°S (a la latitud de Valparaíso, prolongándose 2° ó 3° hacia el Sud, en los valles longitudinales chilenos y 2° ó 3° hacia el Norte en las regiones altas de la cordillera). Además, abarca esta región la puna boliviano-argentina y se extiende, en el lado oriental de la cordillera, hacia el Sud, a través de la región del Río Colorado y de la Patagonia, hasta el estrecho de Magallanes. Las precipitaciones aumentan otra vez en el estrecho de Drake y disminuyen de nuevo desde la Tierra de Graham, en dirección al Polo.

La transición entre la región seca y la de lluvias abundantes es muy brusca en el Sudoeste del continente a través de la cordillera. Por el contrario, el aumento de las lluvias hacia el Este y Noreste es paulatino. Es digna de mencionar la sinuosidad hacia el Sud que presentan las isoyetas en el Norte de Bolivia, hecho que muestra que su llanura participa de las intensas lluvias tropicales de la parte superior del Amazonas.

Una isoyeta significativa es la de 1000 mm porque constituye por un lado el límite Sud de la zona húmeda subtropical-tropical de Sudamérica, y por otro, el límite oriental y septentrional de la zona seca del Gran Chaco.

Aunque, fuera de nuestro marco de trabajo, cabría también mencionar la región de sequías, a veces extraordinarias, en el Noreste de Brasil, que ya dió lugar a muchas investigaciones y que se encuentra situada dentro de la misma zona tropical. Al parecer, esta región de sequía constituye el final de la gran zona de poca precipitación, que se extiende, bajo el dominio de los vientos alisios, desde Sud Africa hasta la región mencionada, con una desviación hacia el Norte sobre el Atlántico, siendo interrumpida sólo por lluvias orográficas (que sobrepasan los 2000 mm anuales) a barlovento de las montañas costeras brasileñas.

Por las dificultades metodológicas de las mediciones de precipitación en el mar, y la escasa densidad de observaciones en buques, las isoyetas en los océanos sólo tienen un curso aproximado. Según las publicaciones más recientes (<sup>8, 9, 10, 11</sup>), las grandes desviaciones de las sumas anuales en los mapas de Schott y Meinardus parecen ser reales, siendo el número de días con precipitación (con o sin lloviznas), por ejemplo, en la zona entre 40° y 50°S, cuatro veces más frecuentes en el Pacífico entre 75° y 80°W que en el Atlántico entre 55° y 60°W, verificándose asimismo que la ocurrencia de la precipitación disminuye lentamente a partir de 80°W, mientras aumenta solamente al Este de 55°W. De ahí que se supongan reales las grandes diferencias entre las sumas anuales de precipitación en los océanos Pacífico y Atlántico, en la zona de los vientos del Oeste, puesto que se puede suponer que allí una frecuencia mayor de días con lluvia corresponde también a una cantidad mayor de la misma.

La situación de las isoyetas al Sud de 60°S es muy insegura, por supuesto, porque sólo existen unas pocas estaciones, recién instaladas en

Tierra de Graham y excepto esos datos no hay más que observaciones de expediciones esporádicas. Las isoyetas sobre Bolivia y Paraguay probablemente variarán también al aumentar el material.

Al contemplar estas curvas se debe tener siempre en cuenta que todas las sumas anuales representadas están expuestas a variaciones muy grandes de año en año, excepto en el Sud de Chile y en la costa del Brasil entre 22° y 25°S, donde la suma anual no varía mucho.

#### MARCHA ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES

Para realizar un análisis de la marcha anual de las precipitaciones sobre una superficie tan grande, no basta considerar las sumas mensuales tal como figuran en los Anales Climatológicos. Las grandes diferencias en los valores absolutos gravitan demasiado para que puedan distinguirse los rasgos característicos de la marcha. Por ello y para una comparación adecuada de los distintos tipos y su distribución regional es menester convertir las sumas mensuales *absolutas* en sumas mensuales *relativas*, previa reducción a igual longitud del mes de 30 días. Expresados en porcentaje de la suma anual, estos valores relativos muestran con claridad los distintos tipos de marcha anual, tanto si se trata de sumas de 5.000 mm como de 50 mm por año.

Para el análisis se utilizaron aproximadamente 150 estaciones argentinas y unas 200 estaciones extranjeras. La selección de las estaciones no se realizó proporcionalmente al área sino que se eligió la mayor cantidad posible en los límites de los diferentes regímenes (caracterizados por las letras A-G en el Mapa 2) y sólo unas pocas estaciones típicas en el centro de los mismos.

El Mapa 2 muestra, en forma de histogramas que expresan las sumas mensuales relativas, algunas estaciones significativas para cada tipo.

Se advierte que para cualquier estación del año pueden distinguirse regiones que reciben el máximo de lluvia. Existen también zonas donde la cantidad de lluvia no varía mucho durante el año y otras donde prácticamente no llueve, lo que ilustra el Mapa 1.

Las lluvias invernales se producen ante todo en los océanos de las latitudes templadas, en gran parte de la costa chilena y en la Patagonia. Lluvias estivales caen al Norte de 25°S y en la zona central de la Argentina hasta la cordillera. En todas estas regiones, la época invernal de sequía está muy bien expresada. El litoral argentino y la provincia de Buenos Aires, tienen el máximo de lluvia en las estaciones intermedias, mientras se observan precipitaciones durante todo el año al Sud de unos 50°S y en la costa uruguaya, con la diferencia de ser aquí las lluvias más fuertes en el invierno y allá en el verano.

Tal división es netamente descriptiva. Para conocer las causas es menester contemplar el desplazamiento anual de la circulación atmosférica y la variación de su intensidad, al compás del desplazamiento de la máxima altura solar. En consecuencia, existen regiones que durante el año pertenecen a dos distintas zonas climáticas, mientras otras se encuentran constantemente bajo la influencia de un solo régimen. De ahí que la siguiente clasificación de la marcha anual de las lluvias signifique una tentativa de diferenciar de esta manera los distintos tipos de lluvia. En

general, la variación de la circulación atmosférica en espacio e intensidad debería ser el punto de partida para cada clasificación climática o análisis de toda marcha anual de un elemento meteorológico.

ZONA A. — RÉGIMEN TROPICAL EN VERANO Y SUBTROPICAL  
EN INVIERNO

(ÉPOCA DE LLUVIAS ESTIVALES Y DE SEQUÍA INVERNAL)

Como es sabido, la radiación solar es la causa principal de la marcha anual de las lluvias en la zona tropical; existe, por lo tanto, una migración del máximo de las lluvias con la migración de la altura máxima del sol y se observa en las zonas ecuatoriales doble época de lluvia al mismo tiempo o poco después de las dos máximas de altura del sol, muy manifiesta sobre todo en África Central.

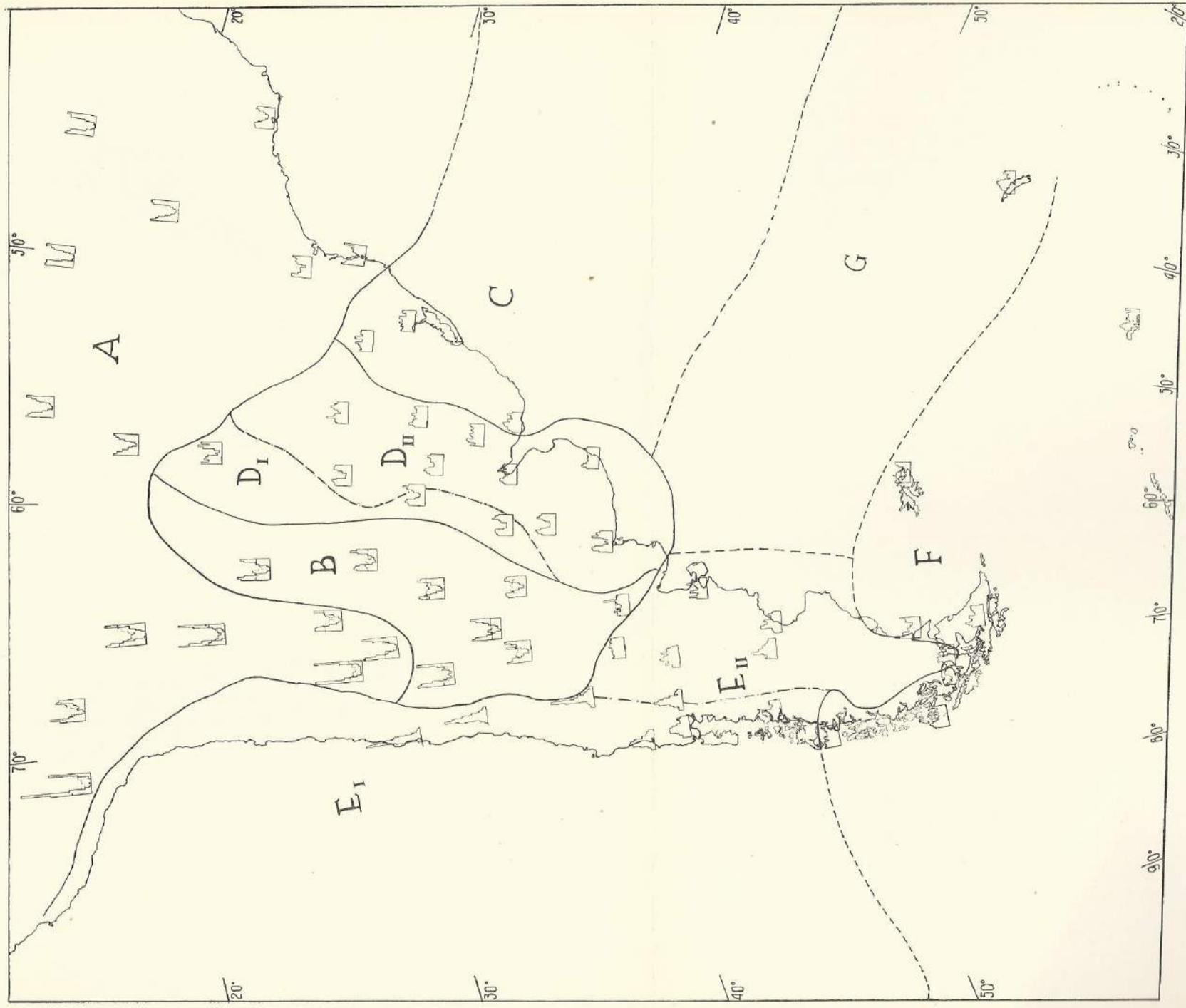
En Sudamérica esta marcha típica en la zona ecuatorial está menos desarrollada, registrándose sólo en la parte superior del río Amazonas y en distintas regiones al Norte del Ecuador. En todas las otras regiones tropicales al Sud del Ecuador, se observa una época simple de lluvia con máximo durante el verano\* y mínimo durante el invierno. Es una marcha anual frecuente sólo en las regiones de los trópicos, ya que aquí el intervalo entre los dos máximos de la altura del sol, es demasiado breve. Sin embargo, si se observa esta marcha en la propia zona ecuatorial sólo puede atribuirse a corrientes monzonales o de alisios. En realidad, la marcha anual de estos últimos es la causa primordial de la ausencia de una doble época de lluvia y de la pronunciada época de sequía invernal en gran parte del Brasil ecuatorial.

El desarrollo de la citada corriente y su intensidad dependen sobre todo del campo bórico que se expresa en el gradiente de la presión reinante entre la región subtropical y ecuatorial. Como dato ilustrativo de la marcha anual de este gradiente figuran en el Cuadro I, los promedios mensuales de la presión atmosférica de algunas estaciones representativas de estas regiones y las diferencias entre ellas\*\*.

Es común a todas las estaciones que la presión sea más alta en invierno que en verano. La amplitud anual de los promedios mensuales en la zona de Capricornio, empero, es aproximadamente tres veces mayor que en la zona ecuatorial, de donde resulta una considerable variación anual del gradiente, que tiene sus valores más elevados (hasta 8 mb) en estos meses (abril a octubre), en que se observa la época de sequía en esta región (Mapa 2). En otras palabras, la época de sequía coincide con el tiempo del mejor desarrollo de los vientos alisios y estos últimos dependen del desplazamiento anual de la alta presión atlántica y de la variación de su intensidad. Al mantenerse este campo bórico hasta octubre y con él la influencia predominante de los alisios sobre

\* Es digno de mencionar que los indígenas de estas latitudes, por ejemplo, los del estado de Matto Grosso o de Goyaz, entienden por «verano» la época con la mínima altura solar, ya que solamente en la época de sequía existe continuamente buen tiempo. M. R. Perreyre, en un relato sobre su viaje al Brasil Central (Revista Geográfica Americana, julio 1949, pág. 121) dice: «Son allí consideradas dos estaciones del año: el verano, que es la estación seca durante la cual no cae ni una gota de agua y dura de abril a setiembre, y el invierno, la estación lluviosa que va de setiembre a abril... La precipitación es más intensa en febrero y marzo: llueve torrencialmente día y noche».

\*\* Además de Turi-Assu (1° 45' S) se ha incluido en el cuadro I, también, una estación más al Sud y otra más al Norte del Ecuador, para demostrar que en Brasil la presión más baja se encuentra verdaderamente en la zona del Ecuador geográfico. Sin embargo, se tomó sólo Turi-Assu como estación ecuatorial representativa, por su período de observación igual al de las estaciones subtropicales.



MAPA 2. — Los distintos tipos de la marcha anual de la precipitación.



el estado del tiempo, el segundo máximo de las lluvias está suprimido al tiempo del máximo primaveral de la altura del sol (septiembre). (Una influencia inversa de los alisios sobre la marcha anual de las lluvias sólo puede observarse cuando estos vientos vienen del mar, cargados de vapor de agua en capas bajas y chocan con sierras costeras. Así ocurre en el Noreste de Brasil, donde el barlovento de las sierras tiene lluvias invernales).

Durante el semestre estival el centro del anticiclón subtropical del Atlántico austral se debilita y se desvía más de 10° hacia el Sudeste y el máximo de la presión en toda la costa es sólo en 2 a 3 mb más alto que en la zona ecuatorial. Siendo ya el gradiente muy pequeño, a lo largo de la costa, entre la zona subtropical y el ecuador, cambia la dirección por completo en el interior, formándose la zona de presión más baja del continente en las provincias del Noroeste de la República Argentina (12), donde hay una presión media que es 3 mb inferior a la de la zona ecuatorial. (Cuadro I, Santiago del Estero como ejemplo).

Este hecho asume mayor importancia para las lluvias estivales en la zona subtropical. La ausencia de los vientos alisios durante el verano sobre la zona de los afluyentes meridionales del Amazonas, Mato Grosso y Goyaz, da origen a una época de intensas lluvias estivales, y las aeromasas húmedas de esta región se desplazan hacia el centro del continente (tendencia de monzón estival) y traen su humedad hasta las mismas latitudes subtropicales, que de no ser así tendrían un clima desértico absoluto. Allende el trópico la época de lluvia se concentra por lo tanto más y más en los propios meses estivales, perdiendo al mismo tiempo su intensidad tropical (prescindiendo de las condiciones a lo largo de la costa atlántica). En consecuencia, se amplía aquí la época invernal de sequía y resulta una pronunciada disminución de la suma anual de las precipitaciones con latitud creciente en el interior del continente (ver mapas 1 y 2).

Todavía en el NW de la Argentina pueden observarse las estribaciones más australes de este tipo de la marcha anual de las lluvias. Las observaciones en estas provincias (Cuadro II) muestran el predominio absoluto de lluvias estivales. En los cuatro meses de verano (diciembre a marzo), caen más de las 2/3 partes de la lluvia anual (en algunas partes hasta 85 % y más). El mes más lluvioso es siempre enero, en que cae la cuarta parte de la suma anual. La época seca se extiende en general desde mayo a setiembre y en estos cinco meses se registra menos del 10 % de la suma anual. En algunas regiones la época sin lluvias empieza ya en abril o se extiende hasta octubre o noviembre. La cantidad de lluvias en todo el NW de la Argentina es muy pequeña por su gran distancia de las fuentes de vapor de agua (2 a 3.000 km desde la región del Amazonas). Sólo las laderas orientales de las sierras que están expuestas directamente a las corrientes relativamente húmedas del NE, tienen una precipitación algo mayor en los primeros 1000 a 2000 m de altura, que la llanura situada frente a ellas (en mapa 1, ver la pronunciada sinuosidad hacia el Sud de la isoyeta de 750 mm y en el Cuadro II, las estaciones de la Pcia. de Tucumán, por ejemplo). Al llegar a la altiplanicie o en valles entre las cordilleras se advierte en todas partes una disminución brusca de las lluvias hasta el clima desér-

CUADRO II. — Precipitación en la época de lluvia y de sequía  
(Valores absolutos y relativos)  
Período: 1913-1937.

Estaciones	Latitud	Longitud	Altura	Epoca de lluvias (diciembre-marzo)				Epoca de sequía (mayo-sept.)			
				Días de lluvia	Σ en mm	% de Σ anual	Mes más lluvioso	% de Σ anual	Días de lluvia	Σ en mm	% de Σ anual
La Quiaca	22° 06' S	65° 36' W	3458 m	37	257	85	enero	29	5	2	
Jujuy	24° 11'	65° 18'	1305 "	45	632	79	"	26	39	5	
Salta	24° 47'	65° 25'	1182 "	45	594	82	"	26	23	3	
Tucumán	26° 48'	65° 12'	481 "	38	618	67	dic.-en.	17	78	8	
Ing. La Concepción	26° 50'	65° 09'	432 "	36	641	67	enero	20	85	9	
Andalgala	27° 33'	66° 17'	1068 "	19	228	78	"	27	24	8	
Tinogasta	28° 04'	67° 34'	1204 "	15	166	87	en.-feb.	30	7	4	
Catamarca	28° 28'	65° 47'	546 "	21	245	69	enero	21	53	9	
Chilecito	29° 10'	67° 30'	1101 "	16	141	77	"	24	18	10	
La Rioja	29° 25'	66° 52'	516 "	20	229	74	"	22	28	9	

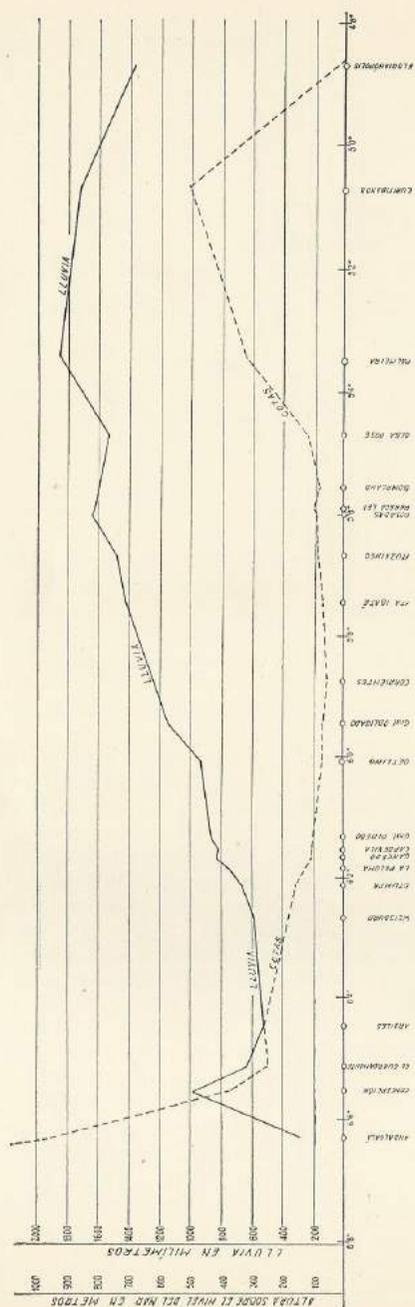


FIG. 1.— Distribución de las lluvias anuales entre la Cordillera y la costa atlántica en 26° a 28° S.

tico absoluto en la parte chilena de la Cordillera. En un corte a lo largo del paralelo de 27°S, se nota perfectamente bien todo lo dicho (Fig. 1).

Tal vez sorprenda que se haya clasificado toda esta gran superficie (A, en el mapa 2), como tipo uniforme de la marcha anual, ya que hay diferencias de las sumas anuales entre más de 3.000 mm y 30 mm. Sin embargo, lo justifica no sólo la similitud de todos los histogramas de esta región, aunque cerca del mar la época de sequía es menos pronunciada, sino también el comportamiento simultáneo de otros elementos indicativos como nubosidad, humedad y viento. Sólo analizando la marcha anual de estos elementos puede apreciarse si se trata del tipo de "época simple de lluvias de la zona tropical externa" (régimen de los vientos alisios) o del tipo "continental" o de "lluvias monzonales", ya que los tres tipos tienen el máximo de lluvia en verano, y el mínimo en invierno. Todos estos tipos se observan además a una misma latitud, pero los dos últimos en áreas mucho más limitadas en el continente sudamericano.

Como lo dicen las líneas punteadas por arriba de los histogramas, en las zonas A y B (mapa 2) que representan la marcha anual de la nubosidad, se nota, que en toda la región A, la nubosidad tiene una marcha paralela a la precipitación, lo que se sobreentiende, según lo dicho anteriormente, ya que la nubosidad depende como las lluvias, del desarrollo de los alisios y del cinturón de la alta presión subtropical. Pero se ve también que en la zona B el comportamiento de la nubosidad es distinto: por lo cual este tipo de lluvia se distingue del *continental*. En el capítulo que sigue esta marcha será analizada más detalladamente.

Para caracterizar lluvias como *monzonales*, es necesario, además de una marcha paralela en cuanto a precipitación, nubosidad y humedad, que los vientos predominantes en la época de lluvia soplen de mar a tierra y en la época de sequía en el sentido inverso.

Al parecer en Brasil, al Sud del Ecuador, estas condiciones se encuentran sólo en la costa entre Río de Janeiro y Santos, donde las sumas anuales excepcionalmente altas en las sierras costeras indican también el carácter monzonal de estas precipitaciones. Como ejemplo pueden servir las observaciones de Angra dos Reis, situada al NE de la bahía de Illahgrande (Fig. 2). Aquí se cumplen todas las condiciones anteriormente estipuladas. Río de Janeiro, tiene una marcha igual a la dirección de los vientos, pero no tan determinada a causa de la situación especial de su bahía. Habiéndose publicado estadísticas de la dirección del viento sólo de muy pocas estaciones, no fué posible delimitar esta zona monzonal en el mapa 2. Todo el resto de la costa brasileña del hemisferio Sud, parece tener sólo una dirección prevalente del viento durante todo el año, la de los alisios, o por lo menos ninguna marcha anual que indique que se trate de vientos monzonales.

Respecto a la delimitación de este tipo de lluvias (A, en el mapa 2), se encuentra el límite Norte en la parte ecuatorial de Brasil y su determinación está fuera de la discusión de este trabajo. El límite occidental está formado por la Cordillera, mientras el oriental se extiende hacia el Este sobre el océano, no existiendo suficientes observaciones de buques para determinarlo.

Por lo tanto, tan sólo el límite meridional exige una discusión. En

general está situado entre 20 y 30°S, vale decir, en la zona del cinturón subtropical de la alta presión. Bajo la protección de la cordillera, avanza al Sud en forma de una lengua y, por consiguiente, este tipo de lluvia se observa en la puna y en las sierras precordilleranas y pampeanas de la Argentina, hasta unos 30°S. Dentro de este régimen se hallan situadas las siguientes provincias argentinas: Jujuy, el Oeste y Centro de Salta, Tucumán, Catamarca y Norte de la Rioja\*.

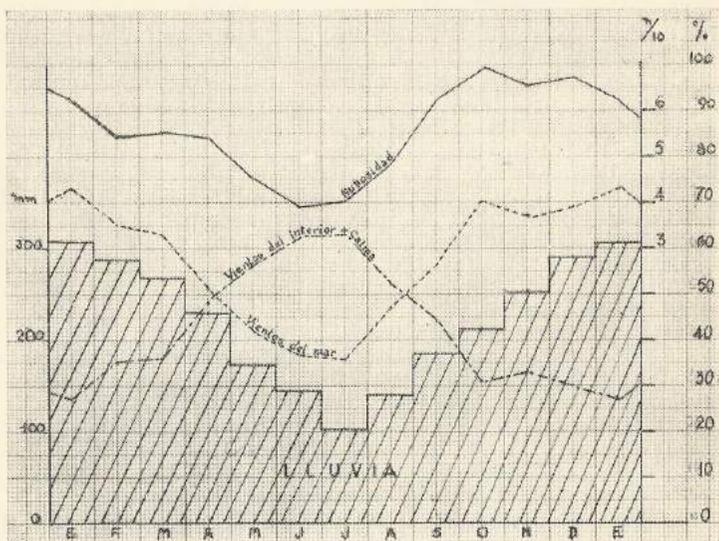


FIG. 2. — Marcha anual de la lluvia (en mm), nubosidad (en décimos de cielo), y frecuencia de la dirección del viento (en %) del mar (E + SE + S + SW) y del interior (W + NW + N + NE + Calma) en Angra dos Reis, 23°00'S, 44°10'W, 8 m.

Más al Este el límite coincide casi con la frontera paraguayo-boliviana y paraguayo-brasileña, respectivamente, y corre hacia el Sudeste en las sierras brasileñas atravesando el estado de Santa Catalina y alcanzando la costa del Atlántico al Sud de Florianópolis, siguiendo hacia el Este sobre el océano Atlántico en una latitud de unos 30°S. La marcha anual de las lluvias sobre el océano, similar a la marcha sobre el continente de estas latitudes, está causada solamente por la marcha anual de los vientos alisios. Es evidente que en ninguna región marginal se encuentra ya el tipo puro y bien definido, de donde resulta que la posición exacta de los límites es discutible.

\* Por tratarse de regiones montañosas situadas al Sud del trópico, se podría pensar en introducir un tipo andino de lluvias. Sin embargo, las características de este régimen serían las mismas que las discutidas en este capítulo, y, por lo tanto, ni siquiera podrían diferenciarse entre sí. A pesar de la gran altura sobre el nivel del mar a que suelen hallarse estas estaciones, se encuentran situadas en valles o en la alta planicie, donde también los otros elementos se comportan muy análogamente a las de estaciones de llanuras. No se justifica introducir, en consecuencia, un tipo especial de lluvias de montaña, por lo menos en lo que se refiere a la marcha anual de las precipitaciones.

### ZONA B. — RÉGIMEN SUBTROPICAL CONTINENTAL DURANTE TODO EL AÑO

(ESCASAS LLUVIAS DURANTE TODO EL AÑO CON MÁXIMO EN VERANO)

La marcha anual de las lluvias en el centro de la región subtropical en el continente (zona B en el mapa 2), se distingue ante todo de la tratada en el capítulo anterior por hallarse acompañada de una marcha anual de la nubosidad casi inversa. La reducida nubosidad de esta región no disminuye, sino que aumenta hacia el invierno porque el desplazamiento del cinturón de alta presión hacia el Norte en esta época hace participar a esta zona en las corrientes y en la elevada nubosidad de la zona templada.

La marcha anual de las lluvias, empero, es más bien similar al tipo anterior. Sin embargo, no sólo se observan lluvias en los meses centrales de verano, sino que incluso con igual intensidad en toda la estación cálida. También se producen precipitaciones de muy escasa cantidad en el invierno, ya que los anticiclones de aire frío y la ausencia de corrientes que aporten aire húmedo desde el Norte y Noreste no dejan aumentar la cantidad de lluvia invernal sobre el 5% de la ya pequeña suma anual. Intensidad y frecuencia aumentan sólo un poco en dirección hacia la costa.

La época de lluvia empieza en esta región en la primavera, cuando el continente comienza a calentarse por la fuerte insolación en esas latitudes y se mantiene durante toda la época cálida. Como es típico para lluvias estivales en los continentes, las cantidades mensuales varían en gran escala de mes a mes y de año en año. En los promedios de muchos años, sin embargo, se equilibran estas diferencias a tal punto, que todos los meses estivales tienen casi iguales valores. Sólo tomando en cuenta toda la región, el mes de diciembre tiene el máximo de lluvia.

Considerando la zona desde la Cordillera hasta la costa atlántica se nota claramente un desplazamiento del máximo de lluvia: en enero lo tiene la zona de lluvias tropicales (cordillerana y precordillerana), en diciembre la de tipo continental (Gran Chaco), y en noviembre la de transición hacia el régimen del anticiclón subtropical atlántico (Santa Fe). Atravesando el Río Paraná predominan las lluvias otoñales por la influencia marítima, con el máximo en marzo para la provincia de Buenos Aires, Entre Ríos y Sud de Corrientes, y en abril, para el norte de Corrientes, Misiones y la parte occidental del Uruguay, mientras la costa atlántica entre 29°S y el Río de la Plata alcanza el máximo de lluvia en invierno.

Estas observaciones están representadas en la Fig. 3, donde se nota, además, que con el desplazamiento del máximo de la lluvia desde enero a noviembre, la época de precipitación se extiende de 2 meses (enero y febrero) a 6 meses (octubre a marzo). De ahí que los promedios relativos de las lluvias mensuales disminuyan durante este lapso (por supuesto, aumentan los valores absolutos acercándose al mar). De igual modo la época de sequía se acorta de 8 meses o más en la Cordillera a 3 meses en el este del Gran Chaco.



seros son las estaciones argentinas situadas más cercanas al centro del anticiclón atlántico. (No fué posible incluir en el gráfico estaciones de la costa uruguaya, por no disponer de promedios homogéneos del período 1939-48).

De la Fig. 4 se desprende incluso que el gradiente hacia el Sudeste es más pronunciado que hacia el Este (ver curvas La Rioja-Córdoba y La Rioja-Ceres), lo que está confirmado por las observaciones del viento, predominando las direcciones del NE en el verano. Esta dirección y la del N son en la región discutida las más frecuentes durante esta época del año y tienen al mismo tiempo la velocidad más alta. En el verano existe por lo tanto el más intenso aporte de masas de aire húmedo hacia esta región, del que resulta la mayor actividad pluvial.

Este tipo de lluvias se observa sobre todo en el Gran Chaco, La Pampa, y en las provincias andinas desde el Sud de San Juan hasta el Río Negro. Considerando los límites en detalle, se ve que la Cordillera forma el límite occidental de este tipo de lluvias, siendo al Norte de 37°S tan alta (4000 a 7000 m) que prácticamente impide el transporte de vapor de agua desde el Pacífico, de modo que en una distancia horizontal de sólo 150 km de la costa pacífica existe un clima puramente continental. Al Norte de 30°S coincide este límite con el oriental de la precordillera hacia el Noreste, hasta la llanura boliviana donde se encuentra la zona de transición hacia el clima tropical. El límite septentrional es el mismo que el del Gran Chaco y se encuentra en la región de la frontera norte del Paraguay, lo que significa un avance del clima continental hacia latitudes tropicales, como lo demuestran también los otros elementos climáticos. Al Oeste del Río Paraguay empieza el límite oriental, que atraviesa el Chaco boreal —hoy Presidente Perón—, centro de Formosa y Santa Fe, y corre al oeste de la provincia de Buenos Aires hasta el Río Negro. Esta parte más austral de este límite está ya determinada por la influencia directa del Atlántico sobre la distribución de las lluvias, que disminuye cuanto más adelante hacia el Sud, haciéndose notar la influencia crecientemente predominante de los vientos del Oeste sobre los distintos elementos climáticos. La situación del límite austral que sigue más o menos el curso del río Negro, será discutida al tratar el régimen de lluvias de la Patagonia.

#### ZONA C. — RÉGIMEN SUBTROPICAL ATLÁNTICO EN VERANO Y DE LA ZONA TEMPLADA EN INVIERNO

(LLUVIAS DURANTE TODO EL AÑO CON MÁXIMO EN INVIERNO)

La influencia de la célula atlántica de la alta presión subtropical sobre la distribución de las lluvias en el continente sudamericano es débil aunque operante. Se manifiesta en la disminución de las lluvias estivales, predominando por lo tanto lluvias invernales. Este régimen se observa sobre gran parte del Atlántico en la zona subtropical externa y se hace notar todavía en una zona costera de 300 a 400 km de ancho entre 28°S y el Río de la Plata. En toda la zona el desplazamiento del cinturón anticiclónico en el invierno hacia el Norte no provoca sólo un aumento de la nubosidad (como en la región B), sino que deja toda la región expuesta a las influencias del tiempo de la zona templada con

sus bajas y altas migratorias. En verano, época en que la presión más alta se encuentra sobre esta región, ella tiende a reducir las lluvias estivales.

Este es un ejemplo sorprendente de ocurrencia de tal régimen de lluvias en una costa *oriental* de un continente, que, como es sabido, por lo general sólo se encuentra en costas *occidentales*. El desarrollo de este tipo "mediterráneo" de lluvias como se denomina aún a este régimen, puede darse aquí sólo por la ausencia de corrientes monzonales en parte de la costa mencionada. Sin embargo, este régimen no se manifiesta netamente por combinarse con el régimen continental con época de lluvias

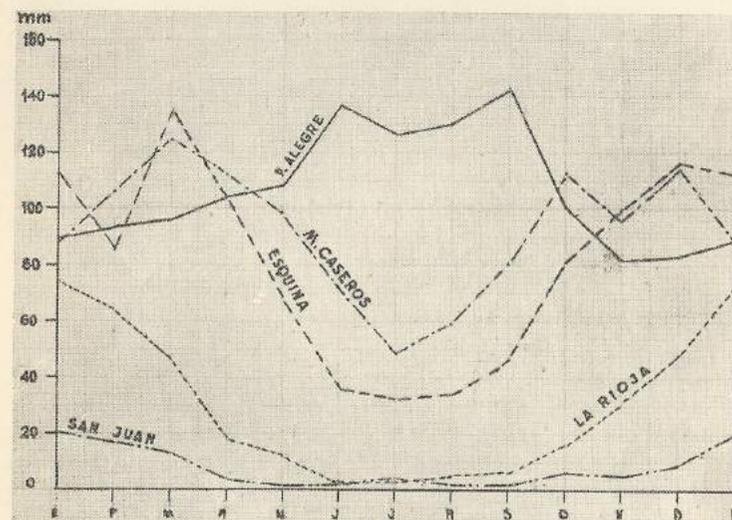


FIG. 5. — Marcha anual de las lluvias en la zona de 30°S entre San Juan y Porto Alegre (en mm reducidos a 30 días).

en el verano, prevalente en esta región. El aumento de la cantidad mensual desde los meses estivales a los invernales es, por lo tanto, reducido y se eleva sólo de 3 a 4 %; de donde resulta que esta zona tiene lluvias durante todo el año, del sistema de la zona templada en invierno y de la zona tropical-subtropical continental durante el verano. Además, el centro del anticiclón Atlántico se encuentra en esta época más cerca de la costa sudafricana, que de la sudamericana, a la cual alcanza entre 28° y 38°S, donde su poder para reducir la actividad pluvial ya es relativamente escaso. La marcha anual de las lluvias a lo largo de 30°S ilustra lo dicho (Fig. 5). Porto Alegre, representante de una estación costera atlántica, está comparado con Monte Caseros sobre el río Uruguay y Esquina, sobre el río Paraná, estaciones representativas para el litoral argentino, y con otras dos en el centro del régimen continental: La Rioja y San Juan. Se advierte con claridad esta superposición de las lluvias invernales atlánticas sobre las lluvias estivales continentales, que dismi-

nuyen hacia la costa donde la marcha resulta inversa. Incluso, muestra esta figura una vez más la fuerte disminución de las lluvias hacia la Cordillera de tal manera, que en el invierno resulta una verdadera sequía en esta zona.

Por la rápida disminución de las lluvias invernales al Norte de 30°S, prácticamente no hay ninguna zona de transición entre este régimen y el de la zona tropical (ver correspondientes histogramas en el Mapa 2), encontrándose el límite septentrional de este régimen un poco al Norte del curso superior del Río Uruguay que allá separa el estado de Río Grande Do Sul, del de Santa Catalina. El límite oeste corre como la Sierra Cuchilla Grande a través del Uruguay y sigue hacia el Norte sobre las sierras brasileñas hasta su límite septentrional. Por falta de observaciones correspondientes y por no poder separar las zonas de lluvias invernales subtropicales de las que caracterizan las lluvias invernales atlánticas de la zona templada en base de observaciones pluviométricas solamente, resulta difícil determinar un límite austral sobre el Atlántico; el indicado en el Mapa 2 se basa solamente en los conocidos Mapas Isobáricos Mundiales.

Este último régimen está representado por una sola estación, Georgia del Sur, cuyas observaciones serán discutidas en el capítulo de la zona F.

#### ZONA D. — RÉGIMEN DE TRANSICIÓN ENTRE B Y C

(MÁXIMO DE LLUVIA EN PRIMAVERA Y OTOÑO, MÍNIMO EN INVIERNO)

La zona transicional entre el régimen de lluvias subtropicales continentales y subtropicales marítimas empieza en el Oeste en la región donde la influencia predominante de la baja presión en el NW argentino comienza a ser reemplazada por la eficacia del anticiclón atlántico sobre la distribución de las lluvias. Esto se expresa, como lo dijimos en el capítulo B, en la observación de que el máximo estival de las lluvias está dividido en dos partes y que se hace notar la tendencia a un mínimo secundario en los meses de verano que se desarrolla más y más en dirección al Este, hasta que desempeña el primer lugar en la anteriormente discutida zona C. Por lo tanto, se divide esta zona de transición en dos partes, una donde prevalece todavía la influencia continental y otra la marítima.

##### 1 - Predominante influencia continental:

Por la existencia de la Mesopotamia Argentina que en estas latitudes confiere rasgos marítimos\* a una zona muy adentrada en el clima del continente sudamericano, resulta la zona continental mucho más angosta que la zona de influencia marítima. Abarca sólo una estrecha franja que se extiende desde el Centro del Paraguay, a través del Este de Formosa, Centro y Este de Santa Fe hasta el Oeste de Entre Ríos y la parte Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

\* El concepto de «rasgo marítimo» en la distribución pluvial o en otros elementos climáticos no significa precisamente que el clima esté influido directamente por el mar. Todas las masas de agua, en efecto, que cubren áreas extensas, introducen características marítimas en el clima de regiones aún extremadamente continentales. (Ver las condiciones pluviales y térmicas en la región del lago Titicaca.)

En toda esta región el máximo de las lluvias cae ya en el mes de noviembre destacándose bien el mínimo secundario durante los meses de pleno verano y el aumento al máximo secundario en los meses otoñales.

Para delimitar esta región hacia el Este, es decir, hacia la región donde ya predomina la influencia marítima, se compararon las sumas de las precipitaciones de la primera mitad del semestre cálido con las de la segunda. Si abundan las precipitaciones en los meses primaverales, predomina la influencia continental; son más intensas las lluvias en otoño, cuando prevalecen los rasgos marítimos. Este criterio tiene su fundamento en el hecho de que el continente se calienta y se enfría

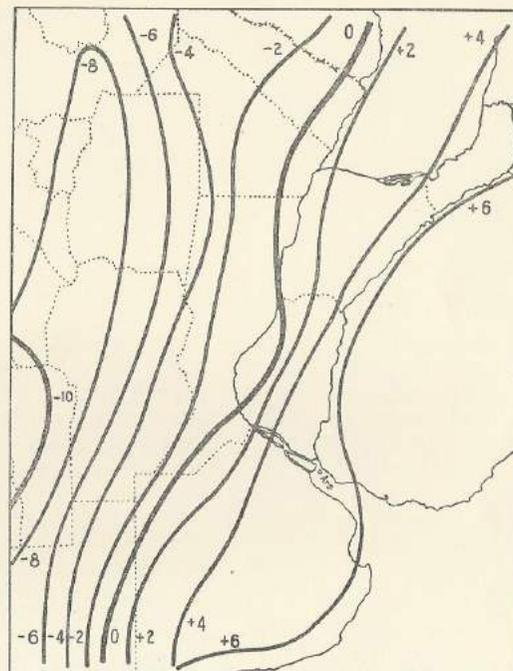


FIG. 6. — Diferencia de las sumas mensuales relativas entre la primera mitad del semestre cálido (nov.-dic.-ene.) y la segunda (feb.-marzo-ab.) en %.

más rápidamente que el mar, por lo cual en la primavera el continente se halla más caliente que el mar, mientras que en el otoño las condiciones se invierten. Por lo tanto, en la primavera los empujes de aire polar inestabilizan más el aire sobre el continente dando origen a precipitaciones más intensas que sobre el mar, mientras que en otoño las condiciones para lluvias intensas son más favorables en esta región, donde bajo la influencia marítima las masas de aire son todavía cálidas y húmedas y estratificadas en forma inestable.

El número de estaciones utilizadas para el Mapa 2 ó Fig. 3 no fué suficiente para determinar en tal forma la línea divisoria entre la influencia continental y marítima, como tampoco el criterio anteriormente aplicado (mes más lluvioso). Para determinar tan importante límite climático se utilizaron todas las estaciones pluviométricas situadas en la región limítrofe y publicadas en el Régimen Pluviométrico de la República Argentina (unas 80 estaciones más). Para todas estas estaciones se determinó no sólo el mes sino incluso la época más lluviosa y se tomó como semestre cálido el período desde noviembre hasta abril, dividiéndolo en tal forma que la primera parte abarcara los meses de noviembre a enero, y la segunda, de febrero a abril.

El resultado del análisis de todas estas estaciones está contenido en la Fig. 6, donde la línea 0 divide la zona con mayor precipitación en la primera mitad del semestre cálido (influencia continental), de la segunda mitad (influencia marítima). Las otras líneas muestran el grado del predominio de las precipitaciones en una u otra época, expresado en porcentaje de la suma anual. Comparando la línea divisoria con la rayada en el Mapa 2, se nota que ambas curvas coinciden en gran parte. Significa ello que el mes más lluvioso se encuentra también en la época más lluviosa, y la representa. Las otras isolíneas muestran que existe un gradiente mucho más pronunciado hacia el lado continental, lo que indica una disminución muy rápida de la influencia marítima más allá del Río de la Plata y el fuerte aumento de la continentalidad en el Este de Córdoba y La Pampa.

En cuanto al curso de la misma línea divisoria (línea 0 de la Fig. 6), se nota especialmente que la influencia marítima penetra al Norte del Río Guayquiraró, hasta el Este de Santa Fe y Presidente Perón, mientras al Sud de este río la influencia continental se extiende hasta Entre Ríos. Esta línea sigue después hacia el Sudeste atravesando el Paraná al Este de Rosario y mantiene más o menos su curso hasta que termina en la región del Río Colorado.

#### II - Predominante influencia marítima:

Como en la zona de transición anteriormente discutida se trata aquí también de una onda doble en la marcha anual de las precipitaciones con la diferencia de hallarse el máximo principal en el otoño (marzo y abril), y el secundario en la primavera (octubre y noviembre). El mínimo principal se observa todavía en invierno (julio a agosto). El mínimo secundario en el verano (enero-febrero) está expresado más claramente que en la región con predominante influencia continental.

Como en la discutida región costera (C), la marcha anual en esta región de predominante influencia marítima se halla tan equilibrada que no puede hablarse más de una época de sequía. Sin embargo, en los meses más secos cae sólo la mitad de la precipitación de los meses otoñales o primaverales. Sólo la costa de la provincia de Buenos Aires hace excepción, siendo la marcha anual tan suavizada que, por ejemplo en Mar del Plata, los meses de mayor y menor precipitación no difieren más que en 4% (máximo: febrero 11%, mínimo: julio 7%).

La superficie dominada por este régimen marítimo es la de los dos grandes ríos del litoral argentino, Paraná y Uruguay, y la región de sus afluentes situados sobre todo al Este de estos ríos. Al Sud del Río de la Plata abarca casi todo el territorio de Buenos Aires y la zona del Atlántico cercana a la costa de esta provincia. Los límites en sí se han discutido ya en los capítulos precedentes.

#### ZONA E. — RÉGIMEN SUBTROPICAL PACÍFICO EN VERANO Y DE LA ZONA TEMPLADA EN INVIERNO

(MÁXIMO DE LLUVIA EN INVIERNO Y MÍNIMO EN VERANO)

##### I - Pacífico y costa chilena entre 29° y 47°S:

Antes de continuar con la discusión de las lluvias en la zona austral de la República Argentina, vale decir en la Patagonia, hay que conocer el régimen en la costa occidental del continente y en el Pacífico de estas latitudes, ya que toda la Patagonia, como es sabido, se halla bajo el dominio de los vientos del Oeste.

Toda la costa pacífica de Sudamérica al Sud del Golfo de Guayaquil, se divide "grosso modo" en tres zonas respecto a las condiciones pluviales: 1) la zona árida, que se extiende desde el límite septentrional del Perú, alrededor de los 5°S hasta el límite meridional de la provincia chilena de Atacama en unos 29°S; 2) la zona de las lluvias invernales; y 3) la zona con abundantes precipitaciones durante todo el año, que se extiende desde la península Taitao (47°S) hacia el Sud.

De la primera zona no es menester hablar, ya que se trata de una región absolutamente desértica en su parte central (las famosas costas desérticas) y recibe sólo precipitaciones\* muy irregulares y poco frecuentes en sus otras partes. Una discusión de promedios o "valores normales" pierde aquí todo sentido.

La determinación del límite austral de esta zona árida, que es el límite boreal de la zona con lluvias invernales, es completamente arbitraria. Se eligió la latitud donde la suma anual de las lluvias empieza a aumentar considerablemente, sobrepasando los 100 mm y donde puede notarse una marcha anual definida, siendo la suma mensual del mes más lluvioso del orden de los 20 a 30 mm. En toda esta región, que abarca 18° de latitud, las lluvias invernales predominan en una forma extrema aunque la suma anual aumenta de 100 a unos 3000 mm. Es por lo tanto el ejemplo típico del régimen anticiclónico subtropical en verano y del de la zona templada en invierno.

El Cuadro III, relativo a algunas estaciones de esta región, da las sumas anuales y las sumas relativas de la época de lluvia y de sequía y del mes más lluvioso y más seco. Se desprende de ese cuadro el fuerte aumento de las lluvias hacia el Sud, lo mismo si se trata de estaciones situadas en los grandes valles longitudinales, que de estaciones costeras o de islas frente a la costa. En la parte septentrional del 80 al 90%

\* La forma común de la precipitación en esta región es la garúa, fenómeno intermedio entre lluvia y precipitación de niebla. La garúa es tan típica allí y en el SW de África, que llevó a Köppen a introducir el concepto de «clima de garúa». Aparte de esta forma de precipitación caen a veces chaparrones bastante intensos, originando grandes inundaciones. Estas fuertes lluvias están íntimamente relacionadas con «La corriente del Niño», problema del clima tropical ya ampliamente discutido.

CUADRO, III. — Suma anual (en mm) y suma de la época de lluvia y de sequía y del mes más lluvioso y más seco (en % de la Σ anual) en Chile entre 30° S y 45° S

	La Serena	Cogulambo	Los Andes	Valparaiso	Santiago	Juan Fernández	P. Carranza	P. Tumbes	Concepción	Contulmo	Isla Mocha	Valdivia	P. Galena	P. Montt	Isla Guafío	P. Aysen
Latitud S	29° 54'	29° 55'	32° 50'	33° 01'	33° 27'	33° 37'	35° 36'	36° 57'	36° 50'	38° 02'	38° 22'	39° 48'	40° 01'	41° 28'	43° 54'	45° 24'
Longitud W	71° 15'	71° 22'	70° 37'	71° 38'	70° 42'	78° 52'	72° 58'	73° 06'	75° 02'	73° 13'	75° 54'	75° 14'	73° 44'	72° 56'	74° 45'	72° 42'
Altura m	32	25	816	41	520	6	30	120	15	30	—	5	40	13	140	10
Período	1911-	—	1907-	1911-	1911-	1902-	1911-	1900-	1892-	1901-	—	1911-	—	1907-	1911-	1933-
Σ anual mm	40	124	36	40	40	36	40	36	36	36	—	40	2150	56	40	42
Época de lluvia (mayo-agosto) %	111	95	81	82	79	61	74	70	68	62	58	59	55	47	45	45
Mes más lluvioso (junio) %	36	35	30	29	28	18	24	25	20	20	16	17	16	12	11	12
Época de sequía (noviembre-febrero) %	2	1	3	3	4	12	6	7	8	12	15	15	15	23	25	28
Mes más seco (enero o febrero) %	0	0	0	0	0	2	1	1	1	2	2	3	3	5	6	7

de la suma anual cae entre mayo y agosto, y sólo del 1 al 3 % entre los cuatro meses de noviembre a febrero. Enero, en general, es carente de lluvias. Más al Sud las condiciones no son tan extremas; sin embargo, todavía la estación más austral, Puerto Aysen, tiene un 50 % más de precipitación en invierno que en el verano. Sólo a partir de 40°S los 4 meses estivales acusan más lluvias que el mes de junio y hasta en el mismo puerto Aysen, junio manifiesta casi el doble de la precipitación de enero. Esta marcha anual muy uniforme y pronunciada está sólo suavizada un poco en las islas, donde las cantidades de la precipitación dependen en grado mayor de la topografía de la estación.

Esta zona muy extensa puede dividirse, sin embargo, según las lluvias que se observan en el verano. Al Norte de 37°S más o menos, los meses estivales son prácticamente secos, mientras al Sud de este límite no puede hablarse con propiedad de una verdadera época de sequía. Este límite coincide aproximadamente con la isoyeta anual de 1000 mm.

Como se dijo más arriba, la marcha anual de las precipitaciones en las latitudes subtropicales depende en primer lugar de la marcha anual de la presión, o mejor dicho, del desplazamiento anual de la célula pacífica oriental de la franja anticiclónica subtropical. Como índice del curso de este desplazamiento se dispone únicamente de la marcha anual de la presión a lo largo de la costa pacífica y de las islas de Pascua y Juan Fernández (Fig. 7).

Se nota en esta figura que a lo largo de la costa existen dos distintos tipos de marcha. Uno, es la marcha "normal" de la presión de estaciones continentales con el máximo en invierno y mínimo en verano, y el otro, exhibe un máximo en octubre y un mínimo principal en mayo, no acusando más una influencia continental. Al contrario, es muy similar a la marcha anual de la presión que se registra en las islas del Pacífico de estas latitudes, Juan Fernández e Islas de Pascua, que a pesar de estar distante a unos 3000 km muestra una muy pareja marcha anual de la presión. Por lo tanto, se justifica el tomarla como marcha tipo de la presión del Pacífico oriental. En las curvas de la presión de estas dos islas se advierte una división del año en tal forma, que los meses de julio a octubre o noviembre revelan una presión muy superior al término medio, mientras que en los 7 u 8 meses restantes, los valores quedan por debajo del promedio anual.

La zona transicional entre el tipo continental y pacífico, puede observarse en todas sus fases a lo largo de la costa chilena progresando de Norte a Sud. Al Norte de 35°S se registra el tipo continental puro. A partir de esta latitud se hace notar en el mes de mayo un mínimo secundario (Punta Carranza), que se desarrolla al mínimo principal ya a 3° más al Sud (al Sud de isla Mocha Este). Al mismo tiempo el máximo se desliza desde agosto a octubre. Esta zona de transición del régimen de la presión es justamente la misma que separa la región con una verdadera época de sequía estival, de la zona donde también en verano se producen lluvias. Además, es la misma zona en que las pequeñas sumas anuales (500 mm) aumentan en forma brusca (hasta 1500 a 2000 mm) y donde en general la época de lluvia empieza ya en el mes de abril.

Para ilustrar los gradientes reales, que resultan de la superposición de esos dos tipos al gradiente general de la presión, que reina entre el anticiclón subtropical y la zona de baja presión en las regiones suban-

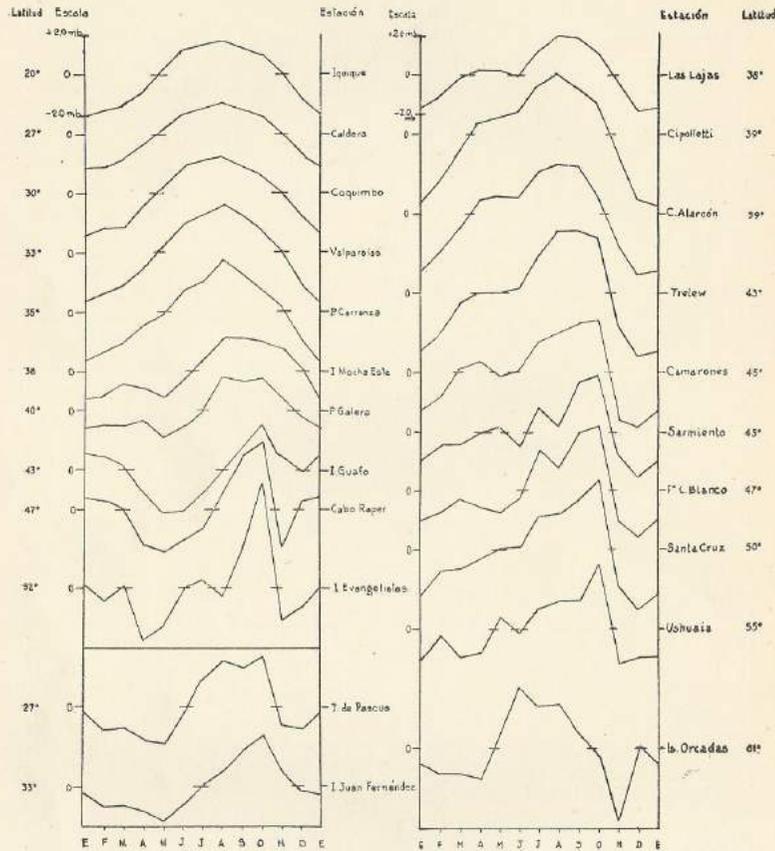


FIG. 7. — Marcha anual de la presión a lo largo de la costa chilena (desviación del promedio anual, al nivel de la estación).

FIG. 9. — Marcha anual de la presión en la Patagonia (desviación del promedio anual, al nivel de la estación).

tárticas, se representó en forma de isopletas la marcha anual de la presión\* a lo largo de la costa chilena (Fig. 8). Por supuesto, sólo estos gradientes y las resultantes corrientes atmosféricas son responsables de la distribución de las lluvias en esta parte del Pacífico y en la costa chilena.

\*No contando con promedios mensuales de presión de igual período o longitud y siendo desconocida, además, la altura exacta de algunas estaciones, las líneas de la Fig. 8 se resienten de inseguridad; dejan, no obstante, lo esencial de la distribución de la presión.

La Fig. 8 expresa muy claramente la separación en tres zonas en que hemos dividido la costa chilena al principio de este capítulo, según la distribución de las lluvias, y hay casi coincidencia de los mismos límites. También muestra esta figura la subdivisión de la zona conforme a veranos con lluvias y sin ellas.

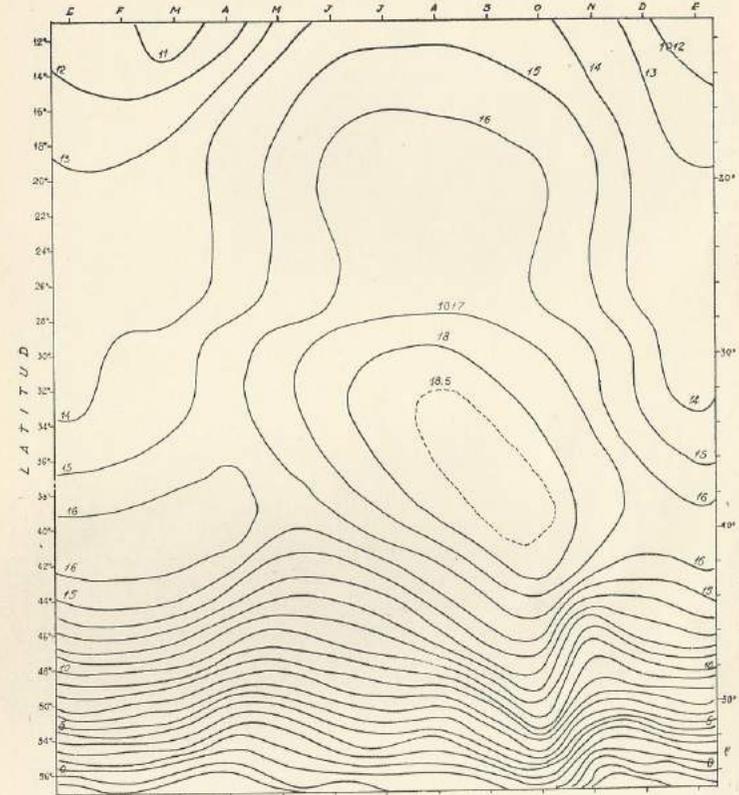


FIG. 8. — Marcha anual de la presión a lo largo de la costa pacífica (en mb reducida al nivel del mar).

Aproximadamente al Norte de 28°S (hasta la región tropical en unos 20°S), se extiende una zona caracterizada por una muy pequeña marcha anual. Más al Sud sigue la región del régimen continental de la presión que, a partir de 37°, pasa a la marcha anual típica del Pacífico subtropical. La lengua de baja presión, que en enero va avanzando desde el Norte, se desplaza en mayo por otra que viene del Sud con un intervalo de transición muy breve. Más al Sud se superpone a este régimen el fuerte gradiente que reina durante todo el año entre esta zona y la zona circumpolar de baja presión, a unos 60°S.

La coincidencia de la división de la costa del Pacífico hecha en base a la distribución de las lluvias, o a la presión, prueba que esta última, o mejor dicho la corriente resultante de su gradiente, es la causa principal de la distribución de las lluvias a lo largo de dicha costa.

Interpretando en este sentido la Fig. 8, se ve que la región al Norte de 28°S está situada durante todo el año en la ladera septentrional del anticiclón del Pacífico, donde empieza el declive hacia la baja presión ecuatorial. Es, por lo tanto, la región de origen de los vientos alisios del Pacífico que soplan con gran regularidad durante todo el año y son causa de la sequía absoluta en la ladera occidental de la Cordillera (desiertos en Chile septentrional y la parte Sud de Perú). La estratificación de la atmósfera sumamente estable, se halla aun intensificada por la temperatura del mar relativamente fresca, originada por la corriente del Perú.

La zona más al Sud está claramente definida por los límites marcados por la migración anual del centro del anticiclón Pacífico, cuyo margen oriental se extiende hasta la costa. En pleno verano la zona con la presión más alta está situada entre 37° y 45°S, y en invierno, entre 29° y 37°S. Mientras el centro de la alta presión se encuentra en su situación septentrional (al Norte de 34°S) durante solamente 4 meses (mayo a agosto), se ubica casi el resto del año al Sud de 40°S, de modo que a esta latitud corresponde el promedio anual más alto de la presión de toda la costa chilena y la variación más pequeña de los promedios mensuales (3 mb). Este desplazamiento acarrea un cambio en la dirección del gradiente de la presión, de modo que sobre esta región existe un gradiente N-S durante los 4 meses invernales y uno S-N durante el resto del año. Por consiguiente, durante las dos terceras partes del año, toda esta región se halla bajo el régimen desecante de los alisios, y se encuentra sólo durante los meses de mayo a agosto en la pendiente Sud del anticiclón, y por ello, también bajo la influencia de los vientos de la zona templada, razón por la cual solamente durante esta época hay precipitaciones.

De esta representación se puede desprender también la causa por la cual a los 37°S el comienzo de la época de lluvia se adelanta desde mayo a abril, y resulta un aumento considerable de las precipitaciones anuales en esta latitud. Es que, en este último mes, la presión más alta pasa por esta latitud en su desplazamiento hacia el Norte. Lo más sorprendente en esta figura es, sin embargo, el fuerte avance hacia el Sud del anticiclón Pacífico en los meses de setiembre y octubre, que se extiende hasta el estrecho de Drake y tal vez aún más al SE. El efecto de este desplazamiento sobre la distribución de la lluvia en aquellas regiones, será discutido más adelante, ya que es común la disminución de las lluvias en el régimen subtropical en estos meses.

## II - Patagonia y costa atlántica entre 41° y 50°S:

La marcha anual de las precipitaciones en la Patagonia y su costa atlántica depende en su mayor parte de las condiciones en la costa pacífica, modificada sólo por la situación orográfica especial de la Patagonia y por la influencia directa del Atlántico.

En general, tenemos en toda la Patagonia el mismo régimen de precipitación que en la costa chilena, vale decir, una época de lluvia invernal (si es lícito hablar de tal época en una región árida), en que cae más o menos la mitad de las lluvias anuales y que se extiende también desde mayo a agosto y una época de sequía en el verano.

Para demostrar numéricamente la similitud de la marcha anual, que se vió ya en los histogramas del mapa 2, se calculó para una selección de estaciones patagónicas, un cuadro similar al N° III, sólo subdividido para las estaciones cercanas a la Cordillera y las estaciones ubicadas en el centro de la meseta patagónica o en la costa atlántica\*.

Este cuadro IV muestra que las estaciones cordilleranas coinciden casi completamente en sus valores relativos con las vecinas de la costa chilena, también pone de relieve que la meseta patagónica y la costa atlántica tienen la misma marcha, sólo que menos pronunciada.

Como al otro lado de la Cordillera, junio tiene aquí más precipitación que los 4 meses estivales juntos y en la misma costa atlántica el mes más lluvioso tiene todavía una precipitación doble que el mes más seco. Tal igualdad en la marcha anual de las sumas relativas es aún más notable entre la costa chilena y la Patagonia con su costa, considerando los valores absolutos que difieren en más de 10 veces, por lo cual aquí el verano tiene una verdadera época de sequía.

Esta coincidencia se encuentra hasta cierto punto también en la marcha de la presión (Fig. 9, pág. 90) que es más similar al régimen Pacífico que al continental.

Al Sud de 40°S en todas las curvas es pronunciado el desplazamiento del máximo de la presión desde agosto a octubre y existe un mínimo en mayo o junio que, sin embargo, no es el principal por la continentalidad de las estaciones patagónicas. La zona de transición de un régimen al otro está 2° ó 3° más al Sud que en la costa Pacífica.

Además de ser causa para el fin de la época de lluvia en general, el fuerte aumento de la presión en los meses de setiembre y octubre explica otro fenómeno de la distribución anual de las lluvias en la Patagonia: el máximo bien definido de las precipitaciones en octubre en una zona que abarca el semicírculo que se extiende desde Bahía Blanca sobre Cipolletti a Trelew.

Las frecuentes situaciones anticiclónicas sobre la Patagonia en el mes de octubre\*\* ante todo, ocasionan en su límite septentrional vientos del sector Este que transportan masas de aire húmedo desde el Atlántico a esta región aumentando la actividad pluvial\*\*\*.

Esta relación entre la presión en el Sud de la Patagonia y las lluvias en la zona del Río Negro fué discutida ya en un estudio para otra finalidad por W. Schwerdtfeger (14). Todas las estaciones de esta región tienen el máximo de los vientos del Este en el mes de octubre.

\*No todas las estaciones patagónicas tienen el mismo período, razón por la cual los valores no son homologables, máxime si se toman en cuenta las pequeñas sumas anuales; de donde resulta una variación mayor de las sumas mensuales relativas.

\*\*Ver también tabla 8 en «El clima de la República Argentina» (15) donde está indicado el número de ciclones y anticiclones que pasan por la Argentina durante el año. De aquí se desprende que al Sud de 40° S, octubre tiene el máximo de pasajes de anticiclones y es al mismo tiempo el único mes donde en el período contemplado (1913-1922) no pasó ninguna depresión sobre esta región.

\*\*\*La superposición de esta influencia atlántica sobre el régimen patagónico y la insuficiente longitud del período de estas estaciones para la escasa cantidad de lluvias, aconsejaron suavizar las sumas mensuales relativas para trazar el límite entre las lluvias invernales de la Patagonia y las de la estación cálida en Eva Perón y en Buenos Aires. Sin embargo, los histogramas del mapa 2 representan los valores no suavizados.

CUADRO IV. — Suma anual (en mm) y suma de la época de lluvia y de sequía y del mes más lluvioso y más seco (en % de la Σ anual) en la Argentina entre 37° S y 55° S

	Chos Malal	Las Tablas	Bartolche	Raquel	Lago B. Aires	Marquina	Sarmiento	Comodoro Rivadavia	P. Arenas	Georgia del Sur
Latitud S	37° 25'	38° 32'	41° 09'	42° 54'	46° 51'	41° 15'	45° 55'	45° 47'	53° 10'	54° 16'
Longitud W	70° 17'	70° 25'	71° 18'	17° 17'	71° 01'	68° 44'	69° 04'	67° 30'	70° 54'	36° 30'
Altura m	850	715	853	806	418	888	268	61	28	2
Período	1915-37	1915-37	1915-37	1906-38	1937-46	1913-38	1915-37	1930-44	1919-40	1915-37
Σ anual mm	252	242	1065	474	219	168	135	206	484	1560
Época de lluvia (mayo-agosto) %	68	60	60	58	58	42	52	44	40	45
Mes más lluvioso %	junio	junio	junio	junio	agosto	junio	junio	mayo-ag.	junio	julio
%	26	17	18	20	25	12	16	12	11	12
Época de sequía (nov.-febrero) %	12	14	15	16	13	24	20	25	27	25
Mes más seco %	diciemb.	dic.-feb.	en.-feb.	enero	enero	en.-feb.	noviemb.	noviemb.	enero	octubre
%	2	3	3	3	1	5	4	5	6	4

como lo ilustra la Fig. 10. (Al interpretar esta figura hay que tener en cuenta que la frecuencia absoluta de estos vientos es escasa por la prevalencia de los vientos del Oeste en esta región).

Haciendo caso omiso de esta zona de transición con el máximo de lluvia en octubre, el cambio del régimen continental de lluvias al Norte del río Negro al régimen patagónico, es muy brusco, por lo cual el límite septentrional de este régimen de lluvias está bien determinado. Este límite que es la continuación del límite entre el régimen del Pacífico y el continental formado por la Cordillera más al Norte, se desvía de su dirección original N-S, a partir de 37°S hacia el SE. Las lluvias invernales empiezan por lo tanto al Sud de la sierra de los Vientos. El límite sigue después en la misma dirección aproximadamente entre los ríos Colorado y Neuquén, atraviesa el río Negro al Este de Neuquén y corre al Sud de este último río hasta alcanzar la costa Atlántica, entre San Antonio Oeste y Patagones.

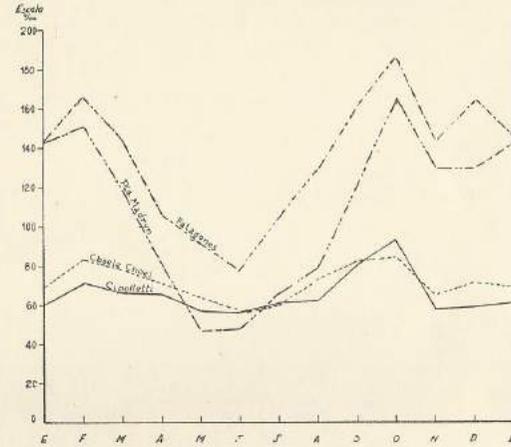


FIG. 10. — Marcha anual de la frecuencia de los vientos del E en el Noroeste de la Patagonia (en % de todas las direcciones).

Existen varias causas para que precisamente a los 37°S el régimen de lluvias del Pacífico se extienda al Este a través de la Cordillera, y predomine en el continente a partir de esta latitud. En primer lugar disminuye en esta latitud la altura media de la Cordillera hasta unos 2000 m y decrece su ancho rápidamente de manera que los vientos del Oeste no pierden todo su contenido de vapor de agua al atravesarla. Además el continente se estrecha al pasar los 37°S, llegando a ser casi la mitad del ancho que tiene en las latitudes de la Argentina septentrional, de modo que disminuye rápidamente la influencia continental sobre los elementos climáticos y, por último, tal vez la causa más importante, es la variación en el régimen en la costa chilena en esta misma latitud, donde aumenta rápidamente la suma anual casi al doble. Es también aquella región que en el invierno está ya en la zona

de los vientos del Oeste, y durante los meses estivales se encuentra al Norte de la zona de mayor presión.

Estos tres factores influyen de la misma manera en la marcha anual de precipitación en la Patagonia y, por lo tanto, la influencia del régimen del Pacífico aumenta más y más con latitud creciente, siendo probable encontrarlo hasta en zonas aún más al Este de la costa Atlántica. Un límite oriental de este régimen no puede fijarse por la escasez de observaciones de buques en esta región. Además, es probable que ni exista un verdadero límite, ya que en general sobrepasan las lluvias de invierno a las de verano en las regiones oceánicas de las latitudes templadas, lo que comprueban también los datos de Georgia del Sud. Sólo para distinguir un tipo del otro se trazó el límite oriental de este régimen en la zona donde aparece otra vez una intensificación de la actividad pluvial.

El límite boreal del régimen patagónico de lluvia es por lo tanto la línea climática divisoria más importante de toda Sudamérica austral, pues pasándolo no sólo cambia gradualmente el tipo de la distribución anual de un elemento, sino que el mismo desarrollo del tiempo depende de otro centro de acción. El tiempo al Sud de este límite ya no depende en primer término de la situación e intensidad del anticiclón atlántico y del desarrollo de la depresión térmica, sino del anticiclón pacífico y de las condiciones en las zonas subantárticas y antárticas. Más pronunciado que en la marcha anual de la lluvia se expresa este límite climático en el régimen del viento, el que, como es sabido, cambia en forma brusca su dirección prevalente Norte y Noreste por la del Oeste.

La costa atlántica de Sudamérica muestra, pues, el fenómeno sorprendente que se observa en dos regiones separadas: el régimen subtropical con lluvias invernales. El uno se encuentra en la costa meridional del Brasil y en la costa uruguaya (entre 25° y 30°S) causado por el anticiclón Atlántico, y el otro en la costa patagónica (entre 40° y 50°S), provocado por la migración del centro del anticiclón Pacífico.

En lo que se refiere a la gran diferencia de la cantidad de lluvias que existe entre el Atlántico y Pacífico (entre 40° y 50°S), con una relación de 1:4 aproximadamente y que se acentúa a formas extremas en los dos lados de la Cordillera, donde hay estaciones distantes en menos de 100 km y que difieren por casi 4 m de lluvia en sus sumas anuales, se podría suponer que en la tropósfera media el anticiclón pacífico se extiende todavía más al Este y Sudeste y no sólo en los meses de la primavera, sino también en el verano; ello explicaría la escasez de lluvia sobre la Patagonia y el Atlántico vecino en esta época.

La Cordillera no es lo suficientemente alta en estas latitudes como para ser la causa de las escasas lluvias en toda la meseta patagónica y la zona atlántica adyacente. Sólo en el invierno, con sus bajas temperaturas, la Cordillera puede ser un obstáculo verdadero para el pasaje de la humedad de un lado al otro, indicando además los pluviómetros valores demasiado pequeños por caer la precipitación en forma de nieve con alta velocidad del viento.

#### ZONA F. — RÉGIMEN DE LOS VIENTOS DEL OESTE

(PRECIPITACIÓN DURANTE TODO EL AÑO CON MÁXIMO EN VERANO)

La discusión del régimen de las precipitaciones en la verdadera zona de los vientos del Oeste debe reducirse a unas pocas palabras por ser los datos obtenidos de estas vastas áreas, puramente oceánicas, tan escasos e inseguros que no pueden dar lugar más que a suposiciones. Es un régimen que reina al Sud de los límites indicados en el capítulo anterior y se extiende hasta el continente antártico. Se destaca por precipitaciones durante todo el año, algo más abundantes en el verano que en el invierno y la primavera, y que sólo acusan una pequeña variación anual. Es ésta una distribución que parecería desvirtuar la habitual sobre los océanos en latitudes templadas, pero es la típica de las zonas polares. Aparece aquí ya a partir de 50°S, mientras se la observa en la zona ártica sólo al Norte de 70°<sup>(10)</sup>. En la costa y en la parte limítrofe septentrional, sobre los océanos, se alcanza a percibir todavía el ya discutido y vigoroso contraste entre las sumas anuales de las regiones Pacífica y Atlántica. Hacia el Sud las diferencias se equilibran, disminuyendo sólo los valores absolutos al acercarnos al continente Antártico.

A pesar de las grandes diferencias de los valores absolutos (por ej., San Pedro 4800 mm y Santa Cruz 200 mm), evidencian las observaciones\* una marcha muy similar entre sí (Cuadro V). En lo extremo, manifiestan esta marcha las tres estaciones más australes de la costa chilena (Cuadro V a). Por un lado registran las sumas anuales mayores de toda esta región; por otro, acusan una marcha tan equilibrada que los meses extremos no difieren más que en 3%. La marcha anual es tan uniforme entre estas estaciones que se justifica el calcular una marcha media (última línea).

Suponiendo una distribución completamente equilibrada durante todo el año, correspondería a un mes la suma relativa de 8,3%. Es el valor que se observa realmente en esta región durante 5 meses. Sólo los meses de enero a abril superan este guarismo en 1% mientras que agosto a octubre exhiben valores más bajos.

El mes caracterizado por mayor precipitación es abril y, seis meses después, en octubre se registra el mínimo. Esta marcha anual está determinada por el mayor contenido de vapor de agua existente en el aire en la estación cálida y corresponde perfectamente con la marcha anual de la temperatura del mar en esta zona. También los meses con los valores extremos coinciden, ofreciendo el valor máximo abril con unos 10°C y el mínimo, octubre con 5°C aproximadamente.

La costa oriental y las islas de esta región (Cuadro V, b) tienen la misma marcha, sólo que en ellas está mejor expresado el predominio de las lluvias de verano respecto de la precipitación del invierno. Pero también acontece aquí que los meses con los extremos de precipitación no difieren más que en 4% con relación al valor medio de una distribución equilibrada. Los valores relativos de este cuadro

\*La discusión se basa, por supuesto, tan sólo en las observaciones de las estaciones que se encuentran sobre el continente y de las dos o tres estaciones ubicadas en islas adyacentes. Los resultados obtenidos se refieren, por lo tanto, a la parte Norte de esta gran región.

CUADRO V. — Marcha anual de las sumas relativas mensuales de la precipitación: a) en la costa Pacífica  
b) en la costa Atlántica e Islas Australes

Estaciones	Latitud	Longitud	Altura	Período	Meses												Σ anual	
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<i>a)</i>																		
Cabo Rapel	46° 50' S	75° 35' W	40 m	12 años	9	9	9	10	9	8	8	8	7	6	9	9	4	2140 mm
San Pedro	47° 45'	74° 55'	22 "	1933-1942	10	9	9	10	7	9	9	8	7	7	8	8	5	4259 "
Isiote Evangelistas	52° 24'	75° 06'	55 "	1899-1956	9	9	10	9	8	8	8	8	7	7	9	8	5	2890 "
Promedios					9	9	9	10	8	8	8	8	7	7	9	8		
<i>b)</i>																		
Santa Cruz	50° 01'	68° 54'	111 "	1913-1937	10	8	7	10	9	10	7	7	7	5	9	12	7	177 "
Río Gallegos	51° 40'	69° 16'	22 "	1928-1945	12	10	11	10	7	7	7	7	6	5	9	9	7	258 "
Punta Dungenes	52° 24'	68° 26'	5 "	1903-1945	11	9	10	10	8	8	9	9	7	5	6	11	6	247 "
Ushuaia	54° 49'	68° 19'	21 "	1928-1940	8	10	12	8	7	10	9	6	6	7	8	8	6	585 "
Año Nuevo	54° 39'	64° 10'	50 "	1902-1919	11	11	11	12	8	8	6	6	6	6	8	9	7	624 "
Islas Malvinas	51° 41'	57° 42'	213 "	1905-1915	10	9	8	9	11	9	8	8	7	5	8	10	6	685 "
Promedios					10	10	10	10	8	9	8	8	6	5	8	10	6	
Islas Orcadas del Sur	60° 44'	44° 44'	4 "	1913-1937	8	11	11	9	8	7	8	9	7	7	8	7	4	1368 "
Promedios					9	10	12	10	8	6	8	8	8	7	8	6	6	421 "
Georgia del Sur	54° 16'	56° 30'	2 "	1913-1937	7	7	9	10	10	11	12	10	7	4	6	8	8	598 "

varían por supuesto mucho más, por ser los períodos más cortos y desiguales y registrándose sumas mensuales y anuales mucho menores. No obstante, el promedio de todas estas estaciones (incluyendo Malvinas) muestra bien definidamente todas las características mencionadas, aunque las sumas anuales son la décima parte de las de la costa chilena. Se dan aquí también las escasas sumas en los meses invernales, por el hecho de que, en esta época del año, las precipitaciones caen en su mayor parte en forma de nieve reinando al mismo tiempo una alta velocidad del viento, por lo cual resultan sumas mensuales demasiado pequeñas.

Hemos incorporado a este cuadro las sumas relativas mensuales de las dos estaciones más australes con un record largo (Islas Orcadas del Sud y Georgia del Sud). Se advierte que la primera tiene un tipo similar al de la costa. Por hallarse todavía en la zona de los vientos del Oeste, se ha considerado a toda la zona como uniforme respecto a su régimen ya que también los pocos años de observaciones en Tierra de Graham parecen señalar una marcha similar a la de las Islas Orcadas del Sud.

En lo que se refiere a las observaciones en Georgia del Sud, expresan éstas claramente que pertenecen al régimen oceánico de las zonas templadas con la época de mayor precipitación en el semestre invernal, marzo a agosto, y con menos actividad pluvial en el semestre estival, septiembre a febrero (G en mapa 2). El mes más lluvioso es aquí julio, y con menor precipitación se presenta octubre. Por lo cual se distingue este régimen también del régimen del anticiclón subtropical.

La relación estrecha entre la marcha anual y el gradiente de la presión y del viento con la de las precipitaciones se manifiesta también en esta zona. Al Sud de 47°S, en efecto, dos veces por año cambia casi bruscamente el gradiente bórico de un mes al otro (Fig. 8) —entre abril y mayo—, intervalo en que la presión baja en la zona subtropical y aumenta en la región subantártica, resultando una fuerte disminución del gradiente, y el proceso inverso, desde octubre a noviembre, donde una bajada muy rápida de la presión en la zona subantártica corre a la par de una disminución relativamente pequeña de la presión en la zona subtropical, resultando un gradiente dos o tres veces mayor que en las latitudes correspondientes del hemisferio Norte. En estos mismos meses disminuye y aumenta respectivamente la actividad pluvial en esta zona. Los meses del máximo y mínimo de la presión en las Islas Evangelistas coinciden perfectamente con el mínimo y máximo de la precipitación en esta región, octubre y abril, respectivamente (Fig. 7, Cuadro V, a). Los meses de septiembre y octubre tienen también el mínimo de la velocidad del viento, que en el promedio cuenta entre las más altas del mundo.

Esta marcha anual, poco común, de las precipitaciones para esas latitudes, resulta de una superposición del régimen subantártico de la presión al régimen del anticiclón del Pacífico. Esta concurrencia da lugar a una marcha anual de la presión nada habitual que se manifiesta por ejemplo en Ushuaia (Fig. 9: promedio de 40 años!). El ya discutido máximo de octubre se perfila claramente, pero ya en noviembre acusa el mínimo anual, de modo que durante los restantes diez meses la curva de la

presión asciende en general. Este mínimo principal parece tener origen antártico o subantártico, puesto que es un rasgo característico de la marcha de la presión en toda la región circumpolar. No se encuentra solamente en las Islas Orcadas sino también en las series cortas de las estaciones sobre Tierra de Graham y en las estaciones más meridionales del sector australiano.

#### RECONOCIMIENTO

El autor hace propicia la oportunidad para agradecer al Jefe del Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional, Agr. Nac. José María Raffo del Campo, la ayuda recibida durante la selección y preparación del material básico del presente trabajo, y a los doctores Werner Schwerdtfeger y Kurt Wölcken el asesoramiento brindado en distintas discusiones. Extiende su reconocimiento, asimismo, a las señoritas Nelly M. Beer, Teresa A. Gardela y María A. Vila, del Servicio Meteorológico Nacional, por su eficaz colaboración en el cálculo y en la elaboración de los datos, mapas, figuras y cuadros.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. « El régimen pluviométrico de la República Argentina. Normales de lluvia de 25 años (1913-37) ». Ministerio de Agricultura. Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología. Serie F. N° 2. Buenos Aires, 1945.
2. « Atlas Pluviométrico do Brasil (1914-58) ». Ministerio da Agricultura, Divisao de Aguas, Seccao de Hidrologia, Boletim N° 5. Rio de Janeiro, 1948.
3. K. KNOCH. — « Klimakunde von Südamerika ». Handbuch der Klimatologie (Koppen und Geige), Band II, Teil G. Borntrager. Berlin, 1930.
4. a) PRADA ESTRADA, ROBERTO. — « Climas de Bolivia ». Dirección General de Meteorología. La Paz, 1948.  
b) ESCOBAR VALLEJO, ISMAEL. — « Régimen pluviométrico de Bolivia ». Dirección General de Meteorología. La Paz, 1948.
5. SCHOTT, G. — « Geographie des Atlantischen Ozeans », 3 edit. Hamburg, 1942.
6. SCHOTT, G. — « Geographie des Indischen und Stillen Ozeans ». Hamburg, 1955.
7. MEINARDUS, W. — « Eine neue Niederschlagskarte der Erde ». *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 1934, 1 y 141.
8. « Atlas of Climatic charts of the Oceans ». U. S. Department of agriculture, Weather Bureau. Washington, 1938.
9. a) « Monthly Meteorological Charts of the Eastern Pacific Ocean ». M. O. M. 446.  
b) « Monthly Meteorological Charts of the Atlantic Ocean ». M. O. M. 402 and 402 a Marine Branch of the Meteorological Office, Air Ministry. London.
10. MÖLLER, F. — « Vierteljahreskarten des Niederschlages für die ganze Erde ». *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 1951, 1.
11. a) « Brazil », Weather Summary H. O. N° 527.  
b) « South America (Southern Part) ». H. O. N° 529 U. S. Navy department, Hydrographic Office. Washington, 1945.
12. SCHWERDTFEGER, W. — « La depresión térmica del NW Argentino ». *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. CLI, 225, 1951.
13. KNOCH, W., y BORZACOV, V. — « El clima de la República Argentina ». Geografía de la República Argentina, Tomo V, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos (GAEA). Buenos Aires, 1946.
14. SCHWERDTFEGER, W. — « Consideraciones acerca de la compensación global de la precipitación anual en relación con el problema de la producción artificial de lluvias ». *Meteoros*, I, 189, 1951.

## CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO SÍSMICO DE LA PROVINCIA DE SALTA

Por RAIMUNDO CELESTE \*

**Resumen.** — Se propone una división de la provincia de Salta en seis zonas de distinto grado de sismicidad, fundada en el reconocimiento de grandes líneas de fractura, y en el estudio de datos de archivo así como de diversos tipos de construcciones.

**Summary.** — It is proposed a clasification of the province of Salta into six areas of different seismicity, based upon a reconnaissance of great faulting zones, filed data and different types of buildings.

#### INTRODUCCIÓN

A requerimiento de la Dirección General del Agua y Energía, el Departamento de Geofísica del Servicio Meteorológico Nacional envió a la provincia de Salta una Comisión Sismológica con el fin inmediato de precisar el grado de peligrosidad sísmica de diversas zonas, y el ulterior de calcular el coeficiente de seguridad para futuras presas de embalse, a levantarse en la citada provincia en cumplimiento del Plan Quinquenal dispuesto por el Superior Gobierno de la Nación.

La campaña, de dos meses de duración, permitió reunir una serie de datos que no sólo conducen a conclusiones valiosas con respecto a los posibles lugares de emplazamiento de las futuras presas de embalse, sino que incluso permiten emitir un juicio más claro sobre lo que hasta hoy se sabía con respecto al grado de sismicidad de la provincia de Salta.

La labor macrosísmica se ha fundado en la observación geológica, sin despreciar asimismo los testimonios de viejos pobladores del territorio. Fué proseguida en otra campaña que permitió completar los datos anteriormente extraídos sobre una carta que da una idea aproximada de la sismicidad general de la provincia.

Si a ello se suman los datos extraídos del Archivo Sísmico del Servicio Meteorológico Nacional (sismogramas, notas y comentarios científicos) acumulados en treinta años de observaciones, se puede llegar, sin duda, a emitir un juicio cierto, o por lo menos muy probable, respecto de la sismicidad real de la zona en estudio.

El autor debe agradecer la colaboración prestada en todo momento a la comisión antedicha por la División Técnica de Irrigación de Salta dependiente de la Dirección del Agua y Energía, y el Comando de la Quinta División de Ejército, en las personas del Ingeniero D. Néstor Goytea y el Mayor D. Julián Bustillo, respectivamente.

\* Doctor en Ciencias Naturales. Jefe del Departamento de Geofísica del Servicio Meteorológico Nacional.

LA ZONA DEL NE. SALTEÑO: ZANJA DEL TIGRE, AGUAS BLANCAS  
Y JUNTAS DEL RÍO PESCADO-IRUYA

Si partimos desde Orán hacia el E llegaremos, tras cruzar el Río Bermejo, a las últimas estribaciones orientales del Sistema Sub-andino; son las Sierras de Miraflores o del Río Seco. En su extremidad meridional el Río Bermejo tuerce bruscamente de rumbo hacia el ESE para luego de su encuentro con el Río San Francisco internarse en el Chaco Salteño sin abandonar ya el rumbo general de su cauce hasta su confluencia con el Río Paraná (véase Mapa).

La Sierra del Río Seco se prolonga hacia el N en la Sierra del Alto y aquí los cordones orográficos del Sistema Sub-andino se complican extraordinariamente en lo que a su estructura morfológica se refiere, dando lugar a la formación de una serie de valles longitudinales que separan las distintas unidades geográficas que integran el sistema, el cual prosigue desarrollándose extraordinariamente hacia el N, ya sobrepasado el límite argentino-boliviano.

A estos elementos positivos orográficos se los puede determinar perfectamente tanto en el sentido morfológico como en el geológico. Quizás se pueda hablar de cuencas intermontáneas, ligadas unas con otras por profundos valles transversales.

Desde el N las estribaciones del Sistema Sub-andino van ganando considerablemente en altura y a medida que nos internamos hacia el W aparecen las primeras pequeñas cuencas sin desagüe.

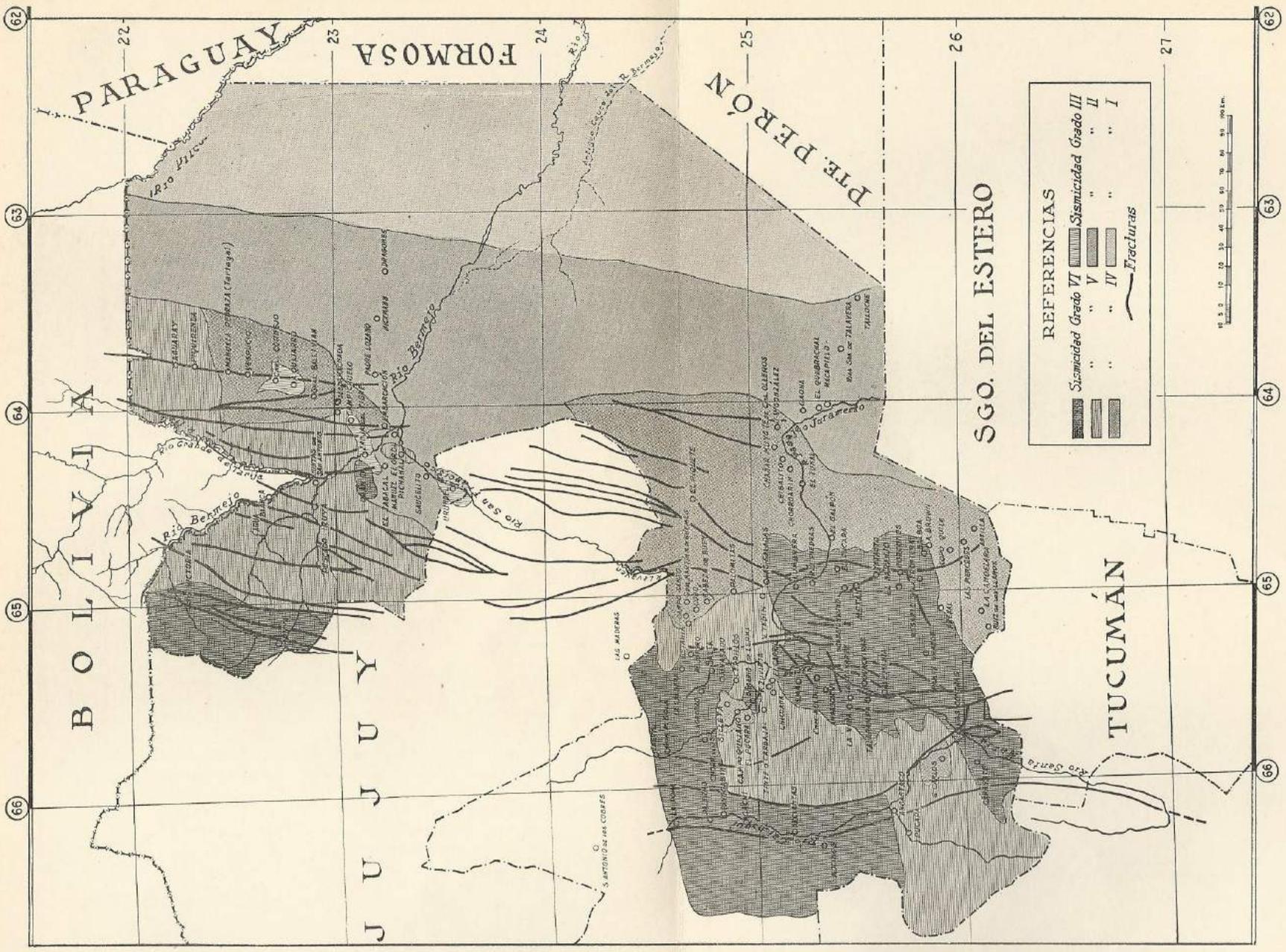
Desde el punto de vista geológico, predominan dos entidades bien definidas; son el Terciario Sub-andino, y en los núcleos de los cerros, las series inferiores del Complejo Post-Paleozoico. Las rocas antiguas afloran solamente en áreas muy reducidas.

Las relaciones tectónicas se simplifican a medida que se avanza hacia el Chaco, de W a N, y las dislocaciones principales cortan generalmente la base del terciario con rumbo general N-S.

Generalmente estas fallas cortan las alas occidentales de los anticlinales, y si bien debemos suponer la escasez de fracturas transversales, no ha de descartarse su importancia, como lo demuestra la existencia de algunas de ellas en las extremidades de los elementos orográficos.

Tectónicamente la disposición del terreno es el producto de un plegamiento de tipo sencillísimo, ya que los elementos estructurales se encuentran considerablemente distanciados los unos de los otros, constituyendo lomadas suaves. Quizás haya un pequeño rebatimiento del anticlinal del Río Seco sobre el ala oriental. Ha de buscarse la causa principal de esta sencillez tectónica en que los plegamientos violentos del Terciario acompañados de dislocaciones de gran rechazo han tenido lugar hacia el límite oriental de la Puna sobre el cual se han apoyado los estratos de la Formación Petrolífera, siendo, en cambio, considerablemente menores en su intensidad, hacia el E, los fenómenos diastróficos, que se presentan hacia la región chaqueña como el resultado de repercusiones del movimiento orogénico terciario, adoptando la forma de suaves ondulaciones, cubiertas en su mayor parte por sedimentos recientes.

Las condiciones tectónicas hacia el W de Orán se complican considerablemente. Lo mismo sucede en lo que respecta a la variedad de las



B O L I V I A

PARAGUAY  
FORMOSA

PTE. PERÓN

SGO. DEL ESTERO

TUCUMÁN

J U J U Y

REFERENCIAS

	Simicidad Grado VI
	Simicidad Grado III
	" " " II
	" " " I
	Fracturas



62 63 64 65 66

22 23 24 25 26 27

formaciones geológicas. Si remontamos aguas arriba tanto el Río Bermejo como su afluente el Río Pescado y el tributario de este último, el Iruya, veremos aparecer sucesivamente la parte antigua de la Formación Petrolífera (Areniscas Superiores, Margas Multicolores, Areniscas Inferiores) y finalmente el Paleozoico.

Para ello es menester atravesar tres cordones de rumbo submeridional, el primero de los cuales, yendo de E a W, lo constituye la Sierra Baja de Orán que se continúa en territorio boliviano con el nombre de Sierras de Las Juntas, las que afectan tectónicamente la configuración de un anticlinal cuya parte más elevada, estructuralmente hablando, se halla pasando el Río Bermejo, en territorio boliviano.

Allí, en el lugar denominado Bermejito, los Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos explotan con éxito las acumulaciones petrolíferas que contiene el anticlinal. El lado argentino, estructuralmente más bajo, explotado por la Standard Oil Company, no rinde en la misma proporción.

En las inmediaciones del campamento Aguas Blancas de la Standard Oil Company no se han encontrado fracturas visibles; en cambio, existen cruces de fracturas en la confluencia del Río Bermejo con el Río Tarija (estribación meridional de la Sierra del Condado). Unos quince kilómetros aguas abajo y ocho kilómetros aguas arriba, se observa la gran factura de la Sierra del Pescado, en el contacto entre el Devónico y el Terciario Sub-andino.

Remontando el Río Pescado y luego de haber cruzado el anticlinal descripto anteriormente, o sea la llamada Sierra Baja de Orán, se cae en el seno del sinclinal que separa esta última sierra del anticlinal que forma la Sierra de los Picachos y su continuación septentrional, la Sierra del Pescado.

Desde el campamento de Y. P. F. en Río Pescado se puede seguir la serie estratigráfica del Terciario Sub-andino que se muestra en todo su espesor, de casi 3.000 metros.

A unos 6 kilómetros aguas arriba del campamento de Y. P. F. el Río Pescado recibe el aporte del Río Iruya. Es de advertir que en seguida de producirse la confluencia de ambos ríos, existe en las areniscas rojas del Terciario Sub-andino una fractura de rumbo submeridional cuyo rechazo es posible calcularlo en más de 1.000 metros. A los 500 metros aguas arriba de las juntas es posible constatar la presencia de otra falla importante, siempre dentro del Terciario Sub-andino. Esta serie de fracturas culmina con la gran dislocación de la que se hablara anteriormente y que corta el ala oriental del anticlinal que forma la Sierra de los Picachos y del Pescado.

Hacia el W, aguas arriba del Iruya, las fracturas aumentan en número e importancia a medida que se presentan a la vista del observador las formaciones antiguas del Paleozoico en sus contactos con las formaciones más modernas del Terciario Sub-andino.

#### SISMICIDAD DE LA ZONA DEL DISTRITO DE ORÁN

La zona circundante a la ciudad de Orán no se caracteriza precisamente por una actividad sísmica intensa. Pero, si bien las vibraciones sísmicas no son muy frecuentes, cuando se producen dejan las huellas

de su violencia. La misma ciudad de Orán debió sufrir el 22 de Octubre de 1871 su completa destrucción. Cuarenta temblores se sucedieron en el sólo espacio de nueve horas. Estaba fresco aún en la memoria de los pobladores el recuerdo de la destrucción de su hogares, cuando no habiendo transcurrido dos años, el 6 de Julio de 1873, Orán sufrió las consecuencias de un nuevo temblor que terminó por derrumbar las pocas casas que habían quedado en pie.

Desde esa fecha hasta nuestros días han transcurrido 74 años y Orán y las localidades vecinas han gozado de una tranquilidad sísmica casi absoluta. La zona ha vibrado repetidas veces, es cierto, pero siempre como resultante de repercusiones de sismos lejanos.

Los reconocimientos macrosísmicos nos permiten ubicar con bastante exactitud los epicentros más cercanos. Existen en la Sierra del Candado (Bolivia), hacia el NW en la Sierra de Iruya y su prolongación hacia el Sud, en Humahuaca.

No debemos descartar la existencia de posibles focos secundarios a lo largo de algunas de las fracturas señaladas precedentemente.

Digamos, en definitiva, que corresponde considerar a la zona de Orán como de un grado de sismicidad mediano, cuya peligrosidad para la vida humana aumenta considerablemente si se tiene en cuenta el bajo "standard" actual de edificación de la zona.

#### LAS ZONAS DE CABRA-CORRAL Y TINTE O CARABAJAL

Ambas zonas se hallan ubicadas en las sierras que circundan por el occidente la llamada cuenca de Metán. Geológicamente encontramos diseminada en la vasta zona recorrida la serie típica del Terciario y de la Formación Petrolífera de Bonarelli.

Aguas arriba de las juntas del Río Guachipas con el Río Arias observamos el Jujeño con sus areniscas rojas y conglomerados grises-amarillentos, con buzamientos que llegan hasta 50° y más hacia el SW. El Jujeño pasa en su base inferior concordantemente a los bancos de areniscas rojas con intercalaciones de arcillas rojizas, del Terciario Sub-andino, aunque éste no se muestre con la potencia con que se lo reconoce en el Norte de la Provincia. Paulatinamente se pasa, como sucede siempre, del Terciario Sub-andino a las Areniscas Superiores, sin encontrar entre ambas formaciones un límite definido.

La serie cretácica superior con las Margas Multicolores en su parte superior, es observable en la margen izquierda del Río Guachipas, y en la similar del Río Arias y al N del Río Pasaje en el seno de un sinclinal de rumbo NS. Las formaciones integrantes de las Margas Multicolores (Margas Rojas Superiores, Margas Verdes y Margas Rojas Inferiores) se encuentran bien representadas en la zona, en perfecta concordancia, y caracterizadas por la presencia de estratos con el fósil problemático. Sigue inmediatamente debajo la Formación Calcárea, profusamente distribuida en la zona con sus calizas grises y amarillentas con intercalaciones margosas y bancos del fósil problemático. Se la define perfectamente en ambas márgenes del Río Guachipas, las dos márgenes del Río Arias y se la puede seguir en la orilla derecha del Río Pasaje.

Finalmente, las Areniscas Inferiores afloran al E del Río Guachipas

y en la margen derecha del Río Pasaje. Sus bancos de areniscas rojas oscuras con intercalaciones de arcillas también rojas se encuentran bien estratificadas. En la sierra que circunda por el N (Sierra de la Lumbrera) y por el E la cuenca de Metán (Cerro Colorado) muestran también la misma sucesión estratigráfica.

Geotectónicamente, la zona es altamente sísmica; quizás en ninguna de las zonas visitadas de la Provincia de Salta se encuentra una complejidad llevada a tan alto grado.

Los sedimentos del Terciario Sub-andino y de la Formación Petrolífera no han resistido los movimientos orogénicos andinos bajo la forma de simples plegamientos. En efecto, es posible observar cuatro sobre escurrimientos de rumbo NE-SW y que han dado lugar a un rebatimiento de las Areniscas Inferiores sobre la Formación Calcárea con el consiguiente cambio de buzamiento en las Areniscas Inferiores. Esto es posible observarlo al S del Río Pasaje, cerca del lugar denominado Peñas Azules.

En la margen izquierda del Río Pasaje nos encontramos nuevamente con que estratos de las Areniscas Inferiores descansan sobre las Margas Multicolores. Hacia el W, las Areniscas Inferiores cambian bruscamente de rumbo, el que pasa del E hacia el W y se encuentran superpuestas a la Formación Calcárea. A esta fractura se la nota en la confluencia del Río Arias con el Río Guachipas y trae como consecuencia el desnivel estructural, apreciable a simple vista, entre las Margas Verdes de ambas márgenes del río.

Lo importante desde el punto de vista sísmico es que al N y al S de las líneas tectónicas sobreescorridas, las mismas se encuentran cortadas por fracturas de centenares de metros de rechazo; son fallas de rumbo SE-NW. Una es posible observarla cuando el camino que va de La Bodeguita a Coronel Moldes se encuentra con el Río Guachipas, pues se yuxtaponen las Areniscas Inferiores con la Formación Calcárea. Otra, se la observa tres kilómetros aguas arriba de Las Juntas y debido a ella se ponen en contacto la Formación Calcárea con las Margas Multicolores.

Los Altos de Muñoz por el S y la Sierra del Peñasco por el N forman la ladera oriental del Valle de Lerma.

A la Sierra del Peñasco podemos considerarla como una gran línea anticlinal, con cuarcitas y pizarras grisáceas cambro-silúricas en su núcleo, sobre las que se asientan las Areniscas Inferiores, el Calcáreo y en el N de la Sierra las Areniscas Superiores. Lo que nos interesa particularmente es la gran fractura que corta el ala occidental del gran anticlinal y que determina la presencia de precipicios notables.

Esa misma fractura es posible seguirla hacia el N, hasta más allá de Salta, y es la que ha provocado la inversión con el consiguiente rebatimiento de las cuarcitas rojas (Serie de Mojotoro de Bonarelli).

Hacia el S, ya en los Altos de Muñoz, se puede conectar la fractura anterior con la que se nota en la falda oriental de la sierra, en el límite del Precámbrico que tal vez pase en este caso a un sobreescorrimiento. La falla corre aquí verticalmente con rumbo N 30 W.

Hacia el E y ya en la Serie Terciaria se observa otra gran fractura que corta a la anterior en rumbo NW.

No se han observado en las cercanías fracturas de consideración, sólo unos 20 kilómetros al W pasa la gran fractura que determina las barrancas empinadas de los cerros Negro y Obispo, en la falda oriental de Las Cumbres Calchaquíes.

Si bien la zona es sísmica, no lo es en el grado de la anterior y podemos catalogarla como sujeta a vibraciones de sismos producidos a varios kilómetros de distancia. El adjudicarle un grado de sismicidad VIII de la Escuela Internacional de Cancani-Sieberg tal vez resultaría lo más acertado.

#### LA ZONA DEL TUNAL

La cuenca de Metán está circundada en el E por el Cerro Colorado, caracterizado geológicamente por ser un gran anticlinal. A este anticlinal lo constituyen estratos de la Formación Calcárea en su ala oriental y capas de las Areniscas Inferiores en su ala occidental.

Hacia el N la línea tectónica positiva se prolonga en el anticlinal del Tunal, compuesto por estratos del Terciario y más al N aún en el anticlinal suave de El Yeso.

La parte geológica de la zona en sí, ha sido ya estudiada por el Dr. Richard Stappenbeck, de manera que no insistiremos en ella.

Fracturas que podrían significar focos sísmicos no han sido observadas en la zona visitada. Las numerosas pequeñas fallas que existen en las cercanías, señaladas ya por el citado geólogo, si bien tienen importancia como al E, a cierta distancia, zonas dislocadas en mayor escala. Si bien vías de percolación, no la tienen desde el punto de vista sísmico. Ya lo dice Stappenbeck en la descripción del perfil de la barrera al N del Río Pasaje: "He demostrado que se observan, tanto al W del perfil central como al E, a cierta distancia, zonas dislocadas en mayor escala. Si bien estas dislocaciones tienen poca importancia, considerando la tectónica general de la región pueden tener mucha para la seguridad del dique en el caso de que una de las capas de arenisca blanda permeable, accesible a las aguas embalsadas, venga a tener contacto por medio de una falla, con otra capa permeable del perfil que sirve como apoyo al dique. Si las aguas así infiltradas encontrasen una parte mal hecha en el dique, donde pudiesen entrar, podrían ser causa de una ruptura".

La zona sísmica de alta peligrosidad se halla al W, en la falda oriental de la alta sierra, más precisamente radicada en las cuencas tectónicas de Metán y de Rosario de la Frontera. Por eso compartimos en un todo la opinión de Stappenbeck cuando dice: "Se ha tomado en consideración como vertedero una zanja muy estrecha, cuya composición geológica ya he descrito y que tendrá que llevar el exceso de agua otra vez arriba". En el estado actual no puede servir, naturalmente, a este fin, pues el agua que caería sobre aquellas rocas, bajo una presión como la que ejercería la considerable altura del embalse, cavaría en seguida una zanja honda, destruyendo el dique. En los alrededores hay bastantes casos para convencerse de la magnitud de la erosión producida por las lluvias en los Estratos Calchaqueños.

Llamo expresamente la atención sobre esta circunstancia, porque la menor grieta que se produce en el revestimiento del vertedero, permitiría al agua embalsada introducirse en los Estratos Calchaqueños y, sobre

CUADRO I

Nombre	Población aproximada	Porcentaje de edificación de adobe	Grado sísmico	Carácter de nuestra clasificación (*)
Aguaray	1.500	80	V	P
Alemania	200	90	VI	D
A. Brown	700	90	V	D
Ampascachi	200	100	V	P
Angastaco	500	95	VI	D
Antilla	400	100	III	P
A. Quijarro	?	Obrajes	III	D
Arenal	500	80	V	P
Balboa	200	100	V	P
Betania	5.800	65	V	P
C. de Buey	200	80	IV	P
Cachi	4.500	100	VI	D
Cafayate	2.000	90	VI	D
Caldera	1.500	80	III	P
Campichuelo	800	90	II	P
Campo Quijano	4.500	90	IV	D
Campo Santo	2.000	90	IV	P
Candelaria	800	100	V	P
Cerrillos	2.000	60	IV	P
Cobos	300	90	IV	P
Copo Quile	500	90	IV	D
Cnel. Cornejo	450	Obraje	III	D
Cnel. Moldes	550	90	V	D
Chicoana	1.500	90	V	D
Chorroarín	1.400	90	III	D
F. Zuviria	2.500	90	V	D
Dragones	500	100	II	P
El Carril	200	90	V	P
El Galpón	1.000	90	VI	D
El Tabacal	7.000	5	II	D
El Tunal	100	80	IV	P
Embarcación	5.500	90	IV	P
Esteco	500	95	VI	D
Gral. Güemes	8.500	90	IV	P
Guachipes	1.500	90	V	D
J. V. González	300	85	II	D
La Merced	1.500	85	V	D
La Poma	200	100	VI	D
La Viña	500	90	VI	D
Lumbrera	850	80	VI	D
M. Elordi	600	75	III	P
Metán	7.000	80	VI	D
Mojotoro	2.000	80	III	P
Molinos	3.000	100	VI	D
Orán	5.500	80	VI	D
Osma	2.500	90	V	D
Payogasta	700	100	VI	D
Pichanal	1.100	90	V	D
Piquete	400	90	IV	P
R. de las Piedras	150	80	VI	D
R. de la Frontera	4.000	50	VI	D
R. de Lerma	1.500	100	VI	D
R. de los Llanos	500	90	V	D
Salta	80.000	50	VI	D
San Carlos	2.000	100	IV	P
San José	1.000	90	V	P
San Lorenzo	1.000	10	IV	P
Santa Rosa	300	100	IV	P
Santa Victoria	4.000	100	VI	D
Saucelito	3.500	Obraje	III	P
Seclantás	800	100	VI	D
Tartagal	7.000	70	IV	D
Urundel	500	Obraje	III	P
Vespucio	1.000	30	IV	P
Yatasto	500	100	IV	D

\*P = provisorio; D = definitivo.

todo, en las areniscas blancas, blandas, permeables, ocasionando tal vez un principio de desastre. Tales grietas podrían producirse a pesar de la mejor construcción técnica, por terremotos.

Toda la falda de la Cordillera es una región de perturbaciones sísmicas o menos fuertes. Es verdad que personas de aquellos lugares me aseguraron que los temblores entre Miraflores y Tunal son bastante raros y no de carácter peligroso, pero lo que se dice de la destrucción del pueblo de Esteco, cerca de Río de las Piedras, aunque con mucha exageración, demuestra que no se debe despreciar esta posibilidad".

#### LA CUENCA TECTÓNICA DE METÁN

La cuenca de Metán, por estar involucrada dentro de lo que se denomina cuenca tectónica, merece un breve párrafo, en su carácter de zona sísmica activa.

Se trata de una cuenca casi cerrada cuya única salida la constituye el Río de los Orcones. En el N se levanta el inmenso anticlinal de la Sierra de la Lumbreira, acompañada por la cadena de lomadas terciarias que la rodea. En el W se encuentra la Cordillera de Muñoz con sus dos altos picos, El Cachari y El Crestón. Por el S la cuenca se cierra con la sierra que se yergue al S de Rosario de la Frontera y que se interna en la Provincia de Tucumán (Sierra de la Candelaria, Sierra de Medina), y finalmente por el E, los pliegues tectónicos del Cerro Colorado delimitan la planicie de Metán actuando como elemento compensatorio, dentro del cuadro tectónico de la zona.

Todas las elevaciones (Medina, Candelaria, San Antonio, Lumbreira, Yeso, Tunal y Algarrobal) corresponden, como ya lo hemos señalado, a pliegues tectónicos. Toda la región se encuentra muy dislocada, de modo singular en los bordes de las sierras. Un indicio del grado de desplazamiento lo encontramos en la cantidad verdaderamente importante de fuentes termales.

Evidentemente, las aguas subterráneas que se infiltran en el pie de las altas sierras occidentales llegan a profundidades considerables por la compleja red de las líneas de fractura del subsuelo, adquiriendo temperaturas que llegan hasta 90°C, y que afloran luego por fallas, en grandes o pequeñas fracturas, como manantiales termales.

En toda la longitud de circunvalación de la cuenca de Metán se los encuentra, con la particularidad de aparecer todos ellos en la Formación Petrolífera. Así sucede en los manantiales de Jardín, Candelaria, Rosario de la Frontera, Lumbreira y Galpón. Los puntos de intersección de las líneas tectónicas del subsuelo son los lugares por donde preferentemente mana el agua termal.

Los fenómenos sísmicos son frecuentes en estos sitios. Donde se encuentra la línea tectónica positiva de la Lumbreira, con la negativa que existe entre La Lumbreira y la Sierra de San Antonio, se notan fuertes temblores que han dejado sus huellas en las construcciones existentes al pie de la Sierra de la Lumbreira.

La población más expuesta de la cuenca de Metán a un movimiento geotectónico es, a nuestro entender, la población de Rosario de la Frontera, que se encuentra ubicada sobre la gran fractura que limita al W al

Sierra de Candelaria. Con esta gran fractura de rumbo submeridional se encuentra la línea tectónica que pasa al N del citado pueblo.

Las fallas difíciles de observar a simple vista, y que son las que permiten la ascensión del agua profunda, se manifiestan en la superficie por una intrincada red de pequeñas grietas visibles en las margas de la Formación Petrolífera.

Asimismo, debemos señalar lo expuestas que están a golpes sísmicos de violencia las poblaciones de Metán, Yatasto y San José, ubicadas en una misma línea N-S y comprendidas equidistantemente entre los dos importantes cruces de fracturas señalados precedentemente.

Si bien los temblores no han sido últimamente de extraordinaria violencia, aun se recuerda, a través de relatos, la destrucción de Esteco, llamada igualmente Talavera de Madrid de Esteco. En Septiembre de 1692, un terremoto, de tal violencia que provocó la desviación del Río Pasaje, derrumbó todo lo que existía en pie segando numerosas vidas. Aun hoy, recorriendo las ruinas de Esteco, puede entreverse el trazado de las calles y la ubicación de las antiguas iglesias.

Resumiendo, podemos considerar a los bordes septentrional, occidental y meridional de la cuenca de Metán como asiento de epicentros, imposibles de determinar macrosísmicamente, pero que nos permiten afirmar que la zona que circunda a Metán constituye un foco sísmico local de indudable peligrosidad, similar al foco sísmico determinable en la parte N de los Valles Calchaquíes, en las zonas de Santa Bárbara y Tilcara en Jujuy, Yruya y Santa Victoria en Salta y su prolongación en las sierras bolivianas.

#### LA PARTE CENTRAL DE LOS VALLES CALCHAQUÍES

Se dispuso desafortunadamente de muy poco tiempo para poder detenerse y dedicar especial atención al estudio de los Valles Calchaquíes. Sin embargo, en la rápida recorrida efectuada por los valles, desde Payogasta al N hasta Santa María al S se pudo apreciar que, en rasgos generales, las distintas formaciones geológicas se encuentran afectadas intensamente por los movimientos orogénicos del Terciario.

De esta manera, cada uno de los bloques de composición geológica distinta se encuentran separados de los vecinos por planos de fractura que alcanzan a centenares de metros de rechazo.

La Sierra del Cajón por el W y las Cumbres Calchaquíes por el E forman los pilares de la enorme fosa tectónica que constituye el Valle Calchaquí. Ambas de naturaleza geológica completamente distinta han sido objeto de un pequeño estudio en particular; la primera en el lugar denominado Pucará, con especial dedicación a la posible sísmicidad del lugar como emplazamiento de una futura presa de embalse; la segunda en la angostura que presenta la quebrada de Las Conchas, desagüe natural de los Valles Calchaquíes a través del Río de las Conchas, formando por la conjunción de los dos ríos que recorren el valle en toda su extensión, uno el que viene del N (Río de Cachi) y el otro el que llega desde el S (Río Santa María) que se encuentran un poco al N de la población de Cafayate; más exactamente, en el lugar llamado Las Conchas.

La mayor complicación tectónica existe precisamente en este último

sitio. Allí se encuentran una serie de anticlinales de rumbo meridiano, fracturados por enormes fallas, la mayoría de las cuales se caracterizan por ser longitudinales. Las más importantes aparecen señaladas en el bosquejo correspondiente.

Allí los bloques cristalinos pre-paleozoicos están separados por grandes fracturas de la potente serie de sedimentos mesozoicos que corresponden al Sistema de Salta.

Estas fracturas se combinan al otro lado de las Cumbres Calchaquíes, una vez alcanzado el rumbo meridiano, con las que delimitan por el N el Valle de Lerma.

Tectónicamente, la quebrada de Las Conchas aparece como una enorme brecha tectónica producida por un enjambre de fallas, visibles en la base de la potente serie mesozoica.

Son cinco las líneas tectónicas positivas observables, subparalelas, de rumbo NE-SW que presentan leves desviaciones axiales debido a desplazamientos por fracturas.

El grupo mesozoico está afectado en su totalidad por un complicado sistema de fallas, algunas de las cuales tienen poca importancia sismotectónica, pues son fruto de procesos de reajuste, pero que en su gran mayoría, sobre todo las paralelas (dirigidas de N a S) a los ejes tectónicos, alcanzan a centenares de metros de rechazo, siendo su aspecto relativamente fresco. Tales fracturas van acompañadas de innumerables diaclasas, rellenas muchas de ellas de yeso.

Llama la atención que los diques basálticos no hayan seguido las líneas de fractura para su efluvio, por lo que corresponde deducir que el proceso de fracturación es posterior al proceso vulcanológico.

#### DIVISIÓN DE LA PROVINCIA EN ZONAS SÍSMICAS

El criterio que se juzga más adecuado al encarar la determinación de la sismicidad de una zona cuyas condiciones de edificación difieren de las que fueron tomadas en cuenta al establecer los grados de sismicidad en base a una escala internacional, debe proporcionarnos una idea que se ajuste a las condiciones y necesidades reales de la zona en cuestión.

El tipo de edificación predominante en aquellas provincias comprendidas en la zona determinada como sísmica en la República Argentina, corresponde a aquel en el que entra como elemento constitutivo primordial el adobe.

Es éste el criterio básico que se debe adoptar cuando se trata de clasificar los distintos grados de sismicidad de una zona de nuestro país. Por ello corresponde considerar a la Provincia de Salta como una región dentro de la cual existen lugares clasificados como altamente sísmicos. Si la edificación hubiera llegado a alcanzar el grado de perfeccionamiento deseable en los tiempos actuales, no podríamos sostener el concepto anterior y tendríamos que rebajar considerablemente el grado de peligrosidad sísmica atribuible a la provincia.

La escala de sismicidad propuesta de acuerdo con el criterio expuesto precedentemente es similar a la utilizada en la República de Chile e implantada por el Instituto Sismológico de la Universidad de ese país.

Dicha escala, no sólo es de una sencillez que permite aplicarla hasta por la mente profana de la gente del pueblo, sino que se ajusta a los síntomas exteriores que acompañan a cada conmoción sísmica.

Se cree asimismo simplificar el intercambio de comunicaciones con los sismólogos de la república vecina y de esta manera uniformar criterios.

#### ESCALA PROPUESTA Y UTILIZADA EN CHILE

##### INTENSIDAD

- Grado I: Sensible sólo para las personas en reposo o en estado perceptivo.  
 Grado II: Sensible para la generalidad de las personas; ruido de ventanas y puertas.  
 Grado III: Provoca alarma en la población; se estremecen las casas; los péndulos se detienen y las lámparas oscilan apreciablemente.  
 Grado IV: Provoca pánico general; suenan las campanas; caen algunos objetos sueltos y muros mal contruidos; se producen grietas en algunos edificios.  
 Grado V: Se destruyen parcial o totalmente algunas chimeneas, murallas y otras partes del edificio; caen algunas casas.  
 Grado VI: Desastre general; caen la mayoría de las casas y se producen grietas en el terreno.

#### UBICACIÓN PROBABLE DE EPICENTROS

La región de Salta que se extiende al E de una línea imaginaria que coincide aproximadamente con el meridiano  $63^{\circ} 30'$ , ya en el llamado Chaco Salteño, podemos considerarla como ASISMICA. La zona SISMICA propiamente dicha se extiende por consiguiente hacia el occidente de esa línea ideal.

Son cuatro las regiones salteñas que consideraremos como fuentes probables de conmociones sísmicas. De la primera ya hemos hablado en particular cuando nos referimos a las fracturas que aumentaban en número e importancia a medida que progresábamos hacia el W desde la ciudad de Orán.

Debemos radicar los focos eventualmente sísmicos en la Sierra de Santa Victoria e Iruya donde el complejo cambro-silúrico se apoya por un enorme plano de sobrecurrimiento sobre los esquistos precámbricos, lo que se observa en particular en la Sierra de Santa Victoria, y en las serranías cuyos picos más elevados constituyen el Cerro Negro, el Cerro Overo, el Cerro Redondo y el Cerro Morado.

Otra región que debemos considerar como sísmica es la que se extiende por el Valle de Lerma y su prolongación en la margen derecha del Río Guachipas, a ambos lados de la gran fractura que delimita por el occidente la Sierra de Muñoz.

Una tercera zona es la comprendida bajo la denominación de cuenca tectónica de Metán, la que fué tratada en particular en el capítulo correspondiente, y finalmente consideramos, como cuarta región sísmica a la zona de los Valles Calchaquíes.

## MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS ARMÓNICO

Por ENRIQUE L. SAMATAN \*

Resumen. — Se describe un método para el análisis armónico de funciones empíricas que consiste en la separación de armónicas, mediante operaciones de suma y resta, en grupos cada vez más restringidos.

Résumé. — On décrit une méthode d'analyse harmonique pour les fonctions empiriques qui consiste dans la séparation des harmoniques au moyen d'opérations d'addition et de soustraction dans des groupes de plus en plus restreints.

Expondremos, en este artículo, un método sencillo de análisis armónico cuya idea surgió a raíz de una observación del Dr. Georges Dede-bant al hacernos notar que era posible extraer de una función dada la suma de las armónicas de orden par efectuando un promedio entre los valores que toma la función para valores de la variable que difieran en un semiperíodo. Por diferencia resultan las armónicas de orden impar.

Generalizando el método, se puede llegar a extraer conjuntos de armónicas cada vez más restringidos, lo cual, prácticamente, equivale a aislar cualquier armónica.

1. *Lema.* — Antes de entrar de lleno en el problema, indicaremos dos fórmulas trigonométricas cuya demostración, aunque conocida, creemos conveniente desarrollar.

Las fórmulas aludidas son las siguientes:

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) = \frac{\sin\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - \sin\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [1]$$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \sin(x+k\alpha) = \frac{\cos\left(x - \frac{\alpha}{2}\right) - \cos\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right]}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [2]$$

Para demostrarlas, consideramos la suma de las dos progresiones geométricas siguientes de razón  $e^{i\alpha}$  y  $e^{-i\alpha}$ , respectivamente, en las cuales  $i$  es el símbolo de la unidad imaginaria:

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} e^{i(x+k\alpha)} = \frac{e^{i(x+p\alpha)} - e^{ix}}{e^{i\alpha} - 1}$$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} e^{-i(x+k\alpha)} = \frac{e^{-i(x+p\alpha)} - e^{-ix}}{e^{-i\alpha} - 1}$$

\* Ingeniero Civil, Jefe del Departamento Estudios y Asesoramiento Científico del Servicio Meteorológico Nacional.

Multipliquemos el numerador y el denominador del segundo miembro de ambas igualdades por el factor  $e^{-i\frac{\alpha}{2}}$  para la primera y por  $e^{i\frac{\alpha}{2}}$  para la segunda:

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} e^{i(x+k\alpha)} = \frac{e^{i\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right]} - e^{i\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}}{e^{i\frac{\alpha}{2}} - e^{-i\frac{\alpha}{2}}}$$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} e^{-i(x+k\alpha)} = \frac{e^{-i\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right]} - e^{-i\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}}{e^{-i\frac{\alpha}{2}} - e^{i\frac{\alpha}{2}}}$$

Reemplacemos las exponenciales imaginarias por sus expresiones en funciones trigonométricas:

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) + i \sin(x+k\alpha) &= \\ &= \frac{\cos\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] + i \sin\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - \cos\left(x - \frac{\alpha}{2}\right) - i \sin\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}{2i \sin \frac{\alpha}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) - i \sin(x+k\alpha) &= \\ &= \frac{\cos\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - i \sin\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - \cos\left(x - \frac{\alpha}{2}\right) + i \sin\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}{-2i \sin \frac{\alpha}{2}} \end{aligned}$$

Sumemos y restemos miembro a miembro ambas igualdades y dividamos el resultado por 2:

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) = \frac{i \sin\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - i \sin\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}{2i \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} i \sin(x+k\alpha) = \frac{\cos\left[x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha\right] - \cos\left(x - \frac{\alpha}{2}\right)}{2i \sin \frac{\alpha}{2}}$$

Simplificando, resultan las fórmulas [1] y [2] ya escritas y que eran las que debían demostrarse.

2. *Corolario.* — Apliquemos las fórmulas demostradas al caso particular en que el ángulo  $\alpha$  es igual a un múltiplo entero  $n$  del ángulo obtenido dividiendo la circunferencia en  $p$  partes iguales, siendo  $p$ , tal

como lo indican las fórmulas anteriores, el número de sumandos contenidos en las fórmulas:

$$\alpha = 2\pi \frac{n}{p}$$

Los ángulos:

$$x + \left(p - \frac{1}{2}\right)\alpha \quad y \quad x - \frac{\alpha}{2}$$

valen respectivamente:

$$x + \left(p - \frac{1}{2}\right) 2\pi \frac{n}{p} = x + 2n\pi - \pi \frac{n}{p}$$

$$x - \frac{\alpha}{2} = x - \pi \frac{n}{p}$$

Como estos dos ángulos difieren en un número entero de veces  $2\pi$ , sus líneas trigonométricas son las mismas y en consecuencia las diferencias que aparecen como numerador en las fórmulas [1] y [2] son iguales a cero.

El denominador en ambas fórmulas es:

$$2 \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = 2 \operatorname{sen} \pi \frac{n}{p}$$

Habrá que distinguir dos casos:

1) Si  $n$  es múltiplo de  $p$ , se tiene en el denominador el seno de un ángulo igual a un múltiplo de  $\pi$ ; es decir, el valor cero.

2) Si  $n$  no es múltiplo de  $p$ , el denominador no es igual a cero.

En el primer caso, las sumatorias

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) \quad \sum_{k=0}^{k=p-1} \operatorname{sen}(x+k\alpha)$$

se presentan bajo la forma indeterminada  $\frac{0}{0}$ .

Su valor puede ser calculado teniendo en cuenta que, siendo el ángulo  $\alpha$  igual a un número entero de veces la circunferencia, los ángulos  $x+k\alpha$  tienen todos las mismas funciones trigonométricas que el ángulo  $x$ .

En consecuencia, los valores de:

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos(x+k\alpha) \quad , \quad \sum_{k=0}^{k=p-1} \operatorname{sen}(x+k\alpha)$$

son respectivamente iguales a  $\cos x$  y  $\operatorname{sen} x$  multiplicados por el número de sumandos, es decir, por  $p$ :

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos\left(x+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) = p \cos x$$

$n = \text{múltiplo de } p.$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \operatorname{sen}\left(x+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) = p \operatorname{sen} x$$

En el segundo caso, cuando  $n$  no es múltiplo de  $p$ , las sumatorias anteriores toman la forma: cero dividido por un valor no nulo, es decir, son iguales a cero.

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \cos\left(x+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) = 0$$

$n \neq \text{múltiplo de } p.$

$$\sum_{k=0}^{k=p-1} \operatorname{sen}\left(x+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) = 0$$

3. *Determinación de las armónicas.* — Consideremos una función  $f(x)$  de período  $2\pi$  cuyo desarrollo en serie de Fourier es el siguiente:

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \operatorname{sen} nx$$

Formemos el promedio de los valores de la función  $f(x)$  para  $p$  valores de  $x$  igualmente espaciados entre sí dentro del período  $2\pi$ , es decir, para los valores:

$$x, x + \frac{2\pi}{p}, x + \frac{4\pi}{p}, \dots, x + \frac{2\pi(p-1)}{p}$$

y consideremos el resultado como una nueva función;  $f_p(x)$ ; se tendrá:

$$f_p(x) = \frac{1}{p} \left[ pa_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sum_{k=0}^{p-1} \cos\left(nx+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sum_{k=0}^{p-1} \operatorname{sen}\left(nx+k \cdot 2\pi \frac{n}{p}\right) \right]$$

En virtud de lo demostrado en el párrafo anterior, en las sumatorias con respecto a  $n$  sólo quedarán aquellos términos en los cuales  $n$  sea múltiplo de  $p$ ; los otros son iguales a cero.

Llamemos  $rp$  a dichos múltiplos; resultará:

$$f_p(x) = a_0 + \frac{1}{p} \left[ \sum_{r=1}^{\infty} a_{rp} p \cos rpx + \sum_{r=1}^{\infty} b_{rp} p \operatorname{sen} rpx \right]$$

$$f_p(x) = a_0 + \sum_{r=1}^{\infty} a_{rp} \cos rpx + b_{rp} \operatorname{sen} rpx$$

Esta función es la suma de las armónicas de  $f(x)$  cuyo orden es múltiplo de  $p$  incluyendo el múltiplo cero que es  $a_0$ . La diferencia  $f(x) - f_p(x)$  dará la suma de las armónicas cuyo orden no es múltiplo de  $p$ . De esta manera se consigue separar las armónicas en dos grupos: las que son múltiplos de  $p$  y las que no lo son. Repitiendo la operación para otros valores de  $p$  sobre las dos funciones obtenidas, se podrán separar las armónicas en grupos cada vez más restringidos.

El procedimiento más práctico a seguir es el siguiente. Se calcula primero:

$$f_2(x) = \frac{f(x) + f(x+\pi)}{2}$$

obteniéndose así las armónicas de orden par: 0, 2, 4, 6, 8, ...; por diferencia con la función dada se obtienen las armónicas de orden impar: 1, 3, 5, 7, 9, ... En cada una de estas dos funciones se calcula el promedio de sus valores para  $x$ ,  $x + \frac{2\pi}{3}$ ,  $x + \frac{4\pi}{3}$ . Las nuevas funciones obtenidas sólo contienen armónicas de orden múltiplo de 3; vale decir, que en el primer caso se habrán separado las armónicas 0, 6, 12, 18, ... de las armónicas 2, 4, 8, 10, 14, 16, ... y en el segundo caso se habrán separado las armónicas: 3, 9, 15, ... de las armónicas 1, 5, 7, 11, 13, ... Repitiendo la operación para  $p = 4$ , en el grupo de armónicas 2, 4, 8, 10, 14, 16, ... se separarán las armónicas 2, 10, 14, ... En este caso, como todas las armónicas son pares, los valores se repiten cuando  $x$  aumenta en  $\pi$ ; bastará entonces calcular el promedio de los valores de la función para  $x$  y  $x + \frac{\pi}{2}$  en vez de calcularlo para los cuatro valores  $x$ ,  $x + \frac{\pi}{2}$ ,  $x + \pi$ ,  $x + \frac{3\pi}{2}$ , el resultado será el mismo.

Con las operaciones indicadas hasta ahora, las armónicas han quedado separadas en cinco grupos:

- I: 0, 6, 12, 18 ...
- II: 1, 5, 7, 11, 13 ...
- III: 2, 10, 14, 22 ...
- IV: 3, 9, 15, 21 ...
- V: 4, 8, 16, 20 ...

Este proceso no tiene límites: repitiendo estas operaciones se pueden separar las armónicas en grupos cada vez ms restringidos.

Puede objetarse que las armónicas siempre aparecen en grupos y que, en consecuencia, nunca podrán ser obtenidas en forma aislada. Esto no representa inconveniente alguno en la práctica porque en las funciones obtenidas de la observación, por estar definidas en un número discreto de puntos, las armónicas son inexistentes a partir de un cierto orden suficientemente elevado. Siempre puede lograrse que cada grupo esté formado por una sola armónica significativa y una infinidad de armónicas despreciables. El resultado será el mismo que si se hubiera aislado estrictamente la primera armónica.

4. *Conclusión.* — Este método es de aplicación sencilla y tiene además la ventaja de hacer aparecer en el curso de los cálculos cuáles son las armónicas que es necesario calcular. La necesidad de calcular nuevas armónicas aparece cuando las funciones parciales obtenidas no se ajustan bien a la función sinusoidal.

Expuesto el método, en un próximo trabajo se hará una aplicación de él al análisis armónico de la variación diurna de la presión atmosférica en la República Argentina.

## DOS ENSAYOS DE CALENTAMIENTO DEL AIRE PARA EVITAR LA ACCIÓN DE LAS BAJAS TEMPERATURAS EN FRUTALES \*

Por JOSE PROVERBIO \*\*

**Resumen.** — En una explotación frutícola típica del Alto Valle del Río Negro se efectuaron dos ensayos para combatir heladas, utilizando dos tipos de quemadores: uno, copia de un modelo norteamericano, siendo el otro una modificación del primero. El control se llevó con termómetros de mínima colocados a distintas alturas hasta el estrato de 2 m., haciéndose las observaciones cada 30 minutos en forma simultánea. Los resultados obtenidos se refieren a las temperaturas mínimas de aire libre que pueden soportar los frutales en sus estados más susceptibles, en noches de intensa radiación y sobre suelos de distintas características. Las más importantes conclusiones que se desprenden de estos ensayos son: 1º) En noche de intensa radiación el aumento promedio obtenido hasta una altura de 2 m. mediante el empleo de quemadores "modelo norteamericano", fué de 2,3 °C. 2º) En noche con corrientes turbulentas se obtuvieron aumentos de 1,2° C. « modelo norteamericano » y 2,7 °C. « modelo modificado ». 3º) Hasta mínimas de -4,3 °C. el calentamiento producido por 145 quemadores por hectárea permite mantener el aire a temperatura superior a la crítica de los estados más susceptibles de las especies consideradas.

**Summary.** — In a typical orchard at Alto Valle del Río Negro (High Valley of the Black River) two trials of preventing frost are carried out, by using two models of heaters. One is a copy from a northamerican pattern; the other, a modification of the former. The control is given through thermometers of minimum, which are located at different heights up to the 2 m.; and the observations are recorded, in a simultaneous way, each 30 minutes. The results thus obtained are concerning to the minimum temperatures in the free atmosphere, which can bear the fruit-trees in their most susceptible stages, on nights of strong radiation, and over soils of different characteristics. The main conclusions from these trials are the following: 1st). On night of intense radiation 2.3 °C. was the average increase obtained up to a height of 2 m., by using «northamerican pattern» heaters. 2nd). On night with turbulent draughts, increase of 1.2 °C. «northamerican pattern» and 2.7 °C. «modified pattern» were obtained. 3rd.). Up to the minima of 4.3 °C., the heating yielded by 145 heaters per hectare, allows the atmosphere to remain at temperature higher than the critic temperatures of most susceptible stages of the species under study.

### I) INTRODUCCION

Las observaciones hechas con respecto a la formación de las heladas primaverales en el Alto Valle del Río Negro, y las consecuencias ocasionadas a la fruticultura regional, han determinado el interés de encarar la posibilidad de luchar eficazmente contra las mismas, partiendo del principio de mantener la temperatura del ambiente, superior a la temperatura crítica a la que comienzan a ser dañados los frutales en sus estados más susceptibles.

\* Trabajo realizado según el Plan de Coordinación previsto en el convenio entre el Servicio Meteorológico Nacional, del Ministerio de Asuntos Técnicos y la Dirección de Investigaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación.

\*\* Ingeniero Agrónomo, Jefe de la Estación Agrometeorológica de Cipolletti (Río Negro).

Estos ensayos se realizaron mediante colaboración entre la Estación Experimental de Río Negro, del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, y la Estación Agrometeorológica de Cipolletti (Río Negro), del Servicio Meteorológico Nacional, dependiente del Ministerio de Asuntos Técnicos, que actuaron con personal propio y material específico.

En este trabajo contemplamos únicamente el aspecto agrometeorológico del problema, que deberá servir de base parcial para un estudio conjunto, ya proyectado por ambos Institutos, sobre los múltiples aspectos que plantea la lucha contra las heladas en el Alto Valle del Río Negro.

## II) ANTECEDENTES

Son muchos los medios de que se ha valido el agricultor para aminorar los efectos de las heladas. No todos de eficacia absoluta. Algunos, sólo aconsejables en determinadas circunstancias.

El empleo de cortinas artificiales de humo (KIMBALL, 1918), (YOUNG, 1920), las pulverizaciones con agua (WEST y EDLEFSEN, 1917 y 1920) y el riego de los huertos frutales (KING y COX), han resultado ineficaces para evitar la acción de las bajas temperaturas.

Más recientemente se ha recurrido al empleo de ventiladores que eliminan la estratificación típica de las noches de intensa radiación. También, a la formación de nieblas artificiales producidas por reacción química entre varias sustancias, que proyectadas desde el suelo tienen el inconveniente de que al condensarse pueden resultar corrosivas para los órganos tiernos de las plantas, y emitidas desde el aire, el riesgo de su proyección por debajo de la capa de inversión. Por otra parte, debemos mencionar el uso de generadores de infrarrojos, método que al igual que los ya nombrados no ha pasado de la vía experimental, considerando el aspecto agro-económico del problema.

En este trabajo se considera el método más conocido para evitar el descenso de la temperatura. Desde hace muchos años se aplica en las regiones frutícolas de California, Oregón, y otras de los Estados Unidos, constituyendo en algunas localidades una práctica anual en la explotación de los frutales.

En la República Argentina se han hecho muy pocos ensayos de esta índole. De reconocida seriedad por la calidad de sus investigadores merecen mencionarse los efectuados en Pilar (Buenos Aires) y Tunuyán (Mendoza) (HIRSCHHORN, LARROSA y SOBRERO, 1938 y 1939), empleando quemadores a fuel-oil y gas-oil; y en la Facultad de Agronomía de La Plata utilizando un combinado resinoso (HIRSCHHORN, 1941). Estos ensayos, sin embargo, no arrojaron resultados definitivos.

## III) RESEÑA COROLOGICA DEL ALTO VALLE DEL RIO NEGRO

Con el nombre de Alto Valle del Río Negro se comprenden también los valles de los ríos Neuquén y Limay, que se encuentran entre los 68° de longitud W y 39° de latitud S. Abarcan 70.000 hectáreas de tierra bajo regadío con una longitud de E a W de 150 Km. Los ríos mencionados son los que proporcionan el agua de riego para el Alto Valle.

El suelo se ha ido formando por el sedimento depositado por las aguas. Varía en cortas extensiones de arenoso o gredoso a pedregoso,

encontrándose a veces cortado por antiguos cursos de agua o cañadones. No es difícil encontrar chacras cuya parte situada sobre el costado del cañadón sea de tierras arenosas, mientras que en el otro costado tenga tierras compactas y con mayor proporción de sales.

El suelo, como ocurre en las zonas áridas, contiene poco humus, es relativamente rico en potasio, tiene nitratos en cantidad suficiente por algunos años bajo condiciones de cultivo intensivo de regadío, y su tenor en fosfatos es escaso.

Las precipitaciones son escasas, menos de 200 mm anuales, pero el riego suministra con creces el agua que requieren los distintos cultivos. Un factor climático adverso al desarrollo de la vegetación es el viento, sobre todo el del W y SW, que en primavera alcanza velocidades de más de 60 Km/hora, y que obliga a proteger los cultivos con hileras de álamos.

Los veranos son cortos (Cipolletti, 127 días, período medio libre de heladas) y con máximas de hasta 35°C. La variación térmica diaria es grande, alcanzando a veces más de 15°C.

Según la nueva clasificación climática de THORTHNWAITE, el clima de esa región es árido, mesotermal B'₂, sin exceso de agua durante todo el año y concentración estival B'₄ (48%) (BURGOS Y VIDAL, 1949).

Ese clima determina un tipo de vegetación natural adaptada a condiciones muy adversas. La flora queda reducida a sus elementos esenciales: *Larrea divaricata* asociada a menudo a *L. cuneiforme*, *Gourliea*, *Condalia*, *Prosopis* sp. (arbuscivo), *Atamisquea*, a los cuales vienen a añadirse elementos más xerofíticos y menos exigentes en calor, como *Prosopis striata*, casi áfido, y la notable Escrofulariácea *Monttea sphylla*. Esta última especie puede darse como un prototipo de extrema xeromorfía o adaptación a la sequía. También debemos mencionar *Chuquiraga erinacea* y *Mulinum spinosum*.

## IV) MATERIAL UTILIZADO

Los ensayos se efectuaron con quemadores construidos en el país, de acuerdo a un modelo norteamericano (Fig. 1). Se utilizaron 90 quemadores distribuidos en tresbolillo distanciados 12 m, entre sí. La se-

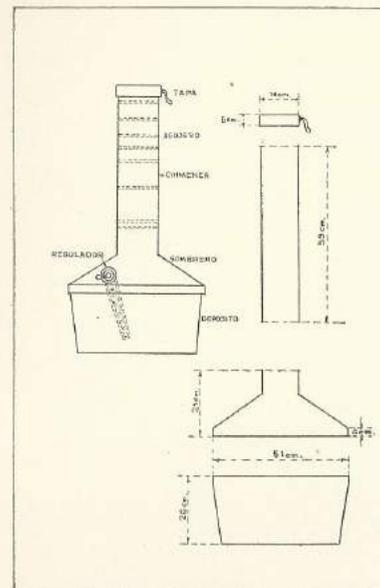


FIG. 1.— Quemador « modelo norteamericano ».

paración dentro de la fila era de 8 m. De este modo para cubrir una hectárea se necesitarían 145 quemadores. Como combustible se utilizó una mezcla compuesta de 10 % de gas-oil y 90 % de fuel-oil, cargándose cada recipiente con 20 litros.

El control térmico se llevó con termómetros de mínima colocados a 1.50 m., en mástiles distribuidos en forma equidistante. En el centro de cada campo se colocaron termómetros a 10 cm., 50 cm., 100 cm., 150 cm. y 200 cm. La simultaneidad de las observaciones se logró dividiendo la toma de registros entre seis observadores.

V) METODO Y RESULTADOS OBTENIDOS

A) 1<sup>er</sup> ENSAYO

Se efectuó en la Estación Experimental de Cinco Saltos (Río Negro) del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, en la noche del 13 al 14 de junio de 1950.

La superficie cubierta con quemadores fué de aproximadamente 3/4 Ha., utilizándose como campo testigo el cuadro vecino, de características muy semejantes. Los reparos consisten en alamedas separadas 2 m entre filas; dentro de cada fila la separación entre plantas es de 0.50 m.

En el campo de ensayo hay una plantación de *Delicious* y algunos ejemplares de *King David* y *Rome Beauty*; en el cuadro testigo *King David* y *Delicious*, de más de 20 años, plantados a marco real y separados entre sí 6 m. El ensayo se hizo con la vegetación en descanso: período invernal. El suelo estaba cubierto con cebada.

Las condiciones de enfriamiento por radiación del suelo, que se presentaban en la Estación Agrometeorológica de Cipolletti, sometida a la misma influencia macroclimática, hicieron previsible una helada (Cuadro I).

CUADRO I. — Registros de la Estación Agrometeorológica de Cipolletti (13-VI-50)

	Hora de observación	
	19.45	21.00
Termómetro seco .....	7,6 °C	7,4 °C
Termómetro húmedo .....	5,2 °C	4,8 °C
Punto de rocío .....	2 °C	1 °C
Nubosidad .....	0	0
Viento (Dirección) .....	Calma	Calma
Viento (Fuerza-Beaufort) .....	0	0

El primer registro se tomó a las 23.30 horas, haciéndose los restantes cada 30 minutos. Luego de efectuada la primera observación una ligera turbulencia elevó la temperatura, pero a partir de las 24.00 horas la radiación era intensa y los registros termométricos cada vez menores. Cuando el termómetro colocado a 1.50 m de altura, en el mástil central del campo de ensayo, marcaba 1.0°C, se ordenó el encendido de los quemadores. Algunos inconvenientes que se presentaron en esta operación fueron salvados dando mayor entrada de aire al regulador de tiraje.

Con un quemador cuyo funcionamiento era deficiente se experimentó agregándole dos chimeneas a la que ya tenía, obteniéndose de este modo un quemador con una chimenea de 1.80 m. Con este quemador se trabajó con el tiraje máximo. Se notó que la combustión era completa, sin producción de humo ni hollín. Aparentemente se producía una mayor irradiación de calor, por lo que se decidió hacer un ensayo comparativo con el "modelo norteamericano" y este "modelo modificado".

La prueba se dió por finalizada a las 06.00 horas, cuando más de la mitad de los quemadores se habían apagado, aunque alguno de ellos conservaban combustible en su depósito.

CUADRO II. — Temperaturas registradas durante la conducción del ensayo

Hora	0.10 m		0.50 m		1.00 m		1.50 m		2.00 m	
	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T
23.30	-0.1	0.6	1.9	1.4	1.9	1.8	2.3	1.8	1.6	1.8
24.00	1.8	0.6	2.9	2.2	3.8	2.7	3.7	2.7	4.0	2.8
00.30	-0.7	-0.6	0.6	0.9	0.9	1.3	1.0	1.2	1.1	0.9
01.00	0.3	-1.9	0.5	-0.5	-0.2	-0.2	1.5	-0.2	1.7	0.5
01.30	-1.2	-2.4	-0.2	-1.4	0.3	-1.1	0.8	-1.1	0.9	-1.2
02.00	-1.4		-0.6	-1.8	-0.1	-1.2	0.4	-1.7	1.1	-1.8
02.30	-0.2	(*)	-0.2	-2.2	0.9	-1.7	0.9	-1.7	1.1	-2.1
03.00	-0.2		-0.2	-2.9	0.2	-2.6	0.8	-2.5	1.1	-2.7
03.30	-1.2		-1.0	-2.9	0.7	-2.6	0.0	-2.5	0.1	-2.6
04.00	-2.2		-0.7	-3.6	-0.7	-3.2	-0.2	-5.2	0.1	-3.3
04.30	-2.2		-1.8	-3.5	-1.5	-3.1	-1.1	-5.0	-1.1	-3.2
05.00	-3.2		-1.2	-3.6	-1.3	-3.4	-1.1	-3.3	-1.1	-3.7
05.30	-2.2		-1.2	-3.8	-1.3	-3.5	-1.0	-3.4	-1.1	-3.7
06.00	-2.2		-2.0	-4.1	-1.8	-3.8	-1.2	-3.7	-1.9	-4.2

E: Campo de Ensayo. T: Campo Testigo.

(\*) Se suspenden los registros por desperfectos del termómetro.

Verificado el estado de los quemadores después de la experiencia, se observó que muchos tenían en su depósito un residuo duro y carbonoso y abundante hollín en las paredes internas de la chimenea. En cambio, el "modelo modificado" presentaba su depósito completamente limpio y la chimenea sin hollín.

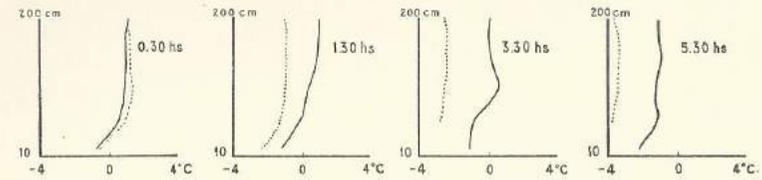


Fig. 2. — Marcha de la temperatura en ambos campos hasta 2 m. de altura. .... testigo — ensayo

En el Cuadro II se reproducen los registros obtenidos durante el ensayo. Gráficamente la Fig. 2 da idea de la marcha de algunas de las series de observaciones. Se puede apreciar que el encendido de los quemadores se tradujo en un aumento rápido de la temperatura de todos los estratos estudiados, quedando el campo de ensayo, durante todo el transcurso de la experiencia, a temperatura significativamente superior a la del campo testigo.

B) 2º ENSAYO

El objeto de este ensayo fué comparar la eficacia del quemador "modelo norteamericano" utilizado en la anterior prueba, con otro, que es una modificación del ya mencionado, pues se le alargó la chimenea a una longitud tres veces mayor, a fin de conseguir una más elevada irradiación de calor.

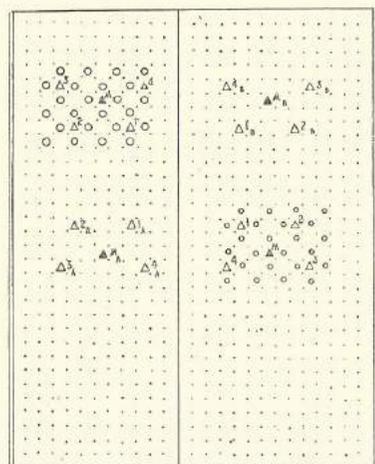


FIG. 3.—Plano del 2º ensayo.

Referencias:  
 Quemadores « modelo norteamericano »: ○  
 Quemadores « modelo modificado »: ◊  
 Pétalos: .....  
 Repájos: ———  
 Termómetros: ▲ △

La experiencia con este "modelo modificado" se realizó en los mismos cuadros del anterior ensayo, el 4 de julio de 1950, utilizándose 24 quemadores de cada tipo, distribuidos en tresbolillo (Fig. 3).

Las observaciones de las 19.45 y 21 horas (Cuadro III) hacían prever un rápido descenso de temperatura, el que se vió frustrado por una moderada brisa que trajo como consecuencia un aumento de temperatura.

Vista la persistencia de la brisa y descartada la posibilidad de ocurrencia de temperaturas por debajo de 0.0°C, se ordenó el encendido con el solo objeto de tener una idea aproximada del comportamiento del "modelo modificado" con respecto al "modelo norteamericano" utilizado en la anterior experiencia.

CUADRO III.—Registros de la Estación Agrometeorológica de Cipolletti (3-VII-50)

	Hora de observación	
	19.45	21.00
Termómetro seco .....	9.0 °C	6.0 °C
Termómetro húmedo .....	5.6 °C	4.0 °C
Punto de rocío .....	1 °C	1 °C
Nubosidad .....	0	0
Viento (Dirección) .....	Calma	Calma
Viento (Fuerza-Beaufort) .....	0	0

La prueba se inició a las 04.40 horas, dándose término al ensayo a las 08,30 horas, cuando la tercera parte de los quemadores se había apagado.

Los quemadores "modelo norteamericano" presentaron dificultades en el encendido, no ocurriendo lo mismo con los "modificados"; con estos se obtuvo un aumento rápido de temperatura (Fig. 4).

No obstante la turbulencia de la atmósfera pudo apreciarse la mayor eficacia de los quemadores "modelo modificado" (Fig. 5).

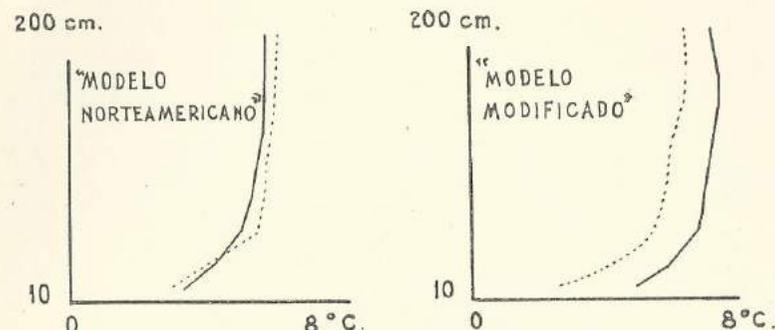


FIG. 4.—Registros obtenidos antes y después del encendido.  
 ..... 4.30 hs. ——— 5.00 hs.

VI) DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las investigaciones tendientes a la determinación de la temperatura a que comienzan a ser dañadas las distintas especies en sus diferentes estados evolutivos no han conducido a resultados concordantes, pues, aparte de la influencia individual, que es muy importante, los métodos de laboratorio no reproducen con fidelidad aquello que ocurre en la Naturaleza.

Las investigaciones en condiciones naturales presentan dificultades, ya que poco sabemos con respecto al intercambio calórico entre planta y ambiente, y menos aun, sobre la cooperación de los factores fisiológicos y meteorológicos que afectan a la planta en el campo. Especialmente en el caso de las heladas primaverales, la temperatura del suelo y del aire cambia casi siempre debido a factores microclimáticos. El microclima de un lugar puede ser muy diferente al de otras estaciones climáticas; esto se comprueba observando la frecuencia muy desigual de las heladas que se producen en distintas localidades. De este modo, variedades y clones, severamente perjudicados en un lugar, pueden no haber sido dañados en otro.

Se considera el estrato de aire vecino al suelo como una zona turbulenta, y recién en estos últimos tiempos se empezó a conocer, por medio de innumerables mediciones, las variadas desviaciones de ese clima especial vecino al suelo. Las condiciones del suelo y el intercambio de masas de aire son los dos factores principales que condicionan el microclima de un lugar. Como agregado, el tamaño de la superficie de radiación vegetal ejerce gran influencia en el enfriamiento: las plantas pequeñas, o brotes de escasa superficie foliar, sufren menos daños que los vástagos de ulterior desarrollo.

En yemas cerradas se ha demostrado una mayor resistencia a las bajas temperaturas, la que disminuye cuando al hincharse comienzan a mostrar el color de sus pétalos. Durante la floración se acentúa la suscep-

tibilidad a los descensos térmicos, alcanzando su momento crítico con la caída de los pétalos y el comienzo de la fructificación. En este período los efectos de las bajas temperaturas suelen ser graves (Cuadro IV).

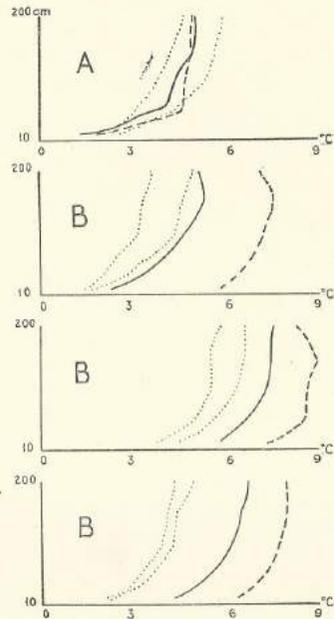


Fig. 5.—Marcha de la temperatura a distintos estratos.  
 ..... Testigos.  
 ————— Quemador « modelo norteamericano ».  
 - - - - - Quemador « modelo modificado ».  
 A: Antes del encendido de los quemadores.  
 B: Durante el encendido de los quemadores.

Las distintas especies varían ampliamente con respecto a las mínimas que pueden resistir, determinando ello el lugar adecuado para su cultivo.

CUADRO IV.— Temperatura en °C a que comienzan a ser dañados los frutales en sus estados más susceptibles (Young, 1947)

Especie	Yemas cerradas mostrando el color de sus pétalos	En flor	Al cuajar	Frutos chicos
Almendro .....	- 5.3	- 2.7		- 1.1
Dupaznero .....	- 5.8	- 5.3		- 1.6
Damasco .....	- 5.8	- 2.2		- 0.5
Cerezo .....	- 5.8	- 2.2	- 1.1	
Ciruelo .....	- 5.8	- 2.2		- 1.1
Peral .....	- 5.8	- 2.2		- 1.1
Manzano .....	- 5.8	- 2.2		- 1.6
Nogal .....		- 0.5	- 0.5	
Oliivo .....		- 0.5	- 0.5	
idV .....		- 0.6	- 0.6	

Las temperaturas dadas en el Cuadro IV se refieren al termómetro instalado en el abrigo meteorológico reglamentario. Como los registros que poseemos de nuestro ensayo fueron tomados con termómetros sin abrigo, y al tener en cuenta que el error de irradiación del termómetro de mínima es más constante y de menor magnitud que el de los termómetros que registran temperaturas diurnas, como los de máxima, nos pareció conveniente, si bien no absolutamente exacto, adaptar los valores críticos de YOUNG (1947) a temperaturas al aire libre de Cipolletti. Para tal objeto se registraron las temperaturas mínimas al aire libre sobre distintas condiciones de suelo, a 1.50 m de altura sobre su superficie en 20 noches de perfecta irradiación durante los meses de julio y agosto de 1950. El resumen y su comparación se muestran en el Cuadro V.

CUADRO V.— Mínimas promedios en °C. (promedio de 21 noches de intensa radiación de los meses de Julio y Agosto de 1950)

	Aire libre a 1,50 m. sobre el suelo	Abrigo meteorológico en Cipolletti
Suelo desnudo no trabajado ...	0.4	
Suelo de colchón con hierbas muertas .....	- 0.7	
Suelo arado .....	0.0	
Alfalfar .....	- 0.3	
Suelo húmedo .....	- 0.5	
Suelo con pocas hierbas .....	0.1	
PROMEDIO .....	- 0.0	1.8°
DIFERENCIA .....		1.8°

Aplicando la diferencia hallada, a las temperaturas críticas dadas por YOUNG, 1947, obtenemos las temperaturas de aire libre a que comenzarían a ser dañados los frutales en sus estados más susceptibles (Cuadro VI).

CUADRO VI.— Mínimas críticas en el estado más susceptible para Cipolletti

Especie	°C
Almendro .....	- 2.9
Dupaznero .....	- 3.4
Damasco .....	- 2.3
Cerezo .....	- 2.9
Ciruelo .....	- 2.9
Peral .....	- 2.9
Manzano .....	- 3.4
Nogal .....	- 2.3
Oliivo .....	- 2.3
Vid .....	- 2.4

Estas mínimas deben ser consideradas en relación a otros factores, particularmente la condición y el relativo estado de reposo de los árboles. Frutales sanos, bien fertilizados y libres de enfermedades y daños causados por insectos, muestran resistencia mayor a las bajas temperaturas, que aquellos debilitados por mala nutrición o enfermedades. El grado del daño depende también del período de duración de las bajas

temperaturas, de la situación del árbol con respecto al drenaje aéreo, de las condiciones bajo las cuales se produce el deshielo y de los cuidados posteriores.

La finalidad de nuestros ensayos fué tratar de mantener la temperatura del ambiente por encima de las mínimas críticas de las distintas especies. Para comprobar la eficacia del calentamiento tomaremos en cuenta solamente los registros obtenidos en los estratos de 1 m, 1.50 m y 2 m, interesantes a las especies tratadas en este trabajo.

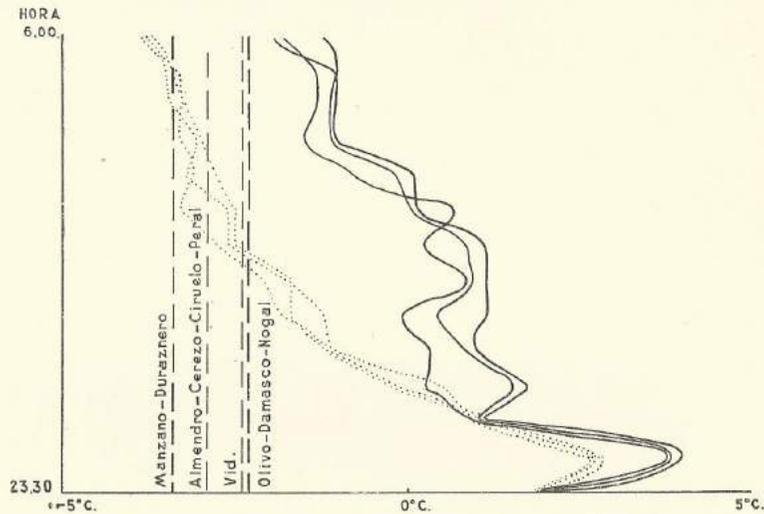


Fig. 6. — Marcha de la temperatura durante el 1er. ensayo (13/14-VI-50).

En la Fig. 6 se observan las temperaturas de los cuadros de ensayo y testigo, correspondientes al ensayo efectuado en la noche del 13 al 14 de junio de 1950. Los registros del campo testigo muestran en qué forma hubiesen sido afectadas las especies consideradas, por el descenso de la temperatura. Por el contrario, el campo de ensayo, por efecto del calentamiento, se mantuvo a temperaturas superiores a las mínimas críticas de las distintas especies en sus estados más susceptibles.

El aumento promedio obtenido hasta una altura de 2 m. fué de 2.3°C. Tratándose de combatir heladas en viñedos, debemos considerar un aumento de 2.0°C, pues ese fué el obtenido dentro del estrato de 1 m.

Durante la conducción del segundo ensayo (3-4/VII/50) se observaron dificultades en el encendido de los quemadores "modelo norteamericano", que se tradujeron en un aumento lento de la temperatura ambiente (Fig. 7). Regularizada la combustión, el ascenso térmico se hace evidente, aunque siempre en menor grado que el obtenido en el cuadro calentado con quemadores "modelo modificado".

En este segundo ensayo el aumento promedio obtenido dentro del estrato de 2 m. fué de 1.2°C., mediante el empleo de quemadores

"modelo norteamericano" y 2.7°C., utilizando el "modelo modificado" (Cuadro VII).

CUADRO VII. — Diferencias en °C registradas durante el ensayo efectuado el 3-4/VII/50

Diferencias entre el cuadro calentado con quemadores « modelo norteamericano » y los cuadros testigos (promedio)						Diferencias entre el cuadro calentado con quemadores « modelo modificado » y los cuadros testigos (promedio)					
Altura en cm						Altura en cm					
Hora	10	50	100	150	200	Hora	10	50	100	150	200
05.00	1.0	1.4	0.9	0.8	0.5	05.00	2.5	3.0	2.5	2.4	1.8
05.30	0.7	1.0	0.9	1.3	0.8	05.30	4.2	3.9	3.4	3.5	2.9
06.00	1.9	1.9	2.0	1.7	1.7	06.00	1.9	2.3	2.0	2.0	1.7
06.30	1.6	1.4	1.4	1.5	1.3	06.30	3.1	3.2	2.7	2.8	2.5
07.00	1.3	0.9	0.7	0.8	1.0	07.00	2.4	2.1	2.0	2.2	2.3
07.30	2.1	2.0	2.1	2.2	2.1	07.30	4.1	3.7	3.6	3.6	2.2
08.00	1.1	1.5	0.8	1.2	1.3	08.00	2.6	2.8	1.9	2.6	2.3
Σ	9.7	10.1	8.9	9.3	8.7	Σ	20.8	21.0	18.1	19.1	15.7
Pd.	1.4	1.4	1.2	1.3	1.2	Pd.	3.0	3.0	2.6	2.7	2.2
Aumento promedio en el estrato 0-200 cm						Aumento promedio en el estrato 0-200 cm					
1.3						2.7					

## VII) CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los distintos factores meteorológicos de influencia en ambos ensayos, y las diferencias en los resultados obtenidos, resultantes de la ubicación y características de los cuadros bajo experiencia, podemos inferir las conclusiones que siguen:

1. — Para una noche de intenso enfriamiento por radiación del suelo, el aumento promedio de temperatura, obtenido hasta la altura de 2 m. mediante el empleo de quemadores "modelo norteamericano", fué de 2.3°C.

2. — En noche con producción de corrientes turbulentas, se obtuvieron, dentro del estrato de 2 m., aumentos de 1.3°C y 2.7°C., empleando respectivamente quemadores "modelo norteamericano" y "modelo modificado".

3. — El encendido del quemador "modelo norteamericano" presenta dificultades, no ocurriendo lo mismo con el "modelo modificado". En éste la combustión es completa, sin producción de humo ni hollín.

4. — Los aumentos de temperatura obtenidos, se han logrado mediante el empleo de 145 quemadores por hectárea, y en noches de mínimas absolutas al aire libre de -4.3°C. (13-14/VI/50) y 3.3°C (4-5/VII/50); registros obtenidos con termómetros de mínima colocados a 1.50 m. de altura. En caso de mínimas más intensas deberá emplearse mayor cantidad de quemadores por unidad de superficie.

5. — Hasta mínimas de -4.3°C., producidas en las condiciones de los ensayos, los quemadores son eficaces para mantener la temperatura ambiente, superior a las mínimas críticas de las especies consideradas, en sus estados más susceptibles.

6. — Estos ensayos deberán ser completados con un estudio económico para deducir la incidencia de los gastos de calefacción sobre la

cosecha a obtenerse. Los resultados deberán referirse a cada especie y variedad, teniendo en cuenta el índice regional de riesgos por heladas de las distintas zonas frutícolas.

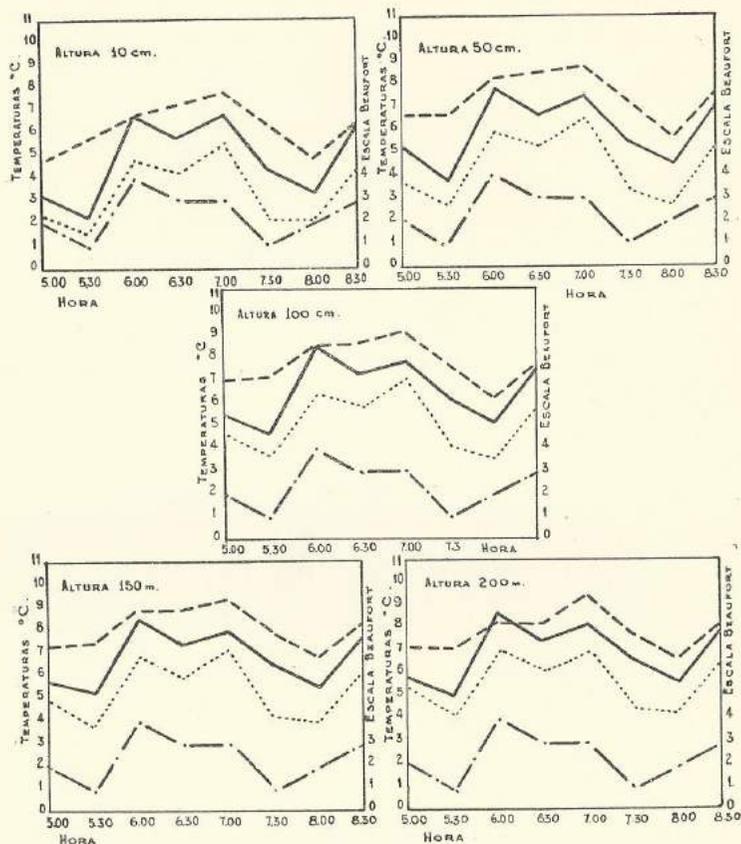


FIG. 7.—Temperaturas registradas durante el ensayo (3-4/VII/50).

— — — Parcela con quemadores "modelo modificado".  
 — — — Parcela con quemadores "modelo norteamericano".  
 ..... Parcela testigo.  
 - · - · - Viento (Beaufort).

#### BIBLIOGRAFÍA

- BURGOS, J. J., y VIDAL, A. — « Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite ». *Meteoros*. Rev. de Meteorología y Geofísica del S. M. N. N.º 1: 5-52, Enero 1951, Buenos Aires.  
 CROSS, W. — « El problema de la caña helada ». Boletín de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, Tucumán, 1955.  
 DE FINA, A. — « Algunos aspectos que deben considerarse en el estudio de las heladas ». *Revista Meteorológica*. Año I, N.º 4, 1942.

- FOLEY, F. D. — « Frost in the Australian Region ». Bureau of Meteorology, Melbourne, 1945.  
 GARCÍA, F., and RIGNEY, J. W. — « Hardiness of fruit buds and flowers to frost ». New Mexico, 1914.  
 GEIGER, R. — « Mikroklima und Pflanzenklima. Handbuch der Klimatologie ». Tomo I. Parte D, 1930. Trad. D. Brazol.  
 HAUMAN, L. — « Etude Phytogéographique de la region du Rio Negro inferieur ». *An. Mus. Nac.*, T. XXIV. Bs. As., 1913.  
 KÜHN, F. — « Fundamentos de fisiografía argentina ». Vol. XLIX-L de la Biblioteca del Oficial, Bs. As., 1922.  
 LEVITT, J. — « Frost killing and hardiness of plants ». Minneapolis.  
 MATTOS FILHO, B. — « Metodos de combate a'geadas ». Soc. Paulista de Agricultura, Sao Paulo, 1929.  
 MÜLLER, E. C. — « Plant physiology ». Mc Graw-Hill Book Co., Inc., 1201 pgs. N. York, 1958.  
 PARRENIN, H. — « Sobre un dispositivo automático destinado a proteger los cultivos contra las heladas ». Trad. Carlos Vicente. Archivo del Servicio Meteorológico Nacional.  
 PLOTTIER, L. — « Los valles del Rio Negro, Neuquén y Limay ». *Rev. Asoc. Ings. Agr.*, 9 (4) 18-26. Montevideo, 1957.  
 PROVERBIO, J. — « Valoración cuantitativa de la exigencia en frío invernal de una colección de variedades de manzano ». Archivo del Servicio Meteorológico Nacional, 1951.  
 REED, G. W. — « Protection from damage by frost ». American Geographical Society, 1916.  
 REED, G. W. — « Frost in the United States ». U. S. Weather Bureau, Washington, 1917.  
 SEEMANN, J. — « Mikroklimatische Studien über Spätfroste und ihre Bedeutung für die auslese frostfester Pflanzen ». *Züchter* 16, 1944.  
 YOUNG, F. D. — « Smoke and direct radiation in frost protection ». 1920.  
 YOUNG, F. D. — « The 1937 freeze in California ». U. S. Weather Bureau, Washington, 1939.  
 YOUNG, F. D. — « Frost and the prevention of frost damage ». Gov. Print. Off. Washington, 1947.

## NOTAS Y COMENTARIOS

Datos climatológicos y geomagnéticos — Islas Orcadas del Sur — (60° 44' S, 44° 44' W. Período 1903-50). Serie B, 1ª sección, 1ª parte, N° 11. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, 1951, 97 págs. — Bajo el título del epígrafe se ha publicado un tomo de 49 tablas climáticas y 11 geomagnéticas, con texto aclaratorio. Por tratarse de la estación más austral del mundo, con un record ininterrumpido de 48 años de observaciones horarias, esta publicación no puede menos que despertar un vivo interés e incitarnos a hacer de ella objeto de un breve comentario, circunscripto a los datos climáticos (1).

La publicación actual contiene en la Sección I —Climatología—, para el intervalo de 48 años, los promedios o sumas diarias de presión atmosférica, temperatura, nubosidad y precipitación, y de los demás elementos del cuadro que acompaña al presente comentario, los promedios mensuales año por año y sus desviaciones respecto al valor medio. Estos datos se completan por tablas que comprenden frecuencia de visibilidad y de procedencia de nubes bajas, marcha diaria de presión, temperatura, nubes bajas, heliofanía y velocidad de viento, promedios móviles anuales de presión y temperatura y una tabla sobre el estado de los hielos en la Bahía Escocia, publicada ya con anterioridad en esta revista (2).

De cierta inseguridad adolecen los valores invernales de la humedad relativa y tensión de vapor, al no contar el observatorio con un psicrómetro ventilado, así como las observaciones de la precipitación, por ser zona polar.

La velocidad del viento resulta muy reducida en la estación misma, por hallarse ésta protegida por cerros en la dirección del viento prevalente; de ahí que en las estadísticas se haya reemplazado la dirección del viento por la procedencia de nubes bajas.

A pesar de encontrarse en una vasta zona oceánica cuyo clima se caracteriza por fuertes vientos del oeste durante todo el año, (las nubes bajas proceden del sector oeste en 65%), una nubosidad muy elevada y una gran perturbación del tiempo, las Islas Orcadas del Sur muestran rasgos de

un clima polar continental, durante gran parte del año, y sólo en los meses estivales ofrecen las características de un clima puramente oceánico. Por lo tanto, reinan durante una mitad del año condiciones extremas, y en la otra, moderadas.

El promedio anual de la nubosidad, con 8.7 y sólo 4.2 días claros durante el año, indican que se trata aquí de uno de los lugares más nubosos de todo el mundo. La nubosidad es casi tan elevada como la del Faro Sosnovets (66.5° N y 44.7° E), que según Johansson tiene la mayor nubosidad conocida hasta ahora (8.8 en el promedio anual). Contrariamente a esta última estación que tiene el máximo (9.4) en el invierno y el mínimo en el verano (7.9), las Islas Orcadas tienen su nubosidad máxima al tiempo de la máxima altura solar (los promedios mensuales de nubes bajas alcanzan valores en determinados años hasta 9.8!), registrando una disminución (pero sólo hasta 7.8 en promedio) en la época en que la radiación solar directa es ya muy débil. En consecuencia, el goce de radiación es sumamente pequeño y muy probablemente tiene esta estación meteorológica la menor suma anual de la radiación solar en todo el mundo. Los registros del brillo solar lo comprueban, siendo la suma anual de la heliofanía 483 horas, lo que es sólo el 13.5% de la posible en ese lugar.

La gran perturbación del tiempo se manifiesta por supuesto en los valores de la presión atmosférica, cuyo campo de variación mensual es en promedio de 50 mb aproximadamente, siendo mayor en invierno y menor en el verano y alcanzando como valor extremo más de 100 mb (abril). Estas variaciones son más pronunciadas hacia valores bajos (mínimo absoluto 928,7 mb) que hacia valores altos (máxima absoluta 1030,6 mb). La característica térmica del grado de perturbación del tiempo es la relación entre la variación aperiódica y periódica. Esta relación acusa el máximo

(1) En forma extensa fueron publicadas hasta ahora sólo las observaciones que alcanzan al año 1910 en los *Anales de la Oficina Meteorológica Argentina*, Tomos XVI y XVII, Buenos Aires, 1905 y 1912-13, donde R. C. Mossmann hizo también una discusión de los resultados obtenidos.

(2) F. PROHASKA, « Sobre el estado de los hielos en la Bahía Escocia », *Meteoros*, año I, N° 2-3, pág. 216, Buenos Aires, 1951.

extraordinariamente alto de 42,5 en junio y el mínimo de 2,7 en diciembre. Los valores correspondientes, verbigracia, a Bergen (Noruega, a 60.4° N) son 7.8 y 1.3, respectivamente. La variación excesiva de esta relación reconoce como causa, por un lado, el hecho de que la marcha diaria de la temperatura, de suyo pequeña en un clima oceánico (variación periódica: máximo, enero 1.14° C; mínimo, mayo y junio 0.2° C), queda casi suprimida por la elevada nubosidad, que prácticamente no experimenta ninguna variación diaria. En el promedio anual, en efecto, la cantidad de nubes bajas varía en las distintas horas sólo entre 8.4 y 8.5. Por otro lado, la variación aperiódica de la temperatura muestra una marcha anual inversa, al ser tres veces mayor en el invierno que en el verano.

Los hielos que durante la mitad del año rodean las islas, junto con los extensos glaciares existentes y una capa de nieve casi continua —hay sólo 67 días en el año sin nieve sobre el suelo de la estación— transforman el clima oceánico en un clima polar continental durante el invierno. Cada año baja la temperatura hasta -30° C, registrándose un mínimo absoluto de -40° C. Al contrario, las temperaturas altas (sobre el punto de congelación) son frenadas por la temperatura del mar, cuyos promedios mensuales quedan siempre bajo 0° C, y tampoco en meses determinados tienen promedios más altos que +1° C, ya que se encuentra también en el verano hielo en descongelación en las aguas circunvecinas. Por lo tanto, los promedios mensuales de la temperatura del aire varían alrededor 0° C durante los meses de verano, y la temperatura más alta alcanzada en el período de 48 años fué de 12.2° C. En todo el año hay sólo 13 días en que la temperatura mínima no baja a 0° C y 195 días en que la temperatura máxima no sube hasta el punto de congelación.

El cambio del clima oceánico al continental en el curso del año, está muy bien expresado en la curva anual de los promedios mensuales de la temperatura. Ofrece un aspecto continental desde mayo a septiembre inclusive, y oceánico en los restantes meses, destacándose el máximo en febrero y el mínimo en julio. También las desviaciones medias acusan este cambio, siendo sólo de  $\pm 0.6^\circ \text{C}$  en los meses estivales, y se quintuplican en invierno.

El problema de la variación secular del clima en esta región del Atlántico en base a la fuente de información comentada, fué ya objeto de discusión (3). No se advierte ningún cambio definido en este lapso. Sólo es posible notar en casi todos los elementos una « onda » entre 1917 y 1937 que se manifiesta, verbigracia, en las temperaturas por una disminución de la misma de 1917 a 1930 y un aumento de 1930 a 1937. Superpuesta a esta onda, aparece más o menos claramente otra, correspondiente al conocido período de 3 a 3.5 años.

La Sección II, dedicada a Geomagnetismo, contiene los promedios horarios de los días internacionales tranquilos y perturbados de cada mes, con el gráfico de la marcha diaria respectiva de la componente horizontal y la declinación, para los años de actividad solar extrema. Así, el año polar (agosto 1932-agosto 1933) de actividad mínima, según el número relativo de manchas solares, y el año 1947 de actividad máxima. Además, se publican los promedios mensuales de las componentes horizontal y vertical y la declinación para los años 1933 a 1948 y un gráfico de la marcha secular de los citados tres elementos, relativos a los años 1905 a 1949. — FEDERICO J. PROHASKA.

(3) F. PROHASKA, « Zur Frage der Klimaänderung in der Polarzone des Südatlantik », *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Band III, Vienna, 1951, pág. 72.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Promedio .....	989.80	989.29	989.28	988.95	991.11	995.55	992.69	992.77	991.54	990.15	986.75	990.68	990.56
Desviación .....	± 3.2	± 3.0	± 3.2	± 3.0	± 4.5	± 5.6	± 5.3	± 5.6	± 5.8	± 5.4	± 5.7	± 5.3	± 1.1
Promedio más alto .....	1000.8	1001.6	999.4	998.2	1007.2	1003.0	1004.3	1005.5	1004.2	1000.2	1001.1	100.26	994.2
Año .....	1926	1926	1946	1932	1911	1920	1941	1907	1917	1925	1904	1944	1926
Promedio más bajo .....	982.5	982.5	978.6	981.4	981.2	982.4	985.8	985.9	983.4	978.8	977.8	981.0	988.2
Año .....	1917	1948	1925	1909	1907	1905	1934	1949	1905	1914	1949	1954	1912
Promedio de máximas .....	1006.7	1008.2	1009.8	1011.9	1015.1	1017.2	1018.2	1018.0	1015.9	1013.9	1007.2	1008.2	1024.5
Promedio de mínimas .....	968.4	964.2	963.4	959.6	962.2	962.8	960.7	961.6	958.8	959.4	960.7	968.3	948.5
Diferencia .....	38.5	44.0	46.4	52.5	52.9	54.4	57.5	56.4	57.1	54.5	46.5	59.9	76.2
Máxima absoluta .....	1017.1	1018.8	1022.4	1030.4	1028.4	1029.8	1030.6	1027.8	1029.0	1029.0	1019.1	1021.9	1030.6
Mínima absoluta .....	950.0	942.4	949.1	928.7	944.6	956.8	939.5	939.2	935.8	942.7	943.6	951.4	928.7
Amplitud .....	67.1	76.4	75.5	101.7	83.8	93.0	91.1	88.6	93.2	86.5	75.5	70.5	101.9
Variación periódica:													
Hora de máxima .....	19	20	20	19	20	11	20	20	20	7	21	19	20
Hora de mínima .....	5	3	4	4	5	4	14	5	5	15	5	5	5
Amplitud .....	0.58	0.48	0.61	0.52	0.24	0.53	0.44	0.40	0.45	0.32	0.55	0.42	0.40
Hora 2ª máxima .....	7	7	9	9	9	20	11	11	9	20	7	7	9
Hora 2ª mínima .....	11	13	12	14	15	14	4	15	14	3	15	15	13

Presión atmosférica en mb, al nivel de la estación, a 0° C, sin corrección por gravedad \*

Temperatura en °C.

Promedio .....	0.11	0.25	-0.57	-5.52	-7.12	-10.57	-10.87	-10.22	-6.92	-3.95	-2.50	-0.77	-4.67
Desviación .....	± 0.5	± 0.6	± 0.8	± 1.7	± 2.6	± 2.9	± 2.8	± 3.1	± 2.1	± 1.5	± 1.1	± 0.6	± 0.8
Promedio más alto .....	1.9	1.8	1.4	-0.5	-1.8	-3.7	-4.0	-5.8	-5.0	-3.0	-1.5	-0.5	-2.6
Año .....	1918	1926	1944	1917	1917	1945	1943	1919	1937	1918	1947	1936	1945
Promedio más bajo .....	1.5	2.5	2.6	-8.4	-15.0	-19.6	-21.2	-19.5	-12.8	9.5	4.9	2.3	7.1
Año .....	1931	1924	1924	1945	1928	1932	1930	1939	1935	1930	1919	1925	1945
Diferencia .....	5.2	4.3	4.0	7.9	13.2	15.9	17.2	15.7	9.8	9.0	4.6	5.4	4.5
Promedio de:													
Máxima diaria .....	1.8	1.9	1.4	-0.8	-5.6	-6.5	-6.4	-5.8	-5.4	-1.0	-0.2	1.0	1.8
Mínima diaria .....	-1.4	-1.4	-2.6	-6.0	-10.7	-14.8	-15.7	-15.0	-11.2	-7.0	-4.4	-2.4	-7.7
Diferencia .....	3.2	3.3	4.0	5.2	7.1	8.5	9.3	9.2	7.8	6.0	4.2	3.4	5.9
Máxima mensual .....	5.6	6.2	6.1	4.4	3.2	1.7	2.1	2.6	3.3	4.3	4.2	4.7	8.1
Mínima mensual .....	-4.1	-4.7	-7.6	-14.9	-22.5	-28.4	-29.0	-29.0	-25.0	-18.1	-9.9	-5.5	-32.6
Diferencia .....	9.7	10.9	13.7	19.5	25.7	30.1	31.1	31.6	28.5	22.4	14.1	10.2	40.7
Máxima absoluta .....	12.2	9.0	10.8	7.6	9.2	5.9	7.8	8.2	6.5	8.7	8.8	9.6	12.2
Mínima absoluta .....	-7.0	-9.8	-15.1	-31.5	-51.9	-58.3	-56.9	-40.1	-32.6	-31.2	-20.4	-13.2	-40.1
Amplitud .....	19.2	18.8	25.9	39.1	41.1	44.2	44.7	48.3	39.1	39.9	29.2	22.8	52.3

Variación periódica:

Hora de máxima .....	15	14	14	15	13	15	13	14	14	14	14	14	14
Hora de mínima .....	5	4	6	7	9	8	9	8	6	5	4	5	4
Amplitud .....	1.14	0.95	0.61	0.55	0.20	0.20	0.29	0.79	1.30	1.26	1.28	1.28	0.75
Días temp. mín < 0° C .....	27.1	25.7	27.4	29.3	30.9	30.0	31.0	31.0	30.0	30.9	29.9	50.4	351.6
Días temp. máx. < 0° C .....	5.2	5.5	8.8	14.9	22.0	25.5	25.8	25.6	21.5	16.5	14.2	9.9	196.4
Temp. del mar B. Escocia .....	-0.57	-0.06	-0.25	-0.92	-1.54	-1.72	-1.78	-1.77	-1.74	-1.68	-1.59	-0.90	-1.18

Humedad relativa en %

Promedio .....	85	86	86	86	85	85	85	84	84	86	86	85	85
----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tensión del vapor en mm Hg

Promedio .....	4.0	4.0	5.8	5.2	2.4	1.8	1.7	1.8	2.2	3.1	5.5	5.7	2.9
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Velocidad media del viento en Km/hora

Promedio .....	14.8	17.4	19.0	19.4	18.9	17.5	18.4	19.1	19.8	20.1	17.3	14.5	18.0
----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Heliografía

Efectiva (horas) .....	47.6	38.5	34.0	25.2	16.9	9.7	18.5	44.1	65.8	69.1	54.8	62.7	485.0
Relativa (%) .....	9.3	9.8	9.9	10.1	10.8	15.2	13.2	22.5	21.8	17.6	11.2	12.0	135.5
Días sin heliofania .....	14.7	14.5	17.1	18.9	22.1	23.8	22.1	16.0	12.1	11.6	12.6	12.8	198.8

Nubosidad en décimos

Total .....	9.4	9.5	9.2	9.0	8.4	8.0	7.8	7.9	8.2	8.8	9.2	9.5	8.7
Nubes bajas .....	9.2	9.1	9.0	8.8	8.1	7.7	7.4	7.5	8.0	8.5	8.9	9.0	8.4
Días > 8/10 .....	28.9	25.6	27.8	25.5	22.5	19.0	18.2	19.0	21.0	25.3	27.2	28.0	287.8
Días > 8/10 e nubes bajas .....	26.9	24.1	25.8	24.2	20.2	17.7	16.4	17.0	19.1	22.7	24.6	25.8	264.5
Días < 2/10 .....	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.7	1.0	1.0	0.6	0.2	0.0	0.0	4.2
Días con 6 = .....	18.9	18.1	19.2	19.2	21.3	22.2	25.4	23.9	22.4	21.9	19.3	18.0	247.8

Precipitación en mm

Promedio .....	55.2	59.1	47.9	41.4	31.6	26.0	31.7	31.8	28.7	29.0	32.2	26.5	398.4
Desviación .....	± 1.4	± 1.6	± 1.6	± 1.7	± 1.5	± 1.1	± 1.5	± 1.5	± 1.2	± 1.3	± 1.4	± 1.2	± 0.9
Días > 0.5 mm .....	14.3	14.5	16.4	17.4	16.0	14.5	15.2	16.0	14.9	15.3	15.5	12.8	182.6
Días > 1.0 mm .....	8.2	9.0	10.7	11.2	9.1	7.8	8.8	9.0	8.9	8.4	8.8	6.9	106.2
Intensidad media diaria .....	2.4	2.8	2.9	2.4	2.0	1.8	2.0	1.9	1.9	2.2	2.1	2.1	2.2
Días con nevadas .....	20.0	17.7	19.9	23.1	22.9	22.2	22.7	22.7	23.3	24.3	25.0	20.6	262.4
Alt. máx. nieve acumulada, cm .....	20	8	5	9	16	25	36	46	55	61	62	46	32
Número de días sin nieve en el suelo de la estación .....	55	15	11	16	25	34	45	55	64	71	69	59	76
Promedio .....	13.9	19.1	20.3	9.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	66.6

\* La corrección por gravedad es + 1.0.

## ACTUALIDADES

**Cincuentenario de la Carta del Tiempo.** — En el pasado mes de febrero se cumplieron 50 años de la aparición de la primera carta del tiempo en la Argentina. El Servicio Meteorológico Nacional celebró la fecha con publicaciones periodísticas y radiales alusivas al origen y evolución de tan importante registro cotidiano. Se recordó, así, que la Oficina Meteorológica Nacional, creada bajo el gobierno de Domingo Faustino Sarmiento en 1872, funcionó originariamente en la ciudad de Córdoba, para trasladarse en 1901 a la Capital Federal con el principal objeto de editar diariamente una Carta del Tiempo. El 1° de enero de 1902 apareció un pequeño boletín, y el 21 de febrero del mismo año, el primer número de la Carta. Reunía éstas las observaciones de 88 estaciones meteorológicas y 240 pluviométricas, situadas en su mayor parte a lo largo de las líneas de la red ferroviaria y del telégrafo nacional. El anhelo de perfección que alentaba en su esfuerzo diario a aquellos primeros científicos de la atmósfera, se tradujo en sucesivos cambios introducidos en el mensaje cotidiano de la fenomenología del tiempo. En 1902, en efecto, se incorporó un boletín hidrométrico, en 1904 se inició la emisión de pronósticos muy generales, en 1905 se agregó un pequeño mapa del Brasil, y en 1906 se imprimió ya un breve resumen de sinopsis del tiempo. Cuatro años más tarde el documento diario ofrece una reseña de las condiciones meteorológicas reinantes durante la noche anterior, y se imprimen, como suplemento aparte, los primeros mapas con valores medios mensuales.

El año 1912 trae innovaciones de importancia. Los mapas adquieren un formato distinto, y a partir de 1915 la precipitación se representa por isohietas. El número de estaciones meteorológicas ha ido en aumento y es de 140; las pluviométricas alcanzan a 1200. Durante un largo período, 1915-1933, no se introducen cambios. El 1° de enero de 1933, la edición se simplifica, aunque en forma poco afortunada. Y se llega al 1° de agosto de 1938, en que aparece en forma enteramente nueva, impresa en multicolor, sujeta a una realización decididamente moderna en que juegan los conceptos científicos de

masas de aire, frentes, y la aplicación del análisis tridimensional. La actual Carta del Tiempo, en sus 50 años de vida, conserva estas últimas características.

**Comisión de Meteorología Marítima de la OMM.** — El Secretario General de la Organización Meteorológica Mundial, Dr. G. Swoboda, ha comunicado a los miembros de la Comisión del epígrafe la realización de la primera sesión, la cual tendrá lugar el próximo 14 de julio a las 10.30 en la Royal Geographical Society, Kensington Gore, Londres S. W. 7, y cubrirá catorce días laborales. A la invitación se acompaña el Orden del Día provisorio establecido por su Presidente, Comodoro C. E. N. Frankcom, cuya transcripción hacemos *in extenso* por el interés que reviste para la Argentina y la Regional III.

**TEMARIO.** — Apertura de la sesión y designación de un Comité de verificación de credenciales. Examen del informe sobre verificación de credenciales. Elección del Vicepresidente. Examen del proyecto del orden del día y adopción del mismo. Informe del Presidente de la Comisión. Establecimiento de Comités y de Grupos de trabajo. Informes de los Presidentes de Grupos de trabajo establecidos por la Comisión. Informe del Grupo de trabajo N° 1: Revisión general del plan de buques seleccionados y su eficiencia. El problema general de la división del mundo en regiones para la transmisión de mensajes meteorológicos provenientes de y dirigidos a los barcos. Oportunidad y posibilidad de incluir los indicativos de llamada de los barcos en los mensajes meteorológicos transmitidos por radio. Proposición de la OACI con respecto a: a) inclusión de  $D_{v, \text{app}}$  en todos los mensajes de barcos transmitidos por radio; b) mensajes respecto al estado del mar y el oleaje, dirigidos desde un buque en navegación a una aeronave obligada a aterrizar. Oportunidad y posibilidad de organizar en los límites de un hemisferio un intercambio regular de boletines que resuman los mensajes de barcos seleccionados. Informe del Grupo de trabajo N° 2: Preparación de una nomenclatura internacional de hielos. Aviso de hielo proveniente de aeronaves

o destinado a las mismas. Informe del Grupo de trabajo N° 3: Examen de la presentación general actual del Fascículo IV de la Publicación 9 de la OMI. Preparación del Reglamento técnico de la CMM. Informe del Grupo de trabajo N° 4: Plan internacional completo para la obtención de mensajes meteorológicos transmitidos por radio por los balleneros a los países del hemisferio sur (Res. 50 de la OMI-CD-Washington). Informe del Grupo de trabajo N° 5: Planes en vista para estimular las investigaciones del mar, como ser: a) lectura exacta de la temperatura de la superficie del mar; b) lectura exacta del higrometro a bordo de los buques; c) observación en el mar de la altura de las nubes; d) estructura del viento en el mar y observación del viento en general; e) observación pluviométrica en el mar; f) observación de la visibilidad en el mar. Diversos problemas concernientes a las dificultades prácticas en efectuar ciertas observaciones meteorológicas a bordo de los buques. Informe del Grupo de trabajo N° 6: Adopción de radioseñales especiales de tormentas para los trópicos. Señales nocturnas (visuales) de aviso de tormentas. Puntos sometidos a los Miembros: Examen de un pedido de Italia para obtener observaciones de la temperatura del mar en el Mediterráneo. Empleo de un número mayor de petroleros como navios seleccionados. Coordinación internacional de trabajos de climatología marítima con vistas a establecer un plan de trabajo para la concentración y la publicación de datos climatológicos para todos los océanos y todos los mares (punto nuevo). Puntos sometidos por el Presidente de la Comisión y los Presidentes de otros organismos constitutivos: Cuestiones generales concernientes al contenido de la emisión de boletines meteorológicos destinados a la navegación en alta mar y en aguas costeras. Problemas diversos de comunicaciones concernientes al trabajo de buques seleccionados, en particular las tasas de a bordo. Empleo de la nueva ficha perforada internacional para observaciones marítimas y examen de una forma internacional de libro de a bordo. Redes de observación de buques mercantes en el Pacífico. Examen de estudios u observaciones especiales que podrían llevarse a cabo a bordo de navios meteorológicos. Examen de los códigos (FM 21, 22, 23) empleados actualmente para la transmisión por radio de mensajes meteorológicos de buques. Empleo de la palabra « roll » para describir la apariencia del mar con vientos de fuerzas 9 y 10. Definición internacional de las longitud y altura de las olas del mar. Informe del Comité de expertos reunido en Londres antes de la Conferencia para la revisión de la Convención Internacional de la Seguridad de la Vida Humana

en el Mar, 1948. La Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1948. La sección marítima de la publicación de la OMI sobre Instrumentos y Observaciones (OMI-Pub-78, Cap. 10). Acuerdo sobre navios meteorológicos en el Atlántico Norte realizado bajo los auspicios de la OACI (Londres 1949). Utilidad para los observadores voluntarios en el mar del Atlas Internacional de Nubes propuesto (punto nuevo). Aplicación de la meteorología en el transporte de mercancías en el mar (punto nuevo). Distribución de los buques meteorológicos en los distintos océanos (punto nuevo). Informes sobre últimos adelantos científicos en el dominio de la Comisión. Examen del grado general de exactitud de las observaciones efectuadas por los buques seleccionados. Elección de la sede de la próxima reunión.

**Asociación Regional Europea de la OMM.** — Con un temario amplio y de indudable interés para Europa, y por derivación para la actividad meteorológica mundial, fué citado a su sesión primera el organismo del epígrafe, por su Presidente, el Prof. Dr. Ing. Joan Lugeon. Conforme a la invitación, la asamblea debió iniciarse en la Estación Central de Meteorología de Suiza, Kranbühlstrasse 58, el 26 de mayo a las 10.30 y durar dos semanas.

**Carrera de ingeniero meteorólogo.** — Prosiguen los trámites iniciados por el Consejo Técnico de Meteorología para crear la carrera de Ingeniero Meteorólogo, a dictarse en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

**Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, Universidad de El Salvador.** — Este organismo ha dispuesto intensificar las investigaciones científicas de carácter meteorológico en la zona tropical, a efectos de los cual ha invitado al Dr. Willy Rudloff, colaborador del Servicio Meteorológico de Alemania del Noroeste (Hamburgo), en calidad de investigador huésped. La actividad iniciada ha de reflejarse en el Boletín que el Instituto viene publicando desde diciembre de 1951.

**Novena Asamblea General de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional.** — Si bien no se han publicado aún las actas de las reuniones celebradas por las asociaciones técnicas que constituyen la unión internacional del epígrafe, se conocen algunos detalles de la asamblea general que este organismo celebró en Bruselas recientemente, según lo anunciamos en METEOROS, Año I, N° 2-3. Puede afirmarse que el carácter universal de las ciencias geofísicas y sus múltiples relacio-

nes recíprocas quedaron plenamente de manifiesto en algunas sesiones conjuntas realizadas por dos o más de las asociaciones técnicas. Trataronse los temas que mencionamos a continuación, figurando entre paréntesis las denominaciones de las respectivas asociaciones que intervinieron: Exploración del fondo oceánico (Sismología y Oceanografía); Física de la alta atmósfera y ionosfera (Meteorología, y Magnetismo y Electricidad terrestres); Microsismos (Sismología, Meteorología y Oceanografía); Evaporación desde la superficie terrestre (Meteorología e Hidrología); Circulación en la atmósfera y en los océanos (Meteorología y Oceanografía).

Una ampliación significativa en el campo de actividades de una de las asociaciones quedó resuelta y puesta de manifiesto al decidirse la nueva denominación de la antigua Asociación Internacional de Sismología, la que en adelante se llamará « de Sismología y Física del Interior de la Tierra ».

Respecto de las nuevas autoridades en la Unión y de sus Asociaciones, cuyanómina incluimos, interesa apuntar que en la persona del nuevo presidente de la Unión, Sydney Chapman, se tiene a un destacado representante de la ciencia geomagnética, quien hasta ahora actuaba como presidente de la Asociación dedicada a esa especialidad; los dos vicepresidentes, J. A. B. Bjerknes y Gino Cassinis, representan las especialidades de Meteorología y Gravimetría, siendo ambos universalmente conocidos, el uno como cabeza de la escuela noruega de Meteorología y el segundo particularmente por la fórmula de gravedad que lleva su nombre. El secretario general, G. Laclavere, es recordado entre nosotros por su presencia en Buenos Aires, en 1948, con motivo de la Cuarta Reunión Panamericana de Consulta sobre Cartografía.

La reunión de Bruselas se destacó por la concurrencia de más de cuarenta delegaciones nacionales, entre ellas la delegación argentina.

Damos a continuación la nómina de las nuevas autoridades designadas en Bruselas.

#### UNION GEODESICA Y GEOFISICA INTERNACIONAL

*Presidente:* SYDNEY CHAPMAN (Gran Bretaña); *Vicepresidentes:* J. A. B. BJERKNES (Estados Unidos) y GINO CASSINIS (Italia); *Secretario general:* G. LACLAVERE (Francia).

#### GEODESIA

*Presidente:* C. F. BAESCHLIN (Suiza); *Vicepresidentes:* J. DE GRAAF-HUNTER

(Gran Bretaña) y GINO CASSINIS (Italia); *Secretario:* P. TARDI (Francia); *Presidentes Honorarios (Miembros del Comité Ejecutivo):* F. A. VENING MEINESZ (Holanda) y W. D. LAMBERT (Estados Unidos); *Miembro del Comité Ejecutivo:* N. E. NORLUND (Dinamarca).

#### Sección de Triangulación:

*Presidente:* C. A. WHITTEN (Estados Unidos); *Secretario:* ANTONIO MARUSSI (Italia).

#### Sección de Nivelación:

*Presidente:* PAOLO DORE (Italia); *Secretario:* O. SIMONSEN (Dinamarca).

#### Sección de Astronomía Geodésica:

*Presidente:* J. F. COX (Bélgica); *Secretario:* H. S. JELSTRUP (Noruega).

#### Sección de Gravedad:

*Presidente:* P. LEJAY (Francia); *Secretario:* B. C. BROWNE (Gran Bretaña).

#### Sección del Geóide:

*Presidente:* GUY BONFORD (Gran Bretaña); *Secretario:* N. THOMPSON (Gran Bretaña).

#### SISMOLOGÍA Y FÍSICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

*Presidente:* BENO GUTENBERG (Estados Unidos); *Vicepresidentes:* HAROLD JEFFREYS (Gran Bretaña) y PIETRO CALOI (Italia); *Secretario:* JEAN-PIERRE ROTHÉ (Francia).

#### METEOROLOGÍA

*Presidente:* K. R. RAMANATHAN (India); *Vicepresidentes:* C. G. ROSSBY (Estados Unidos) y P. QUENEY (Francia); *Secretario:* JACQUES VAN MIEGHEM (Bélgica); *Comité Ejecutivo:* WALTER MÖRIKOFER (Suiza), CHARLES NORMAN (Gran Bretaña) y VIHO VÄISÄLA (Finlandia).

#### Comisión del Ozono:

*Presidente:* G. M. B. DOBSON (Gran Bretaña); *Secretario:* CHARLES NORMAND (Gran Bretaña).

#### Comisión de Radiación:

*Presidente:* A. ANGSTRÖM (Suecia); *Secretario:* WALTER MÖRIKOFER (Suiza).

#### MAGNETISMO Y ELECTRICIDAD TERRESTRES \*

*Presidente:* JEAN COULOMB (Francia); *Vicepresidentes:* J. BARTELS (Alemania) y SYDNEY CHAPMAN (Gran Bretaña); *Secretario:* V. LAURSEN (Dinamarca); *Comité Ejecutivo:* ALBERT A. GLESECKE (Perú); JOSEPH KAPLAN (Estados Unidos), M. HA-

SEGAWA (Japón), S. L. MALURKAR (India) y J. M. RAYNER (Australia).

#### OCEANOGRAFÍA

*Presidente:* J. PROUDMAN (Gran Bretaña); *Vicepresidentes:* G. O'D. ISELIN (Estados Unidos), y J. ROUGH (Francia); *Secretario:* H. MOSBY (Noruega); *Secretario delegado:* R. H. FLEMING (Estados Unidos); *Comité Ejecutivo:* J. N. CARRUTHERS (Gran Bretaña), H. PETTERSSON (Suecia), P. GROEN (Holanda) y H. U. SVERDRUP (Noruega).

#### Comité de Marcas:

*Presidente:* H. A. MARMER (Estados Unidos); *Secretario:* J. PROUDMAN (Gran Bretaña).

#### Comité del nivel medio del mar y sus variaciones:

*Presidente:* J. D. NARES (Mónaco); *Secretario:* R. H. CORKAN (Gran Bretaña).

#### Comité para la nomenclatura de las características de los fondos oceánicos:

*Presidente:* J. D. H. WISEMAN (Gran Bretaña); *Secretario:* J. D. NARES (Mónaco).

#### Comité para observaciones oceanográficas desde los buques meteorológicos en el Atlántico:

*Presidente:* J. R. LUMBY (Gran Bretaña); *Secretario:* H. MOSBY (Noruega).

#### Comité para la preparación de un manual técnico de oceanografía física:

*Presidente:* H. U. SVERDRUP (Noruega).

#### Comité para el problema concerniente a la preparación de una bibliografía:

*Presidente:* H. U. SVERDRUP (Noruega); *Secretario:* P. GROEN (Holanda).

#### VULCANOLOGÍA

*Presidente:* B. G. ESCHER (Holanda); *Vicepresidentes:* L. GLANGEAUD (Francia) y JEAN VERHOOGEN (Bélgica y Estados Unidos); *Secretario:* F. SIGNORE (Italia).

#### HIROLOGÍA

*Presidente:* J. TH. THIJSE (Holanda); *Vicepresidentes:* GIULIO DE MARCHI (Italia) y A. N. KHOSLA (India); *Secretario:* LEÓN TISON (Bélgica).

#### Comisión de aguas superficiales:

*Presidente:* RAGNAR MELIN (Suecia); *Vicepresidente:* DINO TONINI (Italia); *Secretario:* LUIS SERRA (Francia).

#### Comisión de aguas subterráneas:

*Presidente:* A. N. SAYRE (Estados Unidos); *Vicepresidente:* V. FROLOW (Francia); *Secretario:* F. BUCHAN (Gran Bretaña).

#### Comisión de nieve y hielo:

*Presidente:* GERALD SELIGMAN (Gran Bretaña); *Vicepresidente:* R. HAEPFELI (Suiza); *Secretario:* P. D. BAIRD (Canadá).

#### Comité de erosión terrestre:

*Presidente:* W. C. LOWDERMILK (Estados Unidos); *Vicepresidente:* J. TIXERONT (Túnez); *Secretario:* CARL B. BROWN (Estados Unidos).

\* Comprende también una serie de comités técnicos cuya designación y autoridades comunicaremos oportunamente.

## RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

## LIBROS Y FASCÍCULOS

Charles Fabry. — *L'Ozone atmosphérique*. (París, 1950). 551.510.534.

Monografía de 278 páginas que trata en forma sistemática los siguientes aspectos del problema del ozono atmosférico: génesis; propiedades; métodos de observación; distribución en espacio y tiempo; relación con otros fenómenos atmosféricos (en particular la radiación, presión y circulación), y con algunos problemas biológicos; teoría de su génesis, equilibrio y variaciones. Obra póstuma que refleja el estado del problema hasta 1945; editada e ilustrada por Arlette Vassy, quien agregó también una bibliografía de 155 títulos. — O. S.

S. Pettersen. — *Analisi del tempo e previsioni*. (Roma, 1950). 551.509.3.

Traducción al italiano del conocido tratado « Weather Analysis and Forecasting », por el Doctor F. Di Benedetto, bajo los auspicios del Ministero della Difesa Aeronáutica. Se trata de una esmerada edición muy bien presentada, con una impresión impecable, tanto el texto como los gráficos, mapas, etc. Indudablemente esta traducción será recibida con gran interés por todos los países latinos. — R. M. Q.

H. Cordes. — *Klima und Mensch (Clima y hombre), Bibliographie 1945-1949*. (Bad Kissingen, 1950). 551.5:016.

En cierto sentido esta Bibliografía es una continuación de la publicada sobre el mismo tema en *Fiat Review*, que contenía, sin embargo, sólo trabajos sobre este tema publicados en Alemania durante la última guerra (1939-1945). Aunque esta publicación se apoya en gran parte en trabajos de habla alemana (Alemania, Austria, Suiza), se refiere también a publicaciones en revistas de otros idiomas.

En total el autor resume 445 trabajos sobre este tema, revisando sistemáticamente 21 revistas de ciencias exactas y naturales y 13 revistas médicas (en general escritas en alemán).

La Bibliografía se divide en 7 partes principales. La primera contiene 42 tra-

bajos sobre temas de índole general: textos, historia, organización, métodos, etc. La segunda parte trata de los fundamentos meteorológicos de la Bioclimatología (115 trabajos), sobre todo radiación solar y cósmica (53 trabajos), química del aire, electricidad atmosférica e impurezas. En la tercera parte están resumidos 70 trabajos sobre el efecto bioclimático de distintos elementos climáticos. La cuarta parte abarca 21 trabajos sobre climatología: el hombre en general, piel, sangre, respiración, nervios, metabolismo, glándulas, hormonas, sensibilidad meteoropatológica, aclimatación, problemas de ciclos y ritmo. La quinta parte es dedicada a la Meteorobiología. Los 45 trabajos se dedican a efectos biológicos de fenómenos del tiempo: a la meteoropatología, epidemiología y la influencia de las estaciones del año sobre enfermedades. La sexta parte reúne 50 trabajos sobre climatoterapia y balneología, y en la última parte están reunidos 16 trabajos sobre clima de habitación y clima especial de ciudades. — F. J. P.

OMM. — *Instrucciones para los Servicios Meteorológicos de Navegación Aérea Internacional*. Reglamento técnico N° VII/1, Lausanne, 1951; publicado en castellano por el Secretariado de la Organización Meteorológica Mundial (85 páginas con varios diagramas y planillas adjuntas). 06.551.5 (08).

La citada publicación contiene las reglamentaciones básicas para todos los servicios meteorológicos y climáticos en cuanto a su vinculación con la Comisión de Meteorología Aeronáutica de la OMM en estrecha colaboración con la División Meteorología de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), en base a la sesión celebrada en París en febrero y marzo de 1950, y reemplaza a la publicación N° 72 de la OMI. La fecha de aplicación de los procedimientos contenidos en la nueva publicación (15 de octubre de 1951) demuestra que es la última palabra oficial sobre la materia. La primera parte está dedicada íntegramente a definiciones. Fija, por ejemplo, qué se debe entender por oficina meteorológica principal, secundaria, suplementaria, de vigilancia meteorológica; qué

es un pronóstico de área, de ruta, de aeródromo. Define qué se entiende por condiciones peligrosas, etc. La segunda parte se ocupa de las disposiciones generales, desde el objeto del servicio meteorológico hasta la información climatológica aeronáutica. La tercera parte trata de las funciones asignadas a cada una de las diversas categorías de oficinas meteorológicas. La cuarta parte contiene los procedimientos del servicio meteorológico para vuelos internacionales, vale decir, las reglamentaciones sobre los aspectos ejecutivos. En especial determina los procedimientos anteriores a la salida, durante el vuelo y posteriores al vuelo. Luego vienen nueve apéndices, de por lo menos igual importancia que las partes anteriores, pues contienen la explicación práctica de lo reglamentado. En los apéndices encontramos los modelos para toda clase de formularios, la « carpeta de pronósticos », con dos ejemplos completos; indicaciones sobre las cartas sinópticas a utilizarse (mapas de superficie; mapa de altura, cortes verticales, etc.). En cuanto al apéndice 2, que trata de las observaciones meteorológicas de las aeronaves e informes de las mismas, quedan en suspenso las instrucciones sobre el código POMAR hasta que la OMM y la OACI hayan llegado a un acuerdo al respecto. — K. W.

W. Hellpach. — *Glöpsichté* (París, 1944). 551.586.1.

Documentado y minucioso estudio (347 páginas) acerca de la influencia del tiempo, el clima, el suelo y el paisaje sobre la psiquis, del Doctor W. Hellpach, profesor de la Universidad de Heidelberg, en una traducción al francés del profesor Gidon. Escrito con criterio médico, no contiene, sin embargo, datos estadísticos que confirmen las opiniones que sustenta. Se coloca en una posición intermedia en lo que respecta a la influencia preponderante y del ambiente. Contiene una nutrida bibliografía comentada. — R. M. Q.

A. Austin Miller. — *Climatología*. (Barcelona, 1951). 551.580 (02).

El autor expone en el prefacio que este libro ha sido dedicado especialmente a los geógrafos, y por ello le ha concedido especial atención al aspecto humano y a las aplicaciones prácticas. Desde el momento que intenta ser razonado y no meramente descriptivo, el orden adoptado no es regional sino basado en tipos climáticos y destacando la semejanza del ambiente en regiones situadas de un modo análogo y climatológicamente afines. Se detallan incluso los caracteres especiales de las regiones más importantes que componen cada tipo climático. — N. Z. G.

David Brunt. — *Climatología*. (Buenos Aires, 1948). 551.5 (02).

Traducción del « Weather Study » de Brunt, con todos los elementos necesarios al estudiante para iniciarse en esta materia y con la ventaja de que la traducción ha sido hecha conceptual y no literalmente. También será útil para los que estudian geografía y radiolocalización. Trata este libro de las observaciones meteorológicas e instrumentos, de las variaciones de los factores meteorológicos con el tiempo diurno y con la altura sobre la tierra; de las condiciones medias sobre el globo; del significado de algunas observaciones; el aire superior, la energía radiante de la atmósfera, el vapor de agua; las nubes y su clasificación; la visibilidad; la representación gráfica de las observaciones; la depresión frontal típica, y termina con un estudio adicional de las depresiones y otras perturbaciones de la presión. Es de lamentar el título dado a la versión castellana, completamente inadecuado. — N. Z. G.

A. Angot. — *Traité élémentaire de Météorologie*. (París, 1944). 551.5 (02).

Quinta edición (1944) revisada y completada por C. E. Brazier de la conocida obra de Angot, fallecido en 1924. Lamentablemente no se aclara cuáles son las renovaciones introducidas a la anterior edición, aparecida en 1927, la que Brazier había completado con un apéndice suyo sobre Actinometría, Aerología y métodos de previsión. — R. M. Q.

## REVISTAS

*La Météorologie*. Serie 4ª, N° 21. (Enero-marzo 1951).

J. Rouleau. — « La recherche en météorologie ». 551.50.

En este trabajo, el autor, que es director del Etablissement d'Etudes et de Recherches Météorologiques, distingue en la investigación meteorológica dos finalidades: una, especulativa, que es la de hacernos conocer las leyes generales de la atmósfera; la otra, práctica, que es la predicción del tiempo. Para este último fin, se pueden seguir dos caminos: uno, el método empírico, y otro, el método racional.

El autor cree que poco podrá obtenerse aún del método empírico y abraza muchas esperanzas en el método racional; recuerda los progresos realizados por la predicción del tiempo con el descubrimiento de la Ley de Buys Ballot, con la noción de perturbación, con la de masas de aire y con la de los frentes. Como conclusión enumera algunos problemas meteorológicos aun no resueltos y que propone como argumentos para los investigadores. — E. L. S.

**Société Météorologique de France.** — Asamblea General del 16 de enero de 1951 y Sesión del 15 de febrero de 1951.

En la primera reunión citada, es elegido presidente de la S. M. F. M. Parodi, profesor del Conservatoire National des Arts et Métiers y Miembro del Instituto. Este técnico se ha dedicado preferentemente al estudio y experimentación de la transmisión del calor, actuando en la dirección técnica de ferrocarriles franceses. Es interesante hacer notar que entre los miembros de la comisión directiva de la S. M. F. figuran no sólo meteorólogos profesionales que actúan en el servicio oficial (Viaut, Sanson, Trochon, Clause, Jeunet, Bessemoulin, Mézin), sino también investigadores del Etablissement d'Etudes et de Recherches Météorologiques (Roulleau, Dobbé), y técnicos en otras disciplinas que tienen vinculación con la meteorología. Entre ellos el mencionado presidente Parodi, M. Lefèvre (Société Nationale Air France), Mme. Labrouste (Institut de Physique du Globe), M. Lefèvre (Institut Nationale Agronomique), M. D'Azambuja (Observatorio Astrophysique de Meudon), Cte. Meaux (Servicio Hydrographique de la Marine), M. Grandpierre (Centre d'Etudes de Biologie Aéronautique), M. Vassy (Faculté des Sciences), M. Calvet (Insp. des Eaux et du Génie Rural), M. Pardé (Institut de Géographie Alpine), M. Coutagne (Hydrologie Scientifique), Chaire Rouch (Musée Océanographique de Monaco), etc. Esta preocupación por intervenir a la meteorología con otras ciencias y en especial con la técnica aplicada, se hace sentir también en los discursos pronunciados en ocasión de la transmisión del mando por los presidentes Hupner (saliente) y Parodi (entrante). El primero, citando la actuación profesional de su sucesor, se refiere a las experiencias realizadas en la calefacción de coches de ferrocarril, que permitieron comprobar que los resultados experimentales en el intercambio de calor entre dos medios en contacto no se ajustan a la ley de Newton, que establece que es proporcional a la diferencia de temperaturas entre los dos medios. A pesar del escepticismo con que se ha recibido esta afirmación, M. Parodi la ha confirmado en ensayos realizados en construcciones muy diversas, llegando a valores proporcionales a  $(\theta_1 - \theta_2)^2$  estando  $\alpha$  comprendido entre 1,5 y 2. El Ingeniero Parodi se refirió luego a las pérdidas de energía en las instalaciones de vapor y en las de calefacción doméstica, introduciendo el concepto de « grados-día », a fin de determinar los consumos estacionales, de acuerdo con lo aconsejado por los estadounidenses. El conferenciante considera inexacta esta regla y manifiesta que deben

tenerse en cuenta dos factores: la radiación solar y la curva de variación de pérdida en función de las diferencias de temperatura. Analiza después la influencia de la radiación en los consumos diarios de energía de las instalaciones de acondicionamiento, como ejemplo de la importancia que revisten los datos meteorológicos en la técnica. Cita más adelante las modernas instalaciones de bombas de calor (cuyo ciclo es inverso al de una instalación frigorífica), mediante las cuales se efectúa un transporte de calor desde una fuente fría a una caliente, aplicando trabajo mecánico. Lord Kelvin ha aplicado este principio en una instalación colocada en su propia casa. Se estima que este sistema es económicamente conveniente en los casos en que el clima del lugar exige un acondicionamiento anual, utilizando además acumuladores térmicos. Para el estudio y comparación práctica de estos aparatos se hace indispensable el concurso de la meteorología, a fin de efectuar instalaciones térmicamente equilibradas. Hemos creído de interés comentar estos conceptos de orden aplicativo, expuestos en una sociedad meteorológica tan prestigiosa, como muestra de la estrecha colaboración que reina en Francia entre la meteorología y la técnica, vinculación tan necesaria en nuestro país, dadas sus características geográficas y su potencial energético. — R. M. Q.

*Science Progress*, Vol. XXXIX, N° 153, (Enero 1951).

P. A. Sheppard. — « The jet-stream and related phenomena ». 551. 510. 52.

Una interesante compilación de nuestros conocimientos sobre la naturaleza, forma y características de ese fenómeno recién introducido por Rossby en las nociones sobre la circulación general de la atmósfera. La corriente de chorro se evidencia diariamente en los mapas de la alta atmósfera y parece ser un factor importante en los procesos termodinámicos de la atmósfera, especialmente en latitudes templadas; ya se ha acumulado mucho material de observación para el hemisferio norte. El chorro constituye una corriente de aire de gran velocidad (hasta 10 m/seg.) dentro del flujo general detrás de una serie de depresiones en el frente polar; acusa características valles con « longitud de onda » entre 50 y 120 grados de longitud y a veces envuelve todo el globo, aunque en forma fragmentaria. Se originan generalmente en latitudes altas (70°); suele desplazarse hacia los trópicos a razón de 1-2° por día; alcanza mayor actividad entre 30 y 40° y desaparece en la faja de los anticiclones subtropicales. La interrelación del chorro con el campo de temperatura y con la evolución del tiempo todavía no está aclarada en

detalle. Se supone que las ondulaciones de la corriente de chorro influyen en la « dirección » (steering) de las perturbaciones en el frente polar; hay cierta conexión entre la disolución del chorro y la formación de anticiclones « de bloqueo ».

H. Charnock. — « Energy transfer between the atmosphere and the ocean ». 551. 515.

La estimación del orden de magnitud de la energía participante en el intercambio entre la atmósfera y los océanos es difícil, pero diferentes investigadores han obtenido resultados de interés. En el balance energético del océano entran varios factores; por un lado la energía utilizada para la evaporación y la conducida en forma de calor en las corrientes oceánicas, y por otro, la energía de la radiación solar, la radiación reflejada, la irradiación hacia la atmósfera, la correspondiente a la columna unitaria de agua y al intercambio de energía dentro de la misma. El autor pasa revista a las últimas estimaciones y cálculos de la magnitud de estos factores, mencionando también la aplicación de la teoría de la turbulencia a la transferencia de energía, según trabajos recientes de Deacon, Pasquill, Sheppard y Roll, utilizando determinaciones de perfiles verticales de viento y humedad y el coeficiente de resistencia  $y^2$ . La distribución geográfica del balance energético, según Jacobs, tiene características interesantes: habría dos regiones que acusan la máxima pérdida de energía térmica en la superficie del océano, especialmente en el invierno, una al E de la costa de Estados Unidos y la otra al E de la costa del Japón (sobre la corriente Korushio), ambas con 800 cal/cm<sup>2</sup> día. Otros autores han construido mapas indicando las regiones con balance energético positivo y negativo; las variaciones alcanzarían a  $\pm 200$  cal/cm<sup>2</sup> día. Estos mapas deben ser comparados con mapas de frecuencia de ciclogénesis, pues su similitud implica la importancia de los procesos termodinámicos. — S. T. K.

*IATME Bulletin* n° 12 c y 12 e.

Geomagnetic Indices K and C (1949 y 1950).

Los observatorios geomagnéticos colaboran en número cada vez mayor con el « Comité para Caracterizar Disturbios Magnéticos » dependiente del IATME, aportando mensualmente índices trihorarios de actividad geomagnética. Los presentes fascículos, que son los boletines más completos publicados hasta ahora en materia de información sobre disturbios geomagnéticos, comprenden casi exclusivamente valores numéricos y datos sobre perturbaciones individuales.

El material publicado comprende: índices K del año 1949, individuales para observatorios, y promedios mundiales,  $K_{\omega}$ ; números diarios de carácter geomagnético, C, individuales por observatorios y promedios mundiales; el calendario de los días internacionales que fueron escogidos como especialmente tranquilos y perturbados con indicación del criterio base de la selección; lista de « Comienzos bruscos » y varias listas de « Destellos Solares » (solar-flare-effect); índices K, de actividad geomagnética, representando una medida trihoraria universal (« planetaria ») de la intensidad con que incide la radiación solar corpuscular; calendario de fechas que la entidad internacional recomienda sean adoptadas con preferencia para reproducir originales de magnetogramas; además los fascículos contienen varios resúmenes estadísticos y datos complementarios referentes a la marcha del grado de perturbación geomagnética.

El boletín mencionado en segundo término (el n° 12 e) contiene también varias representaciones gráficas de la distribución mundial de los vectores horizontales de perturbación durante los « destellos solares » más pronunciados del año 1949, a cuya compilación aportaron también los observatorios argentinos de Pilar y Orcadas del Sur, con datos que se encuadran satisfactoriamente en el panorama mundial.

Las publicaciones ponen de manifiesto la gran utilidad de una estrecha cooperación entre observatorios geomagnéticos y ionosféricos para identificar determinados tipos de perturbaciones provocadas por efectos solares ondulatorios (destellos solares) o corpusculares (comienzos bruscos); queda puesto en evidencia el visible progreso que la organización mundial y los observatorios afiliados han venido realizando en la tarea de identificar correctamente y catalogar estas perturbaciones.

Como apéndice del boletín n° 12 e, aparece un estudio de J. Bartels, intitolado « Tentativa de standardizar los números diarios del carácter magnético ». En él se demuestra la posibilidad de expresar los números internacionales C en función de los índices trihorarios  $K_p$ , y se recomienda utilizar en el futuro un índice mundial análogo al antiguo número C y asimilado al mismo en sus principales aspectos estadísticos, pero derivado exclusivamente de  $K_p$ , que posee un carácter más rigurosamente cuantitativo. — O. S.

*Rivista di Meteorologia Aeronáutica*. Año X, N° 4. (Oct.-dic. 1950).

Felice Di Benedetto. — « Sulla riduzione della pressione al livello del mare ». 551. 501.42: 551.54.

El método de reducción de presiones al nivel del mar se ha simplificado por el uso de gráficos y de una regla de reducción, de uso aplicable a una estación dada, a fin de evitar errores de cálculo.

**Filippo Affronti.** — « La nuvola pendente » (Discurso de iudicio nel Museo di Fisica e di Esperienze). 551.576.

Se llama la atención de los meteorólogos sobre una pequeña obra de un autor italiano de la época de Torricelli, que trata sobre el origen de las nubes y la lluvia. Se examina su contenido y las ideas prevalentes en aquellos tiempos sobre estos hechos, llamando la atención la singular agudeza de algunas observaciones.

**Raoul Bilancini.** — « L'aumento della temperatura della terra ». 551.525.

Después de considerar brevemente las variaciones climáticas experimentadas por la Tierra, desde los tiempos prehistóricos hasta nuestros días, se exponen las pruebas geofísicas, biológicas y meteorológicas del reciente aumento de temperatura del globo. Se examinan desde un punto de vista crítico varias hipótesis que han sido propuestas para explicar la causa del fenómeno. — E. C. B.

*Meteorological Abstracts and Bibliography* Vol. 2, Nos. 2-5. (Febrero-mayo 1951).

Además de las secciones fijas, los cuatro números que comentamos contienen bibliografía seleccionada sobre los siguientes temas: pronósticos a largo plazo; temperatura del suelo; constantes, unidades, tablas y diagramas, y climatología de Asia Menor y regiones vecinas. — R. M. Q.

*Boletín Mensual.* Observatorio de Física Cómica. San Miguel. Vol. 7, año 1950.

En su formato habitual, este Observatorio presenta el resumen de las observaciones realizadas durante los meses de julio, agosto y setiembre, y en otro número, las de octubre, noviembre y diciembre. Además de las observaciones meteorológicas y de radiación solar, trae las de electricidad atmosférica. El resumen de cada mes viene precedido de una breve reseña de las condiciones meteorológicas imperantes en el mismo. — E. B. DE CH.

*Weatherwise.* Vol. 4, N° 4. (Agosto 1951).

**R. D. Elliot.** — « Increasing precipitation through cloud seeding ». 551.5571.

Se describe la técnica de « siembra de nubes » con yoduro de plata, analizándose los resultados obtenidos según las condiciones atmosféricas, tipo de nube, etc. Una fotografía y explicaciones ilustran acerca del

generador de humo mediante yoduro de plata en una solución de acetona, ideado por el Doctor Vonnegut. Como dato de interés puede citarse que se da una escala de temperaturas para las cuales son efectivos los distintos agentes provocadores de precipitación: 32° F, hielo seco; 22° F, humo de yoduro de plata; — 15° F, partículas sólidas, polvo, etc., y a — 40° F, los cristales de hielo se forman naturalmente. — R. M. Q.

*Transactions American Geophysical Union.* Washington. Vol. 32, N° 4. (Agosto 1951).

**W. S. Wilson.** — « Surface ozone at College, Alaska ». 551.510.534 (798).

El autor hace una breve reseña de los métodos usados hasta la fecha y expone el que utilizó para sus observaciones mediante la oxidación indirecta del arsenito de sodio. Trae una descripción breve del aparato usado. Las observaciones diarias llevadas a cabo presentan grandes variaciones y se mantienen, como regla general, menos uniformes y más altas que las de las latitudes bajas. — E. B. DE CH.

*Ciel et Terre.* Año LXVII, Nos. 7-8. (Julio-agosto 1951).

**P. De Frise.** — « Propos sur la Météorologie ». 551.5 (01).

Texto resumido de una conferencia, dictada el 26 de mayo de 1951, en la Sociedad Belga de Astronomía, Meteorología y Física. Se expresa el deseo de ligar la meteorología a temas generales de pensamiento, buscando un beneficio mutuo. Primeramente el conferenciante se extiende sobre lo que debe atender una « clasificación »; luego se detiene a analizar la relación de la meteorología con el « espacio y tiempo », para terminar subrayando la importancia de la noción de « escala ». — E. C. B.

*Indian Journal of Meteorology and Geophysics.* Vol. 2, N° 3. (Julio de 1951).

**A. K. Malik.** — « The control of the micro-climate for given practical purposes ». 551.584.42.

Experimentos llevados a cabo en el Observatorio Central Agrícola-Meteorológico, han demostrado que es posible rebajar o elevar la temperatura del suelo en forma apreciable cubriéndolo con una capa de polvo de tiza o carbón, respectivamente. Además, sobre suelos igualmente húmedos se comprueba que el recubrimiento de vegetación tiene menor temperatura. Se ha verificado que, controlando la temperatura del aire durante las ondas frías, es posible reducir al mínimo los daños en las cosechas. Se da un breve resumen de un ensayo de un

microclima para resistencia a las sequías, sometiéndolo dos lotes de plantas distintas a condiciones en desarrollos producidos artificialmente, uno en el cual el aire está caliente y seco y otro en el cual el aire se mantiene frío y húmedo, dentro de un ambiente cercado de pantallas húmedas. Se encuentra que las plantas resistentes a la sequía tienen un control sobre la transpiración, mientras que los tipos sin resistencia no indican tal control. Comparando la transpiración relativa es posible identificar las variedades resistentes. El ensayo requiere alrededor de una semana de experimentación. — E. C. B.

*Meteorologische Rundschau.* Año IV, Nos. 1-2. (Enero-febrero 1951).

**H. P. Schmitz.** — « Determinación aproximada de los movimientos verticales causados por las variaciones de la presión en las capas inferiores de la atmósfera ». 551.54.

El autor logra la solución de este problema por medio de la integración de las ecuaciones hidrodinámicas bajo ciertas condiciones iniciales. El valor de la componente vertical del movimiento del aire en las inferiores a 1000 metros resulta depender principalmente de la fricción turbulenta y del parámetro de Coriolis. En muchos casos, hasta el 90 % del valor total de la componente vertical en 1000 metros, son contribución de los procesos friccionales. Surge de aquí la influencia que pueden ejercer los procesos de las capas inferiores en la dinámica de la atmósfera libre.

**S. Weber.** — « Variaciones de las topografías relativas por la advección ». 551.554.

Bajo las condiciones del viento geostrofico y del viento gradiente (isobaras curvadas) se dan las fórmulas que permiten la determinación de dichas variaciones, en base a los vientos existentes en las capas respectivas. Se explican los límites de la validez de tales consideraciones.

**E. Wovinkel.** — « Temperatura y humedad en las capas de aire más bajas en Pretoria (África del Sur) ». 551.584.5.

Datos detallados de la temperatura y la tensión de vapor a 5 y 130 cm de altura sobre la superficie.

**Th. Arzt.** — « Protección de cultivos contra el viento mediante otros cultivos ». 551.556.2.

Exposición sobre las posibilidades de una combinación adecuada de dos cultivos, de tal manera que una especie vegetal que crezca con más rapidez y alcance mayor tamaño, proteja a otra más valiosa y más

necesitada de condiciones benignas. Un ejemplo es el maíz y el haba de soya.

**K. Hinkelmann.** — « Divergencia de masas horizontales como función del campo bórico ». 551.515.8.

Deducción de dos fórmulas que permiten calcular, aproximadamente, los efectos de la componente horizontal de la divergencia de los movimientos atmosféricos. Comparación de los resultados con los de trabajos anteriores de Rossby, Charnoy y Philipps.

**F. Nagel.** — « Errores de la medición de la presión por radiosondas con un dispositivo de compensación del efecto térmico ». 551.508.4.

Cuando se emplean dispositivos sin compensación resultan errores considerables. El autor describe la construcción de un instrumento con compensación térmica, y expone los primeros resultados de las pruebas y la calibración.

**R. Holzapfel.** — « Mecanismo de la marcha diaria de la temperatura en distintos niveles de la troposfera ». 551.524.7.

Elaboración de un esquema de la variación diaria en días no perturbados (poca nubosidad), entre 100 y 7000 m de altura, en base a una larga serie de radiosondeos efectuados cada 6 horas.

**J. Grunow.** — « El servicio meteorológico en ocasión de la semana internacional de "vuelos a esquí" (Internationale Skiflugwoche), en Oberstdorf, marzo 1950 ». 796.93: 551.5.

En el « deporte blanco » se ha procedido a la construcción de trampolines para saltos gigantes, por medio de los cuales los especialistas más destacados dominan distancias de 120 hasta 135 m. Se habla de « vuelos » en vez de « saltos », y el éxito asequible depende en forma considerable del movimiento del aire a lo largo de la pendiente de la pista. Para investigar las relaciones entre los resultados del campeonato y las condiciones meteorológicas, y para aconsejar a los saltarines, la Oficina Central Meteorológica Alemana (U. S. Zone) había instalado un servicio especial. El autor da cuenta de este trabajo.

**A. Ehmert.** — « Método simple de medición absoluta del contenido de ozono en el aire ». 551.508.952.

Para medir el contenido de ozono se aprovecha comúnmente el proceso de oxidación del yoduro de potasio por el ozono. El autor describe detalladamente un aparato moderno (yodómetro) y el método de evaluación.

**W. Schwerdtfeger.** — « Consideraciones acerca del principio de compensación de la precipitación global atmosférica ». 551.577.

Exposición de dicho principio heurístico y discusión de las posibles consecuencias respecto a los problemas de la Paleoclimatología, la teoría de las variaciones del clima, la producción artificial de lluvias, etc.

**E. Kleinschmidt.** — « Sobre la estructura y el origen de los ciclones ». 551.515.2.

Se trata del tercero de una serie de trabajos de gran alcance para la futura evolución de la meteorología sinóptica y dinámica. En los anteriores, el autor había comenzado el análisis de un valor que se mantiene invariable con respecto a las variaciones de la presión y las deformaciones del campo de movimiento. Para tal valor se presta, según deducciones teóricas de Ertel, el producto escalar de la vorticidad (absoluta) y del gradiente de la temperatura potencial, multiplicado por el volumen específico del aire ( $Z = \sigma W$ , grad.  $\theta$ ). Se muestra de qué manera la existencia de una « masa » con valores relativamente grandes de  $Z$  en la troposfera media y superior, influye en el comportamiento y desplazamiento de una depresión dinámica. Se pone en evidencia, también, que el hallarse la tropopausa muy baja —el llamado « em-

budo de la tropopausa » de Palmén— puede interpretarse como efecto parcial de las masas con altos valores de  $Z$ . Resultan nuevos conceptos con referencia a la formación y persistencia de las grandes depresiones conducentes, casi estacionarias.

**H. Faust.** — « Valores extremos de la temperatura en los primeros días (o noches) despejados después de un período de mal tiempo ». 551.509.53.

Trabajo estadístico del cual resultan diagramas útiles para la previsión de la temperatura máxima y mínima. Con referencia a un lugar fijo, y para las distintas estaciones del año, se establecen relaciones unívocas entre los valores extremos en los días de referencia, separadamente con cielo cubierto y con cielo despejado. De aplicarse en el servicio práctico, se necesitaría semejante elaboración para cada región climática.

**F. Nagel.** — « Nuevo tipo de termómetro para radiosondas ». 551.508.26:551.508.842.

Se describe un termómetro cuyo principio se basa en la dilatación de un hilo metálico, cuerpo que ofrece las ventajas de su escasa inercia y la poca afectación por radiación solar. Se explica detalladamente la construcción y la calibración. Se trata de un trabajo realizado en el Servicio Meteorológico de la Unión de Sud Africa. — W. S.

LUIS ALBERTO FLORES