

PRESIDENCIA DE LA NACION
MINISTERIO DE ASUNTOS TECNICOS

METEOROS

SUMARIO

HOMENAJE A LA SEÑORA ESPOSA DEL EXCMO. SEÑOR PRESIDENTE DE LA NACIÓN	146
EDITORIAL	147
OTTO SCHNEIDER. — Acerca de la variación geomagnética de días tranquilos, en Pilar	149
RAINUNDO CELESTE. — Contribución al conocimiento sísmico de la provincia de Mendoza	166
WALTER GEORGI. — Regulación del tiempo por la doble onda diaria de la presión atmosférica, en Mendoza	182
GEORGES DEBERANT y EMILIO A. M. MACHADO. — Cálculo del promedio mensual de temperatura en base a las triidiurnas	190
JOSÉ MARÍA RAFFO. — Pronóstico de crecientes del río Chubut	204
BENITO S. COLQUI y MARIANO E. MADEJSKI. — Contribución al estudio del Glaciar Torrecillas (lago Menéndez, Chubut)	209
JUAN JACINTO BURGOS. — El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales	215
ADOLFO A. MARCHETTI. — Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina	243
NOTAS Y COMENTARIOS: W. SCHWERTPFERGER. — Two papers on Southern Hemisphere Meteorology (Dos trabajos sobre la Meteorología del Hemisferio Sur). Naval Weather Service, Simonstown. Circular N° 12/49	310
ACTUALIDADES	312
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS	315
INDICE DEL TOMO II	319

Julio-Dibre, 1952

METEOROS

Año II, N°s. 3-4

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

Precio
del ejemplar:
10 pesos m/n

PALUMBO
BS. AIRES

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

AÑO II

JULIO - DICIEMBRE, 1952

N°s. 3-4

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

METEOROS
AÑO II N^{os.} 3-4

IN MEMORIAM
EVA PERON

Rendimos nuestro homenaje a la memoria de la señora esposa del Exmo. señor Presidente de la República, Doña Eva Perón, en mérito a cuya obra social, de indudable inspiración patriótica y humanitaria, sus connacionales le confirieron, en solemne acto legislativo, el título de Jefa Espiritual de la Nación.

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

JULIO-DICIEMBRE, 1952

Nºs. 3-4

DEBER DE ACRECENTAR

*D*IFUNDIR las ideas y experiencias de investigadores especializados en meteorología y geofísica para beneficio de otros científicos que actúan en los mismos campos o en campos afines, y promover el avance general, tal es la finalidad primordial de esta revista. Y los trabajos presentados hasta ahora han satisfecho cumplidamente su propósito. Sin abrir juicio acerca del valor intrínseco de cada uno, ni de su repercusión inmediata en la economía y la cultura de la Nación, ha de afirmarse que, para sus autores, representan la exteriorización de largos años de dominio en ciencia pura y en su aplicación a las realidades argentinas. Este ceñirse a las realidades y necesidades del país es su mérito esencial, y es el que, a su vez, más aprecian los científicos de otras latitudes porque supone para ellos un aporte documental insustituible. Cada idea, cada dato de experiencia, tienen su lugar en la escala de esta estimación y concurren a un real progreso de la ciencia general de la atmósfera.

Las citas bibliográficas cumplen también su función esencial de asegurar la amplitud y autenticidad de la información documental y demuestran la medida en que el investigador argentino conoce el progreso foráneo y se apoya en él o a él contribuye. La clasificación decimal registra la naturaleza de cada trabajo y distingue sus relaciones con las ciencias afines, facilitando la orientación y acceso a las distintas fuentes, cada día más amplias. Una de las reglas del investigador está en ahorrar tiempo, dinero y energías, propios y de su país, apoyándose en el esfuerzo de los

antecesores y contemporáneos. La ciencia actual es el resultado de experiencias y descubrimientos sucesivos; la ciencia futura se afirmará en la de hoy. Tiene esta marcha el profundo atractivo de convertir a todos los miembros de la sociedad en deudores del pasado y acreedores del mañana. Es decir, el de obligarlos moralmente a reconocer el aporte de sus congéneres, si es que ha de seguir valiendo en la convivencia universal la virtud de la gratitud humana.

El hecho de festejarse ecuménicamente, este año, el V centenario del nacimiento de Leonardo de Vinci nos ha traído a la precitada reflexión. Síntesis del saber de su época, esta figura magna es ejemplo de la más auténtica vocación por la verdad. Científico y artista, escrutaba la Naturaleza sin turbarla en su belleza. Creía en los altos valores del hombre y en los atributos del Creador. Confiaba asimismo en la eficacia del esfuerzo cotidiano puesto al servicio de la inteligencia recta y de los altos ideales sociales. El estudio de la Naturaleza — éste es su pensamiento — educa y fortifica nuestra vida, porque nos enseña a separar lo real de lo imaginario y nos proporciona la satisfacción de la actividad sin prejuicios; excita a la par que atempera nuestros deseos. “¡Oh Dios — exclama en uno de sus fecundos instantes — que vendes todos tus bienes al precio del trabajo!”.

Hoy seguiría siendo Leonardo, sin duda, el prototipo del hombre de ciencia: vocación por las ideas fecundas y por su dinámica realización.

Es nuestro deber rendir homenaje a su figura porque los hombres y los pueblos se honran al honrar la memoria de tales varones. Y se pagan con plenitud de ello al hallar perpetuamente en estos perfiles — en sus obras, en sus luchas y penurias, en sus triunfos — el ejemplo vivo, la definición de una conducta y el aliciente para la marcha, elementos que las necesidades sociales van a su vez y a su turno exigiendo a los que se suceden, a título de herederos, en el afán de la investigación científica. Constituyen un requerimiento a perpetuidad para nuestro deber de acrecentar.

La presente edición de METEOROS cubre los dos últimos trimestres del año 1952.

55.058.44 (824.3)

ACERCA DE LA VARIACIÓN GEOMAGNÉTICA DE DÍAS TRANQUILOS, EN PILAR

Por OTTO SCHNEIDER *

Resumen. — Se comunican en forma sintética las principales características de la variación S_2 de días internacionales tranquilos, registrada en la componente geomagnética horizontal en el Observatorio de Pilar. A tal efecto se determinaron los coeficientes armónicos, hasta el cuarto orden inclusive, de los promedios mensuales de S_2 para un período de 264 meses individuales, correspondientes a los dos ciclos solares completos comprendidos entre 1927 y 1948. Se analiza la dependencia de las amplitudes con respecto a la actividad solar; la sensibilidad específica ρ de S_2 frente al número relativo de manchas acusa una marcha anual característica, con un máximo en la estación estival. En base a la misma se determina y se aplica una corrección lineal para reducir las amplitudes armónicas a condiciones de actividad solar nula. La magnitud y marcha anual de los parámetros armónicos así reducidos es la propia de un observatorio intertropical. Se insinúa la posibilidad de aislar residuos lunares en los coeficientes reducidos.

Zusammenfassung. — Es wird eine vorläufige und gedrängte Uebersicht der Hauptmerkmale von S_2 , der erdmagnetischen Variation an internationalen ruhigen Tagen, für die Horizontalkomponente in Pilar gegeben. Hierfür werden die harmonischen Koeffizienten der Monatsmittel von S_2 bis zur vierten Ordnung berechnet, und zwar für die 264 Einzelmonate der beiden vollständigen Sonnenfleckenperioden von 1927 bis 1948. Die Abhängigkeit der Amplituden von der Sonnentätigkeit wird untersucht und dabei festgestellt, dass die spezifische Empfindlichkeit ρ von S_2 gegenüber der Sonnenflecken-Relativzahl einen typischen Jahresgang mit Sommermaximum zeigt. An Hand derselben lassen sich die harmonischen Amplituden linear auf Sonnentätigkeit Null reduzieren. Die Grösse und der Jahresgang der so reduzierten harmonischen Konstanten entsprechen denen eines tropischen Observatoriums. Es wird die Möglichkeit angedeutet, aus den reduzierten Fourierkoeffizienten den Mondgang herauszuschälen.

I. INTRODUCCIÓN

Sólo pocos servicios geomagnéticos se hallan en condiciones de publicar en forma habitual los resultados obtenidos en sus observatorios, y los que lo hacen, recurren por lo general a una u otra forma de sintetizar los datos. Según la finalidad primordial que se persiga, se ofrecen varios procedimientos. Si se quiere dar preferencia a describir las perturbaciones, o más generalmente hablando, el grado de "actividad geomagnética" presente en cada momento — índice de la intensidad de la radiación solar corpuscular — se expresa esta magnitud mediante un número k que caracteriza un intervalo trihorario. Es de advertir que algunos observatorios determinan índices similares para intervalos de una hora, y se estudia la posibilidad de generalizar este procedimiento. Como el índice k se establece para uno solo — el más perturbado — de los tres elementos geomagnéticos registrados, o sea, por regla general,

* Doctor en Filosofía (Geofísica). Universidad de Berlín. Asesor Técnico de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional.

declinación, componente horizontal y vertical, este procedimiento exige un total de 8 valores (ó 24 valores, según el caso); el cuadro suele completarse mediante una enumeración descriptiva de las perturbaciones conspicuas. En cambio, cuando el interés principal radica en el estudio de las variaciones diarias en sí, se comunican valores horarios (instantáneos o promedios) de los elementos registrados, exigiendo 24, 25 ó 26 números por día y elemento, si se quiere tomar en cuenta debidamente la "variación no cíclica" o sea, un total de 72, 75 ó 78 valores diarios. Esta descripción de las variaciones, ya algo sintetizada, puede reemplazarse, a su vez, por otras, aun más condensadas, como ser, por ejemplo, la mera mención de la amplitud diaria de oscilación, o la diferencia de niveles entre las horas nocturnas y las del mediodía. En tal forma, tres números diarios — uno por cada elemento — representan el aspecto esencial que se desea expresar.

Cuando se hace necesaria una mayor condensación, también se recurre a promediar la marcha diaria en los cinco días de cada mes que por convenio internacional se escogieron como los más tranquilos y los más perturbados, respectivamente. En esta forma, 24 (ó 25, ó 26) valores por elemento representan el régimen medio de las variaciones tranquilas (o perturbadas) de *todo un mes*.

En el presente estudio, aplicaremos un método que significa una expresión aún más sintética del régimen de variaciones diarias, mediante el uso de sus coeficientes armónicos. Algunos anuarios de observatorios geomagnéticos ya lo aplicaron en el pasado, a veces para completar las tablas de valores horarios publicadas *in extenso*, y otras veces para sustituirlas, por razones de economía. Nos damos perfecta cuenta de que ofrecemos, en esta forma, sólo un reflejo parcial de todo el complejo proceso de las variaciones con sus múltiples influencias solares, lunares, ionosféricas e intraterrestres. Por otra parte, quedó comprobado que las amplitudes y fases de las ondas parciales siguen muy satisfactoriamente las influencias cósmicas, y además, que pocas armónicas bastan para representar la mayor parte de la variación diaria en días tranquilos, circunstancia bien comprensible si se tiene presente que el fenómeno responde, en gran parte, a causas que varían en forma sinusoidal, a saber, las mareas atmosféricas. Por último, es oportuno recordar que las investigaciones planetarias de las variaciones diarias mediante el análisis armónico esférico, siempre deben basarse en coeficientes armónicos locales del tipo que aquí se presentan.

II. DATOS UTILIZADOS

El Observatorio de Pilar (Provincia de Córdoba), del Servicio Meteorológico Nacional, se encuentra entre aquellos mencionados al principio, que por largos años no pudieron publicar sus resultados. El volumen de datos acumulados en todo este período es de tal magnitud que aun en el caso favorable de llegar a contarse con la posibilidad de editar algunos anuarios en fecha próxima, no se podría pensar en publicar valores horarios de cada elemento por todo el período, ya que se trata de una cantidad que se aproxima a un millón de valores de tres lugares cada uno. Ante tal situación, se prepararon extractos de las planillas

originales y detalladas, considerando por el momento sólo los cinco días tranquilos internacionales de cada mes¹.

Con la finalidad de obtener una clara noción de la utilidad y el alcance de este procedimiento, nos limitamos a una primera exploración del régimen de la componente horizontal *H*.

El período a que se refiere este estudio abarca los años de 1927 a 1948, inclusive, o sea un total de 22 años, equivalentes a dos ciclos completos de actividad solar; los últimos de los comprendidos en el segundo ciclo se caracterizan por ser años de singular intensidad en la actividad solar, expresada ésta en números relativos. De cada uno de los 264 meses considerados, disponíamos de la *marcha diaria media* de los 5 días tranquilos, en forma de 25 valores horarios consecutivos, correspondientes a las horas 0 hasta 24, tiempo medio de Greenwich. El uso del horario universal en lugar del horario local, que parecería más lógico en un fenómeno tan notoriamente dependiente de la posición aparente del sol en el lugar, se justifica por la definición de los días tranquilos (y perturbados, respectivamente), la que debe ser de validez universal; en la etapa final del estudio, los resultados se expresarán en términos de tiempo local. El empleo de 25 valores individuales permite tomar en cuenta la llamada "variación no cíclica", la que comúnmente se supone lineal. El período contemplado pertenece a la época en que el Observatorio de Pilar tabulaba sus datos horarios en forma de valores instantáneos. En los años hasta 1931 inclusive, ello se hacía con arreglo al *tiempo local* del Observatorio, lo que ofrece la ventaja de vincular el fenómeno observado directamente con los factores locales de los cuales depende, pero con el inconveniente de dificultar el cotejo y la sincronización con otros observatorios cuando se trata del estudio de tormentas, pulsaciones y otras perturbaciones. Por tanto, a partir del 1º de enero de 1932, Pilar adoptó el procedimiento más generalizado de tabular sus valores según el huso horario correspondiente. La pequeña discontinuidad que de este modo se introduce en nuestro material fué debidamente eliminada, como se expondrá más abajo.

Ya se dijo al comienzo que la presentación de las marchas diarias en el promedio mensual de los días tranquilos responde, en primer lugar, a la necesidad de comunicar, en forma sucinta, las observaciones en sí. Pero, además, nuestro estudio trata de preparar los elementos de juicio necesarios para dilucidar algunos otros problemas que tenemos intención de exponer oportunamente en trabajos posteriores. Uno de estos problemas se refiere a la conveniencia, o no, de basar la determinación del régimen de variaciones tranquilas en un número *fijo* de cinco días por mes, procedimiento que se sigue en la actualidad y que padece del defecto de no asegurar un igual nivel de tranquilidad, en estos días seleccionados, durante las diferentes fases del ciclo solar undecenal. Un segundo problema que intentamos abordar sobre la base del análisis aquí presentado, es el de los *residuos de la variación lunar* que deben existir en la marcha

¹ El autor agradece a los jefes y en general a todo el personal del Departamento de Geofísica y del Observatorio de Pilar su eficaz intervención en la labor preparatoria del presente trabajo, consistente en tabular, reducir, depurar, clasificar y promediar los datos observados en Pilar. Análogamente, expresa su reconocimiento a la señorita Catalina T. Cano, a cargo de quien se ha hallado la mayor parte de los cálculos numéricos y reducciones gráficas.

diaria de cinco días, determinada en forma de un promedio. Esta cuestión interesa en dos aspectos: Si la magnitud de estos rastros de variación lunar resultara apreciable, podría tornarse necesario eliminarlos al pretender obtener la variación solar pura, al menos en aquellas latitudes donde el aporte lunar es grande. A su vez, se ofrecería posiblemente un procedimiento abreviado para determinar la variación lunar misma.

III. METODO DE ANALISIS

Las 264 sucesiones de valores horarios mencionadas en la sección anterior fueron numeradas correlativamente (enero de 1927 = 1; febrero de 1927 = 2; diciembre de 1948 = 264) y sometidas, una por una, al análisis armónico. El método empleado fué el descrito en (3) y consistió en analizar *diferencias bi-horarias*, es decir, que se utilizaron sólo los valores de numeración impar dentro de cada sucesión de 25. Se calcularon en total cuatro pares de coeficientes armónicos, correspondientes a las oscilaciones parciales de 24, 12, 8 y 6 horas de período, respectivamente, las que por abreviatura llamaremos S_1 , S_2 , S_3 y S_4 , aun cuando en rigor contienen aquellos rastros de variación lunar L_1 , L_2 , L_3 y L_4 a que se aludió más arriba. De este modo, la variación diaria de un día tipo, tranquilo, de cada mes queda representada por cuatro pares de coeficientes a_v , b_v , cuya dimensión física es la misma de la componente horizontal del geomagnetismo, o sea, la γ . También se determinaron las amplitudes c_v de los 264 meses y de las 4 oscilaciones S_1 al S_4 ; estas amplitudes (calculadas en unidades provisionarias y sin la corrección final de fases que exige el método de análisis empleado) se necesitaban para reducir nuestros resultados a *condiciones solares uniformes*. A tal efecto, se determinó la regresión lineal aproximada entre estas amplitudes medias mensuales provisionarias y los promedios mensuales respectivos de los números relativos de manchas solares, R . (No se estimó necesario, ni conveniente, considerar los números de manchas solares en los cinco días *individuales* que constituyen cada grupo mensual: la correlación probablemente no habría mejorado; además, se opondrían a ello otros argumentos, más fundamentales). Para este estudio de correlación, se agruparon las amplitudes c_1 hasta c_4 en seis *clases bimestrales*, obteniéndose así 24 cuadros de correlación, cada uno de ellos con $22 \times 2 = 44$ pares de valores c_v , R . El fraccionamiento por meses, bimestres, o estaciones del año se hace necesario en virtud de la marcada variación anual de las magnitudes de c_v , la que podría enmascarar en gran parte la dependencia entre éstas y los números R de manchas solares.

Aparte de estas reducciones por actividad solar, no se efectuaron por el momento otras análogos, que también podrían considerarse convenientes para eliminar los posibles restos de una influencia por parte de la actividad geomagnética. Sólo se aplicaron, al final, las lógicas correcciones de fases y amplitudes que resultan necesarias por el sistema particular de análisis armónico que empleamos, y para asimilar los años de 1927 hasta 1931, tabulados según horario local del observatorio, a los años restantes, tabulados según el huso horario del meridiano 60° W. de Gr. También se aplicó, por último, a todo el conjunto de coeficientes armónicos la corrección de fase necesaria para expresar los resultados

en términos de *hora local*, o sea, un aumento en $3^\circ 9'$; $7^\circ 8'$; $11^\circ 6'$, y $15^\circ 5'$ para S_1 , S_2 , S_3 y S_4 , respectivamente. (Las coordenadas geográficas de Pilar son: $31^\circ 40'$ Sur; $63^\circ 53'$ Oeste).

En algunas partes de este estudio se comunicarán promedios relativos a las estaciones estival, invernal y equinoccial, las que simbolizaremos por las abreviaturas SS (= solsticio del sur), SN (= solsticio del norte) y EQ, y que quedan integradas por los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, los de mayo, junio, julio y agosto, y por último, los de marzo, abril, septiembre y octubre, respectivamente (agrupamiento según Lloyd).

IV. RESULTADOS

Las variaciones diarias de la componente horizontal en Pilar, durante los 22 años contemplados, en días tranquilos, quedan expresadas en las tablas condensadas que hemos numerado del I al IV.

Cada cuadro pertenece a una de las cuatro oscilaciones parciales S_1 a S_4 , caracterizadas por sus parámetros armónicos c_v y φ_v , pertenecientes a una representación del tipo $S_v = c_v \sin(\gamma t + \varphi_v)$. Los datos no están reducidos por actividad solar, vale decir, que reflejan en toda su magnitud la influencia del número de manchas sobre las amplitudes de oscilación. Cada par de valores representa el promedio de uno de los grupos estacionales SS, EQ y SN de un año individual. Una lista más detallada, con los coeficientes de cada mes, obra en el Departamento de Geofísica del

TABLAS I A IV.— Parámetros armónicos de las oscilaciones diarias S_1 , S_2 , S_3 y S_4 de la componente geomagnética horizontal en Pilar (Córdoba); días internacionales tranquilos; años 1927 a 1948. (Unidad: 1 γ). Tiempo medio local.

TABLA I.— Oscilación de 24 horas (S_1)

Año	SS		EQ		SN	
	c_1	φ_1	c_1	φ_1	c_1	φ_1
1927	20.6	266°	14.0	278°	9.5	310°
1928	23.0	270°	18.5	272°	8.9	309°
1929	22.6	268°	12.3	287°	8.5	312°
1930	18.2	270°	13.7	276°	7.6	322°
1931	15.1	270°	11.5	274°	8.5	310°
1932	12.3	270°	8.1	291°	8.5	310°
1933	12.6	277°	11.2	281°	9.0	299°
1934	13.5	271°	11.1	283°	7.8	301°
1935	14.0	281°	11.1	284°	10.0	301°
1936	21.6	273°	16.9	276°	9.7	311°
1937	25.2	266°	19.1	272°	11.6	308°
1938	25.9	273°	19.1	270°	12.8	314°
1939	22.9	268°	18.1	274°	11.4	299°
1940	17.4	266°	17.9	271°	12.9	304°
1941	15.0	268°	12.3	282°	10.6	306°
1942	15.9	270°	12.6	286°	9.6	309°
1943	14.7	275°	11.7	287°	9.5	298°
1944	12.1	270°	9.6	274°	10.4	300°
1945	16.0	269°	13.6	285°	9.8	306°
1946	25.0	274°	16.7	271°	11.6	311°
1947	28.2	270°	24.1	273°	14.5	310°
1948	23.7	269°	21.0	270°	12.0	312°

TABLA II.—Oscilación de 12 horas (S_2)

Año	SS		EQ		SN	
	c_2	φ_2	c_2	φ_2	c_2	φ_2
1927	10.1	77°	8.0	95°	4.1	143°
1928	11.5	87°	8.4	88°	4.0	149°
1929	11.3	89°	5.9	85°	4.1	146°
1930	9.2	92°	7.1	91°	2.9	162°
1931	9.0	90°	5.9	80°	2.3	150°
1932	7.1	86°	4.7	92°	2.7	155°
1933	7.1	87°	5.8	86°	2.7	152°
1934	7.2	79°	4.7	106°	2.9	148°
1935	7.8	90°	5.2	90°	3.5	139°
1936	9.5	91°	8.5	93°	3.9	130°
1937	11.0	94°	9.2	96°	5.8	136°
1938	12.9	90°	10.5	92°	6.2	133°
1939	11.7	84°	8.6	83°	4.3	130°
1940	8.9	74°	9.0	84°	4.6	125°
1941	8.2	69°	5.8	92°	2.7	155°
1942	8.0	78°	6.3	97°	5.1	145°
1943	8.1	83°	4.0	88°	2.1	139°
1944	6.4	76°	4.6	77°	2.6	131°
1945	7.7	77°	7.2	98°	3.8	147°
1946	13.8	90°	8.4	87°	4.9	134°
1947	12.1	91°	12.2	94°	7.1	126°
1948	11.5	86°	11.1	87°	4.4	123°

TABLA III.—Oscilación de 8 horas (S_8)

Año	SS		EQ		SN	
	c_8	φ_8	c_8	φ_8	c_8	φ_8
1927	4.3	231°	3.0	246°	1.9	351°
1928	3.7	242°	2.9	262°	1.8	333°
1929	3.7	247°	2.4	278°	1.8	341°
1930	3.3	268°	2.6	249°	1.2	19°
1931	3.2	246°	2.5	247°	0.9	0°
1932	2.5	248°	1.8	254°	1.1	341°
1933	2.9	260°	2.3	274°	1.2	5°
1934	2.7	246°	1.8	269°	1.4	336°
1935	3.0	256°	1.6	281°	1.6	336°
1936	3.5	246°	2.6	260°	1.5	322°
1937	3.4	257°	3.6	259°	1.9	328°
1938	3.7	246°	3.6	270°	1.8	335°
1939	4.5	256°	4.3	246°	1.3	339°
1940	4.2	253°	3.5	244°	2.2	311°
1941	4.4	254°	2.4	260°	0.9	320°
1942	2.1	228°	2.6	265°	0.9	6°
1943	3.5	239°	1.5	217°	0.5	29°
1944	2.7	249°	3.3	245°	0.3	40°
1945	2.4	230°	2.8	277°	1.4	351°
1946	3.7	254°	3.9	247°	1.5	342°
1947	3.9	250°	4.9	254°	3.5	311°
1948	4.8	248°	4.7	250°	1.3	336°

TABLA IV.—Oscilación de 6 horas (S_6)

Año	SS		EQ		SN	
	c_6	φ_6	c_6	φ_6	c_6	φ_6
1927	1.1	59°	1.5	76°	0.1	172°
1928	1.4	86°	1.6	73°	1.2	109°
1929	1.5	99°	1.1	93°	0.3	82°
1930	1.6	116°	0.8	84°	0.2	83°
1931	1.0	123°	1.5	75°	0.3	278°
1932	0.5	126°	0.8	90°	0.4	85°
1933	1.2	100°	1.4	113°	0.3	355°
1934	1.0	96°	0.6	112°	0.2	136°
1935	1.2	90°	0.4	124°	0.1	185°
1936	1.1	94°	1.2	67°	0.8	41°
1937	1.9	115°	2.0	94°	0.8	84°
1938	1.0	98°	1.9	87°	0.8	86°
1939	1.9	79°	1.9	86°	0.7	86°
1940	2.2	115°	1.0	61°	0.9	72°
1941	1.8	104°	0.7	63°	0.5	86°
1942	1.1	126°	0.8	66°	0.7	69°
1943	1.2	90°	0.2	37°	0.3	27°
1944	1.2	111°	1.6	96°	0.4	10°
1945	0.6	111°	1.6	85°	0.7	83°
1946	1.3	92°	2.3	86°	0.5	64°
1947	2.4	107°	2.1	92°	1.5	86°
1948	1.9	93°	1.6	72°	0.9	57°

Servicio Meteorológico Nacional, adonde queda a disposición de los investigadores interesados. En forma resumida, consignando sólo las amplitudes armónicas, dicha lista se halla representada en la Fig. 1, la que ilustra elocuentemente cómo se superponen las marchas anuales y undecenales de las amplitudes, facilitando al mismo tiempo una apreciación visual directa de las relativas magnitudes de c_1 , c_2 , c_3 y c_4 .

En segundo lugar, comunicamos en otros cuatro cuadros la relación aproximada que existe entre la magnitud de las amplitudes c_1 al c_4 y el número R de manchas solares del respectivo mes *individual*. Las tablas V hasta VIII contienen, en su primera columna, la amplitud $c_1(0)$, o sea el valor reducido, por extrapolación, a la condición extrema (y pocas veces realizada en promedios mensuales) de una completa ausencia de manchas solares. Esta manera de describir el fenómeno, aconsejada por Adolf Schmidt, se distingue de las usadas corrientemente por cuanto éstas suelen contemplar grupos de años (o meses) con altos y bajos valores de R y hallar los respectivos promedios de las variaciones geomagnéticas; pero como los promedios de R que de este modo resultan en los diferentes grupos, raras veces coinciden con los de otras investigaciones, las conclusiones no siempre son estrictamente comparables, cuando se habla, por ejemplo, de la amplitud de tal oscilación diaria "en condiciones de mínima actividad solar". En cambio, la extrapolación (lineal y aproximada) a la condición $R = 0$ que aquí practicamos, proporciona un nivel de comparación objetivo. Todo lo que se quiera enunciar, además, acerca de la influencia que ejerce el valor de R en la magnitud de las

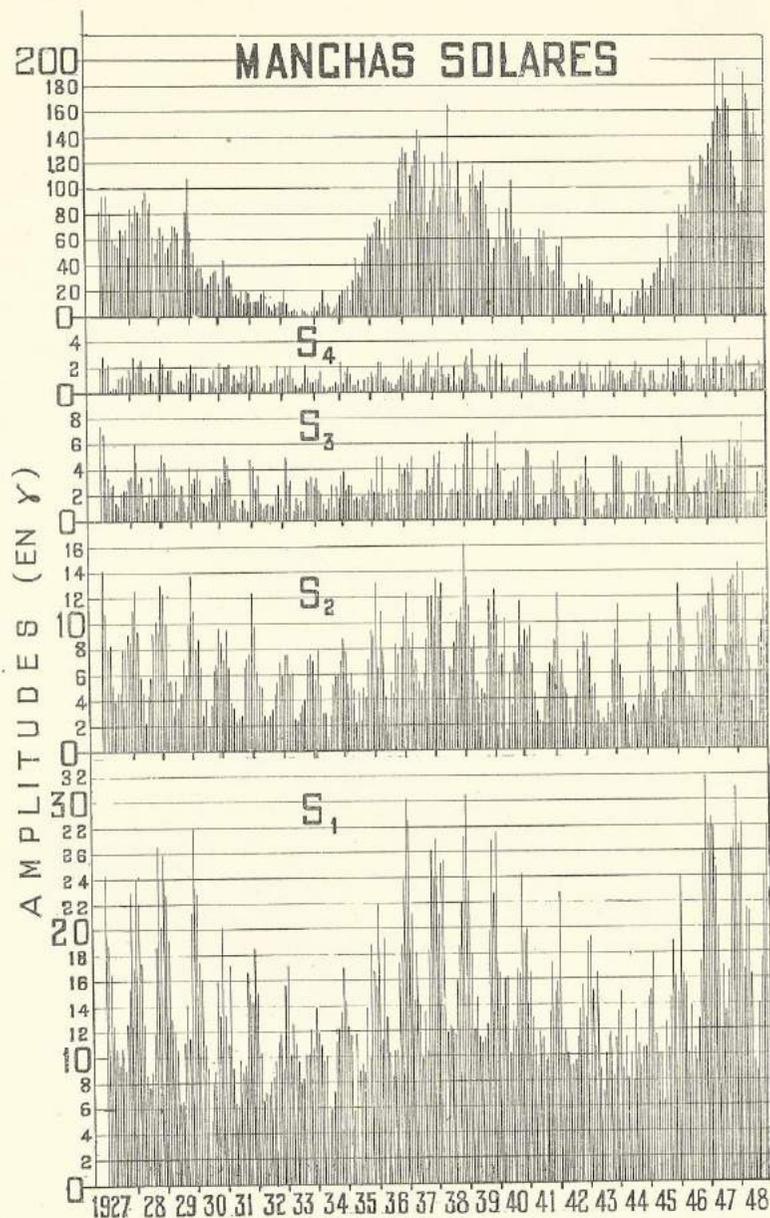


FIG. 1.—Marcha anual y undecenal de las amplitudes armónicas medias mensuales, cinco días interna-
cionales tranquilas de cada mes; Pilar, H., 1927 hasta 1948, inclusivos. Curvas S_4 , S_3 , S_2 y S_1 : ondas
de 24, 12, 8 y 6 horas, respectivamente. Cueva superior: promedios mensuales del número relativo de
manchas solares.

amplitudes, no lo expresamos mediante la yuxtaposición de las mismas en años de alta y baja actividad de manchas, sino a través del incremento (lineal y aproximado) de las amplitudes c , por cada unidad de R . En tal sentido han de interpretarse las tablas que insertamos. En ellas, la primera columna con los valores $c_1(0)$ equivale al valor a de la fórmula que da la obra (*) al respecto (vol. I, pág. 224); nuestro $c_1/100$ corresponde al b de la misma, y nuestra última columna a $10^4 m$.

TABLAS V A VIII.—Relación de la intensidad de las oscilaciones diarias S_4 , S_3 , S_2 y S_1 con la actividad solar y valor extrapolado para actividad solar nula, $c_1(0)$

TABLA V.—Oscilación de 24 horas (S_4)

Bimestre	Amplitud $c_1(0)$ para $R=0$ (unidad: 1 γ)	Incremento de $c_1(0)$ por cada 100 unidades de R	
		c_1 (en γ)	en % de $c_1(0)$
I = E + F	12.4	9.9	80
II = M + A	8.7	7.3	84
III = M + J	7.8	5.6	46
IV = J + A	9.9	1.8	18
V = S + O	12.0	8.7	73
VI = N + D	15.0	12.4	95

TABLA VI.—Oscilación de 12 horas (S_3)

Bimestre	Amplitud $c_2(0)$ para $R=0$ (Unidad: 1 γ)	Incremento de $c_2(0)$ por cada 100 unidades de R	
		c_2 (en γ)	en % de $c_2(0)$
I = E + F	7.2	4.7	65
II = M + A	4.6	4.8	105
III = M + J	2.5	2.2	87
IV = J + A	2.7	2.5	91
V = S + O	5.1	4.6	90
VI = N + D	7.2	4.0	56

TABLA VII.—Oscilación de 8 horas (S_2)

Bimestre	Amplitud $c_3(0)$ para $R=0$ (unidad: 1 γ)	Incremento de $c_3(0)$ por cada 100 unidades de R	
		c_3 (en γ)	en % de $c_3(0)$
I = E + F	3.2	2.2	69
II = M + A	2.3	2.6	113
III = M + J	1.1	0.9	80
IV = J + A	1.1	0.8	76
V = S + O	1.5	1.8	114
VI = N + D	2.2	1.5	60

Tabla VIII.—Oscilación de 6 horas (S_4)

Bimestre	Amplitud $c_4(0)$ para $R=0$ (Unidad: 1γ)	Incremento de $c_4(0)$ por cada 100 unidades de R	
		p_4 (en γ)	en % de $c_4(0)$
I = E + F	1.2	1.1	87
II = M + A	1.1	1.2	113
III = M + J	0.7	0.4	58
IV = J + A	0.8	0.0	0
V = S + O	0.9	0.8	88
VI = N + D	1.5	0.0	0

Con las Figs. 2 y 3 representamos gráficamente la marcha anual de las amplitudes $c_v(0)$ y la de su sensibilidad ρ_v frente a las manchas solares.

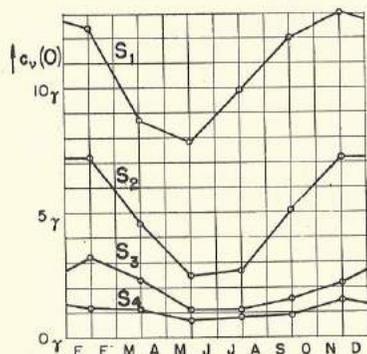


FIG. 2.—Marcha anual de las amplitudes armónicas medias bimensuales, reducidas al valor cero de la actividad solar.

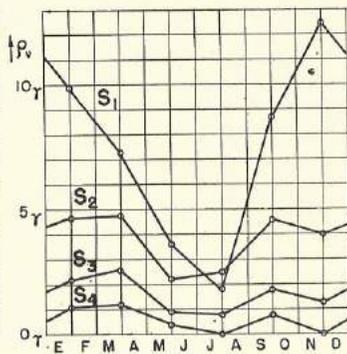


FIG. 3.—Marcha anual de la sensibilidad ρ_v de las amplitudes armónicas frente a la actividad solar; incremento, en γ , por cada 100 unidades del número relativo de manchas solares.

Con la ayuda de las segundas columnas de las tablas V a VIII efectuamos luego una reducción individual de cada par mensual de coeficientes armónicos, aplicando a los a_v y b_v correcciones δa_v y δb_v , determinadas en tal forma que

$$\delta a_v / \delta b_v = a_v / b_v \quad [1]$$

$$(\delta a_v)^2 + (\delta b_v)^2 = (R \rho_v / 100)^2 \quad [2]$$

$$\delta a_v = -a_v | \delta a_v | / | a_v | \quad ; \quad \delta b_v = -b_v | \delta b_v | / | b_v | \quad [3]$$

En otras palabras, prescindimos de la pequeña deformación que sufre el aspecto típico de la variación tranquila S_{0v} , a la par de aumentar su amplitud, cuando pasamos a valores altos de las manchas solares. Este ligero cambio de forma en función del número de manchas, que en Pilar H apenas se insinúa, queda ilustrado, por ejemplo, en el análisis de S_4

en Huancayo H, reproducido en ⁽⁸⁾ (vol. II, p. 679-681); se manifiesta allí en un atraso de la culminación de la oscilación diaria en $\frac{1}{2}$ h. poco más o menos. Haciendo caso omiso de este detalle, se practicó aquí sólo una disminución proporcional de la onda sin desfazarla, restándole a la amplitud una fracción equivalente a R veces el incremento unitario $\rho_v/100$, donde R es, en este caso, el número relativo de manchas del mes individual. Esta reducción, naturalmente, nos ha de suministrar, en término medio, las mismas amplitudes $c_v(0)$ que figuran en las primeras columnas de las tablas; pero en cada caso individual existirá un residuo (positivo o negativo) que refleja lo más o menos completa que es la correlación entre R y las amplitudes c. Los estudios ulteriores a que se aludió al final de la Sección II, en particular el referente a rastros de origen lunar, se basarán precisamente en estos residuos. Aquí, y a los efectos del presente trabajo, nos interesan exclusivamente las amplitudes reducidas en sí. Apuntemos, de paso, que el procedimiento aplicado suministró, en general, valores atendibles en lo que concierne al signo de los coeficientes armónicos reducidos; éstos, lógicamente, deben resultar iguales a los signos primitivos para que la reducción tenga un significado racional; dicho de otra manera, debe verificarse:

$$(R \rho_v / 100)^2 < a_v^2 + b_v^2 \quad [4]$$

Sólo en dos o tres casos obtuvimos excepciones a este postulado, quedando en la disyuntiva de adoptar como "valor reducido" de la amplitud simplemente el valor 0, o bien el que resulta de la aplicación formal de las correcciones δa_v y δb_v , definidas por las [1], [2] y [3], las que en este caso suministran valores \tilde{a}_v y \tilde{b}_v , con signos invertidos con respecto a los signos primitivos. Se optó por el segundo criterio, con miras a la aplicación ulterior de estos datos en un estudio lunar; con las premisas en que habrá de basarse esta futura investigación, o sea, interpretando los residuos en gran parte como efecto lunar, la inversión de los signos debe aceptarse, en principio, como posible.

Ya aplicadas estas reducciones a cada par de coeficientes armónicos individuales, se obtuvo un material que se consideró lo suficientemente homogeneizado como para intentar la determinación de promedios mensuales (en lugar de los grupos bimestrales usados hasta aquí) de los coeficientes armónicos. Para este fin contamos, entonces, sólo con 22 valores (representando 110 días individuales) por cada mes y el resultado demuestra que esta cantidad no llega aun a ser suficiente para determinar la marcha anual media con absoluta claridad. Sin embargo, las tablas que van a continuación consignan estos resultados sin volver a agruparlos por bimestres, considerando que la simplificación sería a expensas de algunos detalles que no podemos descartar como simples irregularidades accidentales.

En cambio, los gráficos de la Fig. 4, que representan los coeficientes armónicos medios mensuales en coordenadas cartesianas ("relojes armónicos"), contienen, además de los 12 puntos originales, la marcha media anual suavizada, basada en puntos que se obtuvieron como promedios móviles ponderados del tipo $(a + 2b + c)/4$. Como se sabe ⁽⁹⁾, la repre-

sentación por "relojes armónicos" ofrece la comodidad de poder apreciar al mismo tiempo la amplitud de cada onda parcial (proporcional a la distancia al origen) y el tiempo de culminación (dirección del radio-vector desde el origen hasta el punto). En consecuencia, los gráficos están presentados con su correspondiente red de coordenadas polares para facilitar su uso en el sentido explicado.

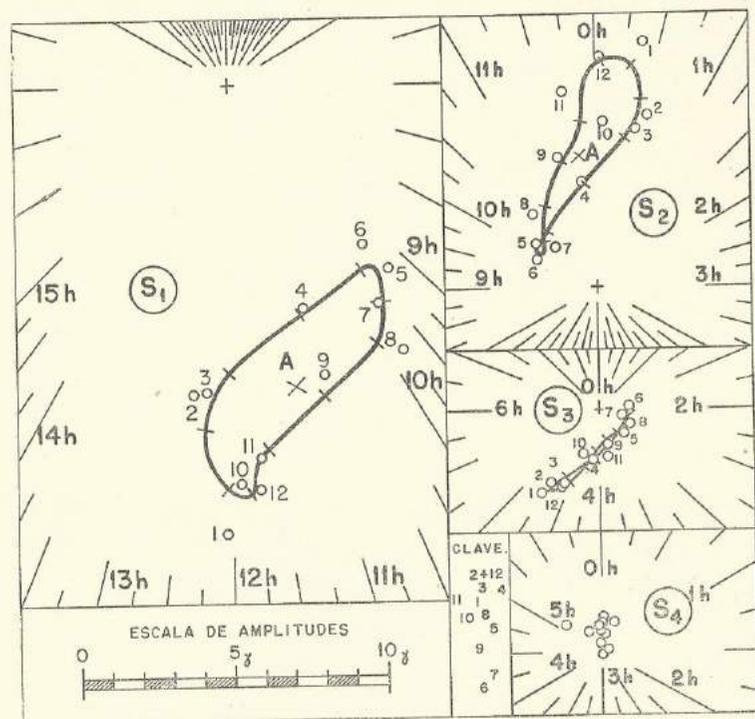


Fig. 4. — Marcha anual de las fases y amplitudes de las cuatro ondas parciales S_1 a S_4 ; Pilar II, 1927 a 1948, días internacionales tranquilos. Relojes armónicos (trazados con los coeficientes de Fourier como coordenadas cartesianas). Amplitudes reducidas linealmente a condiciones de actividad solar nula. En S_1 a S_4 : curvas suavizadas. Puntos numerados: valores mensuales sin suavizar, representando cada uno 110 días individuales. Puntos A: promedios anuales.

V. RASGOS PRINCIPALES DE S_q DE LA COMPONENTE HORIZONTAL DE PILAR

Analizando los cuadros y gráficos de la sección anterior, comprobamos, en primer lugar, la conocida influencia que en la amplitud de S_q ejercen la estación y el ciclo undecenal de la actividad solar. Ambos efectos, manifiestos en las cuatro armónicas, quedan patentizadas por el primer gráfico (Fig. 1), aunque no con la misma claridad; progresando hacia las ondas parciales de orden superior vemos disminuir el efecto undecenal. Antes de analizar los detalles de esta dependencia nos deten-

dremos un instante en el diagrama antes mencionado, que resume un aspecto esencial (la intensidad) de S_q durante dos ciclos solares bien pronunciados, entre ellos el que culminó, hace pocos años, con los más elevados promedios mensuales de manchas solares registrados en nuestro siglo. El diagrama demuestra la extraordinaria variabilidad total que S_q y sus ondas constituyentes pueden acusar bajo el efecto conjunto de su marcha anual y la influencia undecenal del Sol; así, por ejemplo, en el

Tabla IX. — Marcha anual de los parámetros armónicos, representativos de la marcha diaria media, en días tranquilos, reducidos a condiciones de actividad solar nula. (Unidad: 1γ). Tiempo medio local.

Mes	S_1 (24 horas)		S_2 (12 horas)		S_3 (8 horas)		S_4 (6 horas)	
	c_1	φ_1	c_2	φ_2	c_3	φ_3	c_4	φ_4^*
Enero	14.7	269°	8.2	79°	3.2	234°	0.9	95°
Febrero	10.2	263°	5.9	74°	2.8	256°	1.2	85°
Marzo	10.1	265°	5.4	76°	2.6	244°	1.0	90°
Abril	7.7	288°	3.5	97°	1.7	261°	1.1	65°
Mayo	8.0	310°	2.5	143°	1.1	314°	0.7	75°
Junio	6.8	310°	2.2	154°	0.9	6°	< 0.1	330°
Julio	8.7	304°	1.9	135°	0.7	345°	0.2	30°
Agosto	10.4	303°	3.2	130°	1.1	333°	0.8	90°
Septiembre	10.0	288°	4.5	106°	1.2	281°	0.4	95°
Octubre	13.1	271°	5.9	88°	1.6	249°	0.8	120°
Noviembre	12.3	274°	6.5	99°	1.6	278°	1.5	140°
Diciembre	15.3	274°	7.6	89°	2.7	244°	1.2	85°
Año	10.03	282°	4.41	97°	1.43	261°	0.75	94°

* La pequeñez de las amplitudes en la cuarta armónica resta significancia a las particularidades menores de las fases; por tal razón, éstas se consignan con la aproximación de 5°.

mes de junio de 1930 la amplitud c_1 alcanza sólo 5,0 γ , mientras que en noviembre de 1946 asciende a 32,0 γ , valor máximo de los 264 meses considerados. Una relación similar entre un mes invernal en la proximidad del mínimo solar undecenal y un mes estival cerca del máximo la observamos si usamos la suma de las cuatro amplitudes armónicas como expresión representativa de la intensidad de S_q . Ello es lícito cuando las cuatro ondas parciales coinciden con tanta fidelidad en sus horas de culminación como en nuestro caso, detalle que se puede apreciar en los relojes armónicos de la Fig. 4.

Al hablar de una "expresión representativa de la intensidad de S_q " queremos significar que esta suma varía en forma aproximadamente proporcional a otras medidas utilizadas para el mismo fin, como ser: la amplitud total (entre extremos), o bien, la amplitud respecto del nivel nocturno (4). La relación entre la suma de las c_n y la amplitud total puede apreciarse en el caso de enero de 1948, ilustrativo de las condiciones imperantes en el último máximo de actividad solar; aquí la suma de c_n asciende a 51 γ en tanto que la amplitud total (entre extremos) del promedio mensual de S_q es de 68 γ , si la reducimos por efecto de la marcha internocturna (74 γ sin reducir). La Fig. 5 ilustrará al lector acerca de la forma en que se relacionan la Σc_n y la amplitud total; al

mismo tiempo, da idea acertada del tipo de variación que prevalece en Pilar, de su intensidad todavía considerable (si tomamos en cuenta su latitud geográfica), y del alto grado de aproximación alcanzado con nuestro procedimiento.

La mencionada suma de los valores c , asciende a un máximo en diciembre de 1938, con un valor de 52 γ . Compárese con éste el mínimo de toda la serie, registrado en junio de 1934, con 8 γ . Otra vez la relación entre los extremos supera el valor de 6, como ya se comprobó arriba considerando S_1 solamente.

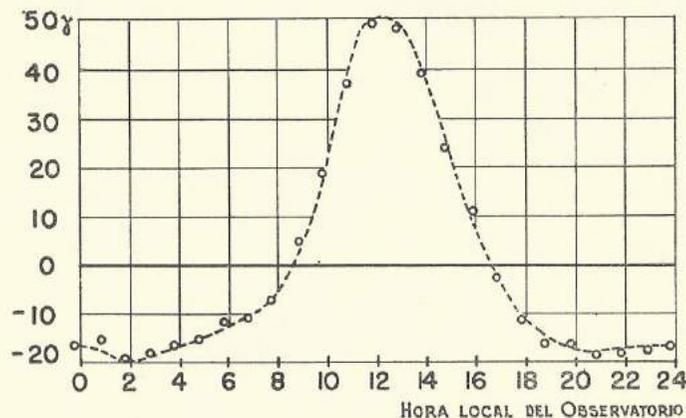


FIG. 5.— Síntesis armónica de las cuatro ondas parciales S_1 a S_4 , Pilar H, S_g , enero de 1948. Característico de un elevado máximo de actividad solar. Promedio de cinco días internacionales tranquilos (fechas: 4, 14, 24, 25 y 26). Corva: suma de ondas armónicas. Puntos: valores observados.

Para apreciar en toda su importancia la magnitud de los altos valores registrados en algunos meses, es oportuno recordar que se trata de promedios de cinco días, es decir, que los valores anotados no representan un extremo absoluto de un día individual. La amplitud total, por ejemplo, que en el ya citado mes de enero de 1948 asume el valor 68 γ , considerando el promedio mensual S_g , llega a 84 γ en uno de los días individuales (fecha 4) que constituyen este promedio (ambos valores reducidos por marcha internocturna; no aplicando esta corrección, se acentúa este efecto ya que la amplitud del día individual excede los 100 γ).

También es necesario tener presente que estamos refiriéndonos siempre a aquel tipo de variación del campo geomagnético que es originado principalmente por radiación solar de onda muy corta, con la menor incidencia posible de disturbios de origen corpuscular. Sólo recordando esta condición de los días internacionales tranquilos se puede justipreciar la importancia de los hechos señalados. Apuntemos, de paso, que gracias a esta sensibilidad de S_g frente a la actividad solar (que no ha de confundirse con la notoria influencia del Sol en los disturbios geomagnéticos), es posible descubrir fluctuaciones y variaciones cíclicas de la radiación solar ondulatoria que en otra forma exigen el uso de métodos mucho

más laboriosos, como por ejemplo las observaciones radioeléctricas del "ruido solar" (³). Al igual que la radiación solar corpuscular, responsable de las perturbaciones, la radiación ultravioleta que origina nuestra variación magnética S_g , también constituye un fenómeno ininterrumpido, aunque sumamente variable: hasta en los días y meses completamente exentos de manchas solares, tanto los índices k de actividad geomagnética como la variación S_g se mantienen en un nivel significativo; para el caso de S_g lo demuestran nuevamente los ejemplos aquí citados. Por supuesto, sólo con esta condición era razonable definir las amplitudes $c_i(0)$, como lo hicimos en este estudio.

Los cuadros numéricos de las tablas I al IV también reflejan el efecto conjunto de los factores a que aludimos: la marcha anual y la undecenal. No se observa ningún cambio apreciable de las fases en función del número de manchas solares; la marcha anual es la que a este respecto determina las variaciones características. Ya mencionamos antes la posibilidad de que S_g pueda acusar también una variación de tipo en el curso del ciclo undecenal, además de su aumento cíclico de amplitud. CHAPMAN y BARTELS, por ejemplo, en el volumen II de su manual (⁴), pág. 679-81, presentan un análisis de H en Huancayo, donde la fase de S_1 y de S_2 acusa un pequeño cambio sistemático, ambas en el mismo sentido, al pasar de un mínimo a un máximo de manchas solares. También en Pilar H hemos podido comprobar un desfase sistemático de S con las manchas, al analizar en otra oportunidad los años de 1930 a 1940 solamente. Pero en este último caso se trata indudablemente (y en el anterior, probablemente) de un efecto de S_D , la variación diaria de los disturbios, ya que el material analizado comprendió la totalidad de los días.

En lo que respecta a la sensibilidad específica q_i de las amplitudes frente a la actividad solar (Fig. 3), llama la atención que no obstante haber sido hallados por un procedimiento expeditivo, los valores acusan un sorprendente paralelismo entre sí en su marcha; ésta es anual casi pura en S_1 y preferentemente semi-anual en las otras componentes. Estas marchas anuales se manifiestan también, aunque con menor claridad, en los porcentajes que figuran en las últimas columnas de las tablas V a VIII; queda así demostrado que el fenómeno registrado en la Fig. 3 no puede reducirse simplemente a la marcha anual de las amplitudes mismas, expresada en la Fig. 2. Muy al contrario, existe una variación anual y estacional característica en la sensibilidad específica de S_g frente a las manchas solares, cualquiera sea la manera de expresar dicha sensibilidad. Este extraño fenómeno, poco analizado hasta ahora en la bibliografía, sería digno de ser investigado en escala planetaria. En la obra (⁵), pág. 167, se encuentra una reseña gráfica mundial de la variación de S_g por período de un ciclo solar, agrupado por estaciones del año. Ella revela también una marcada diferencia de la sensibilidad específica en las estaciones del año. Desafortunadamente la terminología usada en las leyendas y explicaciones no permite discernir si las estaciones invernales y estivales se refieren a cada hemisferio, o si estos términos deben entenderse válidos para el hemisferio norte (criterio que parece haber prevalecido en otras secciones de las obras (¹) y (²)). Sin embargo, como

la gran mayoría de los observatorios incluidos en estos interesantísimos gráficos son del hemisferio norte, podemos limitar nuestra comparación a estos. Resulta así que la sensibilidad específica de las amplitudes frente a R es mayor en invierno que en los equinoccios y en verano. Estas diferencias estacionales no se verifican en todos los observatorios, pero la tendencia general es indiscutible. El hecho señalado está en franca contradicción con nuestro resultado para Pilar H, tal como queda documentado en la Fig. 3 donde los meses invernales son, a todas luces, los más insensibles en cuanto al efecto de las manchas. He aquí, pues, otra razón que justifica lo dicho más arriba acerca del gran interés que tendría un estudio planetario de la distribución espacial y temporal de los valores q (o de los porcentajes del tipo 10^m).

Los gráficos de VESTINE y colaboradores arrojan valores de m que concuerdan satisfactoriamente en su orden de magnitud, con los que obtuvimos aquí para el Observatorio de Pilar: en general, un aumento del número de manchas de 0 a 100 trae aparejado un incremento de un 80 % a un 100 % en la intensidad de las variaciones diarias tranquilas. En igual sentido hablan los resultados de otras investigaciones hechas anteriormente, como por ejemplo la de CHAPMAN del año 1917, que se refiere a 63 años de declinación en Greenwich y cuyos valores se citan en (²), pág. 258.

En su aspecto abstracto, la amplitud, fase, marcha anual y proporción relativa de las componentes S_1 a S_4 pueden observarse en la Tabla IX y los correspondientes "relojes armónicos" reproducidos en la Fig. 4. Aquí tenemos el fenómeno prácticamente depurado, al menos de la desfiguración más obvia que es la tratada en los párrafos que anteceden. Sólo restaría analizar el posible mejoramiento de las marchas que se obtendría con eliminar las influencias residuales de la actividad geomagnética (grado de perturbación) y la marcha lunar L ; de antemano puede aseverarse que las correcciones en tal concepto no alterarán nada substancial de los resultados aquí expuestos.

Comparando las columnas de la Tabla IX observamos que las cuatro componentes están en la proporción aproximada de 60:27:9:4; si consideramos nuevamente la suma de estas amplitudes como aproximación de S_2 en su conjunto, podemos afirmar, entonces, que S_1 y S_2 ya representan tanto como el 87 % de la variación diaria, con lo cual queda justificado una vez más el uso del análisis armónico, e incluso el método abreviado de las primeras dos componentes, como representación sintética de S_2 .

La Tabla IX contiene, en las columnas encabezadas por los símbolos c_1 , c_2 , etc., esencialmente los mismos datos ya comunicados en las primeras columnas de las Tablas V a VIII y en la Fig. 2. Si tomamos en cuenta que estas últimas se basan en la reducción de los promedios primitivos mientras que la Tabla IX representa, a su vez, el promedio de los valores reducidos, se explican sin dificultad las pequeñas discrepancias, que por lo general no alcanzan 0.4 γ ; en término medio, podemos atribuirles a los valores de la Tabla IX, obtenidos en base a datos reducidos gráficamente, una exactitud de 0.2 γ .

Las fases de las cuatro oscilaciones armónicas, como era de esperar, concurren en formar la característica máxima de H poco antes del me-

diódia, propia de los observatorios intertropicales. En efecto, resultan las siguientes horas de culminación, si consideramos los promedios generales indicados al pie de la Tabla IX:

Oscilación parcial de orden	1	2	3	4
Hora t_0 de la primera máxima en el día	11h12m	11h46m	4h12m	5h56m
Hora ($t_0 + 24/v$) de la máxima próxima al mediodía			12h12m	11h56m

De este modo, con una tolerancia de una hora, las cuatro oscilaciones culminan al mismo tiempo alrededor del mediodía local. También en lo que respecta su marcha anual, su comportamiento es muy similar: S_1 , S_2 y S_3 revelan la misma tendencia a aumentar su fase (o sea, adelantar su culminación) en los meses invernales. Sólo S_4 sigue una marcha anual más complicada, pero la pequeñez de las amplitudes no permite sacar conclusiones terminantes, ya que el cuadro es algo confuso. La tendencia parece ser la de una disminución de las fases en invierno. El máximo de amplitudes de S_4 cerca de los equinoccios, del cual habla ADOLF SCHMIDT (citado según (³), pág. 225), no pudo ser comprobado en nuestro material.

Con los datos que aquí comunicamos queda confirmada con carácter general la variación estacional de fases en Pilar H que ya la publicación (²) pone de manifiesto en el caso especial del Año Solar 1932/33. De las curvas reproducidas en dicha compilación se desprende un adelanto de la culminación en $1\frac{1}{2}$ horas, poco más o menos, al progresar de verano a invierno. En forma similar, aunque menos acentuada, varían las fases de H en Huancayo, según se puede apreciar en la obra (³), pág. 679-681. En cambio, el observatorio septentrional de Cheltenham, de latitud comparable con la de Pilar, tiene un marcado adelanto de culminación en el verano local. Estas particularidades no pueden explicarse sino en un análisis global; aquí las mencionamos solamente a título ilustrativo. Probablemente se relacionan con la asimetría longitudinal del campo geomagnético permanente y con la pequeña inclinación del eje geomagnético.

Al concluir este informe, anotemos sumariamente que un estudio previo de los residuos lunares a que se aludió arriba, demostró que en efecto estos residuos pueden descubrirse en los coeficientes armónicos aquí descritos y que su monto permitirá tal vez utilizarlos en un procedimiento abreviado para hallar la variación lunar L . Esperamos poder informar próximamente de los resultados de una tentativa en tal sentido que en estos momentos se está desarrollando.

BIBLIOGRAFIA

1. VESTINE, E. H. (y otros). — «Description of the Earth's main magnetic field and its secular change 1905-1945», en Publicación n° 578 de la Carnegie Institution of Washington.
2. VESTINE, E. H. (y otros). — «The geomagnetic field, its description and analysis», en Publicación n° 580 de la Carnegie Institution of Washington.
3. CHAPMAN, S., y BARTELS, J. — «Geomagnetism», Oxford, 1940.
4. HERNANDEZ, ROBERTO P. J. — «Proceso de reducción de observaciones de campañas magnéticas», en *Meteoros I*, n° 2-3 (1951), pág. 198-205.
5. «Sixième Rapport de la Commission pour l'Etude des Relations entre les Phénomènes Solaires et Terrestres» (del Conseil International des Unions Scientifiques), Orleans, 1948; «Septième Rapport», etc. Paris, 1951.

55 054.14 (825.1)

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO SISMICO DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Por RAIMUNDO CELESTE *

Resumen. — El autor propone la división de la provincia de Mendoza en tres zonas de relativa alta sismicidad, basada en el reconocimiento de grandes líneas de fractura, y en el estudio de datos de archivo así como de diversos tipos de construcciones.

Summary. — The author proposes a classification of the province of Mendoza into three areas of relative high seismicity, based upon a reconnaissance of great faulting zones, filed data and different types of buildings.

I. INTRODUCCION

La actividad sísmica de la precordillera argentina, intensa y latente, ha movido al Departamento de Geofísica a encarar un levantamiento tectónico como base susceptible de servir en un futuro próximo para la ubicación de epicentros. El resultado de tres campañas, con un total de cuatro meses efectivos de trabajo, ha permitido reunir una serie de datos capaces de dar una idea bastante exacta acerca de la peligrosidad sísmica real de todo el norte mendocino. Se ha realizado al efecto un reconocimiento macrosísmico de las formidables fracturas que existen, especialmente en el borde oriental de la sierra de Uspallata y hasta en la misma ciudad de Mendoza.

A pesar de las experiencias sufridas por el mismo pueblo de Mendoza en repetidas ocasiones y las advertencias que bajo la forma de sismos locales se producen frecuentemente no deja de impresionar el hecho de que sigan construyéndose casas y aun barrios enteros sin consultar, aparentemente, los progresos últimos realizados por la arquitectura y la ingeniería antisísmicas.

El presente trabajo tiene la honesta pretensión de contribuir al conocimiento sísmico de una de las más importantes provincias del país, con vistas a que pobladores y autoridades intensifiquen la búsqueda de soluciones prácticas a un problema de tanta trascendencia para la economía nacional y la seguridad de la vida humana.

II. DESCRIPCION

El gran macizo de la Sierra de Uspallata forma el núcleo imponente y compacto de la Precordillera. Afecta la apariencia de una enorme bóveda cuyo eje mayor corre sensiblemente de Norte a Sur. Su extensión desde el Río Mendoza por el Sur hasta el Río Jachal por el Norte, ofrece al observador la vasta gama de formaciones geológicas, desde el Paleozoico metamorfoseado hasta la sedimentación reciente de rodados, afec-

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

tados algunos de ellos por los fenómenos tectónicos cenozoicos. Este es el indicio más evidente de lo reciente de la actividad tectónica, hoy manifestada por la frecuencia de los temblores precordilleranos.

No entraremos en detalles sobre la fisonomía morfogeológica de la sierra, que es ampliamente conocida desde el perfil de Darwin y los estudios sucesivos de Stelzner, Ave Lallemand, Sttappenbeck, Keidel y Harrington, aparte de los trabajos de detalle realizados en diversas partes de la misma por los geólogos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

Consideremos en primer lugar la vasta región comprendida al poniente de la ciudad de Mendoza, pasando por el Zanjón, las pequeñas sierras del Challao y la parte oriental del macizo de Uspallata. Gran parte de la zona está cubierta por capas de rodados de inclinación variable en general, poco y nada dislocados.

Una vez llegados al cerro Alfalfa, entrando hacia el Norte por el punto de la Cantera, encontramos los primeros afloramientos de las calizas silurianas que pasan a areniscas tobáceas probablemente pertenecientes al Paleozoico superior. Subiendo la quebrada atravesamos pliegues de rumbo Este y Oeste fracturados por fallas de poca importancia.

Pero observando cuidadosamente el rumbo del Paleozoico que a la altura de la Quebrada de los Molles afecta la forma de un gran sinclinal, veremos que su dirección Norte y Sur pasa bruscamente a Este y Oeste. En efecto, el rumbo del paleozoico que en San Isidro es N 10° E, es de N 70° E en la Quebrada de los Molles y lo mismo en la colina de Agua del Medio. Otro tanto ocurre con las capas más modernas que yacen en discordancia sobre los paleozoicos; en efecto, en San Isidro, más propiamente en la Quebrada Emposada, tienen rumbo N 20° E, y más al Este, en Challao, el rético alcanza N 80° E.

Al Norte de Casa de Piedra, el paleozoico tiene un rumbo N 10° W y al Sur del mismo punto una dirección Este-Oeste. Es evidente que cruza aquí una gran falla transversal de rumbo general E-W. Esta fractura ha influido incluso en el rumbo anormal de las serranías de Challao, que difiere del rumbo Norte Sur de todas las sierras circunvecinas.

La falla llega seguramente por debajo del material de acarreo de la pampa hasta Borbollón, asiento de las fuentes de aguas termales del mismo nombre y que aparecieron, según viejas crónicas, durante un gran sismo acaecido en el siglo XVII.

Los cerros de Challao muestran una línea de cobijaduras de rumbo Norte Sur especialmente en los contactos de superposición entre rético y calchaqueño que puede tener importancia tectónica.

Otra falla de no poca importancia aparece en la boca de la Quebrada de San Isidro; observamos en yuxtaposición las capas del paleozoico inferior con las areniscas rosadas del Terciario más inferior.

Si se sigue hacia el Sur de San Isidro la senda de mulas que lleva a Puesto de Lima, se llega hasta la quebrada que, desembocando al pie de sierra, lleva a la Sierra del Cuchillo. Una gran fractura transversal corre aquí. El cambio de rumbo de las areniscas rojas margosas con intercalaciones grisáceas es bien marcado. Algo al Norte de la quebrada, el rumbo es N 80° E, y al Sur de la misma, la dirección es N 10° W. Lo mismo sucede con los buzamientos, que en el primer caso son de 20° N y en el segundo 70° E. La fractura es posible seguirla hasta Papagallos.

Tal fractura es de importancia sísmica muy grande; se desprenden de la línea principal un enjambre de fallas menores que en su conjunto se prolongan hasta la ciudad de Mendoza, llegando a las fuentes termales de Villanueva, aparecidas en el terremoto que destruyó a Mendoza en 1861. La falla se prolonga hacia el poniente en dirección a Panquegua y no hacia San Isidro como supone Loos que la lleva hasta Cerro Buzo.

En Papagallos, cerca del Puesto de Arizona, el rético y las areniscas rojas superiores están sumamente dislocadas por fracturas, algunas de ellas de más de 50 m de rechazo.

Prosiguiendo hacia el Sur Oeste se pasa sucesivamente por el Cerro Melocotón y el Cerro Manzanito, este ya en la Sierra de Cacheuta. Desde aquí hasta la ciudad de Mendoza hemos visto cómo casi toda la región está cubierta por terreno de relleno acarreado desde el pie de la cordillera, cubierto por capas de rodados superficiales que van desapareciendo cerca de Mendoza para ser sustituidos por el lóess pampeano.

Con todo, la misma ciudad, según se desprende de los perfiles geológicos existentes en la Dirección de Minas de la Provincia, está ubicada sobre rodados que alcanzan a más de 80 metros de espesor. Las observaciones de Loos explican el origen tectónico de estos rodados y, según las mismas, dichos rodados constituyen la línea de sacudimientos sísmicos más fuertes que correría aproximadamente al lado de la vieja acequia, hoy inutilizada, llamada Zanjón. Es posible que la gran falla transversal de la que hablamos más arriba y la formidable fractura de torsión de Salagasta de la que hablaremos más abajo, se encuentren en este lugar.

Subiendo la quebrada que conduce a Paso de Piedra, en medio de la Sierra de Uspallata, hacia el llamado Alto de los Manantiales, se cruzan una serie de anticlinales y sinclinales de gran diferencia de ejes, de rumbo general Norte Sur. La región de Casa de Piedra aparece como el lugar más interesante de la Sierra de Uspallata desde el punto de vista tectónico, y es con toda probabilidad el asiento prevalente de toda la actividad sísmica que se hace sentir en los pueblos ubicados al Este de la Sierra de Uspallata.

Casa de Piedra con sus inmediaciones se presenta enmarcada por cuatro formidables fracturas, dos longitudinales y dos transversales, que para identificarlas las llamaremos: Falla del Totoral a la septentrional, Falla de la Laja a la meridional, Falla del Cerro Pelado a la occidental, y Falla de Salagasta a la oriental siguiendo a Stappenbeck.

Por su similitud con el ejemplo típico de "Horst", podemos considerar a Casa de Piedra como tal fenómeno morfológico aunque no lo sea en sentido estricto.

LA FALLA DEL CERRO PELADO

Bien en el interior de la Sierra de Uspallata se yergue el impresionante paredón del Cerro Pelado de más de 3.000 m sobre el nivel del mar. Está constituido primordialmente de calizas blanquecinas, en parte dolomíticas de rumbo general Norte Sur y buzamiento 45° Sur Este. El imponente paredón está determinado por una gran falla longitudinal. La parte hundida al Oeste corresponde a los Estratos de Paganzo del Paleozoico superior con restos fosilíferos vegetales; quedan, pues, en contacto estas capas contra las calizas del silúrico, primero fuertemen-

te inclinadas contra éstas y luego más al Sur, plegadas y dislocadas a su vez varias veces a causa de la falla a la que es posible seguir hasta el Alto de los Manantiales, no siendo difícil que llegue hasta la falda Oeste del Cañadón de las Tres Quebradas.

LA FALLA DE LA LAJA

La Quebrada de La Laja se halla costeano la falla septentrional de los Cerros del Challao. En la senda que lleva a Casa de Piedra las cuarcitas paleozoicas existentes hacia el lado Norte del portezuelo de la parte superior de la quebrada tienen un rumbo N 10° W y se inclinan 50° al Este. En el lado Sud se presentan areniscas rojas y grisáceas, que al igual que las cuarcitas de las inmediaciones tienen un rumbo definido Este-Oeste y cruzan 60° al Norte. Aquí corre una gran falla transversal que se prolonga hasta la punta de La Laja, visible hasta las inmediaciones del ferrocarril a San Juan y cubierta luego por el terreno de acarreo en dirección a la pampa.

LA FALLA DEL TOTORAL

Bajando desde el Alto de los Manantiales, al Norte del Cerro Pelado, por la quebrada que lleva a Casa de Piedra encontramos paleozoico plegado sobre el que descansan en discordancia estratos de Paganzo. El rumbo es de N 60° 70° W el cual se mantiene al llegar hasta el Cerro Peña. Subiendo primero por las cuarcitas y las areniscas de Paganzo hasta el mismo filo del cerro se ve la Quebrada del Totoral que nace en el Alto de los Manantiales y que llega hasta el Cerro Cal.

Al pie del Cerro Peña y siguiendo la Quebrada del Totoral, corre una gran falla transversal, debido a la cual toda la parte que queda al Norte de la misma se ha hundido. A esta gran falla es posible seguirla hacia el Este hasta su encuentro con las fracturas que rodean el Cerro Cal y que pertenecen al sistema de fracturas de Salagasta y por el poniente hasta su intersección con la gran falla longitudinal del Cerro Pelado.

LA GRAN FALLA DE SALAGASTA

La serie silúrica termina hacia el Norte en el Cerro de la Cal, ya señalado al hablar de la fractura transversal de la Quebrada del Totoral. Allí nos encontramos con el sistema de fallas de Salagasta ampliamente conocido en la literatura geológica. Ya Vichmann señala en la distribución de los afloramientos de la zona, o sea, Silúrico, Pérmico, Estratos de Paganzo, Rético, Cretáceo superior, Estratos Calchaqueños, Rodados y ripios dislocados y terrenos de acarreo, formando un gran sinclinal irregular, veintitrés fallas. Una de ellas longitudinal y principal; otra también longitudinal, posible de seguir por unos tres kilómetros al Este de Cerro Negro; dos de rumbo Oeste-Noroeste, que cruzan por la extremidad boreal del Cerro Negro; once de dirección Noroeste, pequeñas, que atraviesan el ala occidental del sinclinal de Salagasta, y otras ocho también pequeñas, de rumbo Noroeste que cortan el ala oriental. Vichmann añade que "las márgenes de este sinclinal en sus dos lados están dislocados por fracturas y fallas transversales y de torsión de dife-

rentes direcciones y medidas"; y agrega que "en el bosquejo geológico estas fallas están indicadas esquemáticamente".

Efectivamente, el bloque tectónico que configura el sinclinal de Salagasta está limitado al Oeste y al Este por dos grandes fallas, de rechazo apreciable. Hay otras más, algunas de ellas del tipo inverso y otras de rumbo paralelo a las principales.

Existe además, una fractura importante que cruza la parte nuclear del sinclinal de Noroeste a Sudeste. La conformación curvilínea de alguna de las fallas lleva a inferir que, una vez producida la fracturación, el sinclinal ha seguido deformándose a causa de las presiones subsistentes que han seguido ejerciendo su acción desde el Oeste.

El eje mismo del sinclinal está afectado por una falla difícil de seguir en su observación, porque el desorden estructural hacia el Sur es muy grande y las variaciones de dirección se complican enormemente.

Fossa-Mancini ha señalado el siguiente hecho que consideramos de interés dado el carácter del presente trabajo. Dice el citado autor: "se notará que los valles corren, en muchísimos trechos, de Nordeste a Sudoeste, o sea en la dirección de las fracturas paralelas y además que muchos valles que tienen su cabecera al Oeste de la gran falla occidental, se dirigen al comienzo hacia el Sur y luego tienden a desviarse hacia el Sudoeste. Esto parece corroborar la impresión de que la red hidrográfica actual, en esta región, está constituida por restos de antiguas líneas de drenaje de dirección nordeste-sudoeste que han sido conectadas en tiempos muy recientes por causas locales (actividad de ciertas fallas y acentuación del plegamiento del sinclinal)".

Otro indicio sobre este mismo hecho lo revela la posición del rético dislocado con espejos de fricción, sobre los rodados diluvianos, fuertemente inclinados hacia el Oeste, visible entre Salagasta y los Cerrillos y al Este de la misma localidad de Salagasta.

En general, los planos de fallas cruzan fuertemente el Noroeste; muchas de las superficies de fallas presentan espejos de fricción bien definidos. Además, a lo largo de ellas se han producido desplazamientos horizontales de apreciable extensión, de muchos metros en algunos casos. Esto ocurre con las fallas principales que seguramente llegan a profundidades considerables, pues de lo contrario no podrían presentar todos, desplazamientos horizontales de muchos metros.

La localidad de Salagasta se halla en el extremo Sud de la Sierra de Las Peñas de rumbo Norte Sur y cruzada en su parte media por la Quebrada de Las Peñas. Estructuralmente, a la altura de la quebrada el sinclinal de Salagasta pasa a conformar un pequeño anticlinal.

Al Norte de la quebrada, la gran falla longitudinal occidental afecta la apariencia de un sobreascurrencimiento, donde el rético se ha apoyado sobre los estratos más modernos.

Ascendiendo por la cresta del Cerro del Quemado se observa que las capas que forman la Sierra de Las Palmas tienen rumbo Sur Sureste, pero con cambios en el buzamiento, ya que a un lado de la cresta se inclinan al Oeste y por el otro al Este. Trátase del sinclinal del que acabamos de hablar, cortado al Este por una gran falla.

La gran fractura longitudinal de Salagasta es susceptible de seguirse hacia el Sur desde el Cerro de la Cal hasta Punta de La Laja, pero desde

allí en adelante el rumbo se vuelve problemático. No obstante, si recordamos que en el subsuelo de la ciudad de Mendoza se han encontrado rodados a una profundidad de más de 80 m y que según Loos el Zanjón es una de las líneas de sacudimiento sísmico más fuertes, parecería lo más probable que continúe hasta allí.

LAS FRACTURAS DEL CERRO FIERRO Y LAS HIGUERAS

Pasando al Norte la Quebrada del Totoral, encontramos la extensa mole que forma el Cerro Torre cubierta de rocas efusivas. Debajo de ellas es posible observar afloramientos de los Estratos de Paganzo con sus areniscas rojizas con rodados. Aquí tienen un rumbo N 25° E. Prosiguiendo hacia el Norte, en la Quebrada del Manzano el rumbo es Noroeste para volverse sensiblemente Norte Sur en Canota, pero a medida que nos acercamos a Corral Viejo, mitad de camino entre Canota y Villavicencio, los estratos corren N 40° W. Aquí es donde aflora una gran falla transversal, debido a la cual las capas han quedado con dirección Este Oeste. Se puede seguir esta falla hasta el Cerro de los Cordobeses, más exactamente en la Quebrada del Fierro, donde la misma aparece como determinando un gran precipicio en las areniscas coloradas de Paganzo, que han quedado casi horizontales.

Las inmediaciones del Hotel de Villavicencio están formadas por pizarras paleozoicas en parte esquistosas con rumbo predominante Norte Sur, que hacia la angostura de Villavicencio pasa progresivamente al Noroeste. Pero a medida que avanzamos hacia el Norte, hacia el Cerro de Las Leñas, la dirección tuerce bruscamente el Estenoreste y asimismo, en el camino de Villavicencio a La Majada se nota claramente cómo el rumbo pasa de Noroeste a ser casi Este Oeste. Esto revela la presencia de otra falla transversal, por la cual las capas que en general conforman estructuralmente un anticlinal son desviadas del Noroeste hacia el Este. La falla corre desde el Cerro de Las Leñas, por el portezuelo del Brazo hacia las Higueras.

El fenómeno tectónico se complica al Oeste de la estancia de Las Higueras, donde una serie de fallas menores, en relación directa con la gran falla transversal, han causado una cantidad de dislocaciones en los estratos (Stappenbeck, 1950).

LA ZONA FRACTURADA DE VILLAVICENCIO

Cuatro son las entidades predominantes en el ambiente geológico de la sierra de Villavicencio: el Paleozoico con sus gamas de pizarras y cuarcitas, en general de colores verdosos o azules, presentándose todas estas rocas fuertemente plegadas con rumbo general al Noroeste, que a veces pasa al Noreste; los sedimentos triásicos que se superponen en neta discordancia angular sobre el basamento paleozoico acompañados por rocas volcánicas del mesozoico inferior y finalmente, las rocas volcánicas terciarias y el material de acarreo cuaternario.

El primer grupo, o sea el Paleozoico, a cuya naturaleza de rocas ya nos hemos referido, se presenta según lo ha distinguido Keidel, como afectado por los movimientos hercínicos, lo que ha determinado la formación de tres mantos de corrimiento, como resultado final de la complicada estructura de corrimiento. Son los mantos de Buitre y Jagüelito

que afloran al oeste de Canota y el manto de Cerro Pelado que se extiende al Este de aquélla.

Las rocas del Triásico, de espesor considerable, a diferencia de las del Paleozoico no acusan los efectos de intenso plegamiento, pero sí los resultados finales de las repetidas dislocaciones terciarias y cuaternarias. A los pliegues suaves que a veces es posible observar debemos considerarlos como efecto secundario de las fracturas que han curvado los estratos en sus labios, y no como consecuencia de presiones tangenciales u horizontales. El ejemplo más significativo de esta fracturación lo tenemos en la zona occidental de la sierra de Villavicencio. Los afloramientos mesozoicos se componen de sedimentos y rocas volcánicas considerados como de edad rética. Los encontramos en el Cerro Leña, Paramillos, Cerro Blanco, Cerro Canario, Cerro del Oro, de la Loma Negra y Canota.

Dentro del complejo se diferencian dos entidades de carácter litológico desigual. Uno de ellos aflora en los Clementillos y el otro en los bordes oriental y austral de los Paramillos. Lo interesante desde nuestro punto de vista es que el contacto directo de los dos grupos no se efectúa por sobreposición normal sino que ambos se yuxtaponen como consecuencia final de fracturas modernas de rechazo apreciable. En efecto, los sedimentos de Clementillos se separan de los de Loma Negra por una gran

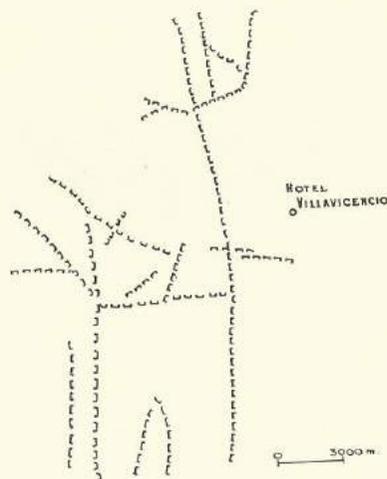


FIG. 1.

fractura de rumbo Esteoeste, mientras que los sedimentos de la falda oriental del Cerro Blanco se yuxtaponen a los más modernos de Paramillos y Cerro Canario por otra fractura de carácter longitudinal de dirección Norte Sud, cuyo rechazo es posible apreciar en unos 100 metros. Esta es la fractura que delimita el borde oriental de los Paramillos de Uspallata.

Observando la región en conjunto es dable notar que aparte de los plegamientos hercínicos intensos del Paleozoico que han motivado hasta la aparición de corrimientos en la sierra de Villavicencio, se han hecho sentir las formidables dislocaciones cenozoicas, causa de la fracturación y ascenso diferencial de los bloques.

La gran mayoría de las fracturas son casi verticales. Los rechazos llegan a centenares de metros. La más importante es la falda oriental del Cerro Blanco con rumbo Norte Sur que tiene cerca de 1000 metros de rechazo. En ésta, como en las otras fallas de la zona, los rechazos horizontales son pequeñísimos.

Las direcciones de fracturación son cuatro: una de rumbo Norte Sur, otra de Este Oeste y dos oblicuas, de las cuales una tiene rumbo Noroeste y la otra Nornoreste.

La gran fractura longitudinal del Cerro Blanco se conecta por un sistema transversal con otra fractura de rumbo Norte Sur que corre desde la quebrada de Las Pircas al pie austral del Cerro Oro, hasta más allá del camino de Villavicencio a Uspallata, poniendo en contacto el paleozoico con dacitas terciarias.

Este sistema de fracturación transversal y oblicua entre dos grandes líneas de rumbo longitudinal determina que la sierra quede subdividida en unos doce bloques irregulares según se advierte en el bosquejo de fracturación de la sierra de Villavicencio, Fig. 1.

LA REGIÓN DE LOS PARAMILLOS DE USPALLATA

De todas las regiones de la precordillera acaso la más interesante por la complicación de su tectónica, sea la de los Paramillos de Uspallata, zona ubicada al Noroeste de las sierras de Villavicencio y Malpais, de la que nos hemos ocupado en el capítulo anterior.

Se trata de una vasta región que se extiende desde el Valle de Uspallata por el Oeste hasta los Hornillos por el Este. Al Norte de los Paramillos queda la Pampa del Frío y al Sud el cerro Negro con la quebrada de su mismo nombre al pie.

Los sedimentos mesozoicos predominan en toda la región que nos ocupa. Ellos se han depositado, presentándose hoy en posición subhorizontal sobre el paleozoico plegado produciendo una neta discordancia angular. Toda la franja Noreste de los Paramillos desde la antigua fundición de labores mineras de Los Hornillos hasta Santa Clara y Cerro Jagüel, compuesta de areniscas moradas, posiblemente Estratos de Paganzo, que pasan a areniscas réticas, está completamente dislocada por numerosas fracturas rellenas por minerales portadores de oro y plata, las que fueron motivo de exploraciones en pequeña y mediana escala, hoy abandonadas. La primera explotación estuvo a cargo de los pobladores autóctonos antes de la conquista.

Podemos distinguir cinco grupos de fracturas, aunque muchas de ellas son de menor importancia, como sucede con el grupo más oriental, el de los Hornillos.

Un segundo grupo se halla en la falda del Cerro de los Cordobeses, formado por fallas de rumbo Noroeste rellenas por material andesítico terciario, portador de mineral de hierro y cobre.

Entre el Cerro San Bartolo y la Sierra Santa Clara está el tercer grupo de fallas de rumbo Este Oeste y de aspecto similar a las fracturas del Cerro de los Cordobeses.

El grupo más extenso se halla directamente al Sud de la Pampa del Frio y está formado por un sistema de fracturas que se cortan en ángulo recto.

El quinto y último grupo es el más interesante. Las fracturas de mayor importancia constan en el gran mapa de la zona que levantara Avé-Lallemannt en escala 1:20.000.

Según este investigador, las fracturas de Santa Rita Alta, en las cercanías del Cerro San Bartolo, con rumbo general N 70° W y las vetas de Alcaparrosa en el Cerro de la Chilena de rumbo N 60° W, forman un ángulo entre cuyos lados se observan otras hendiduras.

Dice Avé-Lallemannt que estas fracturas no han sido producidas por los grandes movimientos tectónicos. Sin embargo, algo más abajo de la fundición abandonada que hay en Agua de la Zona, corren dos grandes fallas paralelas de rumbo Oestenoeste que delimitan un bloque de andesita, determinando un "horst".

Hemos mencionado anteriormente las fracturas que corren desde el Cerro San Bartolo hasta la Sierra de Santa Clara. Constituyen un enjambre de fallas de torsión que llegan por el Oeste hasta el borde occidental de Paramillo.

El Paramillo queda separado del Valle de Uspallata por el Cerro Bayo atravesado por algunas fallas de rumbo Este Oeste, de rechazo pequeño. En cambio, se ha observado una gran fractura, también de dirección Este Oeste, que ha provocado el hundimiento de la extremidad Nor-oriental del Cerro Colorado, al que no ha de confundirse con el homónimo que se encuentra al Oeste del Río Mendoza.

La falda boreal del Cerro Colorado aparece también cortada por dos o tres fallas, correspondiendo siempre la parte hundida a la meridional.

La dislocación prosigue hacia el Norte. Toda la región comprendida entre el Cerro Redondo y el Cerro Jagüel, compuesta de areniscas réticas y cretáceas con andesita está desplazada y cortada en secciones por fallas cortas de rumbo noroeste y el mismo fenómeno se repite entre el Cerro Redondo y el Cerro verde.

LA GRAN FALLA DEL ALOJAMIENTO

Prosiguiendo hacia el Norte, ya cerca del límite interprovincial, observamos la zona comprendida entre las estribaciones orientales de la Cordillera del Tigre, formada por los cerros y planicie del Yalguaraz y la sierra del Tontal.

Comenzamos por la Sierra de la Cortadera, cuya caliza siluriana desaparece hacia el Norte bajo el terreno de aluvión de la Pampa de las Cuevas. Allí es posible advertir la neta línea de discordancia existente entre las areniscas rojas horizontales y las pizarras subyacentes fuertemente inclinadas.

En la prolongación septentrional de la sierra se encuentran cuatro cerros que en conjunto forman un escabroso paredón que mira al Oeste. Esta formidable barranca la ha determinado una gran falla, debido a la cual los estratos de Paganzo se han hundido según el plano que forma

el citado precipicio. A esta gran fractura, de la que nos ocuparemos al estudiar la provincia de San Juan y que posiblemente sea la más importante del sistema de fracturación de la precordillera septentrional, la denominaremos del Alojamiento, tal como la denominó Stappenbeck. Allí, en los cerros del Alojamiento, se desprenden dos fallas de menor importancia que se unen más tarde y desaparecen al Sur del portezuelo del Cajón del Montanés, encerrado en pequeño "horst" en la caliza siluriana.

La fractura es posible observarla nuevamente en la quebrada que dirigiéndose hacia el Sur lleva a la Pampa de Yalguaraz, límite Norte de nuestra recorrida por la provincia de Mendoza. Allí la fractura pone en contacto la caliza siluriana con las areniscas moradas de los Estratos de Paganzo. Se ve cómo la caliza siluriana blanca corre hacia el Norte hasta chocar con el gran cordón de la Sierra de Tontal, cortados por la falla del Alojamiento.

LA ZONA AL SUR DEL RÍO MENDOZA

Esta zona de actividad sísmica, mucho menor que la anterior, comprende la que se extiende al Sur del Río Mendoza hasta el Río Diamante y encierra los cerros que existen en la cordillera y las Huaiquerías, al Este de la población de San Carlos.

Tectónicamente, la falda oriental de la cordillera afecta la apariencia de un pliegue volcado al Este con una cantidad de fallas en parte y cobijaduras por otra. Estos sobreescurrecimientos se suceden solamente en pequeña escala y el único caso registrado de mayor importancia es observable en la Alta Cordillera, donde los conglomerados del Plioceno, conocidos en la literatura geológica como conglomerados de Santa María, han sido sobrepuestos por los sedimentos más antiguos del Cretáceo.

Al Este de Punta de Vacas, más o menos en el curso medio del Río Blanco, se observan dislocaciones de cierta importancia bajo la forma de fallas longitudinales. Los rumbos que en general se mantienen Norte-Sur, al no existir fallas transversales, siguen inalterables. Fracturas longitudinales de poca importancia existen en la parte inferior de la quebrada Carrera y de Santa Clara.

En el río Mendoza encontramos nuevamente la gran falla longitudinal del Cerro Pelado, aquí desplazada algo al Este por una falla lateral y aparece separando las tobas de pórfido del Cerro de la Cabra con el rético del Cerro Bayo. El rético que aparece al Oeste del Cerro de la Cabra y que aflora hasta el Cerro del Medio queda hundido por fallas longitudinales y como por el Sur aflora una de las pocas fallas transversales de la zona, la que corresponde a la quebrada de la Manga, que pasa por la falda Sur del Cerro Bayo, podemos considerar al Cerro de la Cabra como un "horst". Este cerro Bayo que se encuentra directamente al Oeste del gran Hotel Potrerillos, es uno de los epicentros potenciales de mayor peligrosidad precordillerana. Allí el rético está cortado por varias fallas y la gran pared del Cerro Bayo, directamente atrás del hotel, es causada por una falla. Esta fractura muere contra otra que corre por el Valle del Río Blanco, inmediata al hotel y que pasando más allá del Río Mendoza, causa el hundimiento de las capas mesozoicas y terciarias que quedan en contacto directo contra el paleozoico.

El Cerro de Cacheuta, extremidad austral de la precordillera, queda comprendido al Oeste por una gran fractura y al Este por otra que corre desde Agua de Pizarro hasta Cruccecita, yuxtaponiendo los estratos Calchaqueños del terciario contra dioritas. En realidad el Cerro de Cacheuta se presenta como un medio "horst".

Es interesante consignar aquí la opinión de Stappenbeck, quien dice textualmente: "A mí me parece que el seno de la cordillera hoy ocupado por el cono de deyección es una enorme región fracturada, en la que los trozos se han hundido a grandes profundidades. Podemos esperar que las perforaciones en busca de agua que dentro de poco tiempo se harán en la región después del buen éxito de la perforación de Tunuyán, darán mucha luz en este sentido. Explico en esta forma, no solamente las fallas en el ripio al Norte de Tupungato, sino también la desaparición completa de los estratos de Paganzo y calchaqueños y hasta la zona de las porfiritas, que es la última que desaparece (al Oeste de la Carrera); explico así también la zona de dislocación que domina, desde la Carrera hacia el Sur, la zona marginal de la cordillera, especialmente el fuerte desvío del rumbo normal en la región del arroyo Barraquero".

DIVISIÓN DE LA PROVINCIA EN ZONAS SÍSMICAS

Para la mejor comprensión dividiremos la provincia de Mendoza en tres zonas sísmicas. La primera o más septentrional comprende la franja de territorio comprendida entre el límite interprovincial con San Juan y el Río Mendoza por el Sud. La segunda entre el Río Mendoza y el Diamante, y la tercera, la que se extiende al Sud del cauce de este último río.

La zona Norte, debido a que encierra en ella la precordillera, es la más peligrosa sísmicamente. Queda comprendida en ella la zona fracturada de Mendoza, sobre la cual está fundada la capital de la provincia, asiento de las líneas sísmicas de mayor peligrosidad y que corresponden a las cuatro grandes fracturas transversales que señalaremos precedentemente y que conocemos como la falla de La Laja, la falla de Totoral, la que pasa al pie del Cerro de los Cordobeses y la que sigue el arroyo Papagallos.

Esta última ha sido la causante real de los terremotos más fuertes que se recuerdan entre los sufridos por la ciudad de Mendoza: el de 1782, el de 1861 y el de 1903. El segundo de ellos la destruyó por entero. Aparte han sacudido la ciudad y por ende la zona, en centenares de ocasiones.

La falla de La Laja promovió la destrucción de Lavalle; la del Totoral, la de la Costa de Araujo; y la de Los Cordobeses, la del pueblo de Jocolí.

Debemos comprender también una quinta región focal sísmica, como dentro de esta zona, dejando de lado la que se encuentra algo al Sur del Río Mendoza; es aquella que hemos descripto al referirnos a la zona de fracturación observada al Oeste de Potrerillos (ver Fig. 2).

La zona central debemos considerarla como expuesta a repercusiones de sismos engendrados en la zona Norte, con la Sur en la Alta Cordillera. De esta manera sus centros poblados se hallan relativamente alejados de posibles epicentros y no hay en ella fracturas transversales que

desempeñen el papel de fuertes líneas de conducción de las ondas sísmicas. Por otro lado, los temblores son muy poco frecuentes en esta zona, en la que sólo por reflejo se sienten los temblores emanados en la zona Norte o Sur (ver Fig. 3).

Las fracturas transversales de las Huaiquerías del Este no tienen importancia tectónica y han sido producidas dentro de los estratos terciarios calchaqueños, al fracturarse los mismos luego del plegamiento suave a que fueron sometidos por presiones verticales engendradas al subir cuerpos intrusivos porfiríticos.

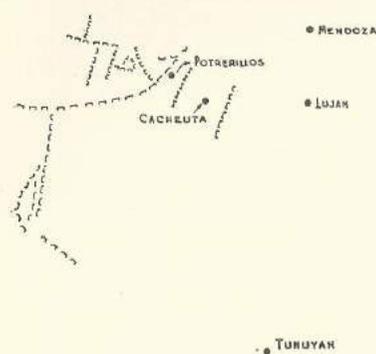


FIG. 2.



FIG. 3.

La zona Sur que se extiende desde el Río Diamante hasta el Río Colorado posee una alta peligrosidad sísmica en su borde septentrional que coincide con la línea sinuosa que determina la margen izquierda del Río Diamante. Para mayor exactitud, la señalaremos como la inmediata a la Sierra Pintada, último resto precordillerano que aflora y que actúa dentro del isotatismo andino de la misma manera que la precordillera propiamente dicha más al Norte.

Es muy probable que exista en esta zona una conexión muy íntima con el vulcanismo chileno y que, en consecuencia, gran parte de los temblores tengan un origen volcánico, a diferencia de los que se producen en la zona Norte, de origen puramente tectónico. El viaje de reconocimiento, que fué muy breve, permitió confirmar la existencia de tres importantes fracturas al pie de la mencionada Sierra Pintada, y que son, con seguridad, las líneas sísmicas que han provocado los temblores que han azotado la zona y determinado la destrucción de Villa Atuel, Goudge y Las Malvinas en 1929.

Se han individualizado tres fracturas, la más importante es la que desde el Cerro Negro con rumbo N 30°W pasa por la población de 25 de Mayo. Otra, que tiene aproximadamente la misma dirección y que se observa en el faldeo Oeste del Cerro Carrizalito y pasa por los baños termales de la Vigorosa y termina al Sud de la colonia de Las Malvinas.

A la última y más occidental, de rumbo Noroeste, se la puede seguir desde Las Salinas y al pie de los cerros Diamante y Arroyo Hondo.

Por lo expuesto anteriormente, debemos considerar esta tercera zona altamente sísmica en su borde septentrional, sobre el que están instaladas las florecientes poblaciones del valle del Río Diamante, expuestas a golpes de violencia muy grandes como lo demuestra no sólo el reconocimiento sismotectónico, sino también la frecuencia e intensidad de los temblores ocurridos.

III. CRITERIO SEGUIDO EN LA DETERMINACION DE SISMICIDAD SEGUN LA CARTA ADJUNTA

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 de la zona en cuestión.

El tipo de edificación predominante, sobre todo en las construcciones antiguas, en aquellas provincias comprendidas en la zona determinada como sísmica en la República Argentina, corresponde a aquel en el que entre 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 Mendoza, como una región dentro de la cual existen lugares catalogados como de alta peligrosidad sísmica. Así lo demuestran, por otra parte, más de 1000 temblores registrados en nuestros archivos en los últimos 100 años, y la destrucción repetida en ese lapso de varias de las más progresistas poblaciones mendocinas, incluso su capital, orgullo de prosperidad y potencia.

Si la edificación hubiera llegado a alcanzar el grado de perfeccionamiento deseable en los tiempos actuales, tendríamos que rebajar considerablemente el grado de peligrosidad sísmica atribuible a la provincia.

La escala de sismicidad utilizada para la provincia de Mendoza es similar a la aplicada a la de Salta¹, y por ende a la implantada en la República de Chile por el Instituto Sismológico de la Universidad de ese país.

ESCALA DE SISMICIDAD

- GRADO I. — Sensible sólo para personas en reposo o en estado perceptivo.
- GRADO II. — Sensible para la generalidad de las personas; ruido de puertas y ventanas.
- 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 construídos; 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.

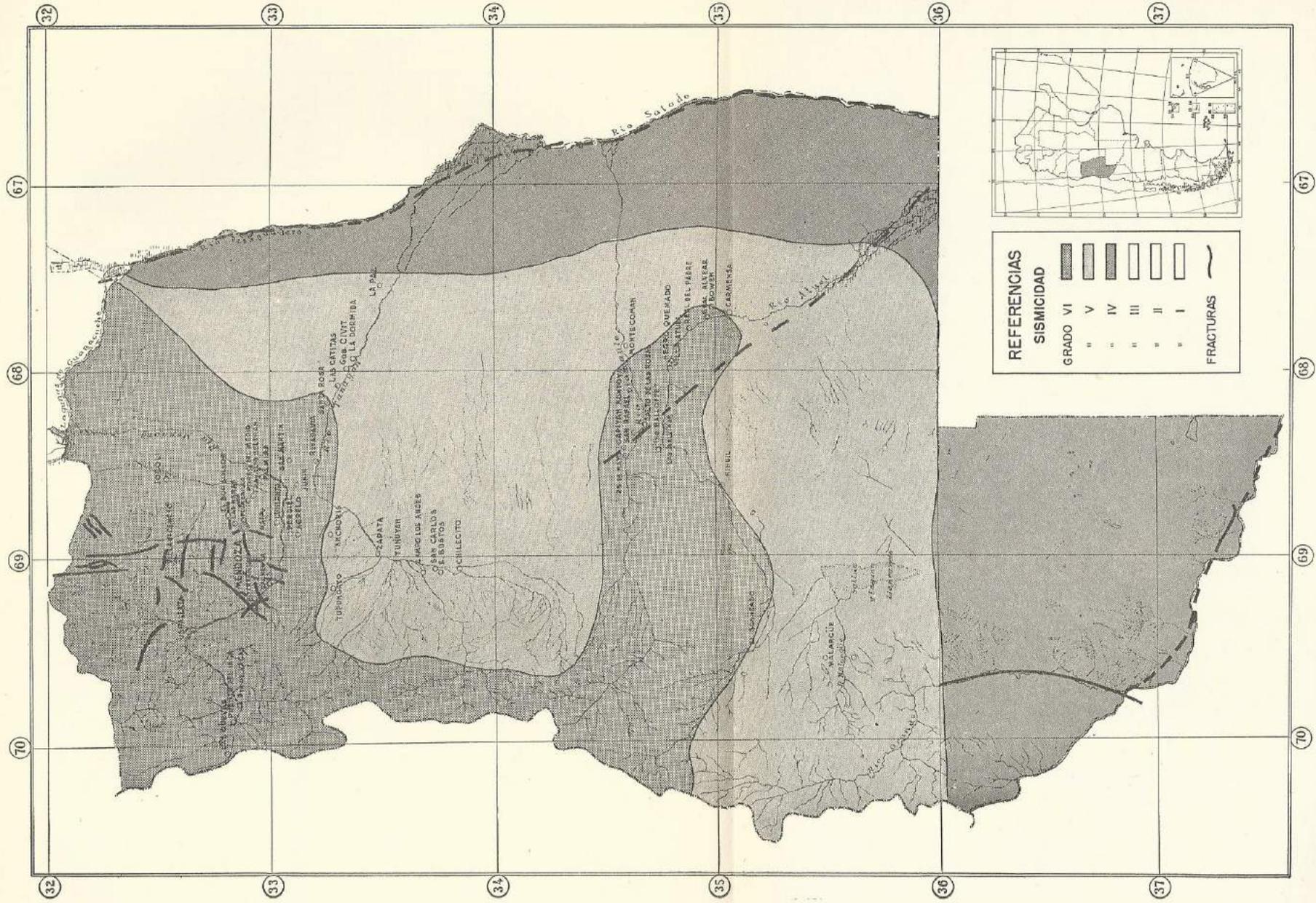
¹ Cfr. Meteoros, Año II, Nos. 1-2.

67

68

69

70



Mapa sismológico de la provincia de Mendoza

CUADRO I

Nombre	Población aproximada	Porcentaje de edificación de adobe	Grado sísmico	Carácter de nuestra clasificación *
Agrelo	500	80	V	D
Anchoris	300	95	V	D
Bowen	2.500	90	IV	D
Cachenta	70	60	VI	D
Campo Los Andes	2.000	30	IV	D
Capitán Montoya	3.500	80	V	D
Carmensa	1.500	75	IV	D
Carrodilla	2.000	90	V	D
Cristo Redentor	Observ. meteorológico		VI	D
Chilecito	2.500	90	V	D
Desaguadero	300	100	IV	D
El Borbollón	1.500	85	VI	D
El Sosneado	Hotel	Material	IV	D
Fray Luis Beltrán	3.500			
General Alvear	8.500	90	V	D
General Ortega	2.000	90	VI	D
General San Martín	7.500	60	V	D
G. Benegas	3.000	90	VI	D
G. Civit	1.500	90	IV	D
Godoy Cruz	25.000	80	VI	D
Ing. Ballofet	1.000	90	V	D
Ing. Gagnoni	4.000	80	V	D
Yocolí	1.500	90	VI	D
La Dormida	2.500	90	IV	D
La Paz	6.000	75	IV	P
Las Catitas	2.500	90	IV	D
Las Cuevas	100		VI	D
Las Heras	5.000	80	VI	D
Lavalle	2.000	90	VI	D
Los Arboles	1.500	90	V	D
Los Molles	Hotel	Material	IV	P
Luján de Cuyo	15.000	80	V	D
Lufunta	2.000	90	V	D
Maipú	20.000	80	VI	D
Malargüe	3.400	90	V	D
Mendoza	160.000	60	VI	D
Negro Quemado	500	85	VI	D
Palmira	9.000	80	V	D
Panquehua	2.600	90	VI	D
Pedriel	2.000	80	V	D
Plumerillo	3.000	40	VI	D
Potrerillos	Hotel	Material	V	D
Puente del Inca	200	90	VI	D
Punta de Vacas	200	90	VI	D
Real del Padre	300	90	V	D
Rivadavia	8.000	70	IV	D
Rodeo de la Cruz	3.000	85	V	D
Rodeo del Medio	2.000	80	V	D
Salto de las Rosas	4.000	90	VI	D
Nihuil	Dique		IV	D
San Carlos	10.800	90	V	D
San Rafael	40.000	65	V	D
Santa Rosa	3.000	90	V	D
Tunuyán	10.000	80	V	D
Tupungato	3.000	90	VI	D
Uspallata	2.000	80	VI	D
Villa Atuel	4.000	80	VI	D
Villavicencio	Hotel		VI	D
Zapata	2.000	90	VI	D

* P = provisorio; D = definitivo.

UBICACIÓN DE EPICENTROS

No compartimos plenamente la opinión de algunos autores sobre la traslación de los focos sísmicos y su instalación en distintas fracturas como resultado final de procesos de compensación isostática. De esa manera se cree que en algunos casos, al producirse la aparición de nuevas líneas de conducción sísmica, quedan suprimidas otras. Creemos sí, en la creación de epicentros como resultado de los procesos de compensación, pero no en el nacimiento de nuevos focos sísmicos y muerte de otros. Ni siquiera podemos asegurar la tranquilidad sísmica en el caso de líneas de fracturación consideradas como definitivamente soldadas (caso de la fractura del Paraná que provocó el temblor con epicentro en la localidad de Esquina del año 1947).

Por ello, se debe tener en cuenta que todas estas líneas de fracturación transversal están en condiciones de facilitar la conducción de vibraciones oscilatorias, consecuencia final de los fenómenos de compensación isostática, que tienen lugar en la fosa abisal de Atacama, como más próxima al lugar de nuestros estudios.

Los hipocentros originados a lo largo de las grandes fracturas longitudinales, sobre las que se han sobreescurrido los mantos de la cordillera joven sobre las estructuras de la antigua precordillera, deben necesariamente propagarse por las fallas transversales, precordilleranas, tan cercanas algunas de ellas por ejemplo, a la misma ciudad de Mendoza en un caso, y a San Rafael, el segundo centro mendocino, en el otro.

Por todo lo expuesto, sostenemos el viejo aforismo, aquel que dice: "donde ha temblado volverá a temblar", y determinaremos los probables epicentros mendocinos de la siguiente manera:

a) Cualquier lugar de la zona fracturada inmediata a la ciudad de Mendoza, a lo largo de las fracturas del Totoral, de La Laja y Cerro de Los Cordobeses y Papagallos.

b) En la intersección de la gran fractura del Cerro Pelado con las fracturas transversales de las inmediaciones de Potrerillos.

c) En las cercanías del Totoral sobre la fractura del Alojamiento.

d) Sobre el faldeo oriental de la Sierra Pintada, a lo largo del valle medio del Río Diamante.

BIBLIOGRAFÍA

- BODENBENDER, 1902.—«Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan, de Mendoza y de las Sierras Centrales de la República Argentina». Coni, Buenos Aires.
- BEHRENDSEN, O.—«Contribución a la Geología de la Pendiente Oriental de la Cordillera Argentina». Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, tomo VII.
- CARLES, E. DE. 1911.—«Ensayo geológico descriptivo de las Guayquerías del Sur de Mendoza». Museo Nacional de Buenos Aires. Anales, tomo XXII.
- DESSANTI, R. 1945.—«Informe geológico preliminar sobre la Sierra Pintada. Depto. San Rafael».
- GERTH, E. 1913.—«Composición y estructura geológica de la Cordillera Mendocina entre el Río Grande y el Río Diamante». Dirección Meteorológica. Boletín 2 y 3.

- GROEBER, P. 1923.—«Origen del petróleo de Barrancas. Deducciones que sugiere su estudio». Ministerio de Agricultura. Boletín 6. Tomo F.
- GROEBER, P.—«Líneas fundamentales de la Geología del Neuquén, Sur de Mendoza y regiones adyacentes». Dirección de Minas, Geología e Hidrología. Publicación n° 58.
- GROEBER, P. 1933.—«Confluencia de los ríos Grande y Barrancas (Mendoza y Neuquén)». Dirección de Minas y Geología.
- GROEBER, P. 1939.—«Mapa geológico de Mendoza». Physis. Tomo XIV.
- HARRINGTON, 1941.—«Investigaciones geológicas en las Sierras de Villavicencio y Mal País». Dirección de Minas y Geología. Mendoza. Boletín n° 49.
- HAUTHAL, R. 1896.—«Sobre algunas observaciones geológicas en la Pcia. de Mendoza». Museo de La Plata. Revista, tomo 7.
- HOLMBERG, E. 1948.—«Geología del Cerro Bola. Contribución al conocimiento de la tectónica de la Sierra Pintada». Dirección General de Industria Minera.
- KEIDEL, J. 1921.—«Observaciones geológicas en la Precordillera de San Juan y Mendoza. La estratigrafía y la tectónica de los sedimentos paleozoicos en la parte norte, entre el río Jáchal y el río San Juan». Anales de la Sección Geología, Mineralogía y Minería. Tomo XV, N° 2.
- KEIDEL, J. 1949.—«Estudios sobre estructuras hercínicas en la margen oeste de la cuenca de Uspallata y la Sierra de Cepeda, frontón de la de Tontal (Mendoza y San Juan)». Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Tomo XXXVIII.
- KITTL, E. 1944.—«Estudios geológicos y petrográficos sobre los volcanes de la región cordillerana del Sur de Mendoza y del grupo del Descabezado». Museo Argentino de Ciencias Naturales «B. Rivadavia».
- LANGE y HAUTHAL.—«Examen topográfico y geológico de los departamentos de San Carlos, San Rafael y Villa Beltrán (Pcia. de Mendoza). Museo de La Plata.
- REICHER, F. 1927.—«La constitución geológica del Cerro Tupungato». Academia Nacional de Ciencias. Boletín, tomo XXX. Córdoba.
- ROSSI, 1947.—«El «stock» compuesto de Cacheuta (Mendoza)». Revista Sociedad Geológica Argentina. Tomo II, n° 1.
- SCHILLER, W. 1910.—«La Alta Cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la Pcia. de San Juan». Anales del Ministerio de Agricultura, sección Geología. Tomo VII, n° 5.
- STAPPENBECK, R. 1910.—«La Precordillera de San Juan y Mendoza». Ministerio de Agricultura. Anales, tomo IV, N° 3.
- STAPPENBECK, R. 1913.—«Apuntes hidrogeológicos sobre el sud-este de la Pcia. de Mendoza». Dirección Gral. de Minas, Geología e Hidrología. Boletín n° 6. Serie B.
- STAPPENBECK, R. 1917.—«Geología de la Falda Oriental de la Cordillera del Plata (Mendoza)». Ministerio de Agricultura. Anales, tomo XII, N° 1.
- STAPPENBECK, R. 1950.—«La Precordillera entre los ríos Mendoza y Jáchal, en la Argentina». Traducción.
- STELZNER, A. 1923.—«Contribuciones a la geología de la República Argentina en la parte limitrofe de los Andes Chilenos entre los 32° y 33° S». Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Actas. Tomo VIII.
- STEVEY, 1921.—«Estratos jurásicos argentinos. Contribución al conocimiento de la Geología y Paleontología de los Andes Argentinos, entre el Río Grande y el Río Atuel». Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Tomo VII.
- WICHMANN, R. 1928.—«Datos geológicos sobre la región de Salagasta (Mendoza)». Dirección General de Minas. Publicación n° 37.
- ZUBBER, R. 1887.—«Estudio geológico del Cerro de Cacheuta y sus alrededores». Academia Nacional de Ciencias. Boletín, tomo X.

551.545.1 (825.1)

REGULACIÓN DEL TIEMPO POR LA DOBLE ONDA DIARIA DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA, EN MENDOZA

Por WALTER GEORGII *

Resumen. — Con datos principalmente correspondientes al año 1951 de la zona de Mendoza, se muestra la influencia decisiva de la doble onda diaria de la presión atmosférica sobre los cambios de tiempo. Adquiere así ésta gran valor como elemento del pronóstico para la zona mencionada y se advierte la posibilidad de aplicaciones similares en otros lugares.

Summary. — Observations from the district of Mendoza, taken mainly in 1951, are used to show the decisive influence of the semi-diurnal pressure oscillation on weather changes. This wave thus furnishes valuable hints for local weather forecasts; it is pointed out that similar applications might be possible elsewhere.

I. MARCHA DIARIA DE LA PRESION ATMOSFERICA Y DE LA TEMPERATURA

En Mendoza, ciudad situada a los $32^{\circ}52' S$ y $68^{\circ}50' O$, la doble onda diaria de la presión atmosférica se percibe bien y no es impedida por perturbaciones aperiódicas. Conforme al promedio 1928-37, las horas de cambio son las que indica el Cuadro I.

Como en los registros dados en las siguientes exposiciones se aplicó la hora oficial, será ésta la empleada en las indicaciones del tiempo. En el período comprendido entre el 1/X - 31/XII/51, al que corresponde la parte esencial de este trabajo, las horas de cambio en la presión fueron: 3-5 hs, 9-10 hs, 17-18 hs, 23-24 hs, hora oficial. Por consiguiente, no han ejercido mayor efecto durante el mismo las perturbaciones aperiódicas.

En el estudio de los diagramas de temperatura de Mendoza llama la atención el hecho de que entre las 4-6 hs, es decir, mucho antes de la salida del sol, se opera con gran regularidad un notable aumento de temperatura (Fig. 1). Los ejemplos que sirven para ilustrar este fenómeno corresponden a las cuatro estaciones y a días con tiempo normal. Sobresale claramente la coincidencia de este incremento de temperatura con el mínimo diario de presión. El 26/V/51 el aumento térmico se elevaba a las 4 hs a $6^{\circ}C$.

Es sabido que la doble onda diaria de la presión atmosférica se destaca también en el doble período de las componentes del viento. Los mínimos de la mañana y de la tarde refuerzan las componentes occidentales, los máximos de la mañana y del anochecer, en cambio, las componentes orientales. En latitudes más inferiores este efecto es especialmente pronunciado. En Mendoza las correspondientes brisas refrescantes, con velocidades de hasta 6 m/s, son bien pronunciadas durante las horas de cambio de la presión correspondientes al anochecer y a la noche. En

* Doctor en Filosofía, Universidad de Jena. Director del Departamento de Investigaciones Científicas, Universidad Nacional de Cuyo.

la madrugada el ascenso de temperatura a la hora del mínimo de la presión atmosférica obedece a que la brisa proveniente del W, desplaza a la delgada y fría capa límite del suelo, pudiendo llegar a éste el aire caliente que se encuentra sobre él.

CUADRO I

	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Junio (invierno)	5-6 hs. 6.30-7.30 hs.	10 hs. 11.30 hs.	15 hs. 16.30 hs.	25 hs. (hora local) 0.50 hs. (hora oficial)
Diciembre (verano)	5-4 hs. 4.30-5.50 hs.	8-9 hs. 9.30-10.30hs.	18 hs. 19.30 hs.	24 hs. (hora oficial) 1.50 hs. (hora oficial)

II. EL ZONDA (FOEHN) DE MENDOZA Y LA OSCILACION DIARIA DE LA PRESION

Los ejemplos de los diagramas de temperatura (Fig. 1) del 23.V, 13.VI y 18.VII.51 pertenecen a días con vientos Zonda. Durante la noche del 23.V.51 éste se encuentra en pleno desarrollo. Su terminación se produce a las 5 hs, coincidiendo con el mínimo de la presión de la madrugada, que proporciona el impulso para que se lleve a cabo la irrupción del aire frío.

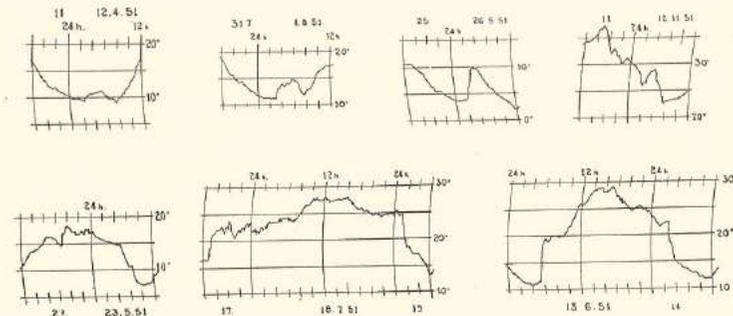


FIG. 1.

El día 17.VII.51 el Zonda comienza a soplar a las 17 hs, o sea, con la presión mínima de la tarde. Concluye a las 2 hs del 19.VII.51 debido a la invasión de aire frío. Su fin es regulado, en consecuencia, también por el mínimo de presión de la mañana. En el caso del 13-14.VI.51 se observa el mismo fenómeno.

El ejemplo del 20-22.XI.51, que reproduce los registros de la temperatura, humedad y presión atmosférica (Fig. 2), señala de manera muy clara una combinación de los procesos arriba mencionados. En la noche del 20-21.XI.51 se operan dos ascensos de temperatura, uno a las 22 hs y el otro a las 2,30 hs. Corresponden al máximo y mínimo de presión que tienen lugar a las 22 hs y a las 4 hs, respectivamente. Debido a la

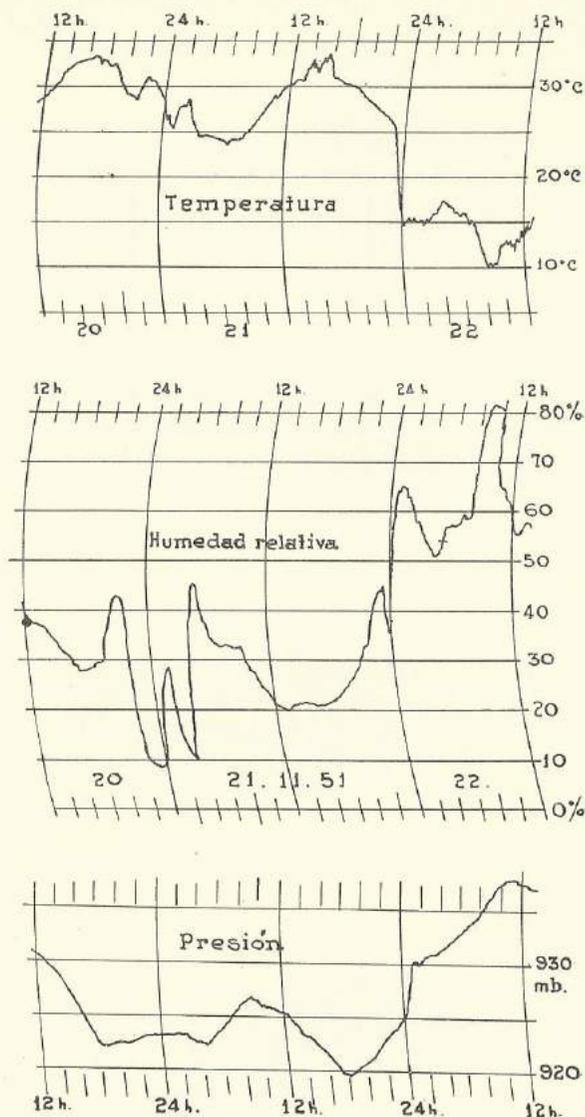


FIG. 2.

sincronización inexacta de los relojes surgieron pequeñas diferencias de tiempo. Ambos ascensos de temperatura corresponden a las brisas frescas de las componentes orientales y occidentales a la hora de los cambios de la presión, esto es, a las 22 hs y a las 4 hs. El registro de la humedad revela patentemente que dichos aumentos son provocados por el desplazamiento de la capa límite del suelo que es más fría.

En la noche del 21-22. XI. 51 se produce una irrupción de aire frío proveniente del ESE que coincide, en virtud de lo expuesto, con el máximo de presión nocturno. El mínimo de las 4 hs causa de nuevo un pequeño calentamiento de 2,5°C por desplazamiento de la capa límite del suelo, mientras que el máximo de presión matutino acarrea desde el ESE a las 10 hs del 22. XI una nueva onda de aire frío.

Estos ejemplos muestran muy bien que la doble onda diaria de la presión atmosférica regula, aun en una región climática con perturbaciones aperiódicas atenuadas, como lo es la provincia de Mendoza, el transcurso del tiempo de amplias extensiones (comienzo del Zonda e irrupciones de aire frío). Los ejemplos citados no son casos aislados, sino la selección de un número muy grande de procesos similares.

III. TORMENTAS DE LA CORRIENTE ONDULATORIA ESTACIONARIA SOBRE MONTAÑAS Y SU REGULACION POR LA DOBLE ONDA DIARIA DE LA PRESION ATMOSFERICA

En un trabajo titulado "Contribución a la aerología de la República Argentina"¹, el autor ofrece una exposición muy detallada del Zonda cordillerano y su corriente ondulatoria estacionaria en base a mediciones llevadas a cabo con avión. El mes de diciembre de 1951 trajo para la zona de Mendoza, pobre en lluvias, una cantidad anormalmente grande de precipitaciones acompañadas de tormentas casi diarias, que en numerosos casos tuvieron efectos desastrosos.

La Fig. 3 ilustra la distribución característica de la presión atmosférica de esta formación estacionaria del tiempo que imperó durante semanas.

Para la estación reinante, el anticiclón subtropical pacífico estaba demasiado al N, de manera que el aire tropical marítimo pacífico (T_{mp}) atraviesa la cordillera desde el W a la latitud de Mendoza y a una altura superior a los 4,0 Km (estado de Zonda de altura).

El anticiclón atlántico, a su vez, se encuentra anormalmente al S con centro sobre los 40° S. Desde el E penetra en el continente aire polar marítimo atlántico (P_{mat}) (situación de sudestada).

El ciclón brasileño de verano se extiende también profundamente hacia el S y acarrea en el W aire tropical continental en las capas inferiores hasta los 4,0 Km de altura.

Tres masas de aire de propiedades diferentes se encuentran, pues, en la provincia de Mendoza, representando el estado del tiempo, por una parte, la combinación del Zonda con la corriente ondulatoria de la cordillera por encima de los 4,0 Km, y por la otra, la sudestada atlántica que domina desde el suelo hasta casi 3,5 Km de altitud.

¹Publicado en "Anales del Departamento de Investigaciones Científicas", Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 1951.

La continua observación de este estado anormal con sus sorprendentes fenómenos atmosféricos y la experiencia aerológica del autor obtenida en numerosos sondeos efectuados en aviones hasta gran altura con viento Zonda, permiten deducir, en un corte vertical, el siguiente análisis de las tormentas anormales de diciembre que tuvieron lugar en Mendoza (Fig. 4).

Cinemáticamente sobresalen en el corte estos rasgos característicos:

En la corriente occidental (aire Tmp) se forma sobre y a sotavento de la cordillera, una corriente ondulatoria estacionaria. Según las mediciones trigonométricas de las nubes, la longitud de la onda es de aproximadamente de 30 Km. La posición de las ondas con respecto a la cordillera y su longitud, varían con la velocidad del viento en la altura.

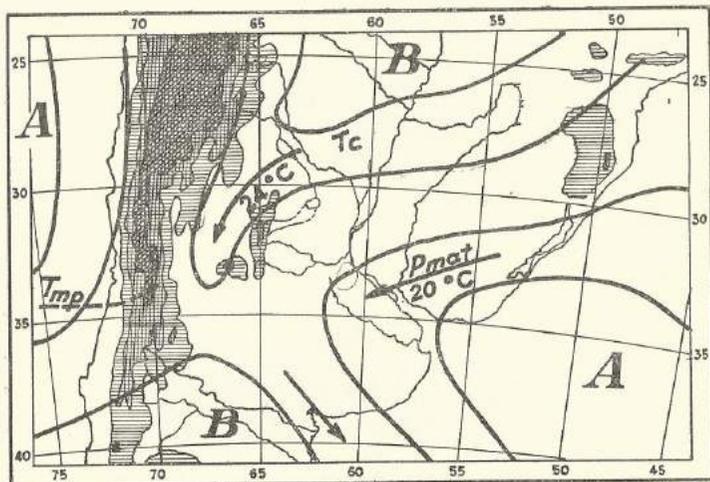


FIG. 3.

Debajo de los lomos de las ondas se encuentran, conforme a la teoría y a la observación, rotore estacionarios, cuyo desarrollo es favorecido, además, por la corriente oriental reinante entre el suelo y los 3,5 Km (aire Pmat de la sudestada). El nivel de condensación del aire húmedo Pmat de los rotore se halla a 2,8 Km de altura.

Termodinámicamente se observa para el corte vertical de la Fig. 4, el siguiente desarrollo:

Al principio reina en la corriente ondulatoria estacionaria superior, la fase estable con lenticulares de Zonda. Sobre los rotore yacen también lenticulares.

Con calentamiento progresivo la masa de aire de los rotore se vuelve inestable. La masa aérea de la corriente ondulatoria, por su parte, es también húmeda y lábil en el lomo de la onda (lenticulares con Ac-cast).

Los Cu de los rotore crecen rápidamente hacia arriba en el lomo de la onda constituyendo Cunb, los que dependen, en cuanto a su ordenación

espacial, de la corriente ondulatoria superior, siendo por ello a su vez estacionaria.

Un fenómeno muy notable de las tormentas que aparecen en la corriente ondulatoria y que se desarrollan de esta manera, es su aparición a determinadas horas del día.

Las horas preferidas son ocasionalmente las 10 hs de la mañana y con gran regularidad las 18 hs, 23-24 hs y 2-6 hs (hora oficial). En algunos días las tormentas se repiten, entre las 18-6 hs, tres veces en los tiempos indicados.

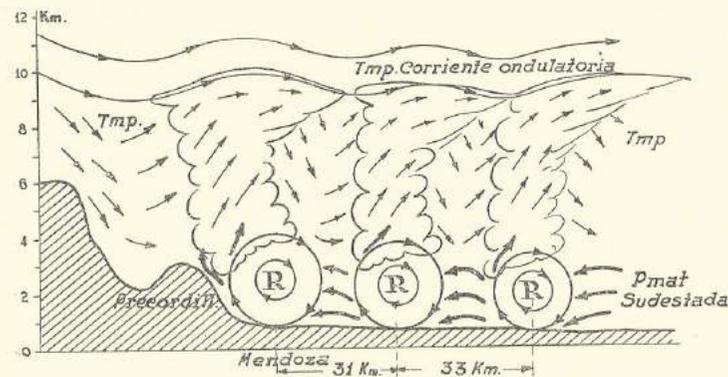


FIG. 4.

Por carecerse del registro de las precipitaciones damos en la Fig. 5, como ejemplo de este horario en las tormentas, el de la humedad relativa en algunos días típicos; éste revela muy bien el comienzo de las tormentas, aun de aquellas que no producen lluvias directamente en el lugar de observación. El estado del tiempo correspondió en estos casos, como en general durante diciembre de 1951, a la Fig. 3.

En la noche del 18-19. XII. 51 se desencadenaron dos tormentas, una de 23-1 hs y la otra de 2-4 hs. Coincidieron con el máximo de presión de las 24 hs y con el mínimo de las primeras horas de la mañana.

La serie de tormentas del 27-29. XII. 51 es muy instructiva. La primera tiene lugar el 27. XII a las 17 hs, esto es, a la hora del mínimo vespertino térmicamente reforzado. La siguiente se produce el 28. XII, entre las 2-4 hs de la madrugada, coincidiendo nuevamente con el mínimo de presión de estas horas. Entre las 10 y 12 hs de la mañana del 28. XII se desencadena una nueva tormenta, esta vez regulada por el máximo de presión matutino; más adelante, o sea entre las 20-24 hs, se observa nueva actividad tormentosa en coincidencia con el máximo de presión del anochecer del mismo día; finalmente, en esa noche, se produce otra, es decir el 29. XII, entre las 4-6 hs de la mañana, dependiendo ahora del mínimo de la presión atmosférica de dicha hora.

Esta notable regulación de las tormentas por la doble onda de la presión atmosférica se explica porque:

a) las oscilaciones aperiódicas de la presión atmosférica pasan por de pronto a segundo lugar con respecto a las periódicas;

b) la corriente ondulatoria de la altura, y por ello también las tormentas que se forman en ella, son estacionarias;

c) están superpuestas dos masas de aire cuyas direcciones de viento son contrarias: la corriente ondulatoria de la altura con dirección W y la corriente de la sudestada proveniente del E en las capas inferiores.

Como la intensidad de la corriente ondulatoria estacionaria es influenciada por el mínimo de la onda de presión, y la de la corriente oriental y de los rotos por el máximo de presión, es factible que debido a ello sea favorecida simultáneamente la actividad tormentosa de las horas del mínimo entre las 17-18 hs y 2-4 hs (regulación occidental), y la de las horas del máximo entre las 10-12 hs y 23-24 hs (regulación oriental).

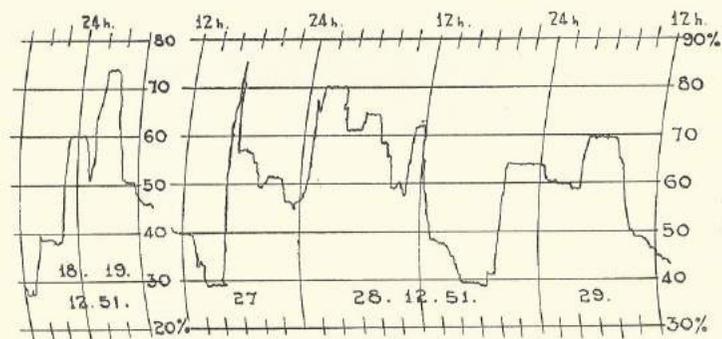


Fig. 5.

Vale la pena mencionar, por otra parte, que gracias a la vinculación existente entre las tormentas y la corriente ondulatoria estacionaria se puede pronosticar también con bastante seguridad la posición de los centros de tormenta. Si el lomo de la onda, y con ello el centro de la tormenta, se hallan sobre la precordillera, la ciudad de Mendoza, por su situación debajo del valle de la onda, permanece libre de tormenta. Un segundo centro tormentoso se encuentra en estas circunstancias, considerando una onda de 30 Km de longitud, aproximadamente a 20 Km al E de Mendoza. La Fig. 4 representa el caso en que esta ciudad se halla debajo del lomo de la onda y la precordillera libre de tormentas.

Estas tormentas, que aparecen en la corriente ondulatoria, son acompañadas casi sin excepción por intensa caída de granizo, el fenómeno más temido para las grandes plantaciones mendocinas de viña. El 15. XII. 51 cayó en la capital cuyana granizo de 3-4 cm de diámetro. Durante las tormentas de diciembre fueron perjudicadas especialmente las zonas de Palmira y San Martín. Hallanse en línea recta a 25-35 Km de distancia de la ciudad de Mendoza, correspondiente, por consiguiente, exactamente a la longitud normal de la onda cuando el primer lomo de la misma se halla sobre la precordillera. Estas caídas regulares de granizo, que se

producen conjuntamente con las tormentas, podrían atribuirse también al hecho de que se trata de centros tormentosos estacionarios con corrientes estacionarias ascendentes de gran velocidad vertical que llegan hasta grandes alturas, propiedades éstas que, a su vez, se explican por la corriente ondulatoria estacionaria.

IV. CONCLUSIONES

Para Mendoza se ha comprobado que: a) el curso nocturno de la temperatura es influenciado por la doble onda diaria de la presión; b) debido a la oscilación periódica de la presión atmosférica tiene lugar una regulación temporal y local, aun de procesos meteorológicos desarrollados en amplias extensiones, como ser el comienzo del Zonda y la irrupción de aire frío; c) con determinados estados del tiempo, la corriente ondulatoria estacionaria desencadena sobre las montañas tormentas estacionarias que son reguladas en cuanto a su aparición temporal, por la doble onda de la presión.

Finalmente, cabe esta reflexión: como dicha regulación periódica se manifiesta en forma tan patente en la marcha diaria del tiempo en Mendoza, quizás se la pueda verificar también en otras partes del país.

551.524.33: 551.501.45

CÁLCULO DEL PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA EN BASE A LAS TRIDIURNAS *

POR GEORGES DEDEBANT ** y EMILIO A. M. MACHADO ***

Resumen.— Se encara el problema de la determinación de la temperatura media mensual en base a los promedios de las tres horas sinópticas, mediante la teoría de funciones aleatorias (estacionarias). La determinación de dicha temperatura media es un problema meteorológico de gran importancia, no resuelto hasta la fecha en nuestro país. Se siguen fundamentalmente los trabajos teóricos de Dedeant y Wehrle citados en la bibliografía de trabajos sobre el tema existentes en la Biblioteca Nacional de Meteorología.

Résumé.— On envisage le problème de la détermination de la température moyenne mensuelle a partir de cells des trois heures synoptiques, au moyen de la théorie des fonctions aléatoires (stationnaires). Le détermination de cette température moyenne est un problème important, non encore résolu dans notre pays. On a suivi formellement les travaux théoriques de Dedeant et Wehrle cités dans la bibliographie des travaux sur cette thème existant dans la Bibliothèque Nationale de Météorologie.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se trata de hallar la ecuación de regresión

$$\mathcal{G} = a X_1 + b X_2 + c X_3$$

donde \mathcal{G} es el desvío entre el promedio calculado y el registrado, y X_1, X_2, X_3 los desvíos entre las observaciones a las horas 1, 2 y 3 y el promedio registrado.

Las constantes a, b y c son las soluciones del sistema:

$$\overline{\mathcal{G} X_1} = a \sigma^2 + b \overline{X_1 X_2} + c \overline{X_1 X_3}$$

$$\overline{\mathcal{G} X_2} = a \overline{X_1 X_2} + b \sigma^2 + c \overline{X_2 X_3}$$

$$\overline{\mathcal{G} X_3} = a \overline{X_1 X_3} + b \overline{X_2 X_3} + c \sigma^2$$

donde $\sigma^2 = \overline{X_1^2} = \overline{X_2^2} = \overline{X_3^2}$ = cuadrado del desvío standard y los momentos rectángulos que intervienen son, en nuestro caso:

$$\overline{X_1 X_2} = \sigma^2 r(6)$$

$$\overline{X_2 X_3} = \sigma^2 r(6)$$

$$\overline{X_1 X_3} = \sigma^2 r(12)$$

* Trabajo realizado en el año 1950 en la Sección Cálculos Estadísticos de la Dirección de Investigaciones Meteorológicas e Instrucción (Departamento de Enseñanza y Servicios Complementarios de Investigación) del Servicio Meteorológico Nacional.

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

*** Doctor en Matemáticas. De la Dirección Nacional de Investigaciones Técnicas del Ministerio de Asuntos Técnicos.

donde $r(6)$ indica el valor de la covariancia para 6 horas (diferencia entre 8 y 14 o entre 14 y 20 hs.); análogamente $r(12)$ es el valor de la covariancia para 12 hs.

Calculemos $\overline{\mathcal{G} X_t}$ para t cualquiera. Tenemos:

$$\mathcal{G} = \frac{1}{T} \int_0^T X_s ds$$

En nuestro caso $T = 24$ hs.

$$\therefore \overline{\mathcal{G} X_t} = \frac{1}{T} \int_0^T \overline{X_t X_s} ds = \frac{2 \sigma^2}{T} \int_0^T r(t-s) ds$$

de aquí poniendo $h = t - s$

$$\overline{\mathcal{G} X_t} = -\frac{\sigma^2}{T} \int_t^{t-T} r(h) dh = \frac{\sigma^2}{T} \int_{t-T}^t r(h) dh$$

Para $t = 8$ tenemos:

$$\int_{-16}^8 r(h) dh = \int_{-16}^0 + \int_0^8 = \int_0^{16} + \int_0^8$$

Análogamente, para $t = 14$:

$$\int_{-10}^{14} r(h) dh = \int_{-10}^0 + \int_0^{14} = \int_0^{10} + \int_0^{14}$$

Análogamente, para $t = 20$

$$\int_{-4}^{20} r(h) dh = \int_{-4}^{10} + \int_0^{20} = \int_0^{14} + \int_0^{20}$$

De otra parte tenemos:

$$\overline{\mathcal{G}^2} = 2 \frac{\sigma^2}{T^2} \int_0^T (T-h) r(h) dh$$

$$\therefore r(\overline{\mathcal{G} X_t}) = \frac{\int_{t-T}^t r(h) dh}{\left[2 \int_0^T (T-h) r(h) dh \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Nuestro sistema se reduce entonces en la siguiente forma:

$$\frac{\overline{\mathcal{G} X_8}}{\sigma^2} = a + b \frac{\overline{X_8 X_{14}}}{\sigma^2} + c \frac{\overline{X_8 X_{20}}}{\sigma^2}$$

$$\frac{\overline{\mathcal{G} X_{14}}}{\sigma^2} = a \frac{\overline{X_8 X_{14}}}{\sigma^2} + b + c \frac{\overline{X_8 X_{20}}}{\sigma^2}$$

$$\frac{\overline{\mathcal{G} X_{20}}}{\sigma^2} = a \frac{\overline{X_8 X_{20}}}{\sigma^2} + b \frac{\overline{X_{14} X_{20}}}{\sigma^2} + c$$

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{\overline{\mathcal{G}X_8}}{\sigma^2} = \frac{\int_0^8 r(h) dh + \int_0^{16} r(h) dh}{24}$$

$$\frac{\overline{\mathcal{G}X_{14}}}{\sigma^2} = \frac{\int_0^{10} r(h) dh + \int_0^{14} r(h) dh}{24}$$

$$\frac{\overline{\mathcal{G}X_{20}}}{\sigma^2} = \frac{\int_0^4 r(h) dh + \int_0^{20} r(h) dh}{24}$$

$$\frac{\overline{X_8 X_{14}}}{\sigma^2} = r(6) \quad \frac{\overline{X_{14} X_{20}}}{\sigma^2} = r(6) \quad \frac{\overline{X_8 X_{20}}}{\sigma^2} = r(12)$$

Tenemos:

$$a + br(6) + cr(12) = \frac{\int_0^8 r(h) dh + \int_0^{10} r(h) dh}{24}$$

$$ar(6) + b + cr(6) = \frac{\int_0^{10} r(h) dh + \int_0^{14} r(h) dh}{24}$$

$$ar(12) + br(6) + c = \frac{\int_0^4 r(h) dh + \int_0^{20} r(h) dh}{24}$$

Donde $r(6)$ y $r(12)$ se determinan teniendo en cuenta la hipótesis de normalidad (*) por la fórmula:

$$r(h) = 1 - \frac{1}{2} \frac{A_h^2}{B^2}$$

Con:

$$A_h = \iint |X - Y| f(XY) dx dy$$

$|X - Y|$ = diferencias en valor absoluto de las temperaturas distantes 6 ó 18 horas; análogamente para cualquier h .

$$B = \int |X - \bar{X}| f(X) dx$$

$X - \bar{X}$ = desvíos de cada temperatura horaria con respecto al promedio mensual.

* Es decir, suponiendo que X y Y siguen la ley de Gauss-Bravais, lo que no es rigurosamente cierto en el caso de la temperatura.

COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE

Se calculó por el método simplificado de Dedebant que da:

$$R^2 = r(xX_8)^2 + \frac{[r(xX_8) r(6) - r(xX_{14})]^2}{1 - r(6)^2} + \frac{D_{32}^2}{\Delta_{123}}$$

donde:

$$D_{32} = r(xX_8) [r(6)^2 - r(12)] - r(xX_{14}) [r(6) - r(6) r(12)] + r(xX_{20}) (1 - r(6)^2)$$

$$\Delta_{123} = 1 - 2r(6)^2 - r(12) + 4r(6)r(12)$$

CONDUCCION DE LOS CALCULOS

Se calcularon diferencias en valor absoluto de temperaturas: hora a hora, cada dos horas, cada tres horas, 6; 12; 16; 18; 20 y 24. Los promedios aritméticos respectivos se llamaron:

$$A_1, A_2, A_3, A_6 \dots$$

Se calculó el coeficiente B y luego los correspondientes valores de $r(h)$; dibujándose las respectivas curvas de correlación y las curvas $(T - h) r(h)$.

Con estas curvas estamos en condiciones de calcular todos los coeficientes necesarios para el cálculo de los coeficientes de correlación múltiple y ecuaciones de regresión. Las integrales se calculan con suficiente aproximación en planímetro.

Estos cálculos se hicieron por el Observatorio Central Buenos Aires, sucesivamente:

- 1) Enero 1938 a 1947.
- 2) Diciembre 1944; enero-febrero 1945 en conjunto.
- 3) Marzo, abril, mayo 1945 " "
- 4) Junio, julio, agosto 1945 " "
- 5) Septiembre, octubre, noviembre 1945 " "
- 6) Marzo, 1944-1948.
- 7) Abril, 1944-1948.
- 8) Mayo, 1944-1948.

Los resultados para 2), 4) y 5) fueron altamente satisfactorios; no así 3) que presentaba la particularidad de dar temperaturas medias calculadas constantemente bajo la registrada y diferencias del orden de las 6 décimas de grado. Por este motivo se hicieron los cálculos 6), 7) y 8), con los resultados definitivos que se acompañan. Es interesante observar las curvas $r(h)$, Fig. 1, y su relación con los valores calculados de temperaturas.

SINGULARIDAD DE LAS 8hs.

Por el planteo del problema, las fórmulas obtenidas valen para tres horas cualesquiera de observación con la sola condición de estar distanciadas en 6 hs. Los valores de la corrección a la temperatura promedio de las tres temperaturas, demuestran que el de las 8 horas es un punto singular.

Esta es la causa de las diferencias observadas; lo que nos dice que los tres sinópticos actuales son inconvenientes.

CONCLUSION

En resumen, para el cálculo de la temperatura media mensual en el Observatorio Central se proponen las siguientes fórmulas:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Diciembre} \\ \text{Enero} \\ \text{Febrero} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.41 (T_8 - T') + 0.08 (T_{14} - T') + 0.39 (T_{20} - T')$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Marzo} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.41 (T_8 - T') + 0.08 (T_{14} - T') + 0.39 (T_{20} - T') + 0.17$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Abril} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.41 (T_8 - T') + 0.10 (T_{14} - T') + 0.39 (T_{20} - T') + 0.22$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Mayo} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.41 (T_8 - T') + 0.12 (T_{14} - T') + 0.39 (T_{20} - T') + 0.32$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Junio} \\ \text{Julio} \\ \text{Agosto} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.42 (T_8 - T') + 0.14 (T_{14} - T') + 0.38 (T_{20} - T') + 0.34$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Setiembre} \\ \text{Octubre} \\ \text{Noviembre} \end{array} \right\} T_M = T' + 0.45 (T_8 - T') + 0.10 (T_{14} - T') + 0.41 (T_{20} - T')$$

donde

$$T' = \frac{T_8 + T_{14} + T_{20}}{3}$$

Es de hacer notar que el empleo del valor T' no introduce error alguno apreciable (*).

* En lugar de $\frac{T_1 + T_2 + \dots + T_{24}}{24}$, promedio de las temperaturas correspondientes a las 24 horas observadas, valor que se usó en el cálculo de las fórmulas.

APÉNDICE

RESULTADOS NUMERICOS

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES
Diciembre 1944; Enero-Febrero 1945

$$\begin{array}{lll} r(1) = 0.965 & r(6) = 0.325 & r(18) = 0.199 \\ r(2) = 0.882 & r(12) = -0.232 & r(20) = 0.430 \\ r(5) = 0.771 & r(16) = -0.032 & r(24) = 0.675 \end{array}$$

$$\int_0^4 r(h) dh = 3.450 ; \int_0^8 = 4.765 ; \int_0^{14} = 3.743 ; \int_0^{10} = 4.565 ;$$

$$\int_0^{16} = 3.580 ; \int_0^{20} = 4.390 ; \int_0^{20} (T-h) r(h) dh = 97.50$$

$$r(xX_8) = 0.597 ; r(xX_{14}) = 0.596 ; r(xX_{20}) = 0.561 ; R = 0.925$$

$$a = 0.411 ; b = 0.085 ; c = 0.394;$$

Nota: Integrales calculadas numérica y gráficamente (ver Figs. 1 y 2).

Verificación

Año	M e s	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
1939	Enero	24.1	24.2	-0.1
	Febrero	22.1	22.2	-0.1
1940	Diciembre	20.1	19.8	+0.3
	Enero	24.5	24.4	+0.2
1941	Febrero	22.7	22.7	0.0
	Diciembre	22.2	22.3	-0.1
1942	Enero	22.6	22.5	-0.1
	Febrero	21.1	21.1	0.0
1943	Diciembre	21.6	21.5	+0.1
	Enero	25.5	25.4	-0.1
1944	Febrero	25.4	25.6	-0.2
	Diciembre	23.3	23.3	0.0
1945	Enero	24.3	24.4	-0.1
	Febrero	25.4	25.7	-0.5
1946	Diciembre	22.6	22.5	+0.1
	Enero	22.8	22.6	+0.2
1947	Febrero	23.7	24.0	-0.5
	Diciembre	23.2	23.2	0.0
1948	Enero	24.5	24.4	+0.1
	Febrero	22.4	22.5	-0.1
1949	Diciembre	22.1	22.0	+0.1
	Enero	22.5	22.6	-0.1
1950	Febrero	23.5	23.6	-0.1
	Diciembre	21.0	21.0	0.0
1951	Enero	23.2	23.1	+0.1
	Febrero	23.6	24.2	-0.6
1952	Diciembre	21.2	21.1	+0.1
	Enero	23.2	23.1	+0.1
1953	Febrero	22.1	22.2	-0.1
	Diciembre	24.8	24.7	+0.1

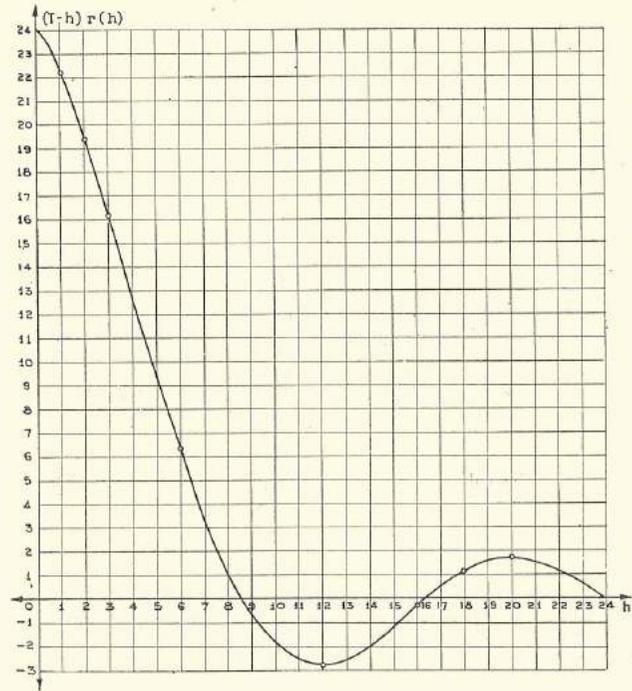


FIG. 1. — Diciembre 1944; Enero-Febrero 1945.

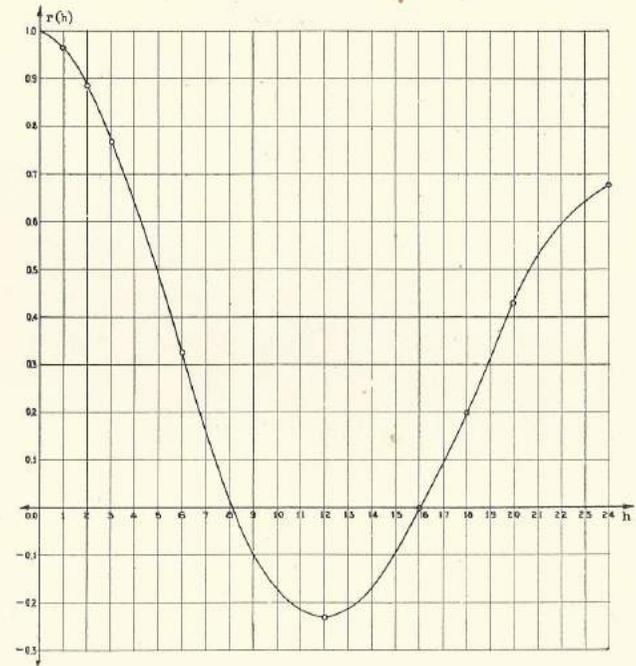


FIG. 2. — Diciembre 1944; Enero-Febrero 1945.

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES (*)
Marzo 1944-1948

$$\begin{aligned} r(1) &= 0.971 & r(6) &= 0.414 & r(18) &= 0.248 \\ r(2) &= 0.902 & r(12) &= -0.091 & r(20) &= 0.464 \\ r(3) &= 0.802 & r(16) &= 0.047 & r(24) &= 0.716 \end{aligned}$$

$$\int_0^4 r(h) dh = 3.540 ; \quad \int_0^8 r(h) dh = 5.150 ; \quad \int_0^{10} r(h) dh = 5.164 ;$$

$$\int_0^{14} r(h) dh = 4.831 ; \quad \int_0^{16} r(h) dh = 4.804 ; \quad \int_0^{20} r(h) dh = 5.714 ;$$

$$\int_0^{24} (T - h) r(h) dh = 97.30$$

$$r(x \lambda_2) = 0.644 \quad r(x \lambda_1) = 0.646 \quad r(x \lambda_{20}) = 0.598 \quad R = 0.908$$

$$a = 0.413 \quad b = 0.081 \quad c = 0.392$$

Verificación

	Año	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
Marzo	1939	19.9	20.1	-0.2
	1940	20.0	20.0	0.0
	1941	18.1	18.4	-0.3
	1942	20.0	20.1	-0.1
	1943	21.0	21.2	-0.2
	1944	20.0	20.2	-0.2
	1945	21.0	21.3	-0.3
	1946	19.5	19.8	-0.3
	1947	20.0	20.1	-0.1
	1948	19.2	19.2	0.0

(*) Por razones de espacio se omite la publicación de los gráficos correspondientes a los presentes valores y a los subsiguientes.

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES
Abril 1944-1948

$$\begin{aligned} r(1) &= 0.974 & r(6) &= 0.460 & r(18) &= 0.296 \\ r(2) &= 0.911 & r(12) &= 0.019 & r(20) &= 0.492 \\ r(5) &= 0.820 & r(16) &= 0.123 & r(24) &= 0.735 \end{aligned}$$

$$\int_0^4 r(h) dh = 3.555 ; \quad \int_0^8 r(h) dh = 5.345 ; \quad \int_0^{10} r(h) dh = 5.575 ;$$

$$\int_0^{14} r(h) dh = 5.690 ; \quad \int_0^{16} r(h) dh = 5.830 ; \quad \int_0^{20} r(h) dh = 7.020 ;$$

$$\int_0^{24} (24 - h) r(h) dh = 131.4$$

$$r(x \lambda_2) = 0.689 \quad r(x \lambda_1) = 0.695 \quad r(x \lambda_{2c}) = 0.562$$

$$a = 0.412 \quad b = 0.105 \quad c = 0.586$$

Verificación

	Año	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
Abril	1939	15.5	15.1	0.4
	1940	16.1	16.4	-0.3
	1941	16.5	16.7	-0.2
	1942	16.4	16.5	-0.1
	1943	16.7	16.8	-0.1
	1944	16.2	16.5	-0.3
	1945	19.4	19.8	-0.4
	1946	16.9	17.2	-0.3
	1947	16.4	16.6	-0.2
	1948	16.3	16.6	-0.3

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES
Mayo 1944-1948

$r(1) = 0.976$ $r(6) = 0.563$ $r(18) = 0.419$
 $r(2) = 0.926$ $r(12) = 0.230$ $r(20) = 0.573$
 $r(3) = 0.850$ $r(16) = 0.294$ $r(24) = 0.769$

$\int_0^4 r(h) dh = 3.650$; $\int_0^8 = 5.857$; $\int_0^{10} = 6.447$;

$\int_0^{14} = 7.397$; $\int_0^{16} = 7.917$; $\int_0^{20} = 9.602$;

$\int_0^{24} (T - h) r(h) dh = 163.1$

$r(x X_8) = 0.763$ $r(x X_{10}) = 0.766$ $r(x X_{20}) = 0.734$

$a = 0.416$ $b = 0.121$ $c = 0.387$

Verificación

	Año	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
Mayo	1939	14.1	14.4	- 0.3
	1940	14.9	15.2	- 0.3
	1941	12.5	12.8	- 0.3
	1942	11.4	11.6	- 0.2
	1943	14.4	14.7	- 0.3
	1944	13.8	14.0	- 0.2
	1945	13.4	13.9	- 0.5
	1946	13.6	14.0	- 0.4
	1947	13.0	13.4	- 0.4
	1948	13.2	13.5	- 0.3

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES
Junio-Julio-Agosto

$r(1) = 0.982$ $r(6) = 0.633$ $r(18) = 0.490$
 $r(2) = 0.339$ $r(12) = 0.351$ $r(20) = 0.627$
 $r(3) = 0.875$ $r(16) = 0.398$ $r(24) = 0.816$

$\int_0^4 r(h) dh = 3.645$; $\int_0^8 = 6.173$; $\int_0^{10} = 7.055$;

$\int_0^{14} = 8.483$; $\int_0^{16} = 9.233$; $\int_0^{20} = 11.203$;

$\int_0^{24} (T - h) r(h) dh = 181.45$

$r(x X_8) = 0.809$ $r(x X_{10}) = 0.816$ $r(x X_{20}) = 0.779$ $R = 0.921$

$a = 0.419$ $b = 0.141$ $c = 0.383$

Verificación

Año	M e s	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
1939	Junio	12.4	12.8	- 0.4
	Julio	11.5	12.0	- 0.5
	Agosto	13.0	13.5	- 0.5
1940	Junio	12.5	12.8	- 0.3
	Julio	12.1	12.3	- 0.2
	Agosto	9.8	10.0	- 0.2
1941	Junio	10.6	11.4	- 0.8
	Julio	11.1	11.6	- 0.5
	Agosto	12.3	12.5	- 0.2
1942	Julio	8.5	8.7	- 0.2
	Julio	7.6	7.9	- 0.3
	Agosto	12.3	12.4	- 0.1
1943	Junio	11.6	11.8	- 0.2
	Julio	12.6	12.9	- 0.3
	Agosto	8.9	9.1	- 0.2
1944	Junio	11.1	11.5	- 0.4
	Julio	11.2	11.6	- 0.4
	Agosto	13.0	13.2	- 0.2
1945	Junio	9.4	10.1	- 0.7
	Julio	9.1	9.5	- 0.4
	Agosto	12.8	13.0	- 0.2
1946	Junio	9.5	9.7	- 0.2
	Julio	9.3	9.6	- 0.3
	Agosto	11.5	11.7	- 0.2
1947	Junio	12.7	13.0	- 0.3
	Julio	8.9	9.4	- 0.5
	Agosto	9.9	10.2	- 0.3
1948	Junio	12.4	12.8	- 0.4
	Julio	9.9	10.2	- 0.3
	Agosto	8.8	9.2	- 0.4

OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES
Septiembre-Octubre-Noviembre

$$\begin{aligned} r(1) &= 0.981 & r(6) &= 0.637 & r(18) &= 0.471 \\ r(2) &= 0.937 & r(12) &= 0.309 & r(20) &= 0.597 \\ r(3) &= 0.873 & r(16) &= 0.365 & r(24) &= 0.736 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^4 r(h) dh &= 3.680 ; & \int_0^8 &= 6.24 ; & \int_0^{10} &= 7.08 ; \\ \int_0^{14} &= 8.365 ; & \int_0^{16} &= 9.015 ; & \int_0^{20} &= 10.923 ; \\ \int_0^{24} (T-h) r(h) dh &= 174.73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r(x \bar{X}_8) &= 0.816 & r(x \bar{X}_{11}) &= 0.826 & r(x \bar{X}_{20}) &= 0.781 & R &= 0.958 \\ a &= 0.446 & b &= 0.100 & c &= 0.407 \end{aligned}$$

Verificación

Año	M e s	Temp. media calculada	Temp. media registrada	Diferencia
1939	Septiembre	12.9	15.0	-0.1
	Octubre	17.5	17.5	0.0
	Noviembre	17.8	17.5	+0.2
1940	Septiembre	13.2	13.3	-0.1
	Octubre	14.2	14.3	-0.1
	Noviembre	19.0	19.0	0.0
1941	Septiembre	11.7	11.7	0.0
	Octubr?	16.7	16.8	-0.1
	Noviembre	19.1	18.9	+0.2
1942	Septiembre	13.6	13.7	-0.1
	Octubre	16.2	16.2	0.0
	Noviembre	20.6	20.6	0.0
1943	Septiembre	14.1	14.3	-0.2
	Octubre	18.3	18.2	+0.1
	Noviembre	18.9	18.8	+0.1
1944	Septiembre	15.9	16.1	-0.2
	Octubre	17.4	17.2	+0.2
	Noviembre	19.6	19.5	+0.1
1945	Septiembre	14.5	14.7	-0.2
	Octubre	18.0	18.0	0.0
	Noviembre	19.8	19.7	+0.1
1946	Septiembre	14.3	14.6	-0.3
	Octubre	16.9	16.8	+0.1
	Noviembre	20.9	20.9	0.0
1947	Septiembre	15.3	15.5	-0.2
	Octubre	17.4	17.4	0.0
	Noviembre	20.5	20.4	-0.1
1948	Septiembre	14.4	14.5	-0.1
	Octubre	15.9	15.9	0.0
	Noviembre	19.4	19.2	+0.2

BIBLIOGRAFÍA

- DEDEBANT, G., et WEHLÉ, Ph. 1944. — « Le Calcul Aléatoire ». « Portugaliae Physica (1, 77) et « Mécanique Aléatoire » (item 1945, I, 167), Lisboa.
- DEDEBANT, G. 1948. — « Ensayo de un axiomatico aleatorio, seguido de algunas aplicaciones ». Publicación N° 20 de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Nacional de Eva Perón, República Argentina.

551.579.4 (826.3): 551.509.58

PRONÓSTICO DE CRECIENTES DEL RÍO CHUBUT

Por JOSE MARIA RAFFO *

Resumen. — Se dan los resultados obtenidos, aplicando los métodos de la estadística matemática, para formular los pronósticos de crecientes del río Chubut y la anticipación con que pueden prepararse. Para dar idea de la importancia de este río, se describe sumariamente su cuenca imbrífera y régimen de escurrimiento.

Summary. — In this work the obtained results are given, applying the methods of the mathematic statistics, to give the prediction of the increasing of the Chubut river, and the anticipation with which it can be prepared. To give an idea of the importance of this river it is transcribed summarily its basin and its regime of running off.

I. INTRODUCCION

Para evitar los perjuicios que ocasionan las crecientes del río Chubut en su valle inferior desde Dolavon hasta Rawson y al mismo tiempo poder aprovechar mejor sus caudales, especialmente cuando estén construidas las nuevas obras proyectadas, son de fundamental importancia los pronósticos a largo y corto plazo de las alturas que alcanzarán las aguas en los distintos tramos de su curso.

En el valle inferior de este río se explotan en forma intensiva los cultivos de cereales, forrajeros y frutículos. Los primeros colonos, galenses en su mayoría, se instalaron en el año 1865 y desde esa fecha se han ido construyendo acequias y canales, que luego, con el aporte oficial de la Nación, se han ampliado hasta formar una extensa red, con dos canales matrices, que riegan una superficie que se extiende desde Dolavón hasta Rawson.

Aplicando los métodos de la estadística matemática, se han deducido fórmulas que permiten efectuar los pronósticos de las alturas que alcanzarán las aguas en los distintos tramos de su curso medio e inferior con una buena aproximación y con siete u ocho días de anticipación.

Actualmente se trabaja en la determinación de fórmulas con las cuales pueden calcularse esas mismas alturas en base a las reservas de nieve y lluvias ocurridas en su cuenca activa. El pronóstico podría así efectuarse con una anticipación de dos a tres meses.

II. GENERALIDADES Y REGIMEN DE ESCURRIMIENTO

Este río, de una longitud aproximada de 1000 Km, se origina en la región precordillerana, que se extiende desde los $41^{\circ}20'$ hasta los $43^{\circ}45'$ de latitud sud, o sea cerca de 270 Km. Su afluente más occidental es el arroyo de Las Horquetas, que nace en el cordón del Serrucho y desemboca en el río San Antonio, afluente a su vez del río Chubut.

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

Después de recibir las aguas de una densa red de afluentes que se extiende hasta la desembocadura del río Tecka en el Chubut, o sea a

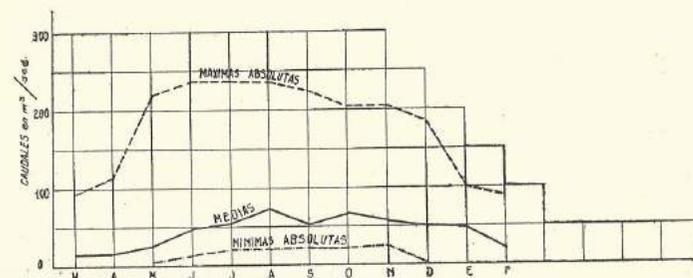


FIG. 1. — Caudales medios mensuales, máximos y mínimos absolutos, en $m^3/seg.$

los $70^{\circ}22'$ de longitud, el río Chubut cruza la meseta patagónica describiendo un amplio arco y desemboca en la bahía Engaño, a los $43^{\circ}20'$ de latitud y $65^{\circ}03'$ de longitud. Durante todo este recorrido no recibe

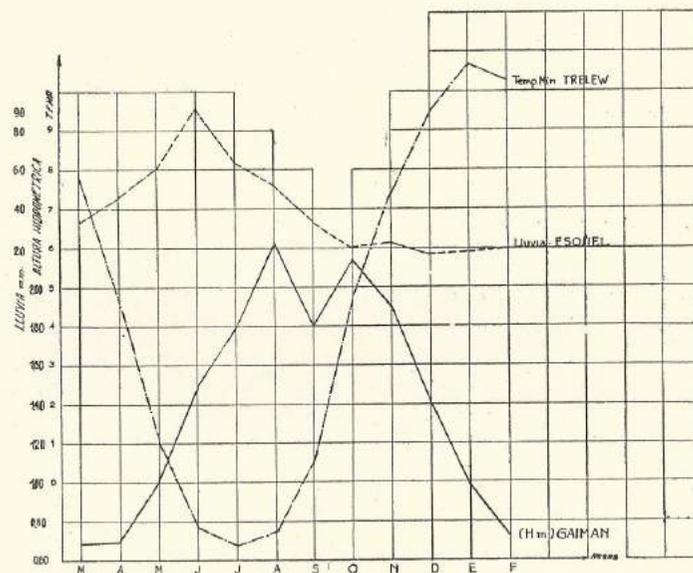


FIG. 2. — Alturas hidrométricas medias mensuales en Gaimán, totales mensuales de lluvia en Esquel, y temperatura en Trelew.

aportes apreciables sino que, por el contrario, pierde parte de su caudal por evaporación e infiltración.

Su único afluente de cierta importancia es el río Chico, desagüe natural de los lagos Muster y Colbué Huapí y por consiguiente del río Senguerr, que sólo tiene caudal apreciable en los años de crecida extraordinarias.

Su cuenca, sin incluir la del río Senguerr, es de 29.400 Km² aproximadamente, y de toda ella, la cuenca activa no llega a 15.000 Km².

Sus caudales, dados en el gráfico de la Fig. 1, dependen de los deshielos de la zona cordillerana y de las precipitaciones invernales, que tienen su máximo en el mes de junio. El régimen puede clasificarse como de precipitación y deshielo.

En el gráfico de la Fig. 2 pueden apreciarse las curvas de variación anual de las alturas hidrométricas del río Chubut en Gaimán, las lluvias en Esquel, situado muy próximo a su cuenca activa y la de temperatura, registrada también en una estación situada en la cuenca.

Observando el gráfico se ve que las alturas hidrométricas tienen un máximo en el mes de agosto, debido a las lluvias ocurridas en los meses anteriores, mayo a julio, y otro en el mes de octubre, originado en los deshielos producidos por el aumento de temperatura que empieza a manifestarse en forma apreciable en el mes de septiembre.

Como la cuenca activa se encuentra en la zona precordillerana, donde las alturas máximas no pasan de 2.000 m sobre el nivel del mar, las reservas de nieve se agotan en poco tiempo, por lo cual las máximas debidas a los deshielos se producen en octubre y noviembre y no en diciembre o enero, como ocurre en los ríos de régimen puramente de deshielo.

No se ha querido exponer un detallado estudio del río Chubut, sino sólo dar una idea general de su importancia y de su régimen de escurrimiento, antes de ocuparnos del pronóstico de sus crecientes.

III. PRONOSTICO DE LAS CRECIENTES

El pronóstico de las alturas que alcanzarán las aguas en las distintas partes de su curso, como es sabido, puede efectuarse en base a la precipitación y reservas de nieve en su cuenca activa, o en función de las alturas registradas en un hidrómetro situado aguas arriba de aquel donde quiere pronosticarse. El análisis estadístico efectuado corresponde al segundo caso.

Después de un detenido estudio de las observaciones correspondientes a los hidrómetros de El Maitén, Piedra Parada, Valle de las Plumas, Boca de la Zanja y Gaimán, ubicados a lo largo del río Chubut, se llega a la conclusión de que las alturas de las aguas en todo el tramo comprendido entre Piedra Parada y su desembocadura no son función de las registradas en el Maitén, y ello es perfectamente lógico porque están modificadas por la influencia de su afluente principal, el río Tecka. Como de este último río no hay datos estadísticos que combinados con los de El Maitén permitan calcular las alturas de las aguas en Piedra Parada, no es posible considerar la información de El Maitén sino como un índice o primera aproximación de lo que ocurrirá en sus cursos medio e inferior.

Desestimada la posibilidad de poder efectuar los pronósticos en base a las alturas registradas en el hidrómetro de El Maitén, el estudio apli-

cando los métodos de correlación múltiple, parcial y total se efectuó utilizando los datos estadísticos registrados en las escalas de Piedra Parada, Valle de las Plumas, Boca de la Zanja y Gaimán.

Del análisis surge que existe una relación directa entre las alturas máximas alcanzadas en los hidrómetros mencionados. En este río no es necesario tener en cuenta otros factores como en el río Paraná, donde las alturas en los hidrómetros de su curso medio e inferior no dependen sólo de la importancia de la creciente sino incluso de su duración y del estado hidráulico del río.

Las ecuaciones de regresión que se dan acto seguido permiten evaluar la altura hidrométrica máxima que alcanzará cada creciente en los hidrómetros de Valle de las Plumas, Boca de la Zanja y Gaimán, en función de la altura hidrométrica de culminación en Piedra Parada, y afinar el pronóstico de Boca de la Zanja y Gaimán cuando la creciente alcanza su altura máxima en Valle de las Plumas.

PIEDRA PARADA - VALLE DE LAS PLUMAS:

Coefficiente de correlación $r = 0,91$

$$Y = 0,95 A - 0,48$$

Y = Altura hidrométrica pronosticada en Valle de las Plumas

A = Altura hidrométrica máxima en Piedra Parada.

PIEDRA PARADA - BOCA DE LA ZANJA:

Coefficiente de correlación $r = 0,86$

$$Y = 1,13 A + 0,67$$

Y = Altura hidrométrica pronosticada en Boca de la Zanja

A = Altura hidrométrica máxima en Piedra Parada.

PIEDRA PARADA - GAIMÁN:

Coefficiente de correlación total $r = 0,93$

$$Y = 3,08 A - 3,40$$

Y = Altura hidrométrica pronosticada en Gaimán

A = Altura hidrométrica máxima en Piedra Parada.

VALLE DE LAS PLUMAS - BOCA DE LA ZANJA:

Coefficiente de correlación $r = 0,91$

$$Y = 1,20 + A 1,24$$

Y = Altura hidrométrica pronosticada en Boca de la Zanja

A = Altura hidrométrica máxima en Valle de las Plumas.

VALLE DE LAS PLUMAS - GAIMÁN:

Coefficiente de correlación total $r = 0,93$

$$Y = 2,95 A - 1,40$$

Y = Altura hidrométrica pronosticada en Gaimán

A = Altura hidrométrica máxima en Valle de las Plumas.

La aplicación de estas ecuaciones de regresión a las crecientes consideradas ha permitido establecer prácticamente que los errores que pueden cometerse, en cada uno de los casos, están dentro de los siguientes valores:

PIEDRA PARADA - VALLE DE LAS PLUMAS: En el 93 % de los casos el error no alcanza a 0,30 de metro.

PIEDRA PARADA - GAIMÁN: En el 75 % de los casos el error no alcanza a 0,50 de metro.

PIEDRA PARADA - BOCA DE LA ZANJA: En el 84 % de los casos el error no alcanza a 0,40 de metro.

VALLE DE LAS PLUMAS - BOCA DE LA ZANJA: En el 80 % de los casos el error no alcanza a 0,30 de metro.

VALLE DE LAS PLUMAS - GAIMÁN: En el 85 % de los casos el error no alcanza a 0,50 de metro.

IV. ANTICIPACION CON QUE SE EFECTUA EL PRONOSTICO

El tiempo de traslación de la onda de creciente desde Piedra Parada a Valle de las Plumas y a Gaimán es el que da lógicamente, la anticipación con que puede efectuarse el pronóstico. Como condición media estos tiempos son:

El Maitén-Piedra Parada	2 a 5 días
Piedra Parada-Valle de las Plumas	4 » 5 »
Valle de las Plumas-Gaimán	4 » 5 »
Piedra Parada-Gaimán	7 » 8 »

V. CONCLUSIONES

1. Conforme a la metodología expuesta es posible calcular con un buen porcentaje de seguridad la altura que alcanzarán las aguas del río Chubut en las escalas ubicadas en sus tramos medio e inferior, con siete u ocho días de anticipación.

2. Este pronóstico, basado en una ley hidrométrica, podrá formularse con mayor anticipación — 9 a 10 días — cuando se disponga de series de observaciones correspondientes a hidrómetros ubicados en la cuenca superior del río Chubut y de su afluente principal el río Tecka; pero la solución integral del problema quedará resuelta cuando se determine la ley udométrica, es decir la ley que establezca la relación existente entre la precipitación en la cuenca activa y el escurrimiento. Los pronósticos podrían formularse, entonces, con dos a tres meses de anticipación.

551.311.12 (826.3)

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL GLACIAR TORRECILLAS (LAGO MENÉNDEZ, CHUBUT)

Por BENITO S. COLQUI* y MARIANO E. MADEJSKI**

Resumen. — Se exponen las observaciones hechas por los autores en el Glaciar Torrecillas y en la zona adyacente, estableciendo cuatro niveles modelados por la actividad glacial cuaternaria y un depósito morénico que podría corresponder a la glaciación Bühl ya señalada en otra zona cordillerana del país. Para que sirvan de apoyo a futuras observaciones, se consignan la posición del frente del glaciar y los rasgos topográficos que los autores encontraron en la época de su visita.

Summary. — The observations made by the authors in the Glaciar Torrecillas and in the adjoining zone are exposed establishing four levels modeled by the activity of the quaternary glacier and a morainecal deposit which could correspond to the glaciación Bühl already shown in another cordillerean zone of the country. That it may serve as a help to future observations the position of the front of the glacier and the topographical features, which the authors found at the time of their visit, are consigned.

I. — INTRODUCCION

Las observaciones que se consignan en este trabajo han sido efectuadas por los autores en una breve visita que hicieron a la zona a fines de 1950. El mal tiempo reinante y la falta de medios adecuados para desplazarse desde el campamento que establecieron al pie del Cerro Torrecillas, fueron circunstancias que conspiraron contra la obtención de una mayor información. No obstante ello, y el hecho de que los datos allegados no tienen acaso la amplitud ni el detalle necesarios para que la presente exposición asuma el carácter de un estudio propiamente dicho, entienden que su difusión aporta conocimientos que podrán ser de utilidad como punto de partida para los estudiosos que se dediquen a esta zona aun no investigada glaciológicamente.

II. — SITUACION Y ANTECEDENTES

En la parte occidental del Lago Menéndez, ubicado dentro de los límites del Parque Nacional "Los Alerces", Territorio Nacional del Chubut, está situado el Cerro Torrecillas de 2.240 m, a 73° 39' S y 71° 56' O. Con el mismo nombre se designa el pequeño glaciar que desciende del mencionado cerro hacia el E. (Fig. 1).

Esta zona fué descubierta por el Padre Menéndez, cuyo nombre lleva, habiendo sido después profusamente explorada por los técnicos de las comisiones argentina y chilena en ocasión del estudio de la cuestión de límites habida con la República de Chile, con el objeto de su conocimiento topográfico, no habiendo encontrado, los autores, bibliografía

* Geólogo. Del Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.
** Glaciólogo. Del Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

geológica ni glaciológica acerca del lugar. Los estudios de FERUGLIO (1950) así como los de CALDENIUS (1952) abarcan hasta el Lago Futalaufquen¹ y el Lago Cholíla, describiendo detalladamente la extensión aproximada y sistemas principales de las morenas terminales de la glaciación cuaternaria en la zona precordillerana.

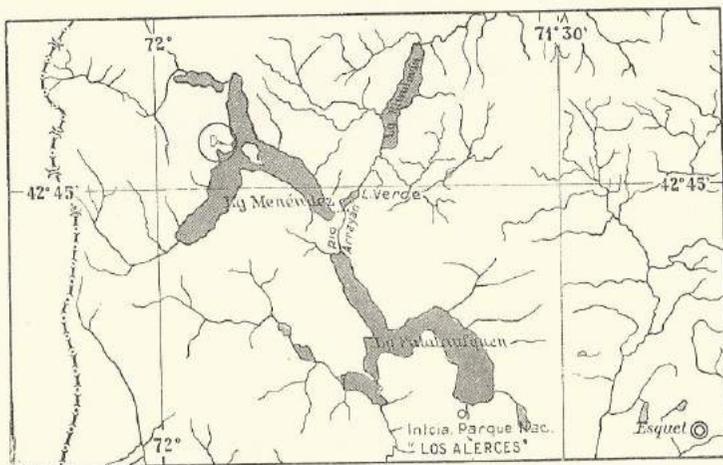


FIG. 1.—Zona del Lago Menéndez. En círculo, el Glaciar Torrecillas.

Los investigadores que han trabajado en Chile, como Krüger, Steffen, Felsch, y otros, dan descripciones generales de las partes vecinas al lago o de vastas zonas.

III.—GLACIACION CUATERNARIA

Los alrededores del Lago Menéndez presentan fuertes rastros de la glaciación cuaternaria. La probable situación de la línea meridional divisoria de esos hielos, según Caldenius, está a unos 20 km al O del Cerro Torrecillas. En la época cuaternaria, en esta latitud, la masa de hielo se extendía hacia occidente hasta alcanzar la localidad Castro en la Isla Chiloé cubriendo lo que hoy son los golfos Corcovado y de Ancud. La extensión de esta faja de hielo, a partir de la línea divisoria, era de unos 140 km hacia el O, y de unos 100 km hacia el E, en donde sobrepasó los cordones de Esquel y de Leleque, depositando sus morenas terminales al oriente de los mismos.

Se han observado en la zona cuatro niveles diferentes determinados por la erosión cuaternaria, no habiéndose correlacionado exactamente con las cuatro glaciaciones aceptadas generalmente por autores modernos para la Patagonia.

El nivel más alto cubrió totalmente la zona, lo que se evidencia por las formas características que presentan las cumbres redondeadas por la

¹Seguimos la nomenclatura del Instituto Geográfico Militar en su hoja 77. Esquel, año 1952. La Intendencia del Parque «Los Alerces» y los pobladores del lugar lo llaman Futalaufquen. Reconoce este nombre como origen las voces araucanas *Futa*, grande, y *Lauquen*, laguna o lago.

erosión glacial, excepción hecha de la cumbre del Torrecillas que es un típico "matterhorn peak".

El segundo nivel está determinado por las terrazas entre 600 m y 800 m, en tanto que el tercero se ubica entre los 200 m y los 300 m y, en su forma más conservada, se encuentra en el lado SE del lago Rivadavia y Laguna Chica, al E del Futalaufquen. El cuarto nivel, muy difundido, se encuentra entre los 80 m y los 120 m.

El Lago Menéndez ocupa dos valles que forman los Brazos Norte y Sudoeste, los que se reúnen en uno solo prolongándose luego en el Brazo Sudeste, primitivo lecho todos ellos de otras tantas lenguas glaciares. El límite oriental del lago, a la altura del río Arrayán está formado por las morenas terminales depositadas en una época posterior a la de la glaciación cuaternaria, lo que se deduce del buen estado de conservación de las morenas.

IV.—GLACIACION ACTUAL

Una de las características más notorias de la zona es la evidente asimetría que existe en la fisonomía de los cordones montañosos meridionales, así como también en las cumbres aisladas. La pendiente occidental no evidencia, al contrario de la oriental, rastros de una fuerte erosión glacial, lo que se debe a que la nieve no se deposita por igual en ambos costados, dada la marcada influencia de los vientos predominantes, fenómeno que es común en toda la Patagonia.

Las precipitaciones del lugar son abundantes, según datos obtenidos del totalizador ubicado a 11 km en línea recta desde el glaciar, en la orilla del extremo austral del Brazo Suroeste: el promedio de tres años (1949 al 52) es de 3.578 mm anuales. No obstante ello, la glaciación actual es aquí muy pobre, el nivel de la nieve perpetua se aproxima a los 1.500 m, según se deduce de la altura del bosque, que lo es de 1.300 m. La altura promedio de las partes más altas de la cordillera es de unos 2.000 m.

El "matterhorn peak" del Torrecillas presenta en su parte oriental dos circos glaciares, norte y sur, de los cuales el primero es el llamado "Torrecillas". En cuanto al del sur, no pudo ser reconocido debido a que su ascensión superaba las posibilidades de que se disponía en la oportunidad.

El circo del Torrecillas, Fig. 2, afecta la forma aproximada de un trapecioide cuya base mayor, que mira al O, es de alrededor de 1.800 m y su extensión de E a O de 1.400 m, lo que da una superficie de 1,8 km². Presenta asimismo un fuerte declive de 700 m (de los 2.100 m a los 1.400 m).

El circo termina bruscamente al E en un umbral rocoso desde el que cae su contenido 300 m más abajo; aquí se forman conos de aludes en número de nueve que tienen en las paredes laterales y en la formada por el umbral, sus respectivas canaletas, por donde cae la nieve ya en avanzado grado de firnificación, con granos de hasta 5 mm de diámetro. En tan breve espacio como lo es el del circo, a lo que se suma la fuerte pendiente que lo afecta, no hay tiempo suficiente para que se produzca la metamorfosis a hielo, atribuyéndose a ello el hecho de que en los conos de avalanchas no han sido observados cristales de hielo de glaciar. Tal como

puede observarse en la fotografía, Fig. 3, uno de los conos de la pared del umbral coincide con la corriente principal y, dada su mayor altura respecto de los demás, alcanza a estar en contacto directo con el material del circo.

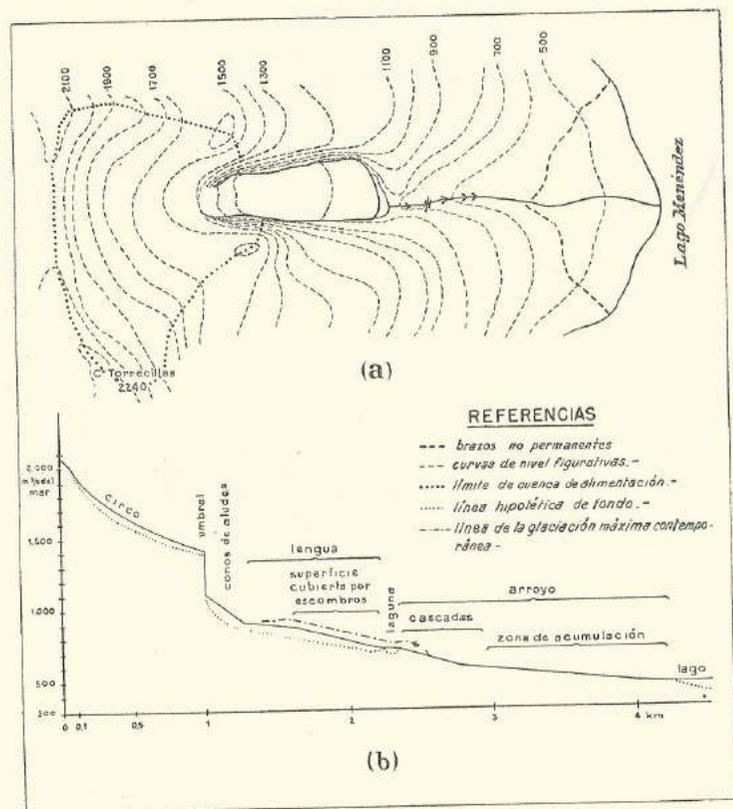


FIG. 2. — Glaciar Torrecillas. a) planta; b) perfil.

A partir del umbral y en dirección al E se extiende el valle, de un ancho de 250 a 300 m, que presenta a lo largo de sus primeros 200 m una superficie cubierta por las bases de los conos de aludes. Extiendese a continuación la lengua del glaciar que, a fines de noviembre de 1950, y en una distancia de 400 m, estaba cubierta por nieve en un primer estado de firnificación, alcanzando el tamaño de granos de arroz. Este manto de nieve ofrece una sección longitudinal de forma de cuña que se inicia con 2 m de espesor y va adelgazándose paulatinamente en los 400 m de su longitud hasta terminar por constituir pequeñas manchas aisladas. Desde aquí comienza la última parte de la lengua, de unos 600 m de

largo, y con una pendiente de 162 m^{-1} , la que se encuentra cubierta por escombros y que al iniciarse permite ver directamente el hielo, siendo éste el único lugar en donde hay tal posibilidad. El tamaño de los cristales de hielo más grandes es de 12 mm.

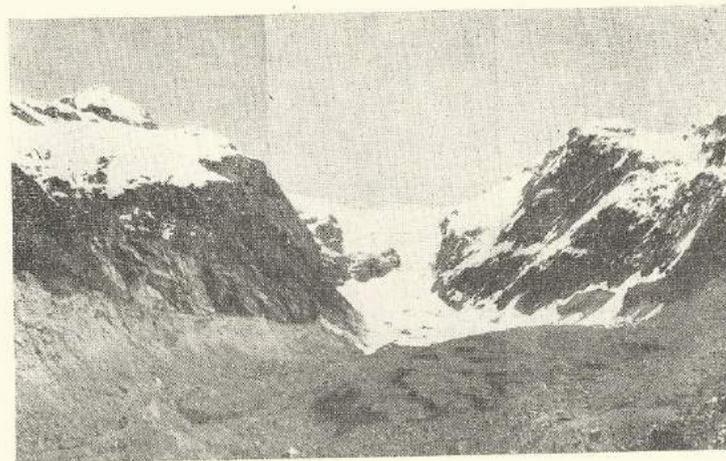


FIG. 3. — Vista del umbral y valle del Glaciar Torrecillas.

A continuación el valle se ensancha aumentando el espesor de la capa formada por los escombros a medida que se avanza hacia el extremo terminal, en el que se observan grandes grietas transversales que han sido rellenadas por los escombros. A ello se debe que el frente propiamente dicho esté formado por bloques de hielo aislados entre los cuales se advierte ya la salida del río subglacial.

El frente está en contacto con una laguna cuyas dimensiones son de 300 por 60 m, que se encuentra a 228 m sobre el nivel del lago, o sea a 713 m sobre el nivel del mar. Esta laguna es de escasa profundidad y presenta en su orilla rastros de estar sometida a grandes oscilaciones de nivel.

El arroyo que se origina en esta laguna ofrece dos tramos con evidentes diferencias entre sí, el primero de erosión y el segundo de acumulación.

El tramo de erosión sale de la laguna cortando las morenas laterales de la máxima glaciación contemporánea; tiene una extensión de 600 m y la diferencia de nivel entre un extremo y otro de este tramo es de 171 m, incluyendo una cascada de unos 3 m de desnivel y cuatro rápidos.

El tramo de acumulación acusa una extensión de unos 1.200 m y un desnivel de 57 m, y desemboca en el Lago Menéndez al que concurre derechamente en la actualidad, aunque mapas chilenos de hace unos 50 años señalan una desviación del mismo al S cuyo cauce se encontró bien conservado, así como también otro hacia el N que se señala en el croquis.

¹ Las alturas fueron tomadas con altímetro Thommen.

La lengua del glaciar forma pocas morenas laterales, no habiéndose encontrado tampoco rocas aborregadas. Sobre la pared del valle continente de la lengua se observa con claridad la línea que marca el nivel superior de la hombrera; cerca del frente, en la pared N la distancia vertical entre la superficie del hielo y el nivel superior de la hombrera es de 58 m. Los rastros de esta glaciación, que es evidentemente la máxima contemporánea, se prolongan 300 m más allá de la terminación de la lengua, yendo a rematar a 51 m por debajo del nivel de la laguna. Este lugar presenta tres morenas estadales perfectamente diferenciadas entre sí y evidenciando a su vez cada una de ellas haber sido afectadas por diversos empujes. En la más moderna hay cinco surcos bien definidos, producto de otros tantos empujes.

Esta glaciación contemporánea ha dejado muchos rastros en la Patagonia. NICHOLS y MILLER (1951) la han ubicado en el Valle Ameghino (Lago Argentino) y le han asignado una antigüedad que varía entre 70 y 80 años. Cerca de la laguna, en la parte baja de la hombrera, se ha encontrado un *Nothofagus* cuya edad era de 47 años.

V. — CONCLUSIONES

1. Es imposible asimilar el Glaciar Torrecillas a ninguno de los tipos comprendidos en las clasificaciones más difundidas. Una forma muy próxima a él sería la de "glaciar colgante", pero se opone a la misma el hecho de que lo que cae desde el umbral no es hielo sino simplemente "firn". El mismo fundamento anula la posibilidad de ubicarlo entre los "glaciares regenerados".

2. Es muy probable que las morenas que forman el límite oriental del Lago Menéndez pertenezcan a la glaciación Bühl, en cuyo caso sería la segunda vez que se localiza esta actividad en la Patagonia. La primera es la que Feruglio señala en la parte E del Lago Rico (Lago Argentino).

3. En cuanto al problema del origen del umbral, cabe consignar que no ha sido aún encarado en su faz geotectónica, que parece ser en definitiva la que habrá de dar la solución al mismo.

4. En previsión de futuras observaciones, procede mencionar que la posición exacta del frente, el 24 de noviembre de 1950, estaba señalada sobre la orilla S, en la parte superior de la morena lateral dejada por la máxima glaciación contemporánea, por un punto en donde la misma se ve cortada por las aguas de un pequeño arroyo que baja hacia la laguna. Este corte, de unos 5 m de altura, afecta la forma de una "V". El ángulo formado por las visuales dirigidas desde el extremo terminal de la lengua, hacia su eje y al punto citado es de 90°.

VI. — BIBLIOGRAFIA

- CALDENIUS, C. C. 1932. — «Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego». Dir. Gral. de Minas y Geología, Publ. N° 5.
 FERUGLIO, E. 1944. — «Estudios geológicos y glaciológicos en la región del Lago Argentino (Patagonia)». *Bot. Acad. Nac. Cienc.* Tomo XXXVII.
 FERUGLIO, E. 1950. — «Descripción geológica de la Patagonia». Publ. Dir. Gral. de Y. P. F., 3 tomos. Buenos Aires.
 NICHOLS, R. L., and MILLER, M. M. 1951. — «Glacial Geology of Ameghino Valley, Lago Argentino, Patagonia», *Geographical Review*, Volumen XXI, N° 2. New York.

551.586:631

EL TERMOPERIODISMO COMO FACTOR BIOCLIMÁTICO EN EL DESARROLLO DE LOS VEGETALES *

POR JUAN JACINTO BURGOS **

Resumen. — El autor ensaya sistematizar en un concepto teórico, que llama "termoperiodismo", el efecto complejo del ritmo anual, diario y aperiódico de la temperatura en el desarrollo de los vegetales. Estima con ello satisfacer necesidades de la bioclimatología vegetal, y sugiere la adopción de conceptos unívocos por parte de la fisiología y ecología vegetales. Establece una clasificación bioclimática de los vegetales con respecto al termoperiodismo anual, y destaca su analogía con el fotoperiodismo. El trabajo está basado en una consideración sintética y crítica de la bibliografía existente sobre el tema.

Summary. — Systematization is tried to the complex effect of annual, daily and aperiodical, rhythm of temperature in plant development into a theoretic concept called "thermoperiodism" by the author, who estimates, thus, to satisfy plant bioclimatology requirements. He suggests, also, the adoption of univocal concepts in plant physiology and ecology, and establishes a bioclimatic plant classification concerning the annual thermoperiodism. Its analogy with photoperiodism is here emphasized. The work is based on a discussion of available bibliography.

I. INTRODUCCION

Cuando en 1939 estudiábamos la foliación atrasada en los árboles de follaje caduco (BURGOS y LEDESMA, 1942) pudimos comprobar, en base a la bibliografía consultada, que el fenómeno era frecuente, además de serlo en nuestro país, en Sud Africa, Australia, estados norteamericanos del Golfo de Méjico y en California.

La característica homoclimática más notable de esas regiones, la escasa variación anual de su temperatura, una de cuyas fases determina este fenómeno de inadaptación, sugirió al autor del presente trabajo la conveniencia de sistematizar el concepto de la acción de la temperatura en los vegetales superiores, dentro de un esquema teórico que hemos denominado termoperiodismo. La razón principal para tal denominación es la analogía que guarda este esquema con el más simple del fotoperiodismo, ya bastante conocido y aplicado en el campo de la fisiología, la bioclimatología y ecología vegetales.

En esa oportunidad cambiamos ideas con el Prof. Ing^o Agr^o Armando L. De Fina, quien nos advirtió que el mismo término había sido ya utilizado, en una forma general, por BOEUF en su clásica obra de fitotecnica (1936) unos años antes.

Desde entonces hasta la fecha, en varios de nuestros trabajos, hemos seguido este esquema (BURGOS, 1944, 1946 y BOSSO y BURGOS, 1948) y en algunos de ellos nos hemos referido a él en forma concreta (BURGOS, 1947 a y 1947 b).

* Los fundamentos del presente trabajo fueron comunicados, en un resumen, en la 7ª Sesión de la Comisión Internacional de Meteorología Agrícola de la O. M. I. reunida en Toronto en octubre de 1947.

** Ingeniero Agrónomo. Jefe del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

Durante el mismo período de tiempo, varios autores de distintas especialidades han realizado contribuciones importantes, que se pueden utilizar para integrar este esquema.

El objeto del autor de este trabajo es, por lo tanto, dar a conocer los fundamentos de este esquema para proponer conceptos unívocos, que puedan servir a distintas aunque muy relacionadas disciplinas, como son la fisiología, la bioclimatología y la ecología vegetales.

El hecho de que en obras tan destacadas como la de WHYTE (1946) y la de MURNEEK y WHYTE (1948), se haya abordado este mismo problema recientemente, creemos que no resta oportunidad a la presente publicación, tanto por algunos de los antecedentes que vamos a dar como por sus conclusiones y su enfoque principalmente bioclimático.

II. EL CONCEPTO BIOCLIMÁTICO Y FISIOLÓGICO DEL PROCESO FÁSICO

La vida de las plantas superiores no se caracteriza por un crecimiento uniforme de su masa somática. Por el contrario, desde el nacimiento hasta la muerte del individuo, o sea, dentro de su ciclo ontogénico ocurren una serie de transformaciones que se manifiestan, exteriormente, como cambios anatómicos y morfológicos. Estos cambios se deben a procesos fisiológicos definidos, que están a la vez determinados por las características genéticas del individuo, y regulados por el medio físico en que vive.

La vieja fenología, fundamento de la bioclimatología vegetal, que se ha ocupado de la relación de estos fenómenos externos con los factores del clima que los provocan, los ha definido individualmente como fases y su conjunto como proceso fásico (MORREN, 1850; IHNE y HOFFMAN, 1884; AZZI, 1928).

Posteriormente se ha difundido, desde el campo de la fisiología vegetal, un nuevo concepto del proceso fásico. Su fundamento han sido el trabajo sobre el trigo de LYSENKO (1928) y los de sus continuadores, según los cuales las fases podrían definirse no ya como los fenómenos exteriores de la vida vegetal, sino como las etapas de época y duración definida, en que los factores variables del ambiente activan los procesos fisiológicos indispensables para que la planta llegue a su *climax* ontogénico, el estado reproductivo.

Resulta poco justificado e inconveniente el uso indistinto de esta expresión para definir conceptos diferentes, aunque muy relacionados entre sí, como los referidos. Lo consideramos injustificado porque ello deriva de una traducción poco ajustada de los términos originales efectuada por algunos autores de habla inglesa, y por algunos otros en nuestro idioma (WHYTE y HUDSON, 1933; WORT, 1941; SÍVORI, 1946, etc.).

LYSENKO, tanto en el contenido de su primer trabajo (LYSENKO, 1928) como en sus últimas obras (LYSENKO, 1946) usa el término *stadia*, *stadiynost*, que con mayor propiedad significan estadio o etapa; de donde podría derivarse, para su conjunto o sucesión, la expresión de proceso estadal. Su autor ha querido significar un intervalo de tiempo en el ciclo de la vida de las plantas, y no el fenómeno exterior resultante de la acción de los agentes climáticos en ese intervalo, ni la calidad o intensidad de esos agentes.

Cabe preguntarse, ahora, si con el conocimiento del concepto moderno del proceso estadal conviene mantener el distinguo entre éste y el proceso fásico, y, en caso afirmativo, establecer qué relación de dependencia existe entre ambos, o si, con el moderno desarrollo de la teoría estadal, pierde interés o aplicación el conocimiento del proceso fásico previamente establecido.

Si entendemos necesario distinguir, como fin inmediato de la bioclimatología vegetal o agrícola, el conocimiento de las exigencias meteorológicas y climáticas de las plantas, y como fin mediano el de señalar los climas más adecuados de la tierra para cada especie o variedad actual; y a la ciencia de la producción de plantas nuevas o fitotecnia indicarle las deficiencias climáticas de diferentes regiones que deberán superarse en las futuras creaciones, habremos de concluir que no podremos prescindir del conocimiento del proceso fásico en el sentido de la antigua fenología.

En efecto, el sentido bioclimático del proceso fásico engloba forzosamente al fisiológico del proceso estadal, pudiendo afirmarse que este último, más elemental y analítico, no abarca el primero, por lo que no puede aplicarse en forma excluyente a los objetivos de aquél.

Si se tiene en cuenta que el proceso fásico resulta ser, en parte, una consecuencia de la forma en que los factores del clima han actuado sobre los estadios, se puede deducir que las condiciones climáticas necesarias para que se cumpla la sucesión de las fases fenológicas incluyen, en forma inevitable, aquéllas que se necesitan para satisfacer los estadios fisiológicos. Esto vale tanto para las pocas especies en que el proceso estadal ha sido estudiado y establecido como para aquéllas, mucho más numerosas, que aun esperan tal determinación. Y viceversa, el conocimiento aislado de los factores del clima, que activan el proceso estadal y conducen la planta a su desarrollo reproductivo, no basta para determinar si el ambiente climático de una región determinada le permitirá su desarrollo y reproducción. El proceso estadal puede servir, solamente, para explicar el mecanismo intrínseco del proceso fásico; pero esto incumbe más a la fisiología que a la bioclimatología vegetal. En cambio, el análisis de su proceso fásico con relación al clima resuelve aquel problema y, a la vez, puede ayudar a conocer el proceso estadal. Apoya esta afirmación, entre otros hechos, el que fuera precisamente la observación fenológica lo que hizo posible el descubrimiento del fotoperiodismo (GARNER y ALLARD, 1920) y de la vernalización (LYSENKO, 1928) antecedentes fundamentales en que se basa el último proceso referido.

Tal vez un ejemplo simple nos ayude a explicar en forma sencilla lo que dejamos expuesto. El trigo es la especie sobre la cual más se ha trabajado acerca del proceso estadal. En esta especie se ha determinado que, para entrar en su desarrollo o estado reproductivo, necesita indefectiblemente estar sometida a ciertas condiciones de temperatura y duración del día, en definidos intervalos de su ciclo ontogénico. Así, desde la ruptura del pericarpio por el embrión, durante un intervalo de tiempo que se ha llamado termoestadio, necesita la acción de temperaturas relativamente bajas, como las que se registran en el suelo y en el

aire durante el otoño, invierno y primavera en las regiones de su cultivo.

Luego, cuando la planta ha emergido de la superficie del suelo existe otro intervalo de su vida, llamado escotoestadio, en que son necesarios días de poca duración, como son naturalmente los días invernales.

Más hacia el fin de su crecimiento vegetativo, en otro intervalo definido como fotoestadio, necesita una serie de días de larga duración, como son los de fin de primavera en las latitudes de climas templados; y, por último, otra serie de días de larga duración, en el intervalo llamado gametoestadio, asegura la producción de gametas fértiles. Si por causas artificiales o aun naturales se modifica fundamentalmente la condición expuesta de estos agentes en los intervalos señalados, la planta no puede alcanzar su estado reproductivo en forma satisfactoria, y predomina en ella una tendencia de crecimiento indefinido.

Si este conocimiento resultara suficiente para los fines bioclimáticos, por una relación homoclimática podríamos deducir que en nuestro país la región óptima del trigo debería hallarse en Tierra del Fuego, en donde existen las mejores condiciones para cumplir con las exigencias de su proceso estadal (ver cuadro I).

Sin embargo, es conocido por su proceso fásico lo difícil que resultaría superar sus deficiencias climáticas, aun con los métodos actuales de la fitotecnia o de la aclimatación. La maduración del grano y la estabilidad de los rendimientos son imposibles de alcanzar por el régimen térmico insuficiente en esas regiones, algunas de cuyas características pueden verse en el cuadro I.

CUADRO I.— Valores climáticos bajo los cuales se cumplen el proceso estadal y el proceso fásico del trigo invernal en distintas regiones del mundo

Localidades	Valores que afectan el proceso estadal								Algunos valores que afectan el proceso fásico	
	Termoestadio		Escotoestadio		Fotoestadio		Gametoestadio		Período libre de heladas en días	Temperatura del mes más cálido °C
	Temp. media del mes de siembra °C	Temp. media del mes más frío °C	mes	Long. del día en horas	mes	Long. del día en horas	mes	Long. del día en horas		
<i>Canadá:</i> (Winnipeg, Manitoba)	11.1	- 19.7	XII	8	IV	14	V	15	100	19.0
<i>Estados Unidos:</i> Wichita, Kansas).	21.3	- 1.7	XII	10	IV	13	V	14	160	25.6
<i>Ukrania:</i> (Poltava)	14.1	- 7.3	XII	8	IV	14	V	15	168	20.6
<i>Argentina:</i> (Ushuaia)	2.8	0.9	VII	8	X	14	XI	16	94	9.5
(Pergamino)	12.7	9.7	VII	10	X	13	XI	14	253	23.8

Y lo que resulta más paradójico es que, aun antes de conocerse la teoría estadal, los fitotecnistas hallaron más fácil crear variedades de trigo que se adaptaran a condiciones no tan favorables para su proceso

estadal, que privarlas de condiciones climáticas que, aun cuando no afectan a este proceso en forma directa, determinan el adecuado proceso fásico que asegura un buen rendimiento. En esta forma se originó una de las más vastas y prósperas regiones de trigo en el mundo: la estepa pampeana.

Por último, podríamos agregar que existen antecedentes concretos, como los trabajos de ROBERTS y STRUCKMEYER (1939) y de PARKER y BORTHWICK (1939) entre otros, en los que se demuestra la existencia de otros elementos climáticos que pueden interferir, condicionar y hasta anular la acción de aquéllos que en forma específica actúan sobre el proceso estadal.

Consideramos, así, de la mayor utilidad para las distintas disciplinas interesadas en este problema mantener el distinguo y adoptar un concepto unívoco para cada uno de los procesos: el fásico y el estadal.

III. EL FOTOPERIODISMO COMO ANTECEDENTE ANALOGICO DEL TERMOPERIODISMO

Los dos factores bioclimáticos fundamentales que afectan el proceso fásico de las plantas son el fotoperiodismo y el termoperiodismo.

Las primeras observaciones acerca de la importancia de la duración relativa del día solar sobre los vegetales corresponden a algunos geógrafos y naturalistas, quienes señalaron el efecto bioclimático de este factor en el desarrollo y distribución de las plantas. Sin embargo, sólo después de trabajos experimentales posteriores se dedujo la interpretación correcta de su acción fisiológica.

Según GARNER (1936), ya LINNEO en 1739 observó que las plantas eran más precoces y su crecimiento más rápido en las regiones polares, y explicó el hecho como efecto del calor adicional de la mayor duración del día de esas regiones. SCHÜBELER (1879) refiere que cuando en el hemisferio norte los cereales y otras plantas se llevan a mayores latitudes se les provoca cambios notables, como acortamiento del período vegetativo, cambios morfológicos y aumento de sus principios aromáticos y colorantes. KJELLMANN (1878-79), en su viaje por las costas de Siberia, observó experimentalmente la influencia de acortar la duración del día solar sobre la floración de algunas especies árticas, y pudo así comprobar su mejor desarrollo bajo las condiciones del día natural.

SCHIMPER (1899), en su clásica obra de fitogeografía, incluyó un capítulo sobre la importancia bioclimática de la duración del día solar en la distribución geográfica de las especies vegetales, y lo justificó con algunas de estas primeras observaciones que dejamos descriptas.

Al seguir la recopilación que hizo GARNER (1936) de estos antiguos antecedentes puede comprobarse:

1º) Que las primeras investigaciones del efecto de este factor estuvieron supeditadas a la evolución del descubrimiento de la luz artificial.

2º) Que generalmente se procedió con especies anuales mejor adaptadas para métodos experimentales en ambientes artificiales.

3º) Que el interés perseguido era forzar y adelantar los cultivos.

4º) Que los efectos se explicaban por la acción del calor adicional que reportaba una iluminación de mayor duración que la natural o continua.

Solamente los trabajos de TOURNOIS (1911) y de KLEBS (1918) dan el primer atisbo sobre la importancia singular de este factor en el proceso fásico de las plantas y de su correcta interpretación. TOURNOIS (1911) demostró que la floración de *Cannabis sativa* L. y *Humulus japonicus* puede adelantarse con días cortos, y fué así como reprodujo un tipo de floración precoz en estas especies sometiénolas a días artificiales de poca duración. KLEBS (1918) determinó en *Sempervivum* que la luz es indispensable para la formación de los primordios florales, y que es necesario una duración de 18 horas de luz para inducir la floración en esta especie. Sin embargo, este último autor dedujo que la "maduración para la floración" de las plantas tiene una causa nutricia.

GARNER y ALLARD, en 1920, observaron que algunas variedades de tabaco y maíz cultivados en Washington persistían en un vigoroso estado vegetativo durante todo el verano, mientras que en el invernáculo durante el invierno florecían abundantemente, aunque con menor vigor vegetativo. Por medio de siembras continuadas de soja observaron que todas las épocas florecían casi en la misma fecha, a la vez que las últimas acortaban sensiblemente su ciclo. Las experiencias realizadas para tratar de explicar estos resultados por medio de variaciones de la temperatura y de la intensidad de la luz fracasaron pero, por el hecho simple de acortar en unas pocas horas el día de verano, se les provocó una abundante formación de flores y frutos, y el consiguiente acortamiento del ciclo vegetativo.

Estos resultados, y los que después obtuvieron al extender sus experiencias sobre un gran número de especies y variedades, motivaron que los autores referidos usaran el término fotoperiodismo para significar el esquema teórico, que sistematizara el conocimiento de la acción de la duración relativa del día sobre el desarrollo de las plantas.

En esta forma propusieron como plantas a día corto, largo e indiferentes aquéllas que así lo necesitaran para alcanzar un normal estado reproductivo.

Investigaciones posteriores a las primeras de GARNER y ALLARD han demostrado que la duración del día es un factor bioclimático, que no sólo induce el estado reproductivo en las plantas, sino que además determina procesos que no están relacionados con el desarrollo estadal propiamente dicho, como la formación de bulbos, tubérculos y raíces carnosas, los efectos de rejuvenecimiento y senectud, de descanso y actividad vegetativa, la formación de substancias, tipos de biología floral, etc. (GARNER y ALLARD, 1923; ZIMMERMAN y HITCHCOCK, 1929; DOROSHENKO *et al.*, 1932; SCHAFFNER, 1931; MOCHKOV, 1930; KRAMER, 1936; RAGONESE y MARCO, 1943, etc.).

Experiencias más detenidas, efectuadas con especies de plantas cuya actividad vegetativa abarca todo o casi todo un período anual de variación de la longitud del día, han demostrado la dificultad de conformar su reacción con la simplicidad del esquema primitivo de GARNER y ALLARD, según el cual las especies podían ser a día largo, corto o indiferentes en consideración a los días previos a la floración. En efecto, principalmente trabajos efectuados sobre trigos de invierno han demostrado que estas variedades necesitan para un desarrollo normal, y con anterioridad al estímulo de los días largos, un período de días cortos que los

fitofisiólogos han denominado "escotoestadio" o estadio oscuro. (MC KINNEY y SANDO, 1935; WYTHE y OLJHOVIKOV, 1939; WORT, 1939; etc.), porque en él las plantas requieren una duración del día notablemente más reducida que en el período previo a la floración.

Como ejemplos de este mismo efecto se pueden referir las experiencias de MC CLELLAND (1924) y de DE FINA (1937). El primero de los autores citados observó, en forma experimental, sobre una especie ocasionalmente bianual (fotocíclica), como *Tephrosia candida*, el efecto muy diferente que provoca la duración del día óptima para la floración (12 horas) según que la tensión de la variación anual fuera creciente o decreciente, es decir, que los días anteriores fueran de mayor o menor duración que la necesaria para la expresión de esa fase. El segundo de los autores observó un efecto similar en lino, en nuestro país.

Los antecedentes referidos nos indican que la duración del día es un factor bioclimático que actúa sobre el proceso fásico de los vegetales tanto en su expresión de duración diaria aislada, de efecto más o menos inmediato a su causa, como en su expresión de variación anual; particularmente en aquellas especies que muestran tejidos activos a la luz durante todo un ciclo anual de variación de la duración del día. En este último caso resultan actuantes ambas fases del período anual de variación de la luz, y se perciben los efectos en una forma más mediata a sus causas. Es decir, que puede distinguirse en este esquema la acción de un fotoperíodo diario y la de un fotoperíodo anual, si se acepta como tal a la variación de la duración del día en el curso del año.

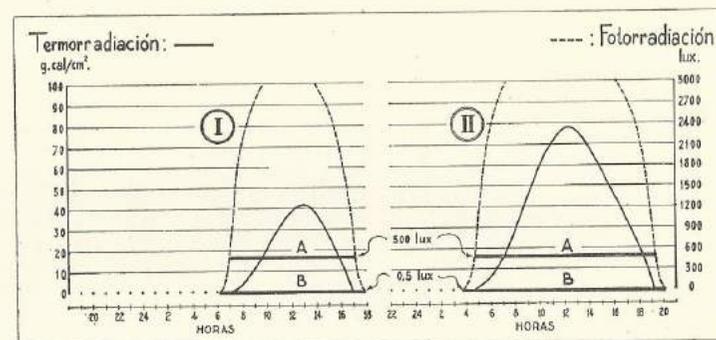


FIG. 1. — Fotoperiodicidad diaria sobre lat. 34° 39' S (Buenos Aires). I. Fotoperíodo diario en el solsticio de invierno. II. Fotoperíodo diario en el solsticio de verano. A. Duración del fotoperíodo en algunas especies con alto nivel de percepción fotoperiódica (plantas a día largo). B. Duración del fotoperíodo en especies con nivel bajo de percepción fotoperiódica (plantas a día corto) según RASUMOV (1935). Los valores de las curvas que son aproximados, deben considerarse como recibidos sobre un plano horizontal y fueron calculados con registros del piranógrafo ROBISTCH y del luxímetro NORMA.

En el caso del fotoperíodo diario, Fig. 1, el relieve del período de variación de la luz tiene un efecto bioclimático insignificante frente al efecto de la duración relativa del día y de la noche. Así RASUMOV (1935) ha comprobado que el límite de intensidad de la luz para la percepción fotoperiódica, a pesar de ser variable en distintas especies y variedades, se man-

tiene en general en valores muy bajos, y que su acción en estos límites es tan eficaz como en la máxima intensidad posible de la luz solar. Así, en una serie de variedades de mijo y avena experimentadas halló que este valor oscila entre 0,5 y 60 unidades lux para el primero, y entre 10, 30 y 500 unidades lux para la segunda, extrayendo como conclusión general que las plantas a día corto tienen un nivel de percepción de la luminosidad, en su efecto fotoperiódico, sensiblemente más bajo que las a día largo.

En el caso del fotoperíodo anual, en cambio, el relieve del período de variación de la duración de la luz, o sea la amplitud anual es lo que adquiere significado bioclimático. Aquí, ya no interesa solamente que alcance una determinada duración la fotofase luminosa del período anual de variación, sino que exista una determinada diferencia entre la duración de los días individuales de la fotofase oscura del año y la de los correspondientes a la fotofase luminosa.

A pesar de esta aparente complejidad, consideramos que el esquema del fotoperiodismo es mucho más simple que el del termoperiodismo. Esta simplicidad es una consecuencia de la naturaleza absolutamente regular de la fotoperiodicidad y del efecto solamente interno que desencadena en los vegetales, y que en ningún caso compromete la vida de sus tejidos. Así, las latitudes terrestres que registran los días más largos en verano resultan las de días más cortos en invierno y viceversa; de tal manera, la duración relativa del día como fenómeno diario es un factor que implica en forma absoluta la expresión anual de su variación.

Debido a estas consideraciones y con el objeto de distinguir la acción de los dos fotoperíodos, creemos conveniente establecer una clasificación bioclimática de los vegetales con respecto al fotoperiodismo, de acuerdo con la manifestación que ofrece el tejido activo a la luz en el ciclo ontogénico de las plantas, y su superposición con el período anual de variación de la duración del día.

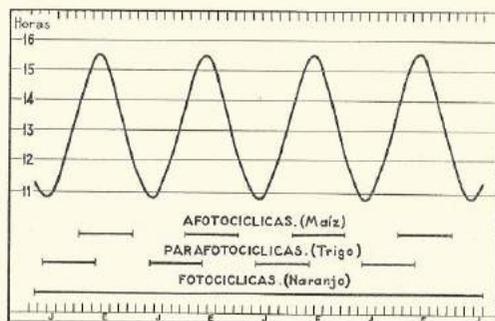


FIG. 2. — Fotoperiodicidad anual para Lat. 34°39'S y tipos bioclimáticos de plantas con respecto al fotoperiodismo anual.

Distinguimos así 3 grupos de plantas:

1º) Fotocíclicas: aquellas especies que presentan tejidos activos a la luz durante un ciclo o más de variación de la duración del día (Fig. 2, naranja);

2º) Parafotocíclicas: aquellas especies que presentan tejidos activos a la luz en las dos fases del período de variación anual de la duración del día sin completarlo (Fig. 2, trigo invernal) y

3º) Afotocíclicas: aquellas especies cuyos tejidos activos a la luz se muestran sólo en una de las fases del período de variación referido (Fig. 2, maíz).

Consideramos que la necesidad de tal agrupamiento no se satisface con otras clasificaciones más detalladas, como la clasificación fisiognómica de RAUNKIAER (1934); pues, a pesar de que éstas contemplan distintos aspectos ecológicos de las plantas, agrupan especies con distinta modalidad fotoperiódica y, en otros casos, separan a otras que observan la misma.

IV. — EL TERMOPERIODISMO

1. — Razón del término propuesto.

La introducción de este neologismo en la literatura científica vinculada al estudio de los vegetales se debe en primer término a BOEUF (1936). Este autor, como dijéramos en el comienzo de este trabajo, en su obra sobre el mejoramiento de las plantas cultivadas distinguió con esta designación, en forma somera, la acción de la temperatura sobre las plantas, como se ha demostrado en las investigaciones sobre la vernalización de especies anuales y sobre el período de descanso de las plantas perennes. Además, en la disposición de los capítulos de la obra queda homologada esta acción con la del fotoperiodismo, aunque sin destacarlo formalmente.

ARTHUR y HARWILL, en 1941 volvieron a proponer este mismo término para designar la acción de la temperatura, en los casos como en los de sus investigaciones sobre la floración de la digital. Estos autores hallaron que la especie mencionada mantenida a temperatura constante en invernáculo no florecía normalmente, mientras que someténdola a un enfriamiento diario determinado o, mejor aún, a uno más continuo, interrumpido sólo una vez cada varios días, se le inducía una floración normal.

En una nota aparecida en "The Bulletin of the American Meteorological Society" (XII-1942: 419-420) se anticiparon las primeras experiencias de WENT en California sobre el efecto de las variaciones diarias de la temperatura en el tomate y otras plantas, y se concluía que, por la similitud de este fenómeno con el del fotoperiodismo, resultaría apropiado designarlo termoperiodismo.

Sin embargo, este autor (WENT, 1944) adoptó el término termoperiodicidad para designar el efecto de las temperaturas alternantes, durante el intervalo diario, sobre el tomate.

En ese mismo año, en un trabajo de adscripción a la cátedra de Meteorología y Climatología Agrícolas de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires, que fuera publicado el año siguiente (BURGOS, 1944) propusimos el término "termoperiodismo" para designar la acción total de la variación anual, diaria y aperiódica o asincrónica de la temperatura sobre las plantas y, en general, sobre la papa. Luego, en nuestra tesis del profesorado de esa misma Facultad adelantamos parcialmente el presente trabajo con el objeto de proponer una metodología para la confección del mapa fenoeológico de nuestro país (BURGOS, 1947, a).

Posteriormente, en ocasión de la VIIIª sesión de la Comisión Internacional de Meteorología Agrícola, tuvimos la oportunidad de proponer esta idea en una forma más general (BURGOS, 1947, b).

En la obra reciente de MURNEEK y WHYTE (1948), WENT describe la acción de la temperatura en los vegetales, en un capítulo que titula "Termoperiodicidad". Destaca en primer término los trabajos efectuados sobre la influencia de la variación anual, en algunas plantas de bulbos y otras perennes, pero propone concretamente el término "termoperiodicidad" sólo para el efecto de la alternancia diaria de la temperatura, como en el caso de sus propias experiencias con tomate. Manifiesta, además, su opinión de que, así como por prioridad el término actualmente aceptado de fotoperiodismo no podría cambiarse por el de fotoperiodicidad, debería aceptarse, en cambio, por esa misma razón, el de termoperiodicidad. Añade, por otra parte, que se apoya en mejor base lingüística desde que en el diccionario de WEBSTER no existe el término "periodism".

Pensamos sin embargo que la opinión se debe a que el autor citado no dispuso oportunamente de los antecedentes que hemos referido en primer término, y que son los que nos mueven a insistir sobre su validez basados, además, en las siguientes razones:

1. Por prioridad debe aceptarse el término "termoperiodismo" como fué propuesto por un autor de habla de origen latino. (BOEUF, 1936).
2. Autores de habla inglesa han propuesto ese mismo término con anterioridad, aun para significar el efecto de la alternancia diaria de la temperatura, (ARTHUR y HARWILL, 1941).
3. Los neologismos de raíz griega y latina son la regla en la creación de términos científicos en cualquier idioma, aun cuando las academias o normas del lenguaje no los incluyan en sus repertorios.
4. La analogía que existe con el concepto ya aceptado del fotoperiodismo justifica la creación de un término con la misma desinencia.
5. Muchos sustantivos terminados en "ismo" tienden a significar sistemas o teorías complejos, mientras que los adjetivos sustantivados compuestos terminados en "dad" tienen un sentido más circunscripto, y, en general, se refieren a una cualidad concreta de la raíz con que se forman. Es decir, que fotoperiodicidad y termoperiodicidad significarían mejor la simple periodicidad de la luz o de la temperatura que las causas, efectos o leyes que ellas implican.

2. — *El termoperiodismo anual.*

El esquema teórico del termoperiodismo, que proponemos aquí, resulta más complejo que el del fotoperiodismo. Ello se debe, en primer lugar, a que la termoperiodicidad no es un fenómeno astrofísico de periodicidad perfecta como el de la duración del día, sino que, al depender de la irregularidad de los accidentes geográficos y de la circulación general de la atmósfera, resulta menos regular y general en su expresión. Por otra parte, el efecto que provoca sobre las plantas ya no es solamente el de desencadenar o inhibir procesos interiores de los que dependa el desarrollo de las mismas, sino que, además puede actuar en una forma más directa e inmediata hasta la de provocar la destrucción de sus tejidos.

A esto podemos atribuir el hecho de que a pesar de ser un factor con antecedentes de estudio más antiguos y numerosos que los del fotoperio-

dismo, no se haya integrado en un esquema conceptual hasta el presente y que, en muchos casos, la discusión de sus elementos se haya mantenido en un tono de controversia.

Como en el caso del fotoperiodismo, las primeras observaciones sobre el efecto de la temperatura se deben a geógrafos y fitogeógrafos, quienes a falta de medios adecuados de experimentación, y aún de una sistematización metódica de sus observaciones, se valieron de aguda intuición para establecer su primeras conclusiones.

La observación de estos primeros naturalistas sobre la regularidad de los fenómenos periódicos de las plantas, y su coincidencia con la regularidad de las estaciones climáticas, los llevó a la conclusión de que la primera era una consecuencia del efecto del elemento más sensible para el hombre de la segunda: la periodicidad anual de la temperatura. Ya desde estas primeras investigaciones se puede notar una divergencia en la apreciación del efecto de la termoperiodicidad anual sobre las plantas y en la forma de expresarla, que se ha mantenido aun hasta el presente.

Sin pretender agotar la vasta bibliografía que existe sobre este tema se puede considerar a REAUMUR (1735) como a uno de los fundadores del concepto de la constante térmica. Este concepto establece que el calor tiene solamente una acción aditiva en el desarrollo de las plantas. Es decir, que para cumplir sus distintas fases, éstas requieren que las temperaturas medias diarias alcancen a totalizar una magnitud definida y constante para cada especie.

En 1750, ADANSON expresó su conocida ley según la cual, la apertura de las yemas resulta del efecto de una acumulación calórica, que puede representarse por la suma de las temperaturas medias diarias desde el comienzo del año (corresponde esta referencia a las condiciones del hemisferio norte) sin considerar las temperaturas inferiores a 0°C.

Estas ideas originaron los diversos métodos conocidos y aplicados hasta hoy por muchos autores, para expresar las necesidades calóricas del desarrollo fásico de las plantas. DE CANDOLLE (1850), GASPARIAN (1884) y otros establecieron el método residual que consiste en sumar únicamente las temperaturas efectivas, y consideraron como tales superiores a 5°C. Según sus observaciones a temperaturas inferiores las plantas no muestran actividad vegetativa, especialmente los cereales.

Como los resultados obtenidos con estos métodos no fueron muy satisfactorios, pues los valores variaban según los años y la situación geográfica, se crearon otros que según sus autores se adaptaban mejor a la fisiología de las plantas.

Así LIVINGSTON y LIVINGSTON (1913) aplicaron la ley de VAN'T HOFF y ARREHNIIUS de la velocidad de las reacciones químicas según la temperatura, al tener en cuenta que el crecimiento y el desarrollo fásico de las plantas resultan de una serie de reacciones físico químicas, que ocurren en la intimidad del protoplasma celular (MATTHAEI, 1904). Por este método, que se denominó exponencial, las temperaturas medias diarias superiores a 4°C (velocidad de reacción igual a la unidad) se transforman en índices de velocidad, cuyo total, hasta una determinada fase del desarrollo, expresa la constante térmica para esa fase.

LIVINGSTON (1916), propuso el método termofisiológico basado en las observaciones de LEHENBAUER (1914) sobre el crecimiento de plántulas de maíz a distintas temperaturas, que ponían de manifiesto la poca exactitud de los índices exponenciales, especialmente en las temperaturas límites del crecimiento. Según este método deben sumarse las temperaturas convertidas en índices, calculados con la relación de crecimiento de LEHENBAUER. No obstante, el autor advirtió las posibles limitaciones del método en una autocrítica muy exacta, incluida en el mismo trabajo.

Sobre la base de estos métodos, que más especialmente trataron de servir para expresar las exigencias calóricas de distintas especies de plantas, algunos autores realizaron climatografías para una aplicación más general. Tal es el caso del mapa de las regiones bioclimáticas de los Estados Unidos de Norteamérica de MERRIAN (1894) y los realizados con la aplicación de los índices bioclimáticos de suma de temperaturas de SELIANNINOV (1937). Este autor propuso el uso de las sumas de temperaturas, sobre distintos niveles térmicos de 5°C, 10°C y 15°C para aplicarlos en los estudios agroclimáticos generales y especiales. Como ejemplo de estos últimos podríamos referir algunos trabajos realizados en Rusia (KOLOSKOV, 1932 y 1935) y las diversas analogías agroclimáticas de NUTTONSON (1947).

A pesar de las críticas que suscitaron los métodos originales sobre la constante térmica y que referiremos por separado, algunos autores contemporáneos han insistido aún en demostrar que existe una relación entre la temperatura así considerada y el proceso fásico de las plantas, pero en estos casos sus autores han limitado la expresión de esos índices bioclimáticos a unidades de espacio y de tiempo, y a determinado tipo de plantas. Así, (AZZI, 1939:50) propuso un método ya vislumbrado por TISSERAND en 1875 (ABBE, 1905:73) para calcular una constante térmica del trigo en Perusa. Según ese método, la referida especie necesita para madurar en esa localidad la suma de 1.000.000 de unidades, cuyos valores elementales resultan del producto de la temperatura media diaria, excluidas las inferiores a 7°C, por la longitud del día.

Unos años antes DE FINA (1937 b) había hallado en nuestro país una interacción muy notable entre la longitud del día y las sumas de temperatura que determinan la floración en el lino.

Sobre la misma base de la interacción diaria de la temperatura y la longitud del día, GESLIN (1944) propuso la constante heliotérmica, a raíz de sus trabajos sobre trigo en Versalles. Consideramos este aporte de un singular valor por las limitaciones de los subperíodos que analiza, dentro del ciclo ontogénico de la planta, las de orden geográfico en que desarrolló su estudio y la base experimental que la sustenta.

Por último, referiremos que THORNTON (1952) en base a las observaciones del crecimiento de las arvejillas de jardín y su relación con la evapotranspiración potencial, ha propuesto un método para calcular la energía calórica que necesitan algunas especies de hortalizas para su desarrollo fásico, y con él ha obtenido resultados satisfactorios en New Jersey. Según este método se convierten los valores de evapotranspiración potencial diaria en unidades de crecimiento, de acuerdo con la relación de 100 unidades de crecimiento por cada centímetro de agua de evapotranspiración.

potencial. Si se tiene en cuenta que la evapotranspiración potencial está directamente relacionada con la temperatura media diaria y la longitud del día, podríamos vincular este método con los dos últimos referidos.

En otro gran grupo de antecedentes hemos de incluir aquellas observaciones e investigaciones que, al referirse a la acción de la variación anual de la temperatura sobre las plantas, la han ponderado más integralmente. Es decir, que en estos trabajos se ha destacado el efecto del ritmo, de la tensión o de la periodicidad anual de la temperatura, además del tiempo de su acción de una de sus fases, que tanto énfasis adquiere en los distintos métodos de la constante térmica.

Entre los primeros naturalistas que señalaron la importancia de la variación anual de la temperatura en la distribución geográfica de las plantas se encuentra HUMBOLDT (1844) quien, al observar cuán distinto era el vigor y el tipo de vegetación, así como el de los cultivos de distintas regiones de Europa, con una misma temperatura media anual, concluía que mucha mayor importancia tenía en estos hechos la forma de distribución de la temperatura durante el año. HABERLANDT en 1879, se refirió en forma similar a las principales plantas cultivadas en Europa e intentó una clasificación de las mismas, de acuerdo con la amplitud de variación anual que requieren para su desarrollo.

DARWIN (1849) en su viaje alrededor del mundo observó los contrastes que ofrece la vegetación en una misma latitud, según la distinta amplitud anual de la temperatura que registran los continentes en sus costas orientales y occidentales.

En este mismo sentido resulta particularmente demostrativa la observación de DE FINA (1937 a) sobre las consecuencias ecológicas de la diferente amplitud anual de la temperatura entre el hemisferio sur y norte, especialmente en las regiones subtropicales y templadas de los mismos. Este autor muestra la marcada discrepancia que existe en nuestro país entre la latitud límite que alcanzan algunos cultivos en el hemisferio norte y la distribución de ellos, que es posible teniendo en cuenta la fase positiva de la variación anual de la temperatura (temperatura necesaria para la fructificación).

Las observaciones sobre el proceso fásico de las plantas, por una parte, y el intento de modificarlo por agentes externos para fines utilitarios del hombre, por otra, advirtieron sobre las limitaciones de una aplicación general de los métodos de la constante térmica, constituyendo otras tantas confirmaciones de la importancia de la tensión térmica o de la amplitud anual de la temperatura.

Entre los primeros antecedentes en este sentido podemos mencionar una referencia de GRIEBACH (1872-1875: 383-384). Este fitogeógrafo, de acuerdo con las observaciones de VAUPELL, afirmó que por medio de la suma de temperaturas no tendría explicación lógica la distinta época de brotación que manifiestan algunas especies en distintos lugares de Europa y en la Isla de Madera; puesto que mientras en el noreste de Europa, con un invierno más frío y un verano más fresco, brota el Fresno antes que el roble; en la Isla de Madera, con temperaturas más cálidas, lo hace éste casi dos meses antes que aquél.

Este fenómeno, observado en muchas otras especies, fué denominado por

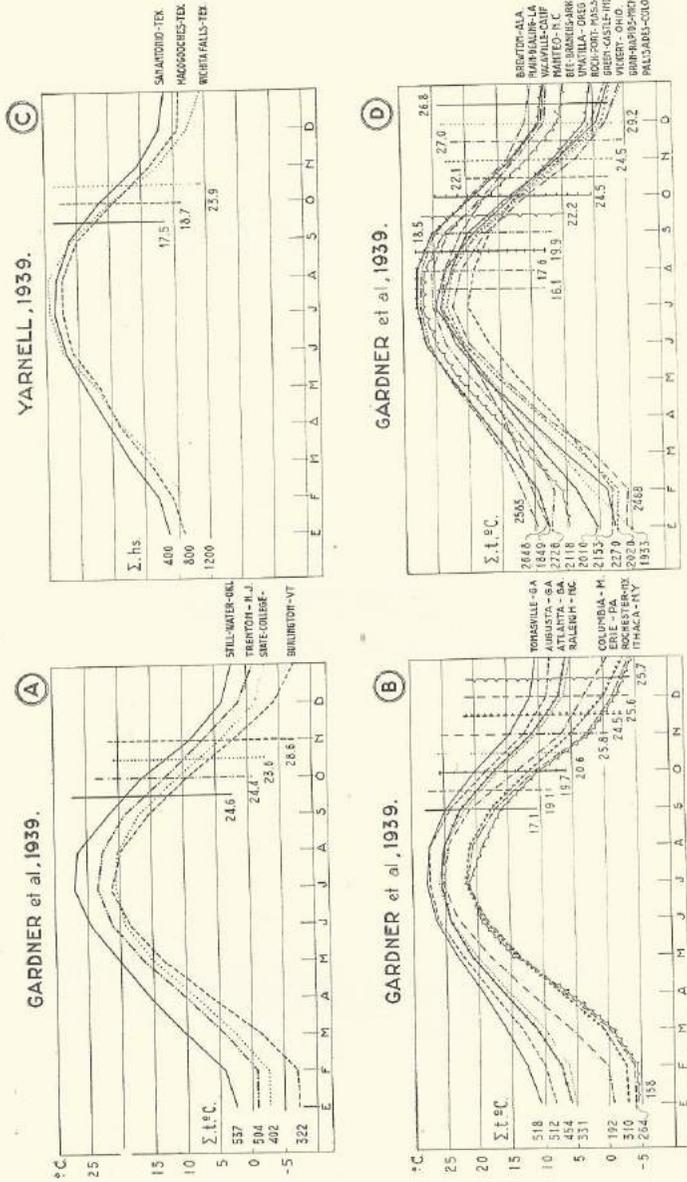


FIG. 3. — A, sumas térmicas (método residual en °C) desde el 1º de enero hasta la floración de cítricos silvestres americanos en distintas localidades y su relación con el termoperíodo anual. B, la misma relación para la floración de manzanos de variedades referidas a floración y lo que atribuíamos que la relación no sea tan ajustada. Datos tomados de GARDNER, et al., (1939). C, suma de horas inferiores a 7°C necesarias para una floración normal de los duraznos en varias localidades de Texas (EE. UU.) y su relación con el termoperíodo anual. Los valores climáticos se han tomado de las mismas localidades referidas en los trabajos citados o en sus proximidades (YARNELL, 1939).

los fenólogos como intercepción fenológica. Con él se han ensayado representaciones geográficas que nos muestran el sentido contradictorio del efecto de una acumulación anual de la temperatura sobre distintos tipos de plantas (SMIRNOV, 1926) y en tales casos la incongruencia de la aplicación geográfica general de este concepto.

GARDNER y otros (1939) señalan la variación de este índice bioclimático según la latitud, al tratar de su aplicación sobre algunas especies frutales de follaje caduco. Con ejemplos derivados de trabajos de varios autores, muestran que a latitudes mayores de América del Norte corresponden índices de menor magnitud de sumas de temperaturas, independientemente del método que se use y de la especie tratada.

Además de esta variación en el espacio, la variación en el tiempo fué una prueba más que se obtuvo para limitar la aplicación del concepto de la constante térmica. SEELEY (1917) al utilizar los datos fenológicos y meteorológicos tomados por MIKESSELL en Wansoon, Ohio, y publicados por SMITH (1915), mostró la gran variabilidad que adquieren estos valores en distintos años, para una misma localidad y una misma especie de planta.

SANDSTEN (1906) halló diferencias semejantes al comprobar las sumas de temperaturas que se requieren para la brotación de algunas variedades de manzanos o ciruelos en Wisconsin, pero, al no hallarle una causa climática, concluyó que las mismas podrían deberse a efectos del suelo, de nutrición, etc.

Nos ha parecido conveniente mostrar gráficamente estas referencias de GARDNER y otros (1939) para destacar la relación que existe entre el termoperíodo anual de las distintas localidades, que toma en consideración, y las sumas de temperaturas que requieren las diferentes especies o variedades en su proceso fásico. Vemos así, que a mayor amplitud del termoperíodo anual se necesita una menor suma de temperatura para cumplir con el proceso fásico en ese tipo de plantas; es decir, que más que una simple acumulación de temperaturas, esas especies requieren una determinada tensión térmica (Fig. 3, A, B y D).

Por otra parte, el hecho de que sea la termofase negativa del termoperíodo anual la que más incide en la amplitud del termoperíodo, demuestra su mayor importancia causal en el proceso fásico.

Esta misma conclusión puede sacarse al observar los resultados variables de SANDSTEN (1906) frente a la marcha anual de la temperatura que mostramos en la figura 4, A y B. Los años cuya termofase negativa es más intensa se corresponden con los de menor exigencia en sumas de temperaturas para el proceso fásico posterior. Todo ello supeditado, lógicamente, a una determinada reacción varietal.

En plantas anuales se han señalado también las discrepancias del concepto de la constante térmica, sobre todo, cuando con este criterio se han pretendido expresar por ella las necesidades térmicas totales de su período vegetativo. Como ejemplos de estas referencias se pueden citar las observaciones sobre maíz del ya mencionado trabajo de SEELEY (1919) y las efectuadas en nuestro país sobre lino por BOSSO (1944).

Las observaciones sobre la naturaleza del reposo anual de las plantas perennes, y los métodos de modificarlo por agentes externos, demostraron

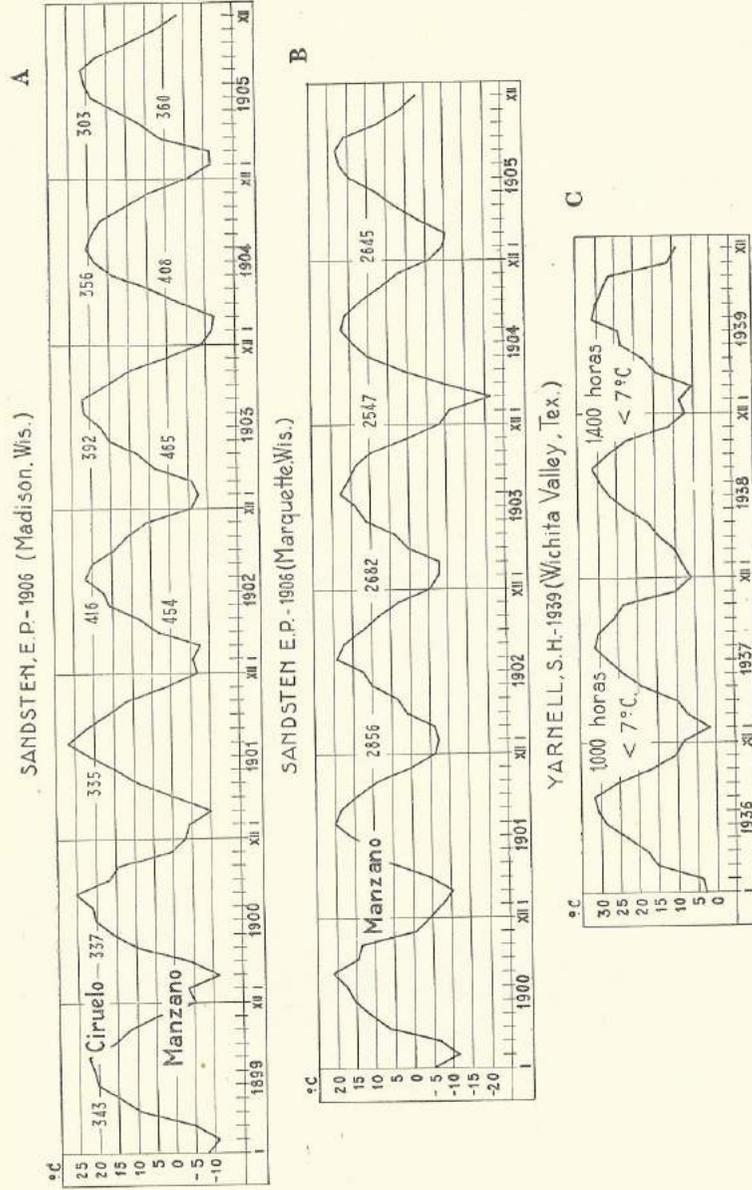


FIG. 4.—A.—Valores promedio de sumas térmicas (método residual en °C) desde el 1º de enero hasta la floración de una colección de 25 variedades de ciruelos y otra de 26 variedades de manzanos en Madison, Wis., durante distintos años, relacionados con la intensidad de la termolase negativa anual. B.—La misma relación con valores de sumas térmicas desde el 1º de julio (verano anterior) hasta la floración de la misma colección de manzanos. Datos climáticos correspondientes a Marquette, localidad cercana a la anterior. Nótese que a mayor intensidad de la termolase negativa corresponde, aproximadamente, un valor de horas térmicas menor. Los valores fueron tomados de SANDSTEN (1906). C.—suma de horas inferiores a 7°C que requirió la variedad de duraznero *Dr. Red* en distintos años para una floración normal (floración en 6 días de mantenimiento a temperatura de crecimiento) y su relación con el termoperíodo anual. Datos de YARNELL, 1939.

que el proceso fásico tiene causas internas que lo determinan, y no es sólo el resultado directo de los agentes exteriores. En esta forma PFEFFER (1904:274) definió el reposo anual de las plantas como autógeno, en contra de la tesis de ASKENASI (1877:840), KLEBS (1903-1911) y otros que lo llamaron etiógeno.

La práctica hortícola tan común como antigua en el hemisferio norte, de exponer hacia el norte, o sea el efecto intensificado del frío invernal, arbustos y plantas vivaces con el propósito de adelantar su proceso fásico, constituye un antecedente general de lo dicho anteriormente.

Todos los trabajos experimentales sobre este tema en plantas perennes, desde el de KNIGHT (1801) sobre una brotación anticipada de la vid por la acción del frío invernal, que refiere PFEFFER (1904), hasta los de HOWARD (1910), WEBER (1918) y COVILLE (1920), muestran que el descanso de intensidad y duración, diferente según cada especie, puede ser debido simplemente a causas externas desfavorables al crecimiento, o a procesos fisiológicos internos y hereditarios que necesitan la acción más o menos pronunciada de los factores periódicos externos, como la termoperiodicidad anual, para dar lugar a un proceso fásico posterior normal.

Debemos referir la contribución de DIELS (1917) como un resultado experimental similar hallado en especies vivaces. Este autor, para determinar la naturaleza del descanso en especies centroeuropeas, que reposan normalmente unos cuatro meses, las colocó durante el invierno en invernáculo a temperaturas de crecimiento. Como resultado de sus observaciones dividió las especies estudiadas en tres grupos: 1º) el tipo *Aspérula* que comprende especies originarias generalmente de latitudes tropicales, las que bajo estas condiciones siguieron en actividad vegetativa durante el invierno; 2º) el tipo *Leucosium*, de latitudes medias, que acortan su descanso en 2-2½ meses, y 3º) el tipo *Poligonatum* de origen ártico que, a pesar del tratamiento, descansaron durante el mismo período de tiempo que las del exterior.

Las experiencias realizadas no ya manteniendo a este tipo de plantas en temperaturas de crecimiento, sino al tratar los órganos en reposo de las mismas por bajas temperaturas, han llegado a resultados complementarios de los referidos anteriormente. Como ejemplo de estos antecedentes, podemos referir el efecto vigorizante y acelerador del desarrollo de las temperaturas relativamente bajas, en muchas especies bulbosas y tuberosas como en la papa (WRIGHT *et al*, 1934; WRIGHT y PEACOCK, 1934; COSTANTIN y MIEGE, 1934; MIEGE, 1935 y 1938).

Agregaremos, aquí, en una forma análoga aunque menos extensa de lo que han hecho DOROSHENKO (1927), ALLARD (1932) y DOROSHENKO y RASUMOV (1929), para con el fotoperiodismo, que la importancia del termoperiodismo anual se pone de manifiesto en la distribución geográfica de las plantas cultivadas. Efectivamente, cuando se ha tratado de trasladar plantas útiles para el hombre de sus centros de origen ancestrales a otras partes del mundo, se han manifestado serios inconvenientes de adaptación, tanto mayores cuanto más diferentes han sido las condiciones termoperiódicas anuales de las regiones, dentro de las cuales se las ha querido introducir. Como ejemplo de estos casos, podemos referir los inconvenientes observados en la introducción de los frutales de

follaje caduco en ciertas regiones de América del Norte (CHANDLER *et al.*, 1937), América del Sur (BURGOS y LEDESMA, 1942), Australia y Sud África (MALLY, 1934 y VILLIERS, 1947), así como los descriptos por FORSTER y VASEY (1935) acerca de la introducción de trigos europeos en Australia, muy semejantes, por otra parte, a los observados con la introducción de los europeos y canadienses en la Argentina.

Por el contrario, se puede confirmar lo dicho al observar la gran adaptación, que a veces llega a ser una perfecta naturalización, de aquellas especies que al trasladarlas se hallaron sometidas a un régimen termoperiódico anual semejante al de sus regiones de origen. Como algunos de los múltiples ejemplos de estos casos, podríamos referir la notable adaptación del manzano, originario de Asia media, en los estados de Washington y del este de los Estados Unidos de Norte América, y la de la papa y de la *Araucaria araucana* Mol., originaria de la costa sur occidental de Sud América, en Irlanda y en la Isla de Vancouver (Canadá), en donde esta última especie, conocida como *Monkey Puzzle*, se halla naturalizada.

El efecto de la termoperiodicidad anual ha sido señalado también en algunas especies de las denominadas anuales, es decir, de éstas entre aquéllas cuyo ciclo ontogénico coincide parcialmente con las fases negativas y positivas del termoperíodo anual, y que por lo tanto exigen de él una amplitud determinada.

En este caso debemos referir los trabajos de GASSNER (1918), LYSENKO (1928) y sus continuadores, quienes demostraron la existencia de un período de reposo en especies como el trigo, que necesitan la acción de una termofase anual negativa más o menos intensa para que manifiesten un proceso fásico normal. La práctica de la vernalización, a la que estos trabajos dieron una base científica y una explicación adecuada, demuestra asimismo la importancia absoluta de la tensión térmica, o termoperiodicidad anual, y la sólo relativa de la temperatura estática o acumulada.

Por último, hemos de referir que muchos climatólogos, que se han ocupado de clasificar los climas sobre la base de la manifestación fitogeográfica que ellos determinan o para su aplicación agrícola, han destacado su importancia al considerar, en esos sistemas, la clasificación de las regiones térmicas. THORNTHWAITE (1931) ya cuando propuso su primer clasificación climática, llamó la atención sobre su importancia, aun cuando no la utilizara en una forma directa. Otros autores como EMBERGER (1942), DE FINA (1950), MEIGS (1951) y PAPADAKIS (1952) han propuesto distintos sistemas de clasificación climática que implican la consideración directa de este factor.

Todos los antecedentes que dejamos expuestos nos demuestran que la variación anual de la temperatura es un elemento bioclimático de la mayor importancia en el desarrollo de las plantas superiores, que debe considerarse en forma integral. Efectivamente, si para todas ellas se ha demostrado que es necesario una determinada termofase anual positiva, de su período de variación, que asegure la maduración de los frutos y semillas para una gran parte de las mismas, resulta de igual importancia la intensidad de la termofase negativa por la inducción que ejerce sobre la expresión del estado reproductivo.

Por otra parte, consideramos que el efecto de la termofase positiva en muchos casos puede, además, afectar el proceso fásico del año subsiguiente. Esto se insinúa en plantas perennes en las observaciones de SANDSTEN (1906) que se muestran en la Fig. 4 A y B, y podrían explicar las diferencias anotadas por YARNELL (1939) sobre la exigencia en frío invernal en distintos años de una misma variedad frutal, según puede observarse en la Fig. 4 C, aunque también este último caso podría interpretarse como el resultado de la interferencia del termoperíodo diario y asincrónico en la termofase anual negativa como veremos más adelante. Además, este efecto se ha confirmado en plantas anuales en lo que AZZI (1939: 260-263) llamó "vernalización en planta" o "efecto preestadial", y SIVORI (1946) "fase de prevernalización", cuando la temperatura resulta activa ya al formarse el fanerofito en la planta madre, y de ello derivan consecuencias en el desarrollo posterior a la germinación de esa semilla.

En forma análoga a lo que dejamos propuesto al considerar el fotoperiodismo como factor bioclimático, pensamos conveniente establecer desde el punto de vista bioclimático una clasificación de las especies de plantas superiores, según que sus ciclos ontogénicos coincidan o no con el período anual de variación de la temperatura. De la misma manera consideramos, aquí, que esta necesidad no se satisface con otras clasificaciones ecológicas que incluyen en un mismo grupo especies de distinta modalidad termoperiódica, y separan otras que desde este punto de vista particular tienen una gran afinidad.

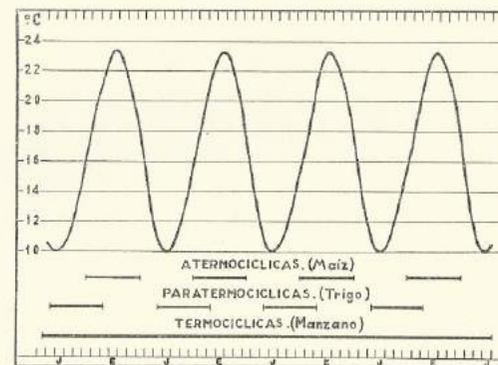


FIG. 5. — Termoperiodicidad anual de Buenos Aires y tipos bioclimáticos de plantas con respecto al termoperiodismo anual.

En esta forma se pueden establecer tres grupos fundamentales de plantas, a saber:

1º) Termocíclicas: aquellas especies cuyo ciclo ontogénico, con tejidos activos a la temperatura, coincide con uno o varios períodos anuales de variación de la temperatura (Fig. 5, perennes: manzano, naranjo y especies bianuales).

2º) Paratermocíclicas: aquellas especies cuyo ciclo ontogénico, con tejidos activos a la temperatura, coincide parcialmente con las termofases negativa y positiva del termoperíodo anual, pero sin completarlas (Fig. 5, trigo, centeno).

3º) Atermocíclicas: especies cuyo ciclo ontogénico, con tejidos activos a la temperatura, abarca sólo la termofase positiva del termoperíodo anual (tomate, maíz, arvejilla de jardín, etc, Fig. 5).

3. El termoperiodismo diario y asincrónico.

Al referirnos a la complejidad del termoperiodismo, la atribuimos al hecho de no ser la termoperiodicidad un fenómeno astrofísico de periodicidad perfecta, sino que depende de los accidentes geográficos y de la circulación general de la atmósfera. Esto se confirma al observar que sobre una misma latitud terrestre pueden ocurrir muy distintos termoperíodos anuales y que, aun cuando éstos resulten semejantes en función de las temperaturas medias mensuales, pueden diferir grandemente en la magnitud de las variaciones diarias y aperiódicas o asincrónicas de la temperatura que los componen.

Por otra parte, si bien el efecto del termoperiodismo diario o asincrónico en algunos casos, especialmente en especies atermocíclicas, ha resultado directo o activo por sí mismo, en otros, particularmente en los de especies termocíclicas, su acción debe interpretarse como de interferencia sobre el termoperíodo anual.

Consideramos que las dificultades de hallar un índice bioclimático de valor geográfico y de aplicación general, sobre la base de la constante térmica, se deben, además de a lo expuesto anteriormente, a que se ha restado valor y significado a la variación diaria y aperiódica de la temperatura.

Entre los antecedentes que demuestran la importancia del termoperíodo diario en el proceso fásico de las plantas, podemos citar a SELIANINOV (1937) quien demuestra, en base a una recopilación de datos fenológicos reunidos en Europa, que el aumento de la continentalidad, o sea de la amplitud anual y diaria de la temperatura, corresponde con un retraso en el proceso fásico de las plantas.

En forma experimental también se ha demostrado esta influencia. Corresponde mencionar así el trabajo de ARTHUR y HARWILL (1941) quienes probaron, en una especie termocíclica como la digital, el efecto de un enfriamiento diario para inducirle una floración normal. Las plantas mantenidas a temperatura constante, favorable para el crecimiento en invernáculo, no florecían. Mejores resultados aun se obtenían por un enfriamiento continuado de varios días, y luego una exposición de dos días a las condiciones de la temperatura exterior de verano. Este último efecto podría asociarse con lo que ocurre en la naturaleza con la variación aperiódica de la temperatura.

Las experiencias de WENT (1944) en California, con cámaras de clima controlado y las particularmente conducidas con tomate, demuestran cabalmente la importancia de la variación diaria de la temperatura. Esta especie atermocíclica sometida a 26°C, constantemente, se mantuvo en crecimiento indefinido, y fué necesario un enfriamiento nocturno de 19°C para inducirle el proceso de floración y fructificación. En varias otras

especies estos resultados se confirmaron pudiéndose probar, como en los casos que dejamos expuestos del termoperíodo anual, que el desarrollo normal de esas especies se aseguraba si, experimentalmente, se reproducía la amplitud diaria del ambiente geográfico natural de cada especie.

WENT, en ese trabajo, propuso el término de termoperíodo para designar el tiempo de acción de la temperatura inductora del desarrollo que, en ese caso del tomate, resultó ser la termofase diaria negativa.

Sin embargo, consideramos que un mayor significado bioclimático y ecológico puede alcanzar ese término si se aplica simplemente al período de variación de la temperatura, o sea a su amplitud. Efectivamente, las mismas experiencias efectuadas por WENT (1944) demuestran que la duración de la temperatura inductora tiene poca importancia, ya que prácticamente se obtuvieron los mismos efectos cuando la duración de las bajas temperaturas fué de 16, 10, 6 y 0 horas.

Por otra parte, experiencias conducidas con especies paratermocíclicas demuestran, en forma incuestionable, la importancia de la termofase positiva del termoperíodo diario en el proceso del desarrollo. Así, debemos citar los trabajos de GREGORY y PURVIS quienes, en 1936, demostraron que el efecto de la vernalización en centeno de invierno, producida por 42 días de tratamiento a 1°C, podía destruirse por el efecto contrario de temperaturas altas de 20°C aplicadas en intervalos de 6, 3, 2 y 1 día, y en condiciones de ausencia de oxígeno en el aire. Este efecto resultó mayor cuanto más frecuente era el tratamiento con altas temperaturas y atmósfera anaerobia. Posteriormente, los mismos autores PURVIS y GREGORY (1945) confirmaron los primeros resultados con tratamientos de altas temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C, durante periodos de 8 y 16 horas y 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 días, sin someterlas a condiciones anaerobias. Se pudo probar así que el efecto de la vernalización, sin desaparecer del todo, disminuía a medida que aumentaba la duración del tratamiento con altas temperaturas, y que la eficacia de éstas dependía de la intensidad, o sea de la duración de la vernalización.

Asimismo, pudo demostrarse que plantas devernalizadas podían re-vernalizarse con un tratamiento posterior de 42 días de 1°C. Estos resultados, que implicaban establecer la reversibilidad del proceso de la vernalización, fueron confirmados posteriormente por RASUMOV y SMIRNOVA (1948) en *Avena Sativa*, *Avena byzantina* y dos variedades de trigo de invierno. En este trabajo se pudo comprobar que las temperaturas elevadas de 20 y 25°C inhiben, parcialmente, el efecto de las bajas temperaturas (+2°C) de vernalización del día anterior, y que este efecto es tanto mayor cuanto mayor es la duración del período con temperaturas altas. Este efecto de interacción de las dos fases del termoperíodo diario, que muy probablemente sea semejante en las especies termocíclicas, podría homologarse con el de la interacción de fases del termoperíodo anual que insinúan los resultados de SANDSTEN (1906).

Como un caso similar podrían interpretarse las diferencias estacionales halladas por YARNELL (1939) en las exigencias en frío invernal de una misma variedad frutal de follaje caduco (termocíclica), para una misma localidad. Así, en 1936-37 la variedad de duraznero *Dr. Burton*, en Wichita Valley, Texas, necesitó 1000 horas inferiores a 7°C para brotar luego de 6 días de exposición a temperatura de crecimiento, mien-

tras que en 1938-39 este mismo comportamiento se obtuvo sólo después de totalizar 1400 horas por debajo de esa temperatura. Observando la Fig. 4 C, se puede ver que el invierno de 1936-37 se caracterizó por un frío intenso y continuo, mientras que la termofase anual negativa 1938-1939 fué más suave e interrumpida por el mes de enero de 1939, sensiblemente más cálido.

Por estas razones consideramos conveniente, desde un punto de vista bioclimático, distinguir como termoperíodo diario al período diario de variación de la temperatura, que según esta forma queda definido en la magnitud de ambas fases que lo componen y en la duración de las mismas.

Con respecto a la variación aperiódica de la temperatura hemos de señalar que constituye una característica, cuya regularidad y distribución geográfica determinan notables consecuencias bioclimáticas.

El origen de esta variación es menos astrofísico aún que el de las variaciones diarias y anuales de la temperatura, puesto que ellas derivan de la advección de calor del aire, ocasionada por las perturbaciones móviles que ocurren en la atmósfera (Fig. 6).

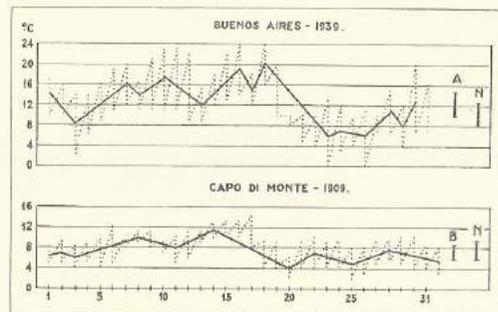


FIG. 6. — Termoperiodicidad diaria y asincrónica de Buenos Aires (julio, 1939) y de Capo di Monte, Italia (enero, 1909). Amplitud de los termoperíodos asincrónicos: A, media mensual de julio 1939 de Buenos Aires; B, media mensual de enero 1909 de Capo di Monte; N, normales respectivas.

CAIN (1945) destacó la importancia de esta característica de la temperatura en la distribución natural de las especies vegetales, y advirtió que los valores medios mensuales, como habitualmente se expresa la temperatura, no dan una medida de este valor.

Consideramos que el termoperiodismo resulta un factor bioclimático integral, cuyos elementos no actúan aisladamente en la naturaleza, pero es necesario tratarlos analíticamente para asegurar un conocimiento mejor de su compleja estructura.

En consecuencia, diremos que la variación aperiódica de la temperatura o termoperíodo asincrónico puede tener un efecto por sí mismo, o, lo que es tal vez más frecuente, una interferencia en la expresión del termoperíodo diario para las plantas atermocíclicas, y sobre éste y el termoperíodo anual en las demás.

Las experiencias de ARTHUR y HARWILL (1941), GREGORY y PURVIS (1936), PURVIS y GREGORY (1945) y DOROSHENKO y SMIRNOVA

(1948) al demostrar la interacción de las fases positivas y negativas del termoperíodo diario, pueden constituir una prueba de la acción del termoperíodo asincrónico, cuando demuestran una intensificación de los efectos de las altas y bajas temperaturas, sobre el desarrollo de las plantas durante períodos superiores a un día.

En plantas termocíclicas hemos podido comprobar el efecto del termoperíodo asincrónico, al observar las diferencias de adaptación que alcanzan algunas especies, en regiones de un termoperíodo anual y diario semejante, pero de distinto termoperíodo asincrónico. Tal es el caso de algunas plantas de follaje caduco, que muestran una gran adaptación o que son originarias de los climas del Mediterráneo, y que resultan difíciles de cultivar en nuestro país. Estas especies, como el avellano y el almendro, exigen una termofase anual negativa de muy poca intensidad y duración, y tienen además un bajo nivel térmico de brotación. De tal manera, cuando la termofase negativa anual está formada por termoperíodos asincrónicos de gran amplitud, como es el caso de la mayor parte del territorio de nuestro país, las termofases asincrónicas negativas satisfacen sus necesidades en frío rápidamente, y las positivas les provocan un proceso fásico prematuro, que normalmente se vé perjudicado por el efecto de las siguientes termofases asincrónicas negativas. En el caso particular del avellano se observa, además, que las yemas que producen la flor masculina tienen menor exigencia en frío que las femeninas, por lo que un termoperíodo asincrónico de gran amplitud lo conducen, por un asincronismo sexual, a una esterilidad permanente.

Esta observación se puede ejemplificar con la comparación entre las regiones de Nápoles y Buenos Aires (Fig. 6). En la primera se cultivan comercialmente el avellano y el almendro, y en la segunda ambas resultan inadaptadas a pesar de poseer un termoperíodo anual muy semejante (Buenos Aires 23.3° y 9.9°C - Nápoles 24.2° y 8.2°C). La diferencia reside precisamente en el termoperíodo asincrónico (Buenos Aires 12.6° y 8.0°C - Nápoles 9.5° y 5.8°C).

Las especies termocíclicas, naturales de regiones con un termoperíodo asincrónico de gran amplitud, en cambio, muestran una fisiología más adecuada a este elemento del termoperiodismo. En efecto, las especies naturales de la región templada de nuestro país se caracterizan por tener muy poca o ninguna exigencia en frío, pero, a la vez, presentan un nivel térmico de brotación más elevado. Por tal causa, el proceso fásico tiene lugar en una época en que las termofases asincrónicas negativas no pueden perjudicarlos mayormente.

El interés de poder expresar este efecto por un índice bioclimático numérico nos llevó a proponer el índice crioquindinoscópico (BURGOS, 1947 c).

Consideramos, sin embargo, que el termoperíodo anual puede interferir el efecto referido anteriormente del asincrónico, puesto que este efecto se manifiesta en regiones con un termoperíodo anual de escasa amplitud con una termofase anual negativa, relativamente suave y prolongada. Pero en aquellas regiones en donde la amplitud del termoperíodo anual es grande, la tensión térmica de éste impide con más rapidez que las termofases asincrónicas negativas alcancen niveles perjudiciales.

CONCLUSIONES

Del análisis de todos los antecedentes aportados en este trabajo podemos extraer las siguientes conclusiones:

1º) Resulta conveniente que ciencias tan ligadas entre sí, como la fisiología, bioclimatología y ecología vegetales, adopten univocidad para los conceptos afines.

2º) En esta forma consideramos útil establecer el distingo entre el proceso fásico, como lo ha definido la fenología y el proceso estadal, como lo ha hecho la fisiología vegetal.

3º) De tal manera las voces termofase, escotofase, fotofase y gametofase deberían sustituirse por las de termostadio, escotoestadio, fotostadio y gametostadio.

4º) Desde el punto de vista bioclimático, que creemos compatible con el de otras ciencias afines, distinguimos como fotoperiodismo el esquema teórico que se pueda crear con las causas, efectos y leyes que provengan de la periodicidad de la duración del día, en su relación con la vida de las plantas.

5º) En este esquema distinguimos como fotoperíodo diario a la duración relativa del día, y como fotoperíodo anual al período de variación de la duración del día en el curso del año. Este último lo consideramos compuesto por una fotofase oscura y otra luminosa.

6º) Para los fines bioclimáticos consideramos útil una clasificación de las plantas con respecto a la parte del fotoperíodo anual en que exponen tejidos activos a la luz, durante su ciclo ontogénico. Así distinguimos especies fotocíclicas como el naranjo, parafotocíclicas como el trigo y afotocíclicas como el maíz.

7º) Consideramos justificado designar como termoperiodismo, por analogía con el fotoperiodismo y prioridad sobre otros términos usados, el esquema teórico que se pueda crear con las causas, efectos y leyes que provengan de la periodicidad de la temperatura.

8º) Distinguimos así, como termoperíodo anual, a la variación anual de la temperatura; como termoperíodo diario, a su variación diaria, y como termoperíodo asincrónico a la variación aperiódica de la temperatura. Cada uno de ellos lo consideramos compuesto por una termofase negativa y otra positiva.

9º) Desde el punto de vista bioclimático del termoperiodismo consideramos conveniente establecer una clasificación de las especies vegetales, según como coincida su ciclo ontogénico, con tejidos u órganos activos a la temperatura, con el termoperíodo anual. Así distinguimos, en forma análoga con lo hecho para el fotoperiodismo, especies termocíclicas como el manzano, paratermocíclicas como la papa y el trigo, y atermocíclicas como el maíz.

AGRADECIMIENTOS

Debemos dejar constancia de nuestro agradecimiento al Ingeniero Agrónomo Edmundo Damario que nos prestó su colaboración en la preparación de las ilustraciones de este trabajo; a los Ingenieros Agrónomos Néstor R. Ledesma y Julio C. Burgos que nos comunicaron sus observaciones personales acerca de la fenología de las especies autóctonas de

nuestro país; al Ingeniero Agrónomo Vladimir Michajlikov que nos facilitó el acceso directo a la bibliografía rusa citada; al Profesor Roberto P. Hernández que nos proporcionó el material básico para la ilustración de la Fig. 1 y a la Dra. María Campany, por la revisión de los manuscritos del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ABBE, C. 1905. — « A first report of the relations between climates and crops ». *U. S. Dept. of Agric. Weather Bureau Bull.* 56: 73.
- ALLARD, H. A. 1932. — « Length of day in relation to the natural and artificial distribution of plants ». *Ecology* XIII (3): 221-234.
- ARTHUR, J. M., y E. K. HARVILL. 1941. — « Flowering in *Digitalis Purpurea* initiated by low temperature and light ». *Contributions from Boyce Thompson Institute*. Vol. 12, 1941-1942: 111-117. New York.
- ASKENASI, E. 1877. — « Über die jährliche Periode der Knospen ». *Bot. Ztg.* XXXVII.
- AZZI, G. 1928. — « Ecología Agraria ». Torino, Unione Torinese. 237 Pp.
- AZZI, G. 1939. — « Trattato di Ecologia Agraria ». Torino, Soc. Ed. Internaz. 594 Pp. ilustr.
- BOEUF, F. 1936. — « Les bases scientifiques de l'amélioration des plantes ». « Encyclopédie biologique », Paul Lechevalier Ed., Paris. 543 pág.
- BOSSO, J. A. 1944. — « Comportamiento fenológico y constante térmica de siete linos oleaginosos en La Plata durante el sexenio 1938-1943 ». *Rev. Facultad de Agronomía* (3ª época) XXVII: 47-51. La Plata, Ed. 1949.
- BOSSO, J. A., y J. J. BURGOS. 1948. — « Condiciones agroclimáticas de la región de Carmen de Patagones ». *Revista Argentina de Agronomía* 16 (3): 157-159. Buenos Aires.
- BURGOS, J. J. 1944. — « El termoperiodismo en la ecología de la papa simiente ». *Revista Argentina de Agronomía* 12 (4): 266-280, con gráf. Buenos Aires. Ed. 1945.
- BURGOS, J. J. 1946. — « Carta de plantación de la papa en la región pampeana de la República Argentina ». *Revista Argentina de Agronomía* 13 (4): 293-309, con mapas. Buenos Aires.
- BURGOS, J. J. 1947a. — « El mapa fenocológico de la República Argentina ». Tesis de Profesorado, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Univ. de Buenos Aires. 28 h. a máquina.
- BURGOS, J. J. 1947b. — « El termoperiodismo como factor ecológico en los vegetales ». Buenos Aires (inédito). Author's abstract in CIR/IMO/T/116. 9 Aug. 1947. CAGM Doc. N° 7. Toronto. Mimeogr.
- BURGOS, J. J. 1947c. — « A cryokindynoscopic index useful in agroclimatic researches ». Serv. Meteor. Nac., Buenos Aires. CIR/IMO/T/305. CAGM Doc. N° 50, Toronto. Mimeogr.
- BURGOS, J. J., y N. R. LEDESMA. 1942. — « Las anomalías fenológicas de los árboles frutales durante el año 1939 ». *Revista Argentina de Agronomía* 9 (4): 295-309. Buenos Aires.
- CAIN, S. A. 1945. — « Traveling disturbances as a climatic control ». *Journal Tennessee Acad. Science* 20 (2): 218-223.
- CANDOLLE, A. P. DE. 1850. — « Du mode d'action de la chaleur sur les plantes et en particulier de l'effet des rayons solaires ». *Bibl. Univ. Archives* Sect. Genève.
- CONSTANTIN, J., y E. MIEGE. 1934. — « La conservation en cave des tubercles de pomme de terre dans l'Atlas Marocain et ses effets ». *Comp. Rend. des Séan. à l'Acad. de Scien.* 199: 1265-1269.
- COVILLE, F. V. 1920. — « The influence of cold in stimulating the growth of plants ». *Jour. Agric. Res.* 20 (2): 151-160.
- CHANDLER, W. K., et al. 1937. — « Chilling requirements for opening buds on deciduous orchard trees and some other plants in California ». *Cal Agr. Exp. Sta. Bul.* 611.
- DARWIN, C. 1849. — « The voyage of the Beagle ». London, J. M. Dent & Sons. Ltd. New York, E. P. Dutton & Co Inc. Ed. 1936.
- DE FINA, A. L. 1937a. — « Consecuencias ecológicas de nuestro régimen térmico ». *M. A. N., Dir. Propaganda y Publ.: Publicación Miscelánea* N° 21. 5 Pp., 2 mapas. Buenos Aires.
- DE FINA, A. L. 1937b. — « Sumas de temperaturas y duraciones del día que determinan la floración del lino (*Linum usitatissimum* L.) ». *M. A. N., Direc. Agric., Laboratorio de Botánica: Publicación* n° 4. 27 Pp., 4 gráf. Buenos Aires, Ed. 1939.
- DE FINA, A. L. 1950. — « Sistema práctico para dividir los países en distritos agroclimáticos ». *Revista de Investigaciones Agrícolas* 4 (4): 341-355. Buenos Aires.

- DIELS, L. 1917. — « Das Verhältnis von Rhythmik und Verbreitung bei den Perennen des europäischen Sommerwaldes ». *Berichte der deutschen Bot. Ges.*, Bd. XXXVI (6).
- DOROSHENKO, A. V. 1927. — « (Photoperiodism of some cultivated plants in relation to their origin) ». *Bull. Appl. Bot. Gen. Pl. Breed.* 17 (1): 167-220.
- DOROSHENKO, A. V., y V. I. RASUMOV. 1929. — « (Photoperiodism of some cultivated forms in relation to their geographical origin) ». *Bull. Appl. Bot. Gen. Pl. Breed.* 22: 219-276. English summary.
- DOROSHENKO, A. V.; H. D. KARPETCHENKO, y H. I. NESTEROVA. 1952. — « (Influence of the length of day on the tuber set in potatoes and several other plants) ». *Bull. Appl. Bot. Gen. Pl. Breed.* 23 (2): 51-60. English summary.
- EMBERGER, L. 1942. — « Un projet d'une classification des climats du point de vue phytogéographique ». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 77 (III): 97-124.
- FORSTER, H. C., y A. J. VASEY. 1955. — « The response of english and australian wheats to length of day and temperature ». *Jour. Dpt. Agric. Victoria* 33 (7): 352-364, 8 fig.
- GARDNER, V. R.; F. C. BRADFORD y H. D. HOOKER, Jr. 1939. — « The fundamentals of fruit production ». McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London. 788 pág.
- GARNER, W. W. 1936. — « Photoperiodism ». De « Biological effects of radiation » II: 677-713. Ed. by Benjamin M. Duggar. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York and London.
- GARNER, W. W., y H. A. ALLARD. 1920. — « Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants ». *Jour. Agric. Res.* 18: 553-606, illus.
- GARNER, W. W., y H. A. ALLARD. 1923. — « Further studies in photoperiodism. The response of the plant to relative length of day and night ». *Jour. Agric. Res.* 23: 871-920.
- GASPARI, COMTE DE. 1884. — « Météorologie Agricole ». 1ª Ed., Paris, 1884. Vol. II.
- GASSNER, GUSTAV. 1918. — « Beiträge zur physiologischen Charakteristik sommer und winter-annueller Gewächse, insbesondere der Getreidepflanzen ». *Zeitschr. Bot.* 10: 417-480.
- GESLIN, H. 1944. — « Étude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du milieu (température et radiation solaire); contribution à l'étude du climat du blé ». Thèse, Paris, 1944, et Monographie, Centre National de Recherches Agronomiques, Versailles, 1944. Impr. Nat. Paris.
- GREGORY, F. G., y O. N. PURVIS. 1936. — « Devernalization of winter rye by high temperature ». *Nature* (London) 138: 1013-1014.
- GRISEBACH, A. 1875. — « La végétation du Globe d'après sa disposition suivant les climats ». Paris I (1875): 1-765, 1 mapa.
- HABERLANDT, F. 1879. — « Der allgemeine landwirtschaftliche Pflanzenbau ». IIIr. Teil: « Das Klima »: 296-362.
- HOWARD, W. L. 1910. — « An experimental study of the rest period in plants. The winter rest. First Report ». *Research Bull. N° 1. Agric. Expt. Sta. Univ. of Missouri.* April 1910: 1-105.
- HUMBOLDT, A. VON. 1844. — « Cosmos ». Vertido al castellano por B. Giner y J. De Fuentes. Madrid. 4 t. Tomo I: 306-311. Ed. 1874.
- IHNE, E., y HOFFMAN. 1884. — « Beiträge zur Phänologie ». Giessen.
- KJELLMANN, F. R. 1878-79. — « Aus dem Leben der Polarpflanzen ». Pág. 443-521. In Norden Kiöld, Adolf Erik, Freiherr von: « Studien und Forschungen veranlasst durch meine Reisen in hohen Norden ». 521 pág. Leipzig. Ed. 1885.
- KLEBS, G. 1903. — « Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen ». Fischer, Jena.
- KLEBS, G. 1911. — « Über die Rhythmik in der Entwicklung der Pflanzen ». *Sitzber. d. Heidelberger Akad. d. Wissensch. Mathem.-Naturw.* Kl. 23 Abhandlg.
- KLEBS, G. 1918. — « Über die Blütenbildung von *Sempervivum* ». « *Flora* » 11-12: 128-151.
- KOLOSKOV, P. I. 1952. — « On the theoretic possibility of the cultivation of soy beans (*Glycine hispida* Max.) and rice (*Oryza sativa* L.) in the region of the everfrozen of soil ». Sec. de l'Org. Met. Intern 14. Commission de Météorologie Agricole, Procès-Verbaux des Séances de Munich, 19-21 Sep. 1952: 81.
- KOLOSKOFF, P. I. 1935. — « Le climat du soya et les régions permettant sa culture en Extrême-Orient ». *Izv. Daljin. Vost. Geofizika.* 1932, 2 (9) (5-75). Sec. de l'Org. Met. Intern. 24. Kommission für Landwirtschaftliche Meteorologie, Protokolle der Tagung in Danzig, 28-31 Aug. 1935: 235.
- KRAMER, P. J. 1936. — « Effect of variation in length of day on growth and dormancy of trees ». *Plant Physiology* 11 (1): 127-137.

- LEHENBAUER, P. A. 1914. — « Growth of maize seedlings in relation to temperature ». *Phy. Res.* 1: 247-288.
- LIVINGSTON, B. E. 1916. — « A single index to represent both moisture and temperature conditions as related to plants ». *Phy. Res.* 1: 421-440.
- LIVINGSTON, B. E., y G. J. LIVINGSTON. 1913. — « Temperature coefficients in plant ». *Geography and Climatology Bot. Gaz.* 56: 349-375.
- LYSENKO, T. D. 1928. — « (Efecto del factor térmico sobre la longitud de las fases en el desarrollo de las plantas) ». *Trudy*, 6 (3), 38 pág. Baku.
- LYSENKO, T. D. 1946. — « (Agrobiología) » 407 Pp. ilustr. Moskva.
- MALLY, C. W. 1934. — « Raw linseed oil and seal oil for controlling irregular blossoming and foliation in fruit trees ». Un. of S. Afr., Dpt. of Agric., *Sc. Bull.* 125.
- MATTHAEI, G. L. C. 1904. — « Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. III. On the effect of temperature on carbon dioxide assimilation ». *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 197: 47-105.
- MCCLELLAND, T. B. 1924. — « The photoperiodism of *Tephrosia candida* ». *Jour. Agr. Research* 28: 445-460.
- Mc KINNEY, H. H., y W. J. SANDO. 1935. — « Earliness of sexual reproduction in wheat influenced by temperature and light in relation to growth phases ». *Jour. Agric. Res.* 51 (7): 621-641. 5 fig.
- MEIGS, P. 1951. — « Arid zone programme. World distribution of arid and semi-arid biomes ». UNESCO/NS/AZ/37, Paris, 21 August 1951. 13 pág.
- MERRIAN, C. H. 1898. — « Life zones and crop zones of the United States ». U. S. Dpt. Agric., *Biol. Surv.*, *Bull.* 10, 79 pág.
- MIEGE, E. 1935. — « Influence du froid sur la conservation et la productivité de la pomme de terre ». *Comp. Rendu des Séances à l'Acad. des Sci.* 200: 1976-1978.
- MIEGE, E. 1938. — « Influence du froid sur la conservation et la productivité des tubercules de pomme de terre au Maroc ». *Comp. Rendu Hebdom. des Séances de l'Acad. d'Agric. de France* 24: 565-575.
- MOCHKOV, B. S. 1930. — « (On the question of photoperiodism of certain woody species) ». *Bull. Appl. Bot. Gen. Pl. Breed.* 23: 479-510. Leningrad.
- MURNEEK, A. E., y R. O. WHYTE. 1948. — « Vernalization and photoperiodism. A symposium ». Waltham, Mass., U. S. A. Publ. by the Chronica Botanica Co.
- NUTTONSON, M. Y. 1946. — « The agricultural climatology, vegetative cover, and crop ecology of the Ukraine and the Ukrainian climatic analogues in North America ». U. S. Dept. Agric., Off. Foreign Agr. Relat. 1946, pág 23 y 1 ilustr.
- NUTTONSON, M. Y. 1947a. — « Agroclimatology and crop ecology of the Ukraine and climatic analogues in North America ». *Geographical Review* XXXVII (2): 216-232. New York.
- NUTTONSON, M. Y. 1947b. — « Agroclimatology and crop ecology of Palestine and Transjordan and climatic analogues in the United States ». *Geographical Review* XXXVII (3): 456-466. New York.
- NUTTONSON, M. Y. 1947c. — « American Institute of Crop Ecology: *International Agro-Climatological Series* ». Study 1-7. Washington.
- PAPADAKIS, J. 1952. — « Agricultural geography of the world ». 131 pág. Buenos Aires. Editado por el autor.
- PARKER, M. W., y H. A. BORTHWICK. 1939. — « Effect of variation in temperature during photoperiodic induction upon initiation of flower primordia in biloxi soybean ». *Botanical Gazette* 101: 145-188.
- PEFFER, W. 1904. — « Physiologie végétale. Etudes des échanges de substance et d'énergie dans la plante ». Trad. Jean Friedel. T. II: « Echange d'énergie ». Paris, G. Steinheil. 900 pág. E. 1912.
- PURVIS, O. N., y F. G. GREGORY. 1945. — « Devernalization by high temperature ». *Nature* (London) 155: 113-114.
- RAGONESE, A. E., y P. R. MARCO. 1943. — « Influencia del fotoperiodo sobre la formación de flores cleistógamas y chasmógamas en cebadilla criolla ». *Revista Argentina de Agro-nomía* 10 (2): 178-185.
- RAUNKLAER, C. 1934. — « The life forms of plants and statistical plant geography ». Clarendon Press. Oxford.
- RASUMOV, V. I. 1935. — « (Período vegetativo de las plantas) ». *Boletín de Botánica Aplicada, Genética y Selección.* Serie A, N° 15. Academia « Lenín » de Ciencias Agrícolas. Leningrado-Moscú.
- RASUMOV, V. I., y M. I. SMIRNOVA. 1948. — « (Importancia de la fluctuación diurna de la temperatura en el proceso de la yarovización) ». *Dokl. Akad. Nauk.* 60 (5): 917-919, 2 fig.
- REAMUR, R. A. F. DE. 1755. — « Observations du thermomètre à Paris pendant l'année 1755, comparées avec celles qui ont été faites sous la ligne à l'Isle de France, à Alger

- et en quelques unes de nos isles de l'Amérique ». Paris, *Mém. Acad. de Scienc.*, Ann. 1735, p. 545.
- ROBERTS, R. H., y B. E. STRUCKMEYER. 1939. — « Further studies of the effects of temperature and other environmental factors upon the photoperiodic responses of plants ». *Jour. Agric. Res.* 59: 699-710.
- SANDSTEN, E. P. 1906. — « Conditions which affect the time of the annual flowering of fruit trees ». *Wis. Agr. Expt. Sta. Bull.* 137.
- SCHAFFNER, J. H. 1931. — « The fluctuation curve of sex reversal in staminate hemp plants induced by photoperiodicity ». *Amer. Journ. Bot.* 18: 424-430.
- SCHIMPER, A. F. W. 1898. — « Plant Geography upon a physiological basis ». Trad. del alemán por W. R. Fisher. Clarendon Press, Oxford. Ed. 1903.
- SCHUBELER, F. CHR. 1879. — « The effects of uninterrupted sunlight on plants ». *Nature* 21: 311-312. Ed. 1880.
- SEELEY, D. A. 1917. — « Relations between temperatures and crops ». *Month. Weather Review* 45: 354.
- SELLANINOV, G. T. 1937. — « (Guía agroclimática mundial) ». Leningrado-Moscú. 419 pág., tabl. y mapas.
- SÍVORI, E. M. 1946. — « Fisiología del desarrollo de los vegetales ». *Bol. Soc. Arg. de Botánica* I (2): 81-118.
- SMIRNOV, N. P. 1926. — « (Estudio sobre isofenonomalías. Intercepción fenológica) ». Moscú, *Mirovedenie* N° 4.
- SMITH, J. W. 1915. — « Phenological datet and meteorological data recorded by THOMAS MIKESSELL between 1875 and 1912 at Wauseon, Ohio ». *Month. Weather Rev. Supplement* N° 2: 25-95.
- THE BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. 1942. — « Diurnal range of temperature makes plants produce fruit ». (« Thermoperiodism »). S. S. XII 1942: 419-420.
- THORNTWHAITE, C. W. 1950. — « The climates of North America according to a new classification ». *Geographical Review*, octubre 1951: 633-655. Ed. 1951.
- THORNTWHAITE, C. W. 1952. — « Climate in relation to planting and irrigation of vegetable crops ». The Johns Hopkins University Laboratory of Climatology Seabrook, New Jersey. April 1952. 13 h. mimeogr. y 3 ilustr.
- TISSERAND, E. 1875. — « Mémoire sur la végétation dans les hautes latitudes ». *Mémoire de la Société Centrale d'Agriculture*.
- TOURNOIS, J. 1911. — « Influence de la lumière sur la floraison du houblon japonais et du chanvre ». *Comp. Rend. Acad. Sci.* (Paris) 155: 297-300. Ed. 1932.
- VILLIERS, G. D. B. DE. 1947. — « Winter temperature and fruit yield ». Reprinted from *Farming in South Africa August 1947*. Reprint N° 46, 8 pág., 4 fig., 1 tabl.
- WEBER, F. 1918. — « Studien über die Ruheperiode der Holzgewächse ». *Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wissenschaft. Mathem.-Naturw. Kl. S. I.*, Bd. CXXXVII, 57 pág.
- WENT, F. W. 1944. — « Plant growth under controlled conditions. II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato ». *Amer. Jour. Bot.* 31: 135-150. U. S. A.
- WHYTE, R. O. 1946. — « Crop production and environment ». London, Faber and Faber. 372 pág.
- WHYTE, R. O., y P. S. HUDSON. 1933. — « Vernalization or Lysenko's method for the pre-treatment of seed ». *Bull.* N° 9 of the Imp. Bur. of Plant Genetics, Aberystwyth, March 1933.
- WHYTE, R. O., y M. A. OLIHOVNIKOV. 1939. — « Photoperiodism in the plant kingdom ». *Nature* (London) 143 (3616): 301-302.
- WORT, D. J. 1939. — « Phasic development of marquis spring wheat and fulhio winter heat ». *Botanical Gazette* 102: 725-736. Ed. 1941.
- WRIGHT, R. C.; W. M. PEACOCK y T. M. WHITEMAN. 1934. — « Effect on subsequent yields of storing cut seed potatoes at different temperatures and humidities ». U. S. Dept. Agr. Washington, *Tech. Bull.* N° 394.
- WRIGHT, R. C., y W. M. PEACOCK. 1934. — « Influence of storage temperature on the rest period and dormancy of potatoes ». U. S. Dept. Agr. Washington, *Tech. Bull.* N° 424. Ed. 1937.
- YARNELL, S. H. 1939. — « Texas studies on the cold requirements of peaches ». *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 37: 549-552.
- ZIMMERMAN, P. W., y A. E. HITCHCOCK. 1929. — « Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjected to different day lengths ». *Botanical Gazette* 87: 1-13.

551.577.34 (82)

ESTUDIO DEL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

POR ADOLFO A. MARCHETTI *

Resumen. — En el presente trabajo se estudia el régimen pluviométrico de la República Argentina tomando en consideración las observaciones registradas durante 42 años en 67 estaciones pluviométricas. Las series de observaciones utilizadas pueden considerarse buenas, depuradas y de igual homogeneidad. Se han estudiado la repartición geográfica de la precipitación, su distribución anual y mensual y el régimen de frecuencia y densidad; la variabilidad, calculando los coeficientes más importantes, entre ellos el de Maurer; los valores máximos mensuales de precipitación y su relación con la normal; períodos de precipitación y sequía, aplicándose el método de G. Polya y F. Erenberger para el cálculo de la probabilidad, según el cual, producido un día de lluvia se producirá otro más; producidos dos, se producirán tres, y así sucesivamente. Este trabajo contiene mapas, gráficos y tablas de datos.

Summary. — In this work it is studied the rainfalls regime in the Argentine Republic considering the observations recorded during 42 years in 67 rainfalls stations. The available series of observation can be considered as good, depurated and with the same homogeneity. It has been discussed the geographic distribution of the precipitation, its annual and monthly distribution and the frequency and density regime; the variability, calculating the most important coefficients, that of Maurer among them, the maxima monthly value of rainfall and its relation with the normal; periods of precipitation and droughts and the method of G. Polya and F. Erenberger has been applied for the calculations of the probability of: produced a rainfall day it can be produce another one, produced two it can be produce three, and so on. This work contains many maps, graphics and tables of data.

I. — PROPOSITO

El conocimiento del régimen pluviométrico de un país constituye uno de los factores más importantes de la climatología general. Su estudio exhaustivo se halla subordinado principalmente a la existencia de series largas de observación de precipitación, correspondientes a una red con estaciones bien distribuidas que cubran todo el territorio nacional. En los archivos de este Servicio existen series largas de datos pluviométricos, sin interrupciones, que pertenecen a un número suficiente de estaciones, ubicadas la mayor parte de ellas en la zona agrícola-ganadera. En cambio, existen pocas en esas condiciones en otras zonas que son también de gran interés, tales como el norte argentino, la cordillera y precordillera, y la patagonia, donde la observación pluviométrica tiene actualmente un record de muy corta duración. No obstante ello, el autor se ha decidido a realizar y a dar a publicidad este estudio por considerar que constituye una contribución suficientemente útil para el conocimiento del régimen pluviométrico de la República Argentina.

* Ingeniero Civil. Director de los Servicios Técnicos Meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional.

II. — SERIES DE DATOS DE OBSERVACION

El estudio del régimen pluviométrico se ha efectuado tomando en consideración las observaciones pluviométricas correspondientes a 67 estaciones, elegidas entre las mejores de la red pluviométrica nacional, distribuidas convenientemente a fin de que las conclusiones generales a obtener pudieran ser aplicadas a la zona de influencia de cada una de ellas. De esas estaciones, 53 son meteorológicas, y el resto pluviométricas (Cuadro I y Fig. 1).

El record de observaciones utilizado comprende el período 1905-1946 para las tablas 1, 2 y 3. La tabla 1 contiene los promedios mensuales y anuales. La tabla 2, los promedios mensuales reducidos a meses de igual duración. La tabla 3, los mismos valores reducidos a meses de igual duración en $\frac{\%}{100}$ del total anual.

La estadística correspondiente a las demás tablas ha sido calculada en base al período 1908-1946, y se considera que esta diferencia en la iniciación de las observaciones, por ser de sólo tres años, no puede afectar en forma apreciable los resultados.

Las series de observaciones utilizadas pueden considerarse buenas, perfectamente depuradas y homogéneas, pues proceden todas de estaciones que han tenido siempre un buen servicio de observación e inspección. Muy pocas series fueron completadas, por faltarles algunos meses de observación, siguiendo el criterio de interpolar el dato faltante con el correspondiente a las estaciones más próximas de la misma zona, razón que justifica la homogeneidad del conjunto.

CUADRO I. — Ubicación de las estaciones pluviométricas

Nº	Nombre	Prov. o territorio	Altura s/nivel del mar (metros)	Latitud (S)	Longitud (W de G)
1	La Quiaca	Jujuy	3.458	22° 06'	65° 36'
2	Jujuy	Jujuy	1.303	24° 11'	65° 18'
3	Salta	Salta	1.182	24° 47'	65° 25'
4	Nueva Pompeya	Presidente Perón	153	24° 55'	61° 39'
5	San Fco. de Laishi	Formosa	75	26° 12'	58° 42'
6	Santa María	Catamarca	1.957	26° 42'	66° 02'
7	Tucumán	Tucumán	481	26° 48'	65° 12'
8	Posadas	Misiones	111	27° 23'	55° 54'
9	Corrientes	Corrientes	60	27° 28'	58° 49'
10	Andalgalá	Catamarca	1.063	27° 33'	66° 17'
11	Sgo. del Estero	Sgo. del Estero	187	27° 47'	64° 18'
12	Tinogasta	Catamarca	1.204	28° 04'	67° 34'
13	Cañada Ombú	Santa Fe	58	28° 17'	60° 01'
14	Catamarca	Catamarca	546	28° 28'	65° 47'
15	Santo Tomé	Corrientes	80	28° 34'	56° 02'
16	Icaño	Sgo. del Estero	101	28° 41'	62° 53'
17	Goya	Corrientes	37	29° 09'	59° 16'
18	Chilecito	La Rioja	1.101	29° 10'	67° 30'
19	Mercedes	Corrientes	92	29° 11'	58° 05'
20	La Rioja	La Rioja	516	29° 25'	66° 52'
21	Ceres	Santa Fe	88	29° 53'	61° 57'

CUADRO I (Continuación)

Nº	Nombre	Prov. o territorio	Latitud (S)	Longitud (W de G)	Altura s/nivel del mar (metros)
22	Monte Caseros	Corrientes	30° 16'	57° 39'	51
23	Concordia	Entre Ríos	31° 23'	58° 02'	37
24	Córdoba	Córdoba	31° 24'	64° 11'	425
25	San Francisco	Córdoba	31° 28'	62° 06'	114
26	San Juan	San Juan	31° 37'	68° 32'	630
27	Santa Fe	Santa Fe	31° 39'	60° 43'	61
28	Bdo. de Irigoyen	Santa Fe	32° 10'	61° 10'	41
29	Victoria	Entre Ríos	32° 37'	60° 11'	29
30	Bell Ville	Córdoba	32° 58'	62° 41'	130
31	Leones	Córdoba	32° 40'	62° 18'	117
32	Marcos Juárez	Córdoba	32° 42'	62° 07'	112
33	Mendoza	Mendoza	32° 53'	68° 52'	827
34	Guaqueguay	Entre Ríos	33° 03'	59° 19'	15
35	Río Cuarto	Córdoba	33° 10'	64° 20'	420
36	Mercedes	San Luis	33° 41'	65° 29'	515
37	Rufino	Santa Fe	34° 16'	62° 43'	118
38	Nicolás Bruzzone	Córdoba	34° 26'	64° 20'	200
39	Junín	Buenos Aires	34° 35'	60° 56'	80
40	Buenos Aires	Cap. Federal	34° 35'	58° 29'	25
41	Santa Eleodora	Buenos Aires	34° 41'	62° 41'	111
42	Cañada Verde	Córdoba	34° 50'	64° 35'	212
43	General Villegas	Buenos Aires	35° 01'	63° 01'	117
44	Nueve de Julio	Buenos Aires	35° 27'	60° 53'	76
45	Chascomús	Buenos Aires	35° 34'	58° 01'	13
46	Trenque Lauquen	Buenos Aires	35° 58'	62° 44'	96
47	Victoria	Eva Perón	36° 13'	65° 26'	312
48	Dolores	Buenos Aires	36° 16'	57° 41'	9
49	Telén	Eva Perón	36° 16'	65° 31'	302
50	Santa Rosa	Eva Perón	36° 37'	64° 19'	183
51	Azul	Buenos Aires	36° 46'	59° 50'	153
52	Guaminí	Buenos Aires	37° 02'	62° 23'	109
53	Carhué	Buenos Aires	37° 13'	62° 44'	114
54	General Acha	Eva Perón	37° 22'	64° 35'	223
55	Balcarce	Buenos Aires	37° 50'	58° 14'	112
56	Bernasconi	Eva Perón	37° 55'	63° 45'	168
57	Mar del Plata	Buenos Aires	38° 08'	57° 35'	23
58	Tres Arroyos	Buenos Aires	38° 23'	60° 16'	109
59	Bahía Blanca	Buenos Aires	38° 44'	62° 12'	73
60	Neuquén	Neuquén	38° 57'	68° 07'	268
61	Río Colorado	Río Negro	39° 01'	64° 05'	78
62	Choele Choel	Río Negro	39° 17'	65° 39'	132
63	Conesa	Río Negro	40° 06'	64° 25'	60
64	Patagones	Buenos Aires	40° 47'	63° 01'	40
65	Trelew	Chubut	43° 14'	65° 18'	39
66	Sarmiento	Chubut	45° 35'	69° 04'	410
67	Santa Cruz	Santa Cruz	50° 01'	68° 34'	111

Nota: Los datos de las estaciones: Santa Fe, Marcos Juárez, Cañada Verde, General Villegas, Victoria, Guaminí y Patagones figuran sólo en las tablas 1, 2 y 3.



FIG. 1.

III. — REPARTICION GEOGRAFICA DE LA PRECIPITACION *

a) *Cantidad de lluvia.* — La repartición pluviométrica está representada en el mapa de la Fig. 2 con el trazado de isohietas de totales anuales, conforme a los valores de la tabla 1. Examinando la distribución de la lluvia a través del territorio, resulta en general:

1) La precipitación disminuye en forma gradual de este a oeste, del litoral hacia el interior hasta la precordillera. De allí aumenta rápidamente hacia el límite con Chile, caracterizándose el fenómeno con mayor intensidad desde el territorio de Neuquén hacia el sur.

2) Considerado el país en el sentido sur-norte, es decir, en el de su mayor extensión, la cantidad de lluvia aumenta progresivamente desde el territorio de Chubut hacia el norte y noreste.

3) Exceptuándose de estas características la provincia de Tucumán, que presenta un centro de lluvias intensas y el noroeste de la provincia de Salta y parte de la provincia de Jujuy, con otro centro de lluvias máximas.

4) La zona de precipitación con menos de 300 milímetros de promedio anual, abarca la Patagonia, una gran extensión de la región andina, particularmente las provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja, y parte oeste de las provincias de Catamarca, Salta y Eva Perón.

5) La zona con promedio entre 300 y 700 milímetros, abarca una parte central del país, al norte de Río Negro, que comprende el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, provincia de Eva Perón, provincia de San Luis, oeste de la provincia de Córdoba, centro y oeste de la provincia de La Rioja, provincia de Santiago del Estero, con excepción de una faja angosta del este, oeste de la provincia de Catamarca, centro y este de las provincias de Salta y Jujuy, oeste de la provincia Presidente Perón y Territorio de Formosa.

6) La zona con cantidades entre 700 y 1.000 milímetros de precipitación ocupa la parte centro-este del país, hacia el norte del paralelo 40°, que abarca el centro y este de la provincia de Buenos Aires, centro y oeste de la provincia de Córdoba, provincia de Santa Fé, con excepción de una zona reducida al noreste, centro y sud de la provincia de Entre Ríos, este de la provincia de Santiago del Estero, centro de la provincia Presidente Perón y del Territorio de Formosa.

7) La zona de máximas precipitaciones —de 1000 milímetros hasta 1600— abarca el norte de la provincia de Entre Ríos, provincia de Corrientes, territorio de Misiones, noreste de la provincia de Santa Fé, este de la provincia Presidente Perón y territorio nacional de Formosa. La provincia de Tucumán y una faja angosta de precipitaciones altas que se extiende sobre la Cordillera de los Andes en las jurisdicciones de Neuquén y Río Negro, pueden también incluirse en esta zona.

b) *Días de lluvia.* — Los días de precipitación en promedio por año varían en nuestro país entre un mínimo de 14 y un máximo de 82.

Computados los días con cantidades de precipitación igual o mayor que 1 milímetro, resulta la frecuencia media mensual y anual indicada

* El autor agradece la colaboración prestada por el Departamento de Hidrometeorología en los trabajos de cómputos, gráficos y mapas. En especial manera reconoce la labor realizada por la señorita María Esther Oteiza, Jefe de la Oficina de Cómputos Pluviométricos.

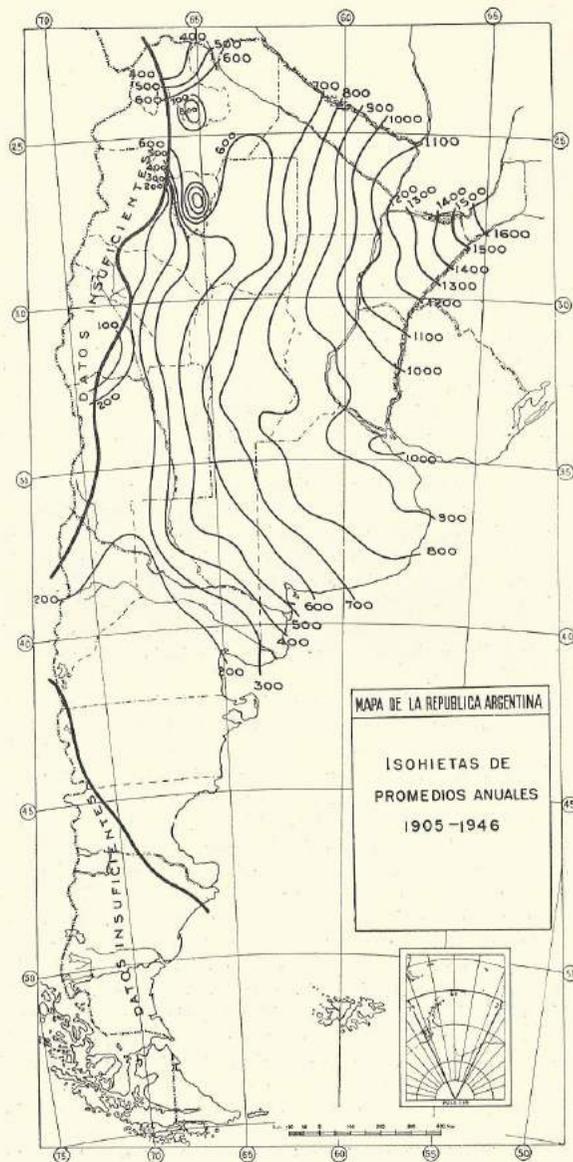


FIG. 2.

en la tabla 4, representada gráficamente en la Figura 3; y en la tabla 5, la misma frecuencia para precipitaciones iguales o mayores a 0,3 milímetros. La tabla 6 contiene los mismos valores de la 5 reducidos a meses de igual duración, en $\%$ de la frecuencia.

Analizando los resultados obtenidos para todo el territorio del país, resulta lo siguiente: en general, el número de días y la cantidad de precipitación guardan una relación directa, es decir, que el promedio de días de lluvia aumenta con el promedio de precipitación anual.

Se tiene, en efecto, que el máximo de días anuales de lluvia, 82, corresponde a Posadas, donde se registra un promedio de precipitación anual de 1579,5 mm. Y en cuanto al mínimo, también se observa lo mismo entre el valor de ambos factores, pues en San Juan, donde se registra el mínimo de días de lluvia, 14, también se produce el mínimo de lluvia 93,5 mm anuales en promedio.

Sin embargo, esta regularidad entre los días y cantidad de precipitación no se produce en la parte central de la provincia de Córdoba con precipitación media de 700 mm. En efecto, el total de días anuales de precipitación, 60, corresponde a la distribución general de zonas en las cuales la precipitación es mayor: de 900 a 1100 mm. Tampoco se produce en la parte este de la provincia de Buenos Aires, donde se observa en general mayor número de días de lo que podría calificarse como número normal.

c) *Densidad de lluvia.* — Para apreciar la abundancia de la precipitación podría utilizarse el valor de la densidad de lluvia, es decir, la cantidad media de precipitación por día (promedio de lluvia dividido por el promedio de frecuencia). Estos valores se han calculado para cada estación, conteniendo la tabla 7 la densidad media anual, y la tabla 8, la densidad media mensual.

Examinando los valores de la primera tabla mencionada y el mapa de la Fig. 4 representativo de los mismos, resulta que la repartición de la densidad anual en nuestro país adopta aproximadamente la misma forma que las precipitaciones totales anuales, esto es, que se registra el máximo de densidad en la zona noreste y disminución gradual hacia el oeste, zona cordillerana de San Juan y Mendoza y en la Patagonia. Existen algunos centros de alta densidad que no concuerdan con los de lluvia, tales son los que aparecen al norte de la provincia de Santa Fe y sur de la provincia Presidente Perón, y norte y este de la provincia de Buenos Aires, no existiendo tampoco alta densidad en las provincias de Tucumán y Jujuy en correspondencia con las precipitaciones.

La densidad máxima absoluta corresponde a Santo Tomé con 19,1 mm, y la mínima absoluta, a Sarmiento con 3,3 mm.

IV. — DISTRIBUCION ANUAL DE LA PRECIPITACION

a) *Precipitación mensual.* — Al estudiar la distribución de la lluvia durante el año utilizando los promedios mensuales debe tenerse en cuenta la diferencia en número de días de los distintos meses, a fin de evitar que la comparación resulte errónea, dificultad que se obvia reduciendo las observaciones pluviométricas a meses de igual duración. (Tablas 2 y 3).

Los promedios mensuales calculados se reducen entonces a un mes de 30,44 días, es decir, a la doceava parte del año, con lo cual los prome-

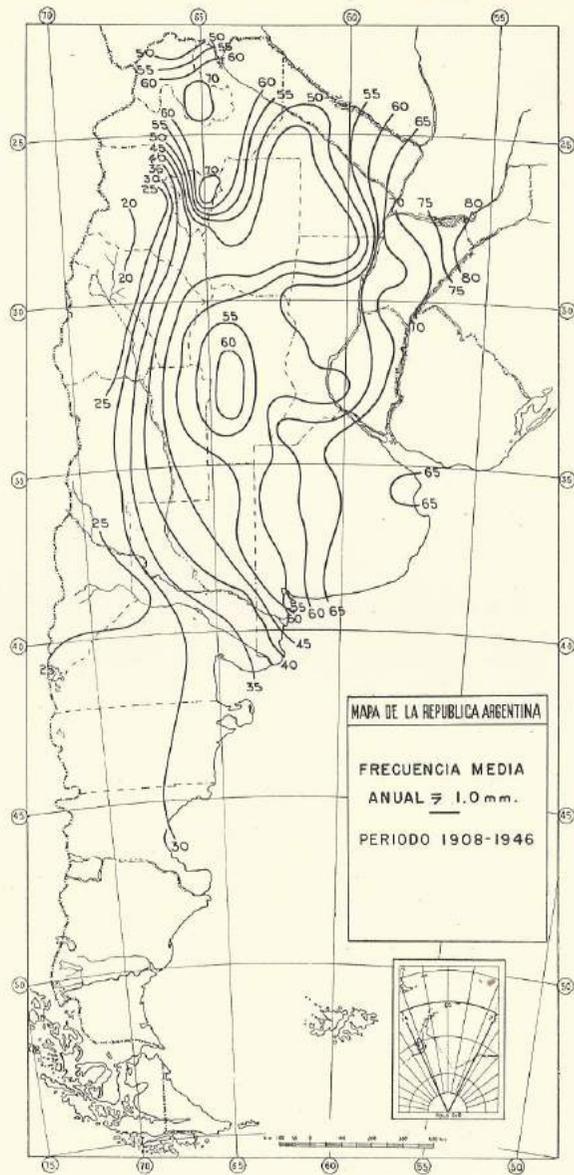


FIG. 3.

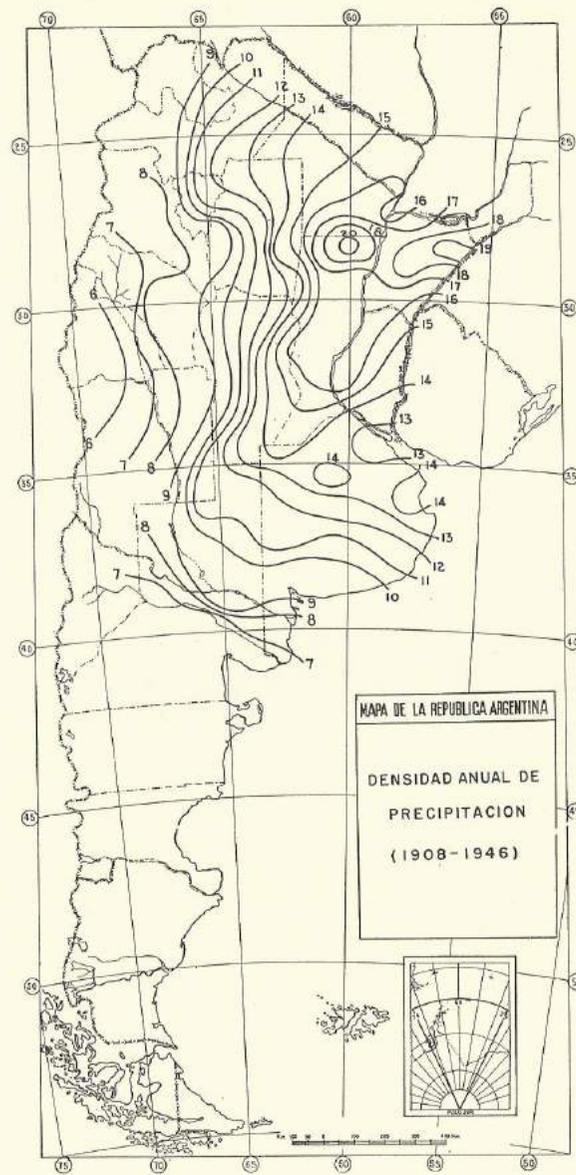


FIG. 4.

dios de los meses de 31 días disminuyen de valor, y los de 30 y el mes de febrero aumentan.

Este procedimiento es censurado por algunos investigadores arguyendo que los nuevos valores dan una suma total anual falsa, pero si se tiene en cuenta que entre ambos totales la diferencia es muy pequeña, creemos que, para nuestro propósito, puede ella despreciarse.

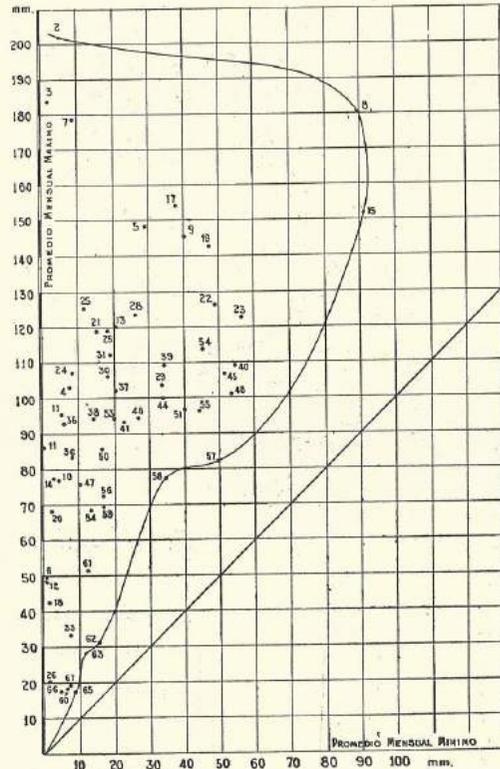


FIG. 5.—La numeración de los puntos corresponde a las estaciones del cuadro I.

Para el estudio pluviométrico de la repartición anual de la precipitación correspondiente a estaciones aisladas, se considera suficiente sólo la modificación de las cantidades mensuales a meses de igual duración, pero cuando se trata del estudio comparativo de la repartición de muchas estaciones con régimen diferente satisface mejor transformar los totales mensuales en tanto por mil de los totales anuales, como se ha hecho en la tabla 3.

Del examen de los datos contenidos en dicha tabla, resulta la repartición netamente característica de la precipitación en todas las estaciones

consideradas, con un mínimo en invierno y con dos valores máximos, uno entre los meses de febrero y abril y otro entre los meses de octubre a diciembre, es decir, en otoño y primavera; registrándose el segundo máximo, en la mayoría de las estaciones, en el mes de diciembre.

También aparece la tendencia a producirse el fenómeno inverso en Sarmiento, donde se registra la máxima precipitación durante los meses de invierno. En Neuquén y Trelew se nota la tendencia a producirse los máximos promedios en épocas próximas al invierno, pues uno se registra en mayo y otro en octubre, en ambos lugares.

El valor mensual máximo de 183,2 $\frac{\%}{100}$ corresponde a Salta, mes de enero, y el mínimo de 0,3 $\frac{\%}{100}$ a La Quiaca, mes de mayo, y a Santa María, mes de julio.

El gráfico de la Fig. 5 representa los promedios mensuales máximos y mínimos.

b) *Frecuencia mensual de días de lluvia.*—La distribución de los valores medios mensuales de la frecuencia de precipitación ha sido recopilada en la tabla 6, que fué calculada, para la mejor comparación entre las estaciones, reduciendo los valores a meses de igual número de días y en un $\frac{\%}{100}$ de la frecuencia total anual. La observación de esta tabla lleva a las siguientes conclusiones:

En general, la distribución anual de frecuencia toma la misma forma, aproximadamente, de la que corresponde a la cantidad de precipitación, es decir, que se observan dos mínimos de frecuencia: uno en otoño y otro en primavera, existiendo, sin embargo, un 20 % de estaciones en las cuales se registran otros valores máximos más hacia el invierno. La repartición de los máximos mensuales de frecuencia resulta más irregular que la de los valores de precipitación, sin salir por ello fuera de las dos estaciones nombradas del año.

Los valores máximos y mínimos mensuales de frecuencia en $\frac{\%}{100}$ corresponden a las estaciones indicadas en el cuadro II.

CUADRO II

Mes	Máximos	Lugar	Mínimos	Lugar
Enero	254 $\frac{\%}{100}$	Santa María	47 $\frac{\%}{100}$	Sarmiento
Febrero	237 >	La Quiaca	52 >	Sarmiento
Marzo	151 >	Salta	70 >	Sarmiento
Abril	106 >	Cañada Ombú	20 >	La Quiaca
Mayo	140 >	Neuquén	0 >	La Quiaca y Santa María
Junio	121 >	Sarmiento	0 >	La Quiaca, Santa María y Tinogasta
Julio	95 >	Choele Choel	0 >	La Quiaca, Santa María y Chilcito
Agosto	94 >	Sarmiento	0 >	La Quiaca y Santa María
Septiembre	104 >	Santo Tomé	0 >	Santa María
Octubre	136 >	Las Coloradas	36 >	Chilcito
Noviembre	147 >	Nueva Pompeya	48 >	Neuquén y Tinogasta
Diciembre	212 >	Santa María	47 >	Neuquén

c) *Densidad.*—La repartición de la densidad (promedio de lluvia dividido por el promedio de frecuencia) está dada en la tabla 8 de la que se deducen las características del régimen de densidad que pasamos a detallar.

Las máximas y mínimas mensuales corresponden a las estaciones del cuadro III.

CUADRO III

Mes	Máxima	Lugar	Mínima	Lugar
Enero	26,2	Cañada Ombú	2,6	Sarmiento
Febrero	25,0	Cañada Ombú	3,0	Santa Cruz
Marzo	29,7	Cañada Ombú	3,3	Santa Cruz
Abril	25,6	Victoria	3,2	Sarmiento
Mayo	25,4	Santo Tomé	0	La Quiaca, Santa María y Tinogasta
Junio	16,4	Santo Tomé	0	La Quiaca, Santo Tomé y Tinogasta
Julio	22,1	Cañada Ombú	0	La Quiaca, Santa María y Chilecito
Agosto	21,3	Cañada Ombú	0	La Quiaca y Santa María
Septiembre	16,9	Santo Tomé	0	Santa María
Octubre	24,4	Cañada Ombú	2,4	Santa Cruz
Noviembre	29,7	Cañada Ombú	2,4	Santa Cruz
Diciembre	26,2	Cañada Ombú	2,1	Sarmiento

El valor máximo maximorum de la densidad corresponde al mes de marzo con 29,7 registrado en la estación Cañada Ombú, a la que corresponden también los máximos normales de 8 meses.

El desarrollo normal de los valores mensuales de la densidad durante el año es, generalmente, en casi todas las estaciones, idéntico al de los promedios mensuales de precipitación, vale decir, que el máximo de densidad corresponde a los meses de otoño y primavera, disminuyendo gradualmente hasta obtener el mínimo en los meses de invierno.

Algunas diferencias de relativa importancia se notan en 16 estaciones, entre las que se encuentran, por ejemplo, Posadas y B. Irigoyen, Tucumán, etc., donde aparece un repunte de densidad, especialmente en el mes de julio o agosto, lo que no concuerda con el valor mínimo del promedio de precipitación. Esta diferencia podría interpretarse en el sentido de que en esos meses las precipitaciones son más abundantes en cantidad, en relación al número de días de lluvia.

d) *Precipitación, frecuencia y densidad.* — Resulta de interés, con fines comparativos, la representación gráfica de los siguientes valores para cada estación y mes: promedio de precipitación, frecuencia y densidad.

Con estos valores se han confeccionado los gráficos Figs. 6 a 15, para cada una de las estaciones: Tucumán, Posadas, San Juan, Córdoba, B. de Irigoyen, Buenos Aires, Bahía Blanca, Neuquén, Trelew y Sarmiento. Los puntos representativos de los citados elementos se han determinado con los datos de las tablas 1, 4 y 8.

Fácil resulta deducir de esta representación la concordancia que existe entre el desarrollo de los valores durante el año, es decir, observándose el mínimo en invierno y máximo en otoño y primavera, así como las anomalías que presentan. Por ejemplo, tomando el gráfico de Bahía Blanca, un máximo de precipitación y frecuencia se produce en octubre y el máximo de densidad en abril, desplazado un mes de los otros dos valores. El mínimo coincide en junio y agosto para la densidad la precipitación y la frecuencia.

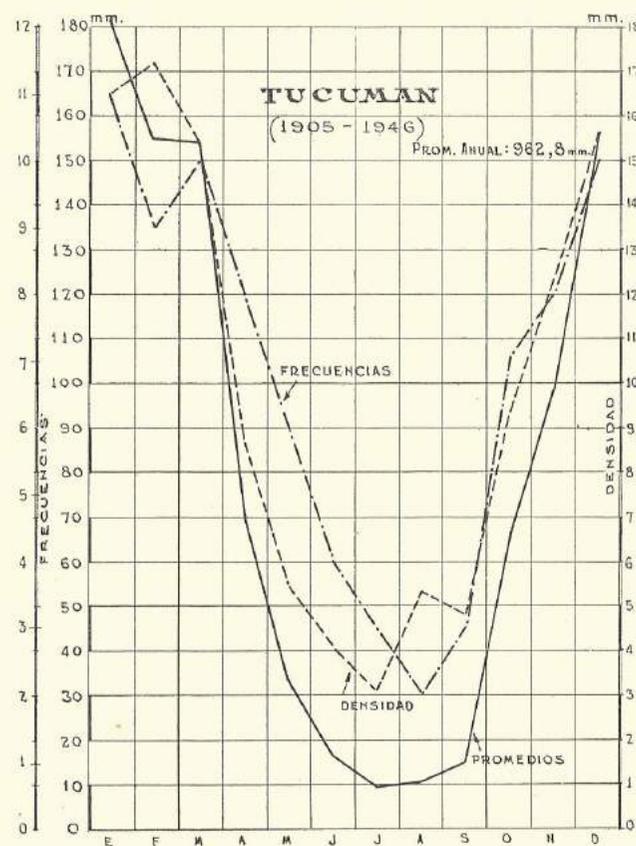


FIG. 6.

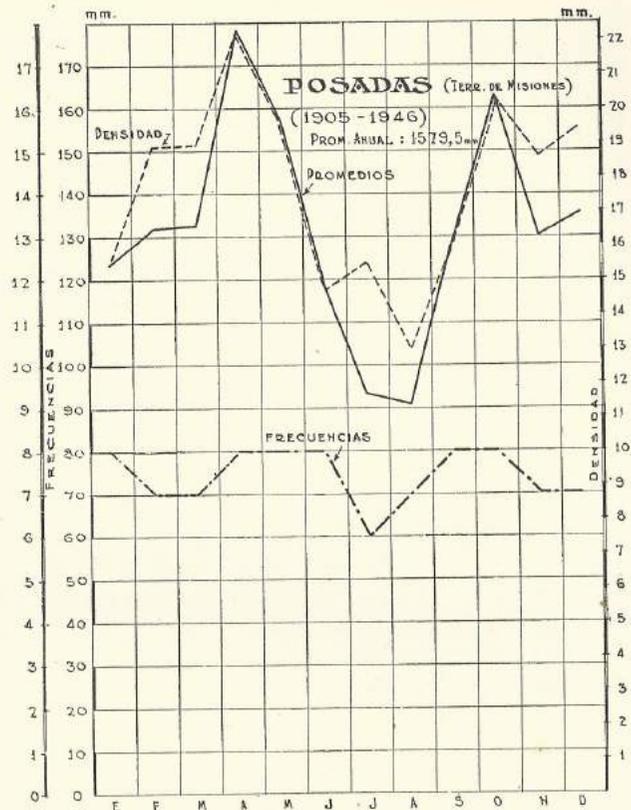


FIG. 7.

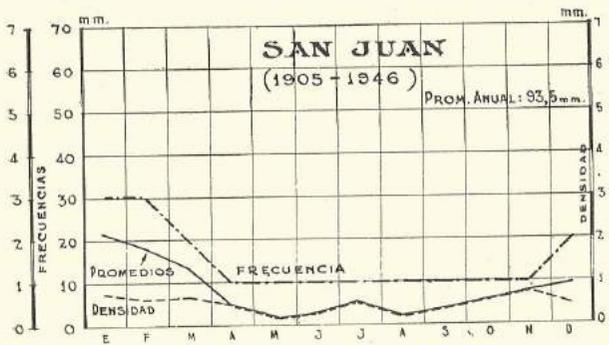


FIG. 8.

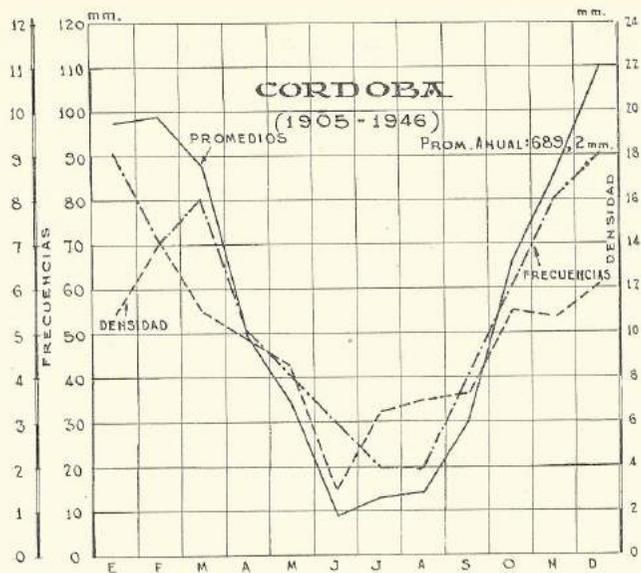


FIG. 9.

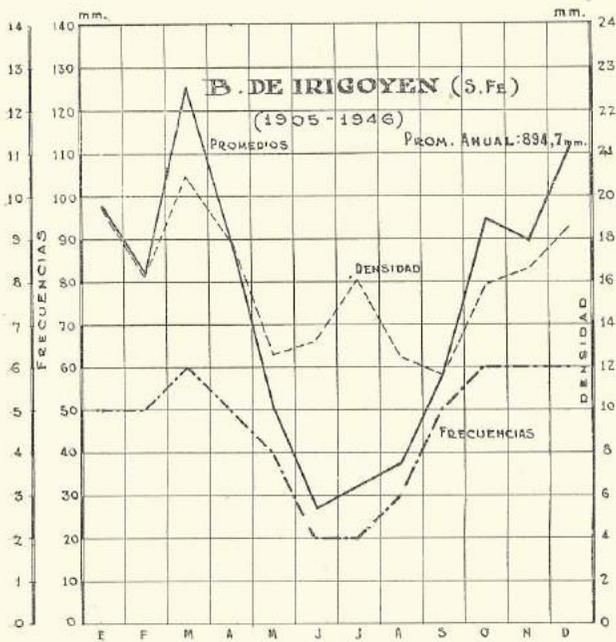


FIG. 10.

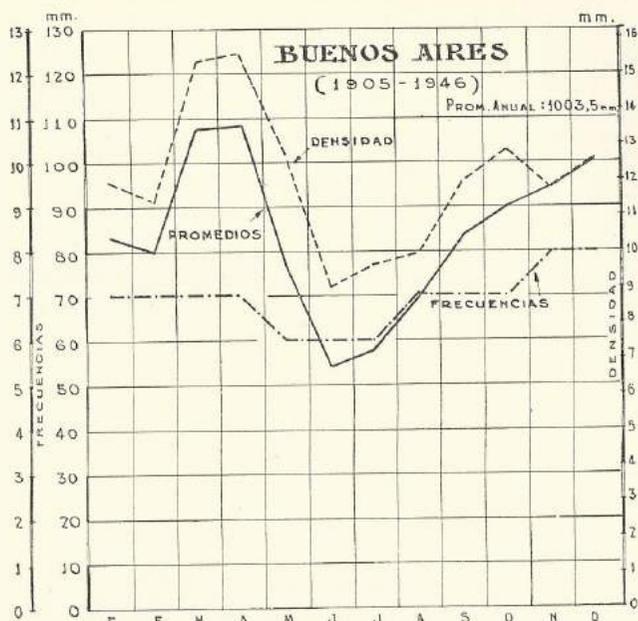


FIG. 11.

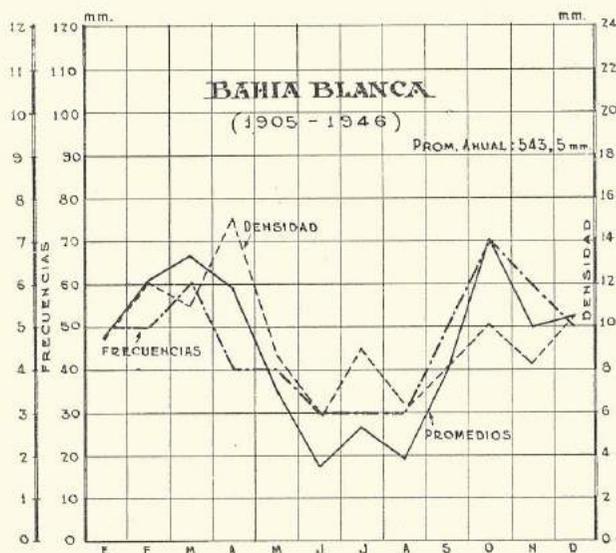


FIG. 12.

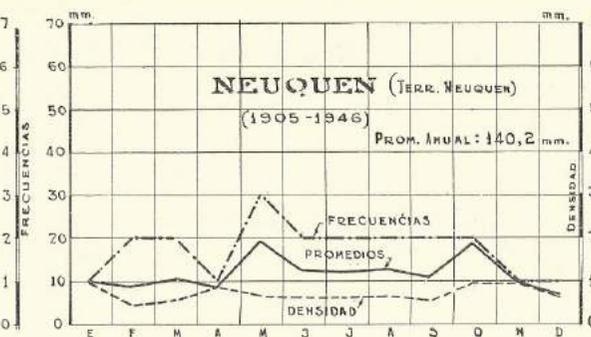


FIG. 13.

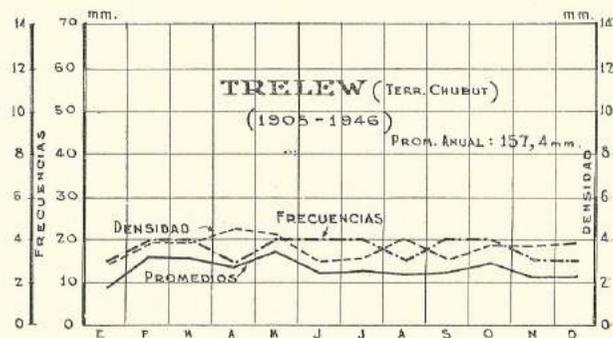


FIG. 14.

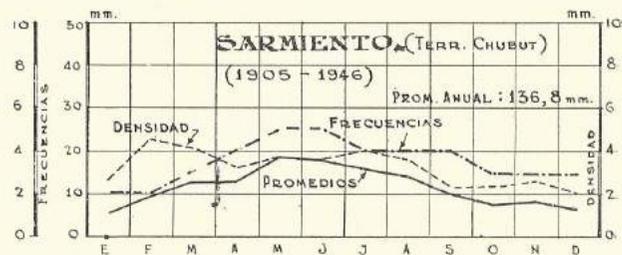


FIG. 15.

V. — VARIABILIDAD DE LA LLUVIA

En el presente capítulo se ofrece la variabilidad de la lluvia en la República Argentina tomando como base los datos pluviométricos observados en 60 estaciones y considerando el mismo récord de 42 años para todas ellas.

El estudio de la variabilidad se ha realizado según el proceso que pasamos a detallar, y el resumen de cuyos resultados se encuentra en el cuadro IV:

1) Se ha calculado el valor de las desviaciones $\delta = P - H$ de los totales anuales P con el promedio anual de la serie de datos H (normal anual) y el coeficiente de dispersión σ , o variabilidad media, en base a los cuadrados de las desviaciones con respecto al promedio H .

2) Se ha hecho la distribución de los valores de las desviaciones δ , o sea la representación de la frecuencia de δ dentro de la siguiente escala:

-4 σ	a	-5 σ	0	a	+ σ
-3 σ	>	-2 σ	+ σ	>	+ 2 σ
-2 σ	>	- σ	+ 2 σ	>	+ 3 σ
- σ	>	0	+ 3 σ	>	+ 4 σ

3) Se han calculado los valores probables y errores medios del número de casos correspondientes a los siguientes términos de la escala:

Valor probable		Error medio	
0	a + σ	13,12	0,556
0	> - σ	15,38	0,580
- σ	> + σ	28,50	0,243
+ σ	> + 2 σ	5,52	0,224
- σ	> - 2 σ	6,08	0,210
+ 2 σ	> + 3 σ	1,32	0,099
- 2 σ	> - 3 σ	0,47	0,080
$\pm \sigma$	> $\pm 2 \sigma$	11,60	0,275

Observando los resultados del cuadro IV, podemos concluir, con respecto a esta distribución, que los totales anuales de lluvia se reparten aproximadamente en forma normal, pues la mayoría de los casos se encuentran comprendidos entre + σ y - σ .

Haciendo un análisis de los resultados correspondientes a cada estación se tiene:

a) Las siguientes 22 estaciones, o sea $\frac{1}{3}$ del total, acusan 28 ó 29 casos comprendidos entre + σ y - σ cuyo valor probable es $28,50 \pm 0,243$:

La Quiaca	Victorica
Tucumán	Choele Choel
Posadas	Ceres
Corrientes	Concordia
Catamarca	Santiago del Estero
San F. de Laishi	Bernasconi
Mercedes (Corrientes)	Conesa
Mercedes (San Luis)	Mar del Plata
Santa Rosa	Tinogasta
Andalgalá	Sarmiento
Monte Caseros	San Juan

Las restantes se diferencian en un máximo de dos casos, por lo que puede afirmarse que prácticamente todas las estaciones caen dentro del valor normal.

b) Las siguientes 24 estaciones acusan 40 casos comprendidos entre - 2 σ y + 2 σ cuyo valor probable es $40,10 \pm 0,115$:

Azul	Tres Arroyos
Nueve de Julio	Icaño
La Quiaca	Cañadón Verde
Tucumán	San Francisco
Santo Tomé	Andalgalá
Salta	Gualaguay
Posadas	Bernasconi
Balcarce	Santa Cruz
Guaminí	Conesa
San F. de Laishi	Tinogasta
Trenque Lauquen	Choele Choel
Ceres	San Juan

Las restantes se diferencian en un máximo de dos casos, lo cual indica que, prácticamente, con pequeña diferencia, están todos comprendidos dentro del valor probable.

4) A fin de poder clasificar la distribución de los totales anuales de lluvia tomando como base la dispersión, se propone el siguiente sistema de clasificación:

- 4 σ	a	- 3 σ	extraordinariamente seco
- 3 σ	>	- 2 σ	muy seco
- 2 σ	>	- σ	seco
- σ	>	+ σ	normal
+ σ	>	+ 2 σ	húmedo
+ 2 σ	>	+ 3 σ	muy húmedo
+ 3 σ	>	+ 4 σ	extraordinariamente húmedo

Examinando los resultados consignados en el cuadro IV se advierte que no aparecen datos en la categoría - 4 σ a - 3 σ en ninguna estación.

5) Se ha calculado también para cada estación el promedio de la dispersión δ_m (variabilidad media) que resulta de la suma de todas las dispersiones, dividido por el número de años, sin tener en cuenta el signo. Es sabido que en una repartición normal se tiene:

$$\delta_m = \sigma \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0,7986$$

También se calculó la variabilidad media en tanto por ciento del promedio anual H .

6) Se ha calculado la relación $\frac{\delta_m}{\sigma}$ para todas las estaciones, encontrándose valores que varían entre 0,722 y 0,878, siendo el promedio 0,7922, es decir, un valor muy próximo al teórico.

7) Se ha estudiado también la variabilidad de la lluvia tomando en consideración, para cada estación, el coeficiente de variabilidad $\frac{T-t}{H}$, siendo H el promedio anual y T y t los valores extremos de precipitación.

8) Además, se ha calculado el coeficiente Δ , denominado por H. Maurer "máximo coeficiente de variabilidad", que se expresa por:

$$\Delta = \frac{\log \frac{T+a}{t+a}}{\log b}$$

siendo $a = 164,5$ y $b = 1,18$ (1).

Los valores de Δ se calculan con la tabla de la página 150 del Meteorologische Zeitschrift, año 1936, y su significado es el que se expresa a continuación:

Para comparar la variabilidad de la lluvia registrada en distintos lugares, se utiliza también el coeficiente $Q = \frac{T}{t}$ de variación de Hellmann, el cual algunos autores consideran que no siempre es apropiado, siendo T la cantidad máxima y t la mínima anual registrada.

Así, por ejemplo, en caso de ser T y t muy pequeños se obtiene a menudo para Q , por razones aritméticas, valores muy elevados, resultando en lugares donde la lluvia es muy reducida una variabilidad muy grande, a veces exagerada, no siendo aplicable entonces la expresión elegida por Hellmann "variabilidad destructora".

La máxima variabilidad clasificada Δ de valores extremos. — En 1928 Maurer propuso un coeficiente de variabilidad comparable de la lluvia: la "máxima variabilidad, Δ ". Para obtenerlo clasificó la cantidad de lluvia en intervalos que representan un valor equivalente de la cantidad t .

En lugar de cada valor de lluvia t introduce un número s donde la derivada $\frac{dt}{ds}$ es proporcional a $(t+a)$.

El valor de la constante a debe determinarse de manera que para el valor de $t = 0$ también $s = 0$.

La ecuación $dt = m(t+a)$, donde m es también una constante, debe poder integrarse de manera que el valor $t = 0$ y el $s = 0$ se correspondan entre sí.

Esto exige las fórmulas:

$$t = a(bs - 1);$$

o bien

$$s = \frac{\log \frac{t+a}{a}}{\log b}$$

Con la tabla 1 de la página 151 de la revista citada pueden obtenerse los valores de s correspondientes a los valores de t .

Puede admitirse que así como los logaritmos representan magnitudes características de los números, los valores de s representan magnitudes

¹ Cfr. Meteorologische Zeitschrift, 1928, pág. 166.

características de las cantidades de lluvia t . Y como en lugar de una relación de dos cantidades se emplea la diferencia de sus logaritmos, se obtiene, en lugar del cociente de variación $Q = \frac{T}{t}$, es decir, entre la máxima T y la mínima t de lluvia, la diferencia de sus correspondientes valores de s .

$$\Delta = s(T) - s(t) = \frac{\log \frac{T+a}{t+a}}{\log b}; \quad \text{de donde,} \quad b^{\Delta} = \frac{T+a}{t+a}$$

Esta diferencia Δ , la máxima variabilidad, se considera un buen índice de caracterización aplicable a la variabilidad de los valores en las series pluviométricas.

Supongamos, por ejemplo, $T = 659$ mm como cantidad máxima anual y $t = 94,1$ mm la mínima, de una serie pluviométrica. En la tabla 1 encontramos $s(T) = 9,73$ y $s(t) = 2,73$, es decir, $\Delta = 7,00$, valor que se considera en extremo desfavorable.

Donde una cantidad anual de 659 mm se considera en muchos lugares como buena y abundante para diversos cultivos, la cantidad de 94 mm resulta escasa y característica de sequía.

Tomemos ahora $T = 35$ mm y $t = 5$ mm. La tabla 1 mencionada da en cambio $s(T) = 1,17$ y $s(t) = 0,18$, es decir, $\Delta = 0,99$; un valor en extremo reducido de la variabilidad que corresponde exactamente al caso real.

Para Sudamérica, Maurer propone la siguiente escala de clasificación:

Variabilidad favorable	$\Delta < 4$
Relativamente favorable	$4 \leq \Delta < 7$
Desfavorable	$7 \leq \Delta < 8$
Muy desfavorable	$\Delta > 8$

Con valores reducidos de lluvia el cociente de variabilidad representa casi una magnitud aritmética pura y no significa una característica o propiedad meteorológica.

ESCALA DE VARIABILIDAD S

El cálculo de Δ comprende sólo dos años de la serie, uno con el valor máximo y otro con el mínimo total anual, T y t respectivamente. Una clasificación más completa de las lluvias se obtiene haciendo entrar en el cálculo todos los totales de la serie, es decir, de todos los años.

Supongamos que t es un total anual. Para cada cantidad anual t se calcula el valor correspondiente de s con la tabla 1. Luego se calcula el promedio $s_m = \frac{\sum s}{n}$

La escala de variabilidad S es:

$$S = \frac{100 \sum (s - s_m)^2}{n}$$

Este valor de S significaría la suma de los cuadrados de los errores para una serie de 100 años, si consideramos como error de un año a la

desviación del coeficiente s de cada año respecto al promedio de todos los valores s de la serie de n años.

Los límites para los diferentes grados de variabilidad pueden fijarse con los siguientes números: $S = 75; 150; 225$ y 300 .

9) *Coficiente de variación, C. V.* — Los valores calculados de este coeficiente varían entre 0,206 (Azul) y 0,540 (San Juan).

10) *Exactitud de los promedios pluviométricos.* — La exactitud de los promedios pluviométricos puede caracterizarse por su error probable, el cual suele expresarse en los promedios pluviométricos en tanto por ciento de estos valores. Se han calculado los errores probables de los promedios anuales de lluvia de cada estación encontrándose valores que oscilan entre 2,142 y 5,624, correspondientes a las estaciones de Azul y San Juan, respectivamente (Ver cuadro IV).

La fórmula de aplicación es la siguiente:

$$F\% = \frac{\sigma 0,6745 \times 100}{\sqrt{n} \times H},$$

siendo n el número de años y H el promedio anual de la serie.

Para los 42 años del record utilizado en el presente estudio, la fórmula resulta:

$$F\% = \frac{10,41 \sigma}{H}$$

RESULTADOS

En el estudio de la variabilidad de la lluvia realizado para la República Argentina se llega a los siguientes resultados:

1) El coeficiente de dispersión σ varía entre 49,7 y 388,6, correspondiendo el primer valor a la estación San Juan y el segundo a Posadas.

2) Haciendo la frecuencia clasificada de los valores de la dispersión para cada estación, respecto al valor de σ , dentro de los intervalos 0 a $+\sigma$, $+\sigma$ a $+2\sigma$, etc., resulta que las $\frac{2}{3}$ partes de los casos están comprendidos en la parte central del gráfico de frecuencia ($-\sigma$ a $+\sigma$), por lo que puede considerarse que la distribución de la lluvia es normal en nuestro país con pequeña asimetría hacia los valores positivos de σ .

3) En cuanto a la variabilidad de la lluvia estudiada en base al coeficiente de Maurer Δ calculado con los valores extremos de los totales anuales y su correspondiente escala de valores límites de clasificación, se hace notar lo siguiente:

El valor de Δ está expresado por una diferencia de logaritmos y tiene la ventaja de eliminar en absoluto los valores exagerados, pues prácticamente se encuentran comprendidos entre 0 y 28, correspondientes a los valores de 0 y 16.774 mm de lluvia, respectivamente; de modo que para este último caso sería igual a 28.

El valor de Δ se considera muy apropiado para su aplicación en el examen comparativo de las variaciones de los totales anuales de lluvia; y el valor de S , aplicable para comparar la variabilidad en base al promedio de los totales anuales.

Tinog San Juan	Santa Fe	Victoria	Bell-Ville	Marcos Juárez
----------------	----------	----------	------------	---------------

CUADRO IV

	La Plata	Jujay	Salta	Nueva Pompeya	San Fco. La Rioja	Santa María	Tucumán	Ponasa	Corrientes	Andalgalá	Santiago del Estero	Tucuzá	Cañada Ombú	Catamarca	Santa Teresita	Isaño	Goya	Chilichilo	Mercedes (Cien.)	La Rioja	Ceres	Monte Caseros	Concordia	Córdoba	San Francisco	San Juan	Santa Fe	Victoria	Bell-Villa	Mason Juárez	
Promedio anual H (1905-1946)	300.7	816.7	698.1	679.4	1159.9	183.6	962.8	1579.6	1198.6	295.6	540.9	160.4	915.2	564.4	1488.0	587.0	1154.2	173.8	1210.6	328.6	865.0	1135.9	1084.1	689.2	844.1*	92.0	880.0	856.0	766.5	781.0	
Coefficiente de dispersión σ	64.1	202.0	157.7	189.0	294.5	68.8	205.7	388.6	296.1	90.0	149.4	65.2	281.1	90.1	325.9	171.0	506.6	75.5	518.8	122.5	229.4	349.4	289.1	150.9	255.9	49.7	294.2	245.9	222.6	177.6	
Número de años con desviación \pm :																															
-4 σ a -3 σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-3 σ a -2 σ	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-2 σ a - σ	9	9	4	4	7	6	6	7	1	6	5	6	4	8	6	7	5	7	6	7	6	5	6	6	7	5	10	4	6	8	
- σ a 0	11	11	19	16	17	15	11	16	11	17	17	17	18	17	16	12	16	15	18	14	18	15	18	19	9	19	10	14	11	16	14
0 a + σ	17	16	15	15	11	12	17	12	17	11	12	12	9	11	10	15	14	12	10	12	11	13	11	6	18	10	14	11	16	14	
+ σ a +2 σ	5	7	4	5	5	8	6	5	9	6	5	5	10	8	8	6	4	7	7	8	5	6	6	10	6	6	7	5	4	6	
+2 σ a +3 σ	2	—	1	2	2	1	1	2	3	1	2	2	—	1	1	1	2	—	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	
+3 σ a +4 σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Variabilidad media $\left\{ \begin{array}{l} \text{en mm } \frac{\sum \sigma}{n} = 2m \\ \text{en } \% H \frac{2m \cdot 100}{H} \end{array} \right.$	51.9	165.1	113.9	146.8	250.6	67.0	171.3	300.0	278.7	70.6	124.8	47.6	236.5	75.9	268.8	141.5	240.7	63.2	274.1	99.5	174.9	283.9	240.1	126.1	201.2	40.4	241.0	187.5	188.6	145.4	
Mínimo total anual I	185.2	428.7	375.0	140.0	624.6	62.0	484.5	888.3	639.5	115.1	239.8	39.0	359.0	227.6	712.4	241.0	505.2	70.9	650.7	121.1	424.8	336.5	626.6	401.6	328.0	8.4	455.0	287.5	410.0	471.0	
Máximo total anual T	471.2	1214.5	1221.9	1194.6	1855.9	515.9	1424.2	2565.6	1947.6	519.8	901.0	353.8	1458.0	579.4	2544.6	951.0	1854.5	322.3	1880.8	672.7	1462.1	1851.1	1874.0	1008.4	1454.0	196.0	1745.5	1442.9	1364.0	1175.5	
Amplitud de las oscilaciones $\frac{T-I}{H}$	0.951	0.962	1.215	1.552	1.039	1.382	0.976	1.060	1.074	1.375	1.222	1.864	1.255	0.965	1.096	1.209	1.189	1.446	1.015	1.678	1.199	1.355	1.150	0.880	1.510	2.039	1.486	1.349	1.245	0.902	
Variabilidad máxima de Maurer: $\Delta = s(T) - s(I)$	5.612	5.098	5.689	9.058	5.675	4.543	5.409	5.753	5.689	5.448	5.854	6.410	7.441	3.870	6.351	6.114	6.667	4.390	5.587	6.497	6.135	8.414	5.720	4.402	7.114	4.440	6.995	7.665	5.913	4.565	
$\frac{2m}{\sigma}$	0.809	0.817	0.722	0.777	0.785	0.828	0.835	0.772	0.802	0.786	0.855	0.753	0.841	0.820	0.794	0.826	0.783	0.852	0.859	0.812	0.762	0.812	0.832	0.855	0.786	0.812	0.819	0.762	0.762	0.818	
Coefficiente de variación C.V. $= \frac{\sigma}{H}$	0.213	0.247	0.226	0.278	0.255	0.378	0.214	0.246	0.247	0.304	0.276	0.394	0.307	0.247	0.219	0.291	0.270	0.454	0.265	0.375	0.265	0.308	0.267	0.219	0.303	0.540	0.354	0.287	0.290	0.227	
Error probable $F \% = \frac{10.41 \sigma}{H}$	2.219	2.575	2.352	2.896	2.645	3.901	2.224	2.561	2.572	3.169	2.875	4.102	3.197	2.574	2.280	3.053	2.814	4.522	2.741	3.881	2.761	3.202	2.776	2.279	3.166	5.624	3.480	2.990	3.023	2.367	

CUADRO IV (CONTINUACION)

	Mendoza	Godoy Cruz	Río Cuarto	Mercedes (San Luis)	Rafael	Juan	Buenos Aires	Cañada Venicé	Gral. Villegas	9 de Julio	Chacabuco	Treque Leuquen	Victoria	Dobosá	Santa Rosa	Azul	Guaminí	General Acha	Bajoceros	Bernabé	Mar del Plata	Tres Arroyos	Bahía Blanca	Nesquehú	Chascomús	Conejos	Patagones	Trefes	Sarrieno	Santa Cruz	
Promedio anual H (1905-1946)	202.5	957.9	786.0	621.9*	800.1*	848.4*	1003.3	621.7	748.1*	854.0*	905.0	757.1	527.0	898.0	575.0	867.2	678.9	480.0	781.5*	508.1	774.5*	711.2*	545.8	140.1	250.4	252.2	337.7	157.2	155.8	172.2	
Coefficiente de dispersión σ	78.5	220.4	206.5	139.5	184.2	184.0	261.7	187.0	179.8	180.8	245.4	193.1	189.5	215.1	165.6	178.4	168.5	164.2	195.6	169.5	185.4	191.5	172.2	55.0	103.1	89.6	155.7	59.5	62.7	61.4	
Número de años con desviación \pm :																															
-4 σ a -3 σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-3 σ a -2 σ	1	—	1	1	1	1	—	1	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-2 σ a - σ	4	6	5	5	7	8	5	6	5	6	6	7	7	6	6	9	7	9	8	5	6	6	6	8	8	5	4	5	5	4	
- σ a 0	17	16	15	16	15	11	19	14	16	10	17	15	14	14	13	15	17	12	14	20	14	18	18	13	12	16	20	18	22	20	
0 a + σ	14	14	18	12	13	16	11	17	14	17	14	17	14	19	15	10	10	15	16	9	15	12	14	16	15	10	12	7	12		
+ σ a +2 σ	4	4	3	6	6	4	6	3	6	7	4	3	6	2	7	6	6	8	2	6	3	4	5	4	4	6	7	6	5	4	
+2 σ a +3 σ	2	2	2	2	2	2	1	1	1	—	—	2	—	—	1	2	2	—	1	2	2	1	1	2	2	—	1	5	1		
+3 σ a +4 σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
Variabilidad media $\left\{ \begin{array}{l} \text{en mm } \frac{\sum \sigma}{n} = 2m \\ \text{en } \% H \frac{2m \cdot 100}{H} \end{array} \right.$	58.0	176.9	159.6	107.8	141.5	147.1	215.9	144.9	138.2	144.6	180.5	150.5	142.6	166.0	132.8	145.7	153.2	144.2	144.0	129.0	157.5	139.2	154.2	41.5	82.0	73.8	114.4	49.5	47.5	44.8	
Mínimo total anual I	45.5	561.0	326.1	256.2	381.0	508.5	504.5	209.0	545.0	426.5	441.0	425.3	224.1	493.8	274.5	589.5	591.1	214.5	409.6	215.1	378.1	448.0	303.5	26.0	61.5	74.5	117.3	59.8	56.0	91.7	
Máximo total anual T	591.5	1525.3	1256.6	884.3	1208.0	1227.5	1741.4	1172.0	1159.0	1203.5	1754.0	1511.3	1148.5	1619.6	953.5	1252.4	1116.1	758.0	1418.7	989.6	1230.6	1286.5	1010.0	295.0	479.1	445.1	593.6	317.2	311.2	417.5	
Amplitud de las oscilaciones $\frac{T-I}{H}$	1.271	1.006	1.157	1.042	1.053	0.847	1.235	1.565	1.088	0.909	1.454	1.172	1.753	1.255	1.181	0.764	1.067	1.132	1.214	1.524	1.100	1.177	1.299	1.920	1.667	1.587	1.410	1.637	2.026	1.891	
Variabilidad máxima de Maurer: $\Delta = s(T) - s(I)$	5.947	5.100	6.357	5.815	5.573	4.590	6.324	7.850	5.768	5.072	6.967	5.665	7.354	6.025	5.646	3.814	5.044	5.374	5.527	6.718	5.704	5.205	5.559	5.319	6.325	5.658	5.978	4.618	5.218	4.955	
$\frac{2m}{\sigma}$	0.741	0.802	0.775	0.774	0.768	0.799	0.817	0.775	0.769	0.799	0.735	0.778	0.752	0.772	0.802	0.806	0.791	0.878	0.744	0.762	0.748	0.728	0.779	0.754	0.795	0.825	0.845	0.831	0.757	0.729	
Coefficiente de variación C.V. $= \frac{\sigma}{H}$	0.387	0.250	0.265	0.257	0.230	0.217	0.261	0.301	0.240	0.212	0.272	0.255	0.357	0.240	0.288	0.206	0.248	0.342	0.248	0.335	0.237	0.269	0.317	0.392	0.412	0.586	0.402	0.379	0.462	0.357	
Error probable $F \% = \frac{10.41 \sigma}{H}$	4.029	2.395	2.735	2.779	2.397	2.258	2.715	3.151	2.502	2.204	2.829	2.655	3.745	2.492	2.998	2.142	2.581	3.561	2.580	3.469	2.466	2.800	3.296	4.087	4.286	4.017	4.185	3.940	4.806	3.712	

* Este valor difiere en algunos milímetros del indicado en la Tabla 1 por

El coeficiente Δ , aun considerándolo muy apropiado para representar la variabilidad de los valores extremos, es también objetable en lo que se refiere al valor de las constantes que contienen su fórmula, pues han sido determinadas sólo con el criterio simple, adoptando los pares de valores t y s que más convienen a las condiciones reales del fenómeno de lluvia desde el punto de vista práctico (Maurer).

Así, por ejemplo, en principio se establecieron los pares:

$s = 0, 1, 2, 3, 4$	25
$t = 0, 30, 50, 100, 150$	1000

Los valores fijados a las constantes a y b satisfacen plenamente esta condición un tanto arbitraria.

4) En los mapas, Figs. 16, 17 y 18, que para mayor ilustración se han dibujado con las isolíneas correspondientes a los valores de $C. V.$, Δ , y $\frac{T-t}{H}$ se observa una semejanza muy marcada en la distribución de los coeficientes y en sus líneas respectivas, especialmente en la zona oeste del país, lo que demostraría que los diferentes índices son aptos para la clasificación del régimen de lluvia.

VI. — VALORES MAXIMOS DE LA PRECIPITACION

Para el estudio de los valores máximos de precipitación registrados en la red de estaciones consideradas, se ha realizado la estadística fundada en los siguientes datos: máximas diarias de precipitación, un valor para cada mes, todo el récord (se omite esta tabla por su gran extensión); valores máximos diarios absolutos (Tabla 9); promedios de máximas diarias, de cada mes (m) (Tabla 10); promedio anual de máximas diarias M (valor diario uniforme para cada mes) (Tabla 11); valores de M , H y relación $\frac{H}{M}$ (Tabla 12) y valores de la relación $\frac{h}{m}$ y amplitud (Tabla 13). El resultado obtenido es el siguiente:

a) *Promedios anuales.*— 1) Además del conocimiento de los valores promedios de las máximas diarias, se estima de interés, también desde el punto de vista técnico, las máximas absolutas registradas en 24 horas, durante todo el record, en diversas regiones del país. En la tabla 9, se encuentran los valores registrados en 65 estaciones.

El valor máximo diario registrado en todo el record corresponde a Concordia con 329,7 mm en mayo de 1930, que representa 8,5 veces el promedio de ese lugar. Ese mismo día se anotaron precipitaciones altas en las zonas adyacentes. Así, 370 mm en Yuquerí; 231 mm en Calabacilla; 203 mm en Yerúa, etc.

El valor mínimo registrado corresponde a La Quiaca con 48 mm, que representa 6 veces más el promedio de ese lugar.

2) Los valores máximos diarios de todo el récord, alrededor de 27.000 datos a razón de un valor por cada mes, han sido recopilados en una tabla que no se agrega por su extensión. Sobre ellos se efectuaron los cálculos de las otras tablas correspondientes a este estudio.

3) Haciendo las sumas anuales y promedios de lluvias máximas diarias, se calcularon los promedios anuales M para cada estación correspon-

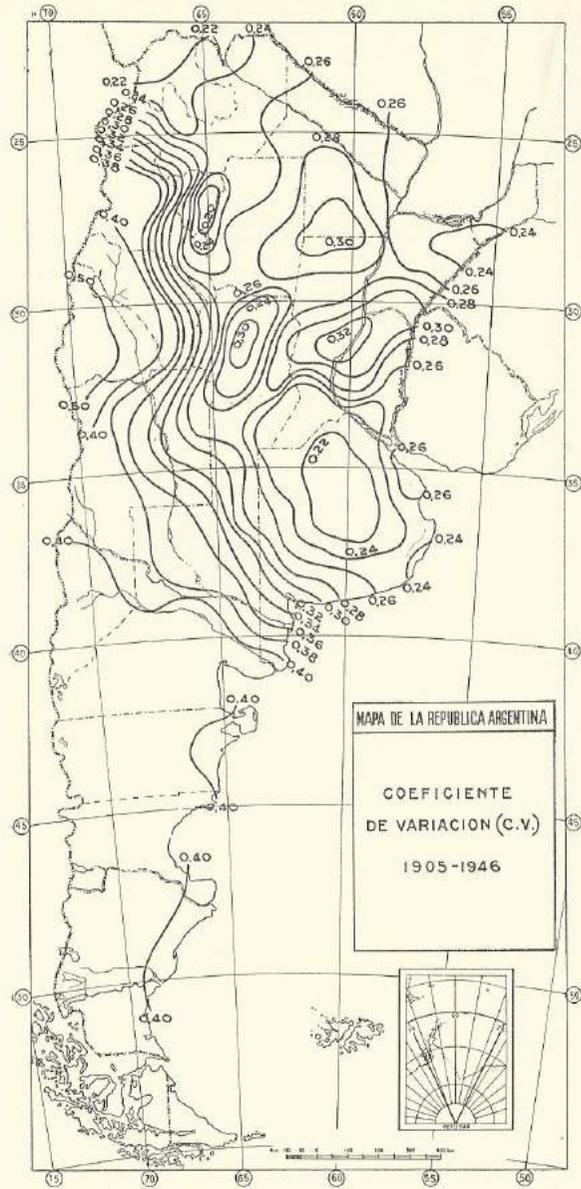


FIG. 16.

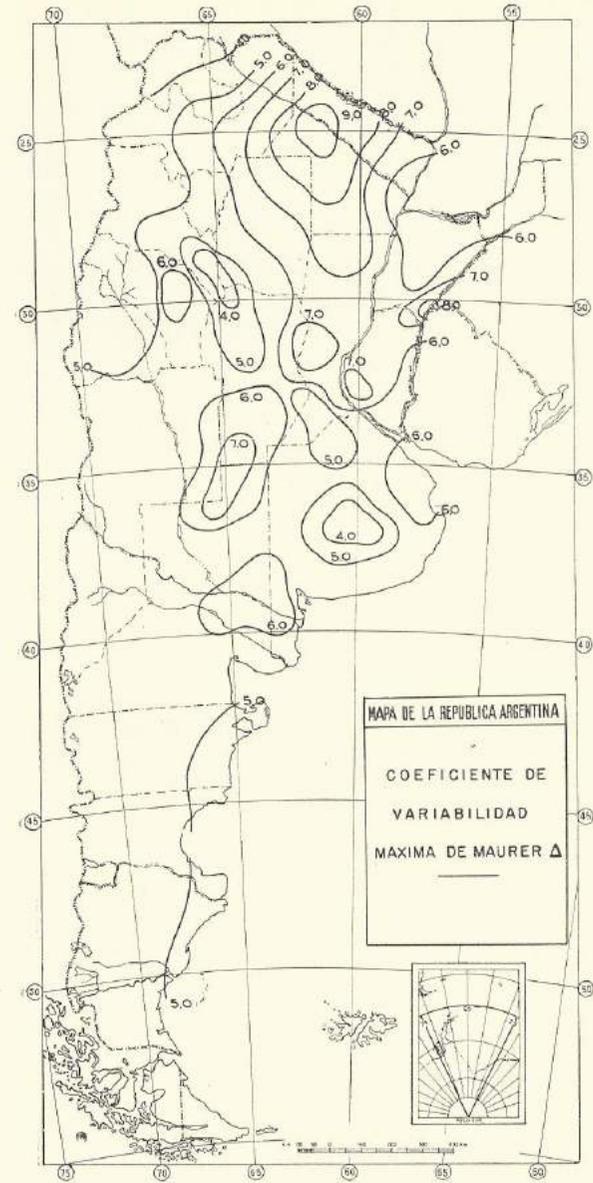


FIG. 17.

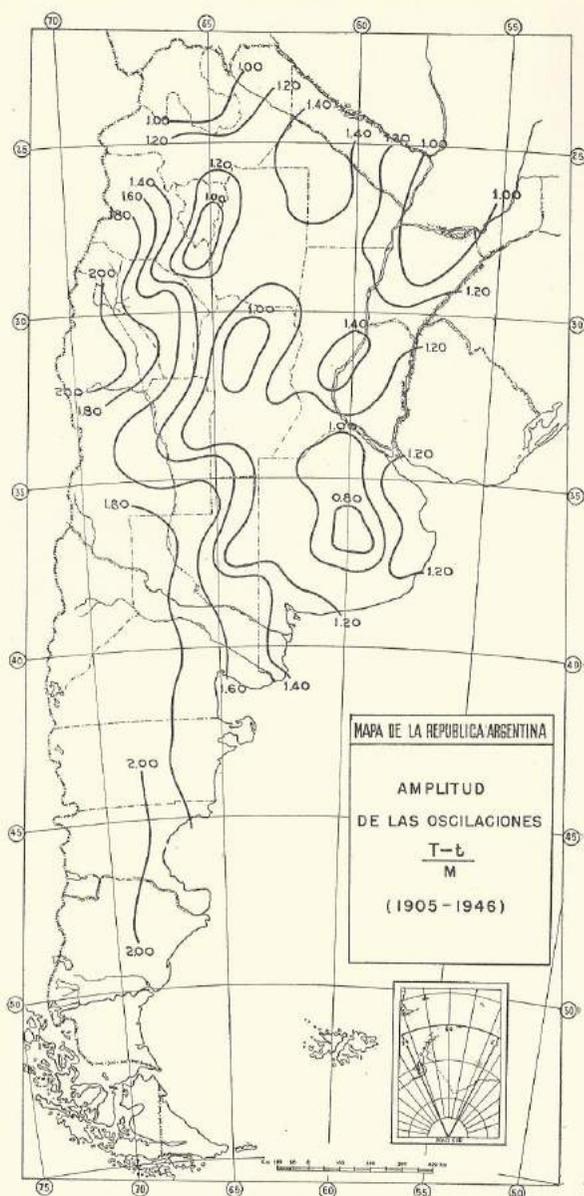


FIG. 18.

diente a todo el record (Tabla 11), trazando con esos valores el mapa, Fig. 19, con isohyetas de 10 a 50 mm, de 5 en 5 mm.

Los valores extremos obtenidos son los siguientes: máxima 49,5 mm, correspondiente a Posadas, y mínimo 4,9 mm, a San Juan.

El trazado de isohyetas en el territorio del país acusa un desarrollo similar al de las isohietas de totales anuales de precipitación, es decir, valores máximos en el noreste del país (Misiones y Corrientes) disminuyendo particularmente de este a oeste, con valores mínimos a lo largo de la zona oeste, próximo a la Cordillera, en la dirección norte a sur, indicada por las líneas, inclinándose hacia el este al llegar a la provincia de Buenos Aires y provincia Eva Perón. En la zona de la provincia de Tucumán existe un centro de alta de 25 mm. El trazado de estas curvas, no obstante el número deficiente de estaciones utilizadas, especialmente en la zona desértica del país, acusa cierta regularidad y da idea clara de la distribución de los valores máximos de precipitación en las diferentes regiones climáticas.

Observando los valores H y M correspondientes a cada estación, tabla 12, se advierte que existe una marcada correlación, en el sentido de que aumentando H aumenta también M , manteniéndose ambos en una relación que oscila entre 17 y 36.

No obstante la semejanza de esta distribución con la de normales anuales, no siempre conviene comparar los valores máximos M con las normales H , pues aparecen algunas anomalías, por ejemplo:

	Buenos Aires	Tucumán	Cañada Ombú	Bell Ville	Salta	Nueva Pompeya
H	1003	962	915	766.4	698	680
M	35	28.4	37.5	29.5	21.1	28.2

Así, Cañada Ombú con 100 mm menos que Buenos Aires, tiene un valor de M mayor que el segundo. Igualmente se notan discordancias entre las tres últimas estaciones nombradas con Tucumán y Bell Ville.

Por esta razón se trató de investigar la relación $\frac{H}{M}$ para cada estación, obteniéndose los valores que figuran en la tabla 13, volcándose los mismos en el gráfico, Fig. 20, de coordenadas cartesianas con H por abscisa y $\frac{H}{M}$ como ordenada, trazándose curvas de compensación $M = f(H)$ y $H = f\left(\frac{H}{M}\right)$ esto es, las (1) y (2).

Los valores de $\frac{H}{M}$ varían entre los extremos 24,1 y 38,6 correspondientes a Nueva Pompeya y La Quiaca, respectivamente.

A propósito de los diferentes valores que puede asumir la relación $\frac{H}{M}$, caben las siguientes consideraciones: (Uttinger) a) Cuanto mayor sea $\frac{H}{M}$, tanto menos incide la máxima anual en la determinación de la suma anual de las precipitaciones. b) Esto quiere decir que las lluvias regulares (no excesivas) son, en estas regiones, de frecuencia e intensidad tales

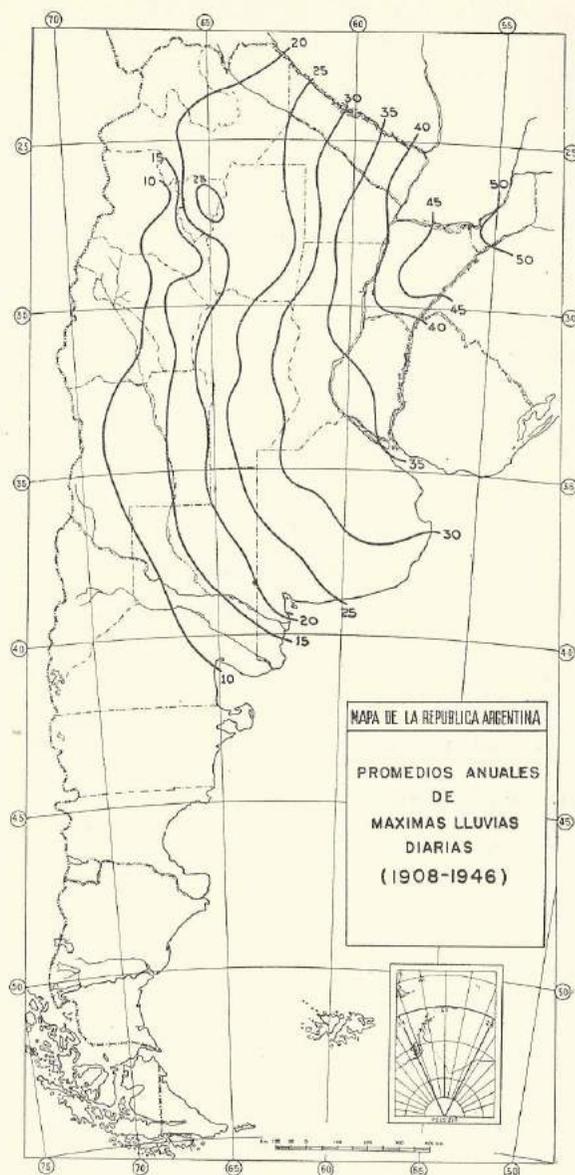


FIG. 19.

que no permiten que el máximo se destaque mucho. c) En cambio, un valor pequeño de $\frac{H}{M}$ sugiere, más bien, que el máximo se debe a una cantidad diaria aislada, particularmente elevada.

Las regiones del primer tipo podrían, por lo tanto, denominarse "relativamente húmedas", y las del último tipo, "relativamente secas".

Del gráfico mencionado se deducen las siguientes conclusiones:

1) En la relación $M = f(H)$ existe una marcada correlación entre los valores obtenidos en cada estación, excepto los que corresponden a las estaciones de La Quiaca, Salta, Jujuy y Tucumán, lugares éstos que pueden considerarse en una misma zona geográfica y climática del país, y cuyos puntos representativos en el gráfico se alejan demasiado de la línea adoptada. Pero, unidos estos puntos entre sí, se obtiene otra curva regular que establece la correlación entre las mismas, indicada en el gráfico, curva (3).

La función $M = f(H)$ ha sido calculada con el siguiente resultado:

$$M = 0,1073 H^{0,84}$$

(Véase gráfico de la Fig. 21).

2) En cuanto a la relación $H = f(\frac{H}{M})$, gráfico Fig. 20, la correlación no resulta tan buena como en la curva anterior, pues la dispersión es muy grande. Sin embargo, a título ilustrativo se ha trazado en el mismo gráfico otra curva (4) excluyendo los puntos más alejados que corresponden precisamente a las mismas estaciones mencionadas en 1), es decir, La Quiaca, Salta, Jujuy y Tucumán, pudiendo agregarse también Monte Caseros.

Los resultados obtenidos respecto a las lluvias máximas diarias corroboran que lo que se transcribe a continuación, expresado por G. Hellmann, sería también válido para nuestro país: "La relación entre el valor normal anual y el valor promedio de máximas diarias de precipitación depende del valor absoluto de la normal anual y aumenta en general con éste", o bien que "los valores máximos en lugares secos, son relativamente mayores que los correspondientes a lugares húmedos".

b) *Promedios mensuales.*—Las consideraciones hasta aquí formuladas se refieren al promedio anual de máximas diarias.

Trataremos ahora de sacar algunas conclusiones con los promedios mensuales de máximas diarias m para el mismo record y 53 estaciones que contiene la tabla 10.

Analizando los valores recopilados en dichas planillas, resulta:

1) Los valores máximos se registran en los meses de diciembre a abril en la casi totalidad de las estaciones, según el siguiente detalle:

48 estaciones	{	Diciembre	4	3 {	estaciones	Mayo	2
		Enero	8		estaciones	Octubre	1
		Febrero	13			Noviembre	2
		Marzo	15				
		Abril	8				

Es decir, que esos valores coinciden con las épocas de lluvias máximas.

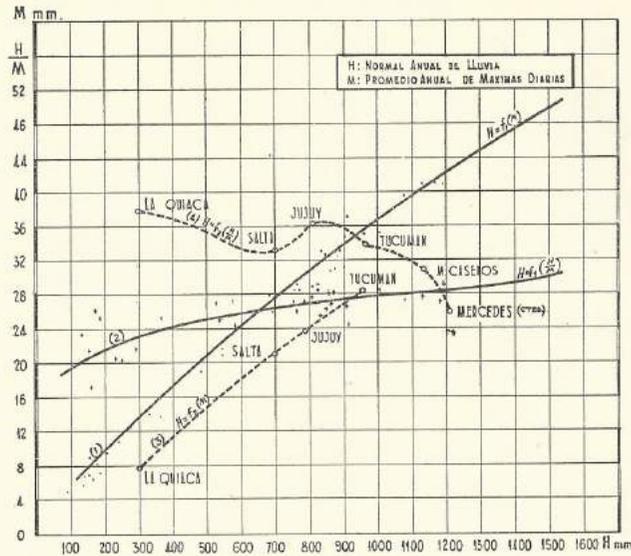


FIG. 20. — Variación de M y $\frac{H}{M}$ respecto de H .

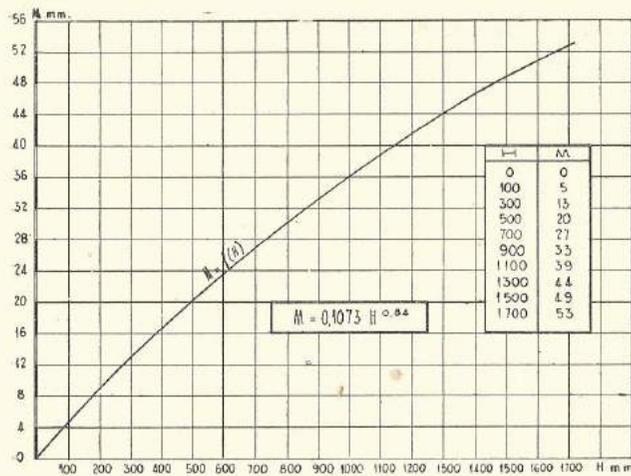


FIG. 21. — Variación de M respecto de H .

Los valores mínimos se registran de mayo a noviembre, pero en la casi totalidad de las estaciones se producen en la época de mínimas lluvias (mayo a agosto).

La amplitud, esto es, la diferencia entre el valor máximo y el mínimo, es variable, siendo las amplitudes extremas 54,6 mm máxima (Salta) y 4,6 mm mínima (Trelew).

2) Indicados en el mapa de la Fig. 22 con la ubicación de las estaciones, los meses en que se registran los valores máximos correspondientes, puede observarse una agrupación notable de los mismos, a saber:

a) Los meses de verano: diciembre, enero y febrero están agrupados en la zona oeste del país comprendida por las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis, Santiago del Estero, mitad noroeste de Córdoba, Eva Perón y la Patagonia.

b) Los meses de marzo y abril se agrupan en la faja central del país que comprende el territorio de Formosa y provincias Presidente Perón y Santa Fe, mitad sudeste de Córdoba y provincia de Buenos Aires (menos el noroeste), provincia de Entre Ríos y zona noreste de la provincia de Buenos Aires.

c) El mes de abril se distribuye en la zona este del país que corresponde al territorio de Misiones, provincia de Corrientes (menos zona oeste), provincia de Entre Ríos y zona noreste de la provincia de Buenos Aires.

Esta agrupación de valores es general, notándose sólo algunos casos que no pueden ser incluidos, a saber: las localidades de Azul y de Santa Cruz, que por constituir un número tan reducido puede omitírselas.

RELACION ENTRE EL VALOR MAXIMO m Y LA NORMAL DE PRECIPITACION MENSUAL h

Se ha investigado la relación que existe entre esos dos valores calculándose la relación $\frac{h}{m}$ de cada mes para 53 estaciones y se han inscripto los resultados en la tabla 13.

Además, se trazaron gráficos representativos de h , m , y $\frac{h}{m}$ para seis estaciones de distintas zonas del país, a saber: Posadas, San Juan, Córdoba, Azul, Neuquén y Santa Cruz (Gráficos Figs. 23 a 28).

Las curvas h y m se trazaron con la misma escala. El examen de los gráficos revela, en general:

a) Las curvas h y m tienen marcada semejanza en su desarrollo, es decir, que acusan las mismas oscilaciones dentro del período anual, aunque las diferencias de ordenadas en cada mes son, naturalmente, variables.

b) En cuanto a la curva $\frac{h}{m}$, acusa en su desarrollo algunas oscilaciones que varían entre los siguientes límites:

- 2,3 y 2,9 en Posadas; 1,9 y 2,8 en Azul;
- 1,1 y 2,0 en San Juan; 1,2 y 2,1 en Neuquén, y
- 1,5 y 2,8 en Córdoba; 1,8 y 2,6 en Santa Cruz.

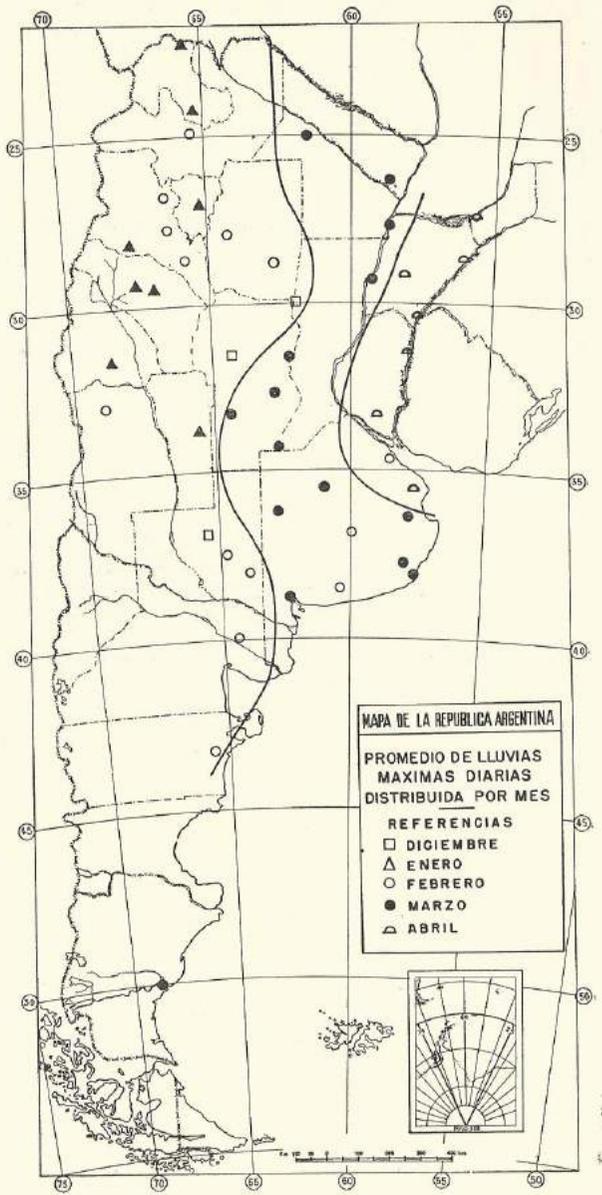


FIG. 22.

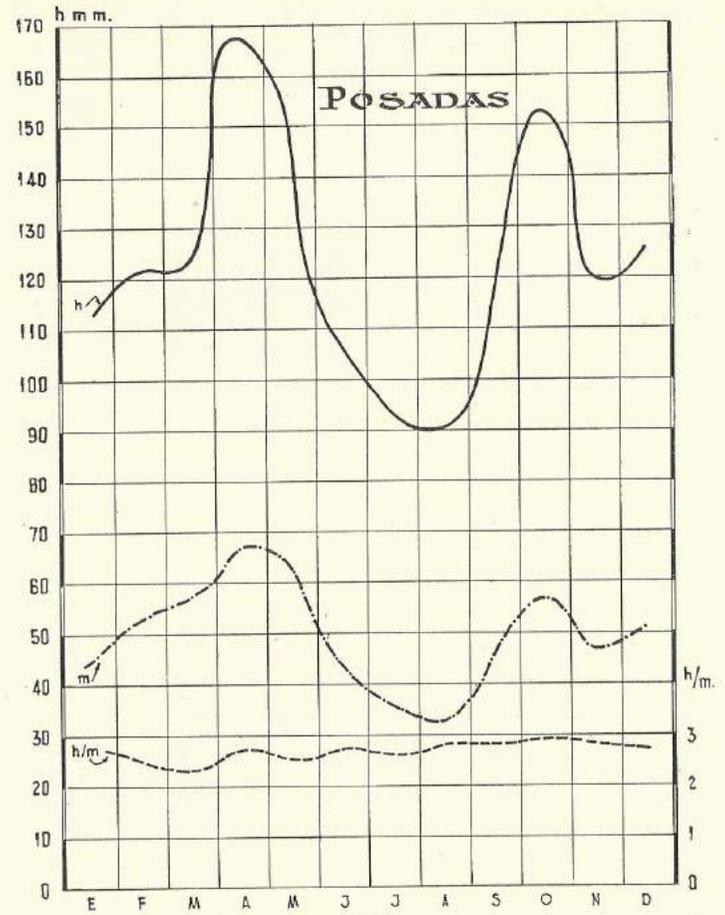


FIG. 23.

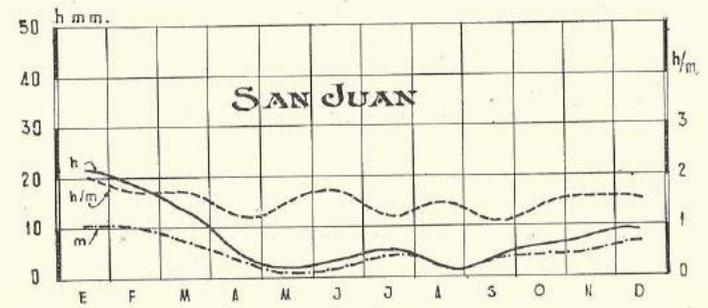


FIG. 24.

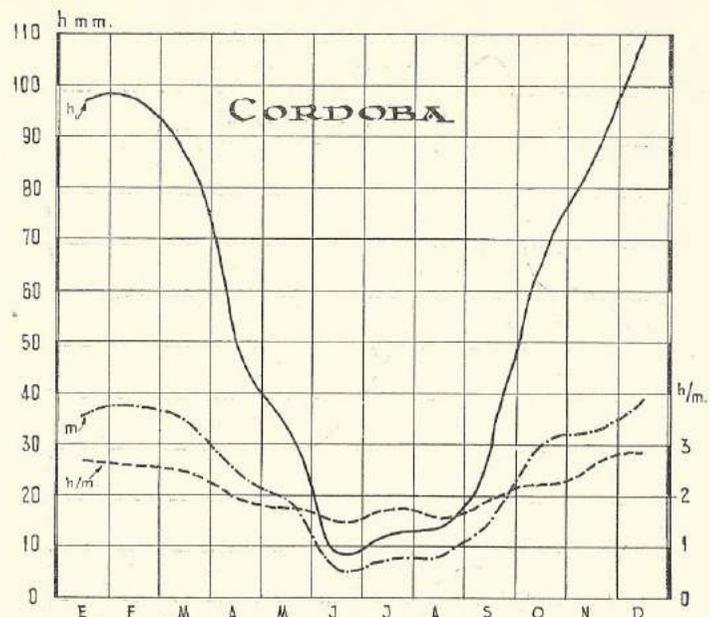


FIG. 25.

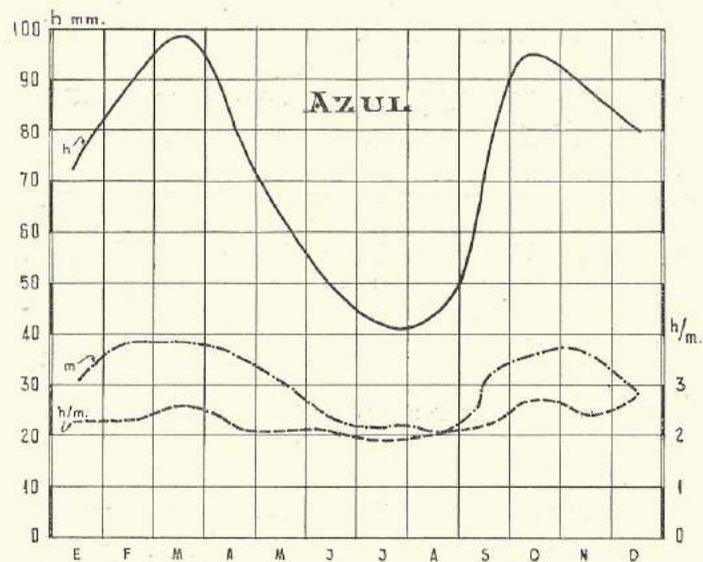


FIG. 26.

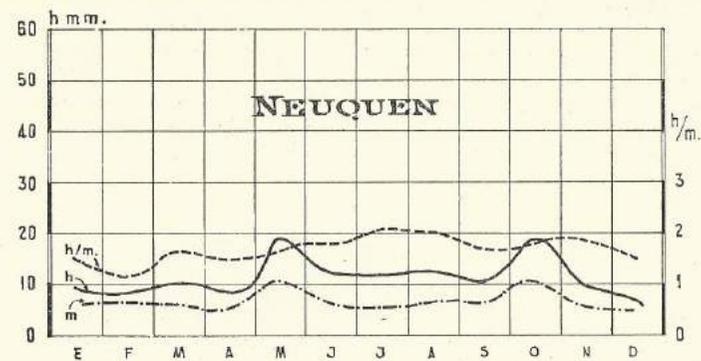


FIG. 27.

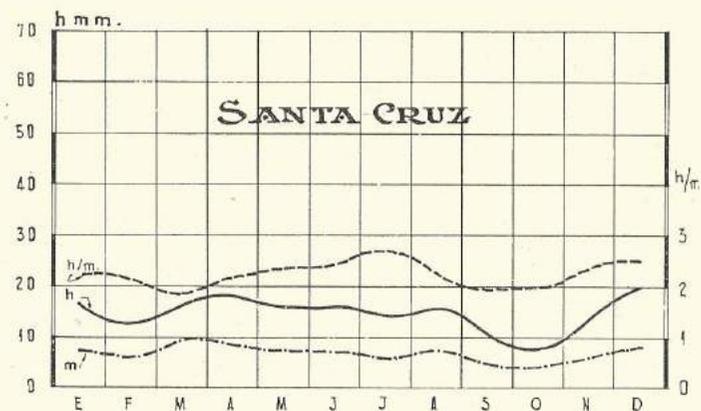


FIG. 28.

Tales variaciones son estacionales sólo en el caso de Córdoba y Azul, donde se observan valores mínimos en invierno y máximos en verano y otoño; y Neuquén y Santa Cruz con máximo en invierno. Las de San Juan y Posadas no se asemejan a ninguno de los dos casos anteriores.

El análisis de los valores $\frac{h}{m}$ lleva a la siguiente conclusión: el régimen anual ofrece en general escasa variabilidad en los valores mensuales, como lo expresan los gráficos mencionados. Pero se comprueba una pequeña diferencia que determinaría una condición de régimen si se toman en consideración valores estacionales. Así resulta si se comparan los promedios del semestre de abril a septiembre, digamos frío, con los del semestre

de octubre a marzo, cálido. En efecto, con excepción de cuatro estaciones de la zona sur del país (Sarmiento, Neuquén, Trelew y Santa Cruz), todas las demás tienen promedio del semestre frío, inferior al del cálido.

Interesa mencionar que este resultado es contrario al deducido por Hellmann en su estudio realizado para Alemania: "en el semestre cálido el promedio mensual de precipitación en relación con el promedio de máxima diaria es algo menor que en el semestre frío".

RESULTADOS

1) La máxima precipitación diaria para diversas estaciones del país, se ha estudiado con la recopilación de datos de observación correspondientes al período 1908 a 1946, es decir de 39 años, estimándose suficiente ese record para el estudio realizado si se tiene en cuenta que con una serie más larga sería escasa la diferencia entre los promedios hallados y los calculados con mayor número de datos. No obstante ello, no puede decirse lo mismo en cuanto a los valores máximos absolutos, pues éstos pueden aumentar considerablemente por depender de la amplitud del record de observación.

2) Existe una perfecta concordancia entre el promedio de las máximas diarias M y el promedio de precipitación anual H en el sentido de que aumentando M aumenta H .

3) En cuanto a la relación $\frac{H}{M}$, puede decirse que, entre el valor normal anual y el valor promedio de máximas diarias de precipitación, ella depende del valor absoluto de la normal anual y aumenta en general con éste.

4) El valor máximo del promedio mensual se registra en los meses de máximas lluvias, esto es, en la estación de verano, para las distintas zonas de nuestro país. Con los valores mínimos sucede a la inversa. Clasificando los valores máximos por mes y representando en un mapa las localidades correspondientes a cada mes, resulta que éstas se agrupan en tres zonas perfectamente delimitadas del país: oeste, centro y litoral.

5) La amplitud de los promedios mensuales (diferencia entre máxima y mínima) varía entre 56,6 mm (Posadas) y 4,6 mm (Trelew).

6) La representación gráfica con isolíneas de promedios de las máximas diarias, acusa semejanza notable con las isohietas de totales anuales de precipitación.

7) El promedio de la relación $\frac{h}{m}$ con valores mensuales para cada semestre (abril-septiembre, frío, y octubre-marzo, cálido) y para cada estación, resulta ser en todos los lugares, con excepción de cuatro ubicados en la zona patagónica, inferior en el semestre frío respecto al semestre cálido.

VII. — PERIODOS DE PRECIPITACION Y SEQUIA

La cantidad y frecuencia de precipitación y su variabilidad no dan idea general de la importancia de la precipitación considerada como factor climático. No es lo mismo, por ejemplo, que una cantidad de 150 mm

de precipitación se registre en 12 días alternados durante un mes o que lo sea en 12 días consecutivos, puesto que en este último caso se tendría un período de 18 días secos. Ha de investigarse, por lo tanto, sobre los períodos de días consecutivos, con precipitación y sin ella, formulando una estadística de períodos de precipitación y períodos de sequía.

A título de ejemplo, hemos efectuado ese estudio sólo para dos estaciones: Buenos Aires y Santo Tomé, tomando un record de 48 años de observación (1901-1948), y sujetándonos para los cálculos, a las siguientes normas:

1. Por período de precipitación se entiende el número de días de lluvia seguidos (ininterrumpidos) con 0,1 mm de lluvia por lo menos. Los días únicos de lluvia se consideran también períodos desde el punto de vista estadístico.

2. Por período de sequía se entiende la sucesión de días sin lluvia, considerándose también como seco cuando la precipitación es menor de 0,1 mm.

3. Los períodos de precipitación o de sequía que se encuentren comprendidos en dos meses se incluirán en el mes a que corresponde la parte mayor del período. En los casos de tener igual número de días, se resuelve por la mayor cantidad de precipitación. Los períodos de sequía se incluyen, en este caso, en el mes que ha pasado. Los períodos de sequía que se extienden a tres meses, se incluyen en el mes del medio.

a) Período de precipitación:

Se han estudiado los períodos de precipitación para las dos estaciones mencionadas de la red, a saber: Buenos Aires y Santo Tomé, cuyos datos se encuentran recopilados en las tablas 14 y 15, respectivamente. En las mismas se ha incluido, también, la duración media de los períodos en días, calculada en la siguiente forma para cada mes:

$$\frac{\text{número de períodos por número de días}}{\Sigma \text{número de períodos}}$$

Los períodos más largos de precipitación se producen en ambos casos en los meses de invierno (de abril a septiembre), con alguna excepción, siendo el período máximo de 8 días (abril y mayo) en la ciudad de Buenos Aires y 14 días (abril) en Santo Tomé, pudiendo considerarse que en esta localidad también es de 8 días, pues un período de 10 días y otro de 14 son realmente excepcionales.

No juzgándose suficiente la estadística mencionada se ha pensado en someter a un análisis la frecuencia de cada período de precipitación desechando los métodos de Gauss y de Poisson por no creerlos aplicables al caso. En cambio, se estima que el método aplicado por G. Polya y E. Eggenberger se adapta perfectamente al análisis de frecuencia y cálculo de probabilidades, que consiste en lo siguiente: producido un día de lluvia, calcular la probabilidad de que se produzcan dos; producidos dos, calcular la probabilidad de tres, y así sucesivamente. Fue utilizado el método por E. Wanner por primera vez (*M. Z. A.* 1939 y *Met. Zeit.* 1942) para investigar procesos meteorológicos. No entraremos a consi-

derar la parte teórica, sino sólo a aplicar el método de cálculo con los valores de las tablas 14 y 15.

MÉTODO DE POLYA. — Se supone que llueva al principio de un día y se pregunta, ¿cuáles son las probabilidades $P_0, P_1, P_2, \dots, P_s$ de que sigan 0, 1, 2, ... s días de lluvia?

Por la ley de la casualidad se tendría, según Poisson:

$$P_0 = e^{-h}; \quad P_1 = P_0 h; \quad P_2 = P_1 \frac{h}{2}; \quad P_3 = P_2 \frac{h}{3}; \quad P_s = P_{s-1} \frac{h}{s};$$

siendo h el valor medio de los días de lluvia siguientes, disminuyendo en el valor de una unidad a cada período de días sucesivos de lluvia. La duración de cada período no es en absoluto casual, sino que depende de las condiciones generales del tiempo. De ahí que sea necesario establecer otro valor característico en los cálculos. Polya designa a ese valor d como "contagio", y lo determina con la fórmula:

$$\sigma^2 = h(1+d) \quad \text{siendo } \sigma = \text{dispersión.}$$

Resulta por lo tanto:

$$P_0 = (1+d)^{-\frac{h}{d}}; \quad P_1 = P_0 \frac{h}{1+d}; \quad P_2 = P_1 \frac{h+d}{2(1+d)};$$

$$P_3 = P_2 \frac{h+2d}{3(1+d)}; \quad P_s = P_{s-1} h \frac{(s-1)h}{s(1+d)}.$$

Es fácil ver que las fórmulas se transforman en la expresión de Poisson para $d = 0$.

Designemos con s_i el número de los días subsiguientes de lluvia (duración del período - 1) y con p_i el número correspondiente de períodos, y formemos las siguientes sumas:

$$\sum p_i \quad \sum s_i p_i \quad \sum s_i^2 p_i$$

De donde obtenemos:

$$h = \frac{\sum s_i p_i}{\sum p_i}; \quad \sum (s_i - h)^2 p_i = \sum s_i^2 p_i - h \sum s_i p_i$$

$$h(1+d) = \sigma^2 = \frac{\sum (s_i - h)^2}{\sum p_i - 1}; \quad 1+d = \frac{\sigma^2}{h}; \quad d = \frac{\sigma^2}{h} - 1.$$

Con los valores de h y d resulta P_0 ; con segundas multiplicaciones se calcula, con los factores dados en la fórmula de P_s , la probabilidad para cada duración de período. Esto conduce a los resultados que consignan los cuadros V, VI, VII y VIII.

CUADRO V. — Buenos Aires

Nº de días	s	p	$s p$	$s^2 p$	$s-h$	$(s-h)^2$	$(s-h)^2 p$
1	0	1314	0	0	-0.6944	0.4822	653.6108
2	1	711	711	711	0.3056	0.0934	66.4074
3	2	216	432	864	1.3056	1.7046	368.1936
4	3	80	240	720	2.3056	5.3158	425.2640
5	4	42	168	672	3.3056	19.9270	458.9340
6	5	13	65	325	4.3056	18.5582	240.9966
7	6	4	24	144	5.3056	28.1494	112.5976
8	7	2	14	98	6.3056	39.7606	79.5212
		2382	1654	3534			2385.5252

$$\sum p = 2382 \quad \frac{\sum s p}{\sum p} = \frac{1654}{2382} = 0.6944$$

$$\sum (s-h)^2 p = 2385.5252; \quad h(1+d) = \sigma^2 = \frac{\sum (s-h)^2 p}{\sum p - 1} = \frac{2385.5252}{2381} = 1.0019$$

$$P_0 = \frac{1}{(1+d)^{\frac{h}{d}}} \quad P_0 = \frac{1}{1.44181.5718} = 0.562643$$

$$1+d = \frac{\sigma^2}{h} = \frac{1.0019}{0.6949} = 1.4418 \quad d = 1.4418 - 1 = 0.4418$$

$$\frac{h}{d} = \frac{0.6944}{0.4418} = 1.5718; \quad h-d = 0.6944 - 0.4418 = 0.2526$$

CUADRO VI. — Buenos Aires

s_i	Calculado			Observ. p	$p-p'$	Acumulado		
	P	p'	P' acum.			p'	p	$p-p'$
0	0.562643	1240.22	2382	1314	-26	1340	1314	-26
1	0.270981	645.48	1041.78	711	+66	1985	2025	+40
2	0.106772	254.33	396.30	216	-38	2259	2241	+18
3	0.038953	92.79	141.97	80	-15	2332	2321	+11
4	0.013642	32.50	49.18	42	+9	2365	2363	+2
5	0.004658	11.10	16.68	13	+2	2376	2376	0
6	0.001563	3.72	5.58	4	0	2380	2380	0
7	0.000518	1.23	1.86	2	+1	2381	2382	+1
\sum	0.999731	2381.37	2382	2382				
>7	0.000269	0.63	0.63					

$$P_s = P_{s-1} \frac{h + (s-1)d}{s(1+d)} = \frac{h + (s-1)d}{s(1+d)} = \frac{d}{1+d} + \frac{1}{s} \frac{h-d}{1+d}$$

$$P_s = P_{s-1} \left(\frac{d}{1+d} + \frac{1}{s} \frac{h-d}{1+d} \right) = P_{s-1} \left(\frac{0.4418}{1.4418} + \frac{1}{s} \frac{0.2526}{1.4418} \right) = P_{s-1} \left(0.306423 + \frac{1}{s} 0.175198 \right)$$

CUADRO VII.— Santo Tomé

Nº de días	s	p	sp	s.p	s-h	(s-h) ²	(s-h) ² p
1	0	1182	0	0	0.7437	0.5531	653.7642
2	1	677	677	677	0.2563	0.0657	44.4789
3	2	220	440	880	1.2563	1.5785	347.2260
4	3	91	273	819	2.2563	5.0909	463.2719
5	4	31	124	496	3.2563	10.6055	328.7085
6	5	14	70	350	4.2563	18.1161	253.6254
7	6	7	42	252	5.2563	27.6287	195.4009
8	7	1	7	49	6.2563	39.1415	39.1415
9	8	—	0	0	7.2563	52.6539	0
10	9	1	9	81	8.2563	68.1665	68.1665
11	10	—	0	0	9.2563	85.6791	0
12	11	—	0	0	10.2563	105.1917	0
13	12	—	0	0	11.2563	126.7043	0
14	13	1	15	169	12.2563	150.2169	150.2169
		2225	1655	3773			2452.0000

$$\Sigma p = 2225 \quad h = \frac{\Sigma sp}{\Sigma p} = \frac{1655}{2225} = 0.7437$$

$$\Sigma (1-h)^2 p = 2542.00 ; \quad h(1+d) = \sigma^2 = \frac{\Sigma (1-h)^2 p}{\Sigma p - 1} = \frac{2542}{2224} = 1.1430$$

$$1-d = \frac{\sigma^2}{h} = \frac{1.1430}{0.7437} = 1.5369 \quad d = 1.5369 - 1 = 0.5369$$

$$\frac{h}{d} = \frac{0.7437}{0.5369} = 1.3852 \quad P_0 = \frac{1}{(1+d)\frac{h}{d}} = \frac{1}{1.5369 \cdot 1.3852} = 0.551391$$

CUADRO VIII.— Santo Tomé

1	Calculado			Observ. p	p - p'	Acumulado		
	p	p'	p' acumul. p' acumul.			p'	p	p - p'
0	0.551390	1226.84	1222.5	1182	-45	1227	1182	-45
1	0.266816	593.67	998.16	677	+83	1821	1859	+38
2	0.111160	247.33	404.49	220	-27	2068	2079	+11
3	0.043818	97.50	157.16	91	-7	2166	2170	+4
4	0.016781	37.34	59.66	31	-6	2203	2201	-2
5	0.006314	14.05	22.92	14	-0.05	2217	2215	-2
6	0.002547	5.22	8.27	7	+2	2222	2222	0
7	0.000867	1.93	3.05	1	-1	2224	2225	+1
8	0.000317	0.71	1.12	—	—	2225	2223	-2
9	0.000115	0.26	0.41	1	+1	2225	2224	-1
10	0.000042	0.09	0.15	—	—	2225	2224	-1
11	0.000015	0.03	0.06	—	—	2225	2224	-1
12	0.000005	0.01	0.03	—	—	2225	2224	-1
13	0.000002	0.00	0.02	1	+1	2226	2225	-1
Σ	0.999988	2224.98		2225				
> 13	0.000012	0.02	0.02					

$$P_s = P_{s-1} \frac{h + (s-1)d}{s(1+d)} = P_{s-1} \left(\frac{d}{1+d} + \frac{1}{s} \frac{h-d}{1+d} \right) =$$

$$= P_{s-1} \left(\frac{0.5369}{1.5369} + \frac{1}{s} \frac{0.2068}{1.5369} \right)$$

$$P_s = P_{s-1} \left(0.349340 + \frac{1}{s} 0.134557 \right)$$

RESUMEN

Comparando los resultados obtenidos consignados en los cuadros anteriores se observa una buena concordancia entre las frecuencias observadas de períodos de precipitación *p* y los calculados *p'*.

Los períodos mayores que los considerados deben producirse, según la ley de probabilidades:

BUENOS AIRES. — Un período mayor de 7 días (*s* > 7) en 48 años, se produciría 0,63 veces, es decir, una vez cada 76 años.

Períodos mayores de 5 días, se producirían 16,68 veces en 48 años, o sea, una vez cada 2,93 años.

SANTO TOMÉ. — Un período mayor de 13 días (*s* > 13) en 48 años, se produciría 0,02 veces, o sea una vez cada 2400 años.

Períodos mayores de 5 días se producirían 22,92 veces en 48 años, es decir, una vez cada 2,13 años.

Períodos mayores de 9 días, una vez cada 117 años.

b) Períodos de sequía:

El estudio de los períodos de sequía para todas las estaciones consideradas en este trabajo resultaría de extensión exagerada, por lo que sólo se ha calculado, a título de ejemplo, para Santo Tomé la frecuencia de períodos (ver tablas 16 y 17) para los distintos meses del año. Examinados los valores inscriptos en dicha tabla, resulta:

1) Los valores máximos de períodos de sequía son:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
42	28	31	35	45	39
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
31	37	24	27	25	35

2) Los más largos períodos de sequía, a contar de 26 días, se distribuyen con la misma irregularidad en todos los meses del año, por lo que no puede establecerse que dicha distribución depende de las estaciones del año.

BIBLIOGRAFÍA

CONRAD, V. — *Handbuch der Klimatologie*. W. Köppen u. R. Geiger. Tomo I. Parte B: EGGENBERGER, F., y POLYA, G. — *Zeitsch. f. Ang. Math. u. Mech.*, 1923.
MAUREK, H. — *Meteor. Zeitsch.*, 1928; *Meteor. Zeitsch.*, 1936.
UTTINGER, H. — *Ann. Schw. Meteor. Zent.*, 1945; *M. Z. A.*, 1931; *M. Z. A.*, 1932.
WANNER, E. — *M. Z. A.*, 1939; *M. Z. A.*, 1942.

Tabla I. — Observaciones pluviométricas
Promedios mensuales y anuales (mm) 1905-1946

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Año
La Quiaca	88.5	67.4	44.0	6.6	0.5	1.2	0.4	0.5	2.0	7.5	24.5	58.4	300.9
Jujuy	205.6	152.1	127.6	40.4	16.6	7.5	5.5	5.3	10.9	37.6	65.1	142.5	816.7
Salta	186.6	145.2	100.8	51.4	7.9	2.7	2.0	3.7	6.6	28.3	50.7	131.2	698.1
Nueva Pompeya	101.3	88.8	105.2	71.5	27.4	11.4	9.0	7.9	19.4	54.0	80.3	103.2	679.4
San Fco. de Laishi	113.8	105.0	141.3	135.8	99.1	49.3	39.1	30.1	57.9	118.3	146.4	123.8	1159.9
Santa María	50.5	42.5	20.5	4.2	1.2	0.6	0.3	1.5	0.8	9.0	15.4	37.1	185.6
Tucumán	181.5	154.7	153.7	69.8	33.0	16.3	9.2	10.5	14.4	66.5	98.2	156.2	962.8
Posadas	125.5	151.6	132.5	177.7	156.7	117.8	95.0	90.8	127.6	162.7	150.0	155.7	1579.6
Corrientes	123.5	107.5	141.4	143.6	96.1	49.1	45.6	41.2	76.9	114.8	133.5	125.6	1198.6
Andalgala	78.7	65.2	42.5	15.0	8.2	4.6	4.7	4.8	4.2	13.5	17.0	37.4	295.6
Santiago del Estero	94.0	87.7	86.8	37.4	17.0	7.6	6.6	5.5	13.0	33.9	62.5	88.9	540.9
Tingasta	49.7	41.5	21.8	6.4	1.8	1.9	1.3	1.3	1.0	4.5	7.5	22.1	160.4
Cañada Ombú	104.7	99.9	118.7	102.1	56.6	26.6	22.1	21.3	42.1	97.7	118.6	104.6	915.0
Catamarca	71.4	71.5	48.9	21.6	13.7	5.1	5.9	6.2	7.0	24.8	34.8	55.7	564.4
Santo Tomé	104.5	108.8	137.7	149.9	152.4	114.8	93.6	97.9	135.1	142.0	125.0	126.3	1488.0
Icaño	84.8	79.1	79.7	57.4	25.1	6.2	11.3	12.5	24.9	40.5	70.7	94.8	587.0
Goya	119.1	98.7	157.2	139.4	70.4	43.3	39.0	40.6	70.8	104.2	120.8	130.7	1134.2
Chilecito	43.4	35.9	29.7	7.0	4.5	2.0	1.8	3.5	4.6	6.5	11.2	23.9	173.8
Mercedes (Corrientes)	110.5	90.2	143.1	140.7	94.9	58.2	48.7	58.2	94.0	124.5	129.4	118.6	1210.6
La Rioja	69.8	59.4	49.1	20.6	12.5	2.9	3.7	5.0	4.4	18.4	30.6	52.2	328.6
Ceres	121.2	104.0	121.5	71.8	45.7	15.5	20.4	22.7	45.3	74.4	104.8	117.7	865.0
Monte Caseros	97.2	91.9	122.1	124.5	98.6	65.0	50.1	69.4	90.3	112.5	99.3	114.0	1135.9
Concordia	97.1	94.0	125.1	120.4	88.2	61.1	57.4	61.7	86.2	90.2	90.8	111.9	1084.1
Córdoba	97.1	98.4	85.9	48.9	33.8	8.6	12.9	13.8	29.1	65.4	85.0	109.3	689.2
Córdoba	91.4	91.6	125.7	77.2	47.5	21.5	19.2	25.9	48.4	78.1	92.0	121.3	859.6
San Francisco	21.5	17.9	13.0	4.2	1.6	2.6	5.1	1.9	3.2	5.5	7.2	9.5	93.0
San Juan	94.1	80.6	122.4	92.4	49.8	28.4	27.1	55.1	62.3	77.5	98.6	111.7	880.0
Santa Fe	97.4	81.8	125.3	89.4	40.2	26.4	32.1	37.6	58.5	94.8	89.8	111.6	895.7
B. de Irigoyen	87.2	75.8	105.6	102.4	60.5	35.9	34.6	38.5	68.1	89.0	78.5	84.2	856.0
Victoria	87.2	75.8	105.6	102.4	60.5	35.9	34.6	38.5	68.1	89.0	78.5	84.2	856.0
Bell Ville	90.1	72.4	105.5	66.4	34.6	17.8	24.2	27.3	45.6	81.8	92.5	108.7	766.5

Leones	90.0	85.4	114.7	69.1	36.8	18.9	24.9	24.6	50.9	82.8	90.5	98.8	787.4
Marcos Juárez	87.6	82.0	114.2	75.8	40.1	18.6	24.8	26.5	52.8	85.4	87.1	92.1	781.0
Mendoza	25.1	30.9	26.5	11.5	12.2	8.2	7.5	7.9	14.0	20.4	15.5	21.0	202.5
Conaleguy	83.6	77.0	115.7	110.2	67.8	46.5	46.4	54.0	79.0	87.8	90.0	100.1	957.9
Río Cuarto	84.9	88.5	91.2	61.8	30.6	11.8	16.1	19.2	39.6	87.3	101.9	127.9	785.9
Mercedes (San Luis)	85.8	79.5	101.5	71.0	22.8	8.3	12.9	13.4	27.8	37.3	61.2	77.0	525.6
Rufino	86.9	95.5	87.6	52.1	30.8	14.5	15.4	14.6	46.4	89.4	99.4	104.2	804.3
N. Bruzzone	87.6	86.9	92.8	86.5	55.4	41.5	35.4	40.5	61.0	94.1	107.5	102.6	891.8
Juñin	83.0	79.6	107.3	108.2	76.1	51.0	57.8	69.2	83.4	89.8	94.2	100.7	1003.3
Buenos Aires	78.7	84.2	80.6	63.2	46.2	23.9	28.9	23.6	51.1	83.2	91.9	88.0	743.5
Santa Eleodora	71.0	70.7	74.1	48.1	35.9	12.8	15.1	16.7	33.1	70.2	81.2	92.1	621.7
Cañada Verde	75.9	90.9	91.5	71.1	43.8	25.9	24.7	22.9	49.0	90.2	81.2	97.5	762.4
General Villegas	72.5	79.8	101.5	87.6	76.7	38.6	35.0	59.5	64.4	89.4	98.9	101.2	872.7
Niève de Julio	52.7	72.2	94.9	105.3	64.7	62.6	54.1	64.5	83.0	74.6	74.5	88.1	903.0
Chacomús	71.7	86.1	95.8	68.5	40.5	28.1	28.9	27.0	49.5	84.8	81.3	94.7	757.1
Trenque Lauquen	64.2	69.9	64.8	38.3	22.8	16.2	11.0	16.7	28.5	71.8	55.8	68.0	527.0
Victoria	68.4	83.1	103.5	85.8	74.6	68.2	55.0	63.0	71.0	66.2	76.7	82.5	898.0
Dolores	58.8	65.2	68.6	59.2	25.6	17.6	11.8	17.5	25.5	75.1	60.2	69.2	532.5
Telén	56.5	79.0	68.6	47.8	24.9	16.5	17.5	18.1	37.0	77.8	64.4	67.1	575.0
Santa Rosa	72.4	88.1	98.5	80.8	63.7	49.1	40.8	42.6	68.4	94.8	88.5	79.4	867.2
Azul	64.0	82.7	90.3	62.7	32.8	26.4	24.3	24.9	44.2	80.7	72.0	73.9	678.9
Guaminí	59.2	86.7	81.7	52.6	36.3	20.7	20.9	20.4	43.7	74.9	70.5	73.8	641.4
Carhué	45.4	65.5	58.2	48.5	24.7	13.7	13.7	16.1	30.2	65.9	48.2	54.3	480.0
General Acha	69.5	83.4	97.9	72.3	61.3	59.2	45.7	50.0	65.0	72.7	64.5	84.0	825.5
Balcarce	46.3	65.2	61.2	46.4	29.6	17.9	20.5	17.4	31.4	73.5	45.9	52.8	508.1
Bernasconi	60.3	75.0	80.9	65.0	64.3	68.9	49.9	50.2	62.8	67.7	65.5	70.9	781.4
Mar del Plata	57.9	71.3	73.9	73.6	44.3	36.4	39.8	35.5	56.9	69.6	61.0	79.0	699.4
Tres Arroyos	47.2	60.6	66.2	59.0	35.2	17.1	26.8	19.1	39.8	70.6	49.8	52.4	543.8
Bahía Blanca	9.7	8.7	10.6	8.6	19.1	12.2	12.0	12.9	11.0	18.8	9.7	6.8	140.1
Neuquén	31.1	59.0	42.0	34.6	25.3	11.9	15.4	13.8	24.5	52.7	30.1	29.7	350.1
Río Colorado	20.3	21.4	26.1	17.9	25.7	15.6	17.1	16.1	23.3	32.1	16.7	19.1	250.4
Conesa	21.6	23.6	20.5	20.9	20.2	11.6	17.5	12.5	20.2	29.1	16.2	18.3	232.2
Patagones	23.5	32.6	30.3	28.0	29.9	20.6	28.3	17.8	33.0	41.5	24.1	28.1	337.7
Trelew	8.8	16.0	15.6	13.5	17.0	12.1	12.7	11.9	12.5	14.8	11.0	11.3	157.2
Sarmiento	5.1	9.0	12.5	12.7	18.2	17.6	16.9	14.0	10.0	7.6	8.0	6.4	136.8
Santa Cruz	16.3	12.1	16.3	17.3	15.5	15.5	13.8	15.4	9.3	7.5	14.1	19.5	172.2

TABLA 2. — Observaciones pluviométricas

Promedios mensuales considerando los meses de igual número de días (mm)

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
La Quiaca	86.9	75.5	45.2	6.7	0.5	1.2	0.4	0.5	2.0	7.2	24.7	57.5
Jujuy	201.9	165.7	125.5	41.0	16.3	7.6	5.4	5.2	11.0	56.9	66.0	139.9
Salta	185.2	158.9	99.0	31.8	7.8	2.7	2.0	5.6	6.7	27.8	51.4	128.8
Nueva Pompeya	99.5	96.5	105.3	75.8	26.9	11.6	8.8	7.8	19.7	55.0	81.5	101.5
San Francisco de Laishi	111.7	114.1	138.7	137.8	97.5	50.6	38.4	29.6	58.7	116.2	148.5	121.6
Santa María	49.6	46.2	19.9	4.5	1.2	0.6	0.5	1.5	0.8	8.8	15.6	56.4
Tucumán	178.2	168.2	150.9	70.8	32.4	16.5	9.0	10.5	14.6	64.1	99.6	155.4
Posadas	121.5	143.1	150.0	180.3	155.9	119.3	91.3	89.2	129.4	159.8	131.9	133.2
Corrientes	121.1	116.9	138.8	145.7	94.4	49.8	44.8	40.5	75.5	112.7	135.5	123.5
Andalgala	77.5	70.9	41.7	15.2	8.1	4.7	4.6	4.7	4.3	13.1	17.2	36.7
Santiago del Estero	92.5	95.5	85.2	57.9	16.7	7.7	6.5	5.4	13.2	35.3	65.5	87.5
Tinogasta	48.8	44.8	21.4	6.5	1.8	1.9	1.5	1.5	1.0	4.2	7.6	21.7
Cañada Ombó	102.8	108.6	116.6	103.6	55.6	27.0	21.7	20.9	42.7	95.9	120.5	102.7
Catamarca	70.1	77.5	48.0	21.9	12.9	5.2	3.8	6.1	7.1	24.4	55.3	54.7
Santo Tomé	102.6	117.5	135.2	152.1	149.6	116.5	91.9	96.1	137.1	159.4	126.8	124.0
Icaño	77.7	92.2	78.5	58.2	24.6	6.3	11.1	12.5	25.3	39.8	71.7	95.1
Goya	116.9	107.5	154.4	141.4	69.1	45.9	38.5	39.9	71.2	102.3	122.6	128.5
Chilecito	42.6	59.0	29.2	7.1	4.4	2.0	1.8	5.4	4.7	6.5	11.4	25.5
Mercedes (Corrientes)	108.5	98.1	140.5	142.8	92.4	59.1	47.8	57.1	95.4	122.1	131.5	116.5
La Rioja	68.5	64.6	48.2	20.9	12.5	2.9	3.6	4.9	4.5	18.1	30.6	51.5
Ceres	119.0	113.1	119.5	72.8	44.9	15.7	20.0	22.5	46.0	75.1	106.3	115.6
Monte Caseros	95.4	99.9	119.9	126.3	96.8	67.0	49.2	68.1	91.5	110.5	100.8	111.9
Santa Eleodora	95.5	102.2	122.8	122.2	86.6	61.9	56.4	60.6	87.5	88.6	2.1	109.9
Concordia	95.5	107.0	85.5	49.6	55.1	8.7	12.7	15.6	29.5	64.2	86.2	107.5
Córdoba	89.7	99.6	105.8	78.5	46.6	21.6	18.8	25.4	49.1	76.7	95.5	119.1
San Francisco	20.9	99.5	12.8	4.3	1.6	2.6	5.0	1.9	3.2	5.4	7.8	9.5
San Juan	92.4	87.6	120.2	95.8	48.9	28.8	26.6	54.5	65.2	76.1	100.0	109.7
Santa Fe	95.6	88.9	125.0	90.7	49.5	25.8	31.5	37.9	59.4	95.1	91.1	109.6
B. de Irigoyen	85.6	80.2	105.7	105.9	59.5	34.4	34.0	37.6	69.2	87.4	79.4	82.7
Victoria	85.6	78.7	105.4	67.4	54.0	18.1	25.8	25.8	46.2	80.5	95.7	106.7
Bell Ville	88.5											

Leones	88.4	92.8	112.6	70.1	56.1	19.2	24.4	25.2	51.6	81.5	91.8	97.0
Marcos Juárez	82.1	89.1	112.1	74.9	39.0	18.9	24.4	26.0	53.6	85.9	88.4	90.4
Mendoza	26.5	35.6	26.0	11.7	12.0	8.5	7.2	7.8	14.8	20.0	15.5	20.6
Guaileguay	82.1	85.7	113.6	111.8	66.5	47.0	45.6	53.0	80.2	86.2	91.5	98.5
Río Cuarto	108.2	96.0	89.6	62.7	30.0	12.0	15.8	18.9	40.2	55.7	105.4	125.6
Mercedes (San Luis)	85.4	67.4	57.0	40.5	22.4	8.4	12.7	15.2	28.2	56.5	62.1	75.6
Rufino	84.2	101.6	99.7	72.0	41.4	20.9	24.9	24.4	47.1	87.8	100.9	102.5
N. Bruzzone	85.5	86.4	86.0	52.9	50.2	14.5	15.1	14.5	59.1	72.9	87.6	94.4
Junín	86.0	94.5	91.1	87.8	54.4	42.1	34.8	39.8	61.9	92.4	109.1	100.7
Buenos Aires	81.5	86.5	105.4	109.8	74.7	54.8	56.8	68.5	84.8	88.2	95.6	98.9
Santa Eleodora	77.5	91.5	79.1	64.1	45.4	24.2	28.4	25.2	51.8	81.7	96.2	86.4
Cañada Verde	69.7	76.9	72.8	48.8	55.5	15.0	14.8	16.4	35.6	68.9	85.1	90.4
General Villegas	74.5	98.8	89.7	72.1	45.0	24.2	24.5	22.5	49.7	88.6	82.4	95.7
Nuevo de Julio	71.0	86.8	99.7	88.9	65.5	39.1	54.4	58.6	65.5	87.8	100.4	99.4
Chascomús	51.7	78.5	95.2	106.8	78.5	65.5	55.1	63.4	84.2	75.3	75.4	86.5
Trenque Lauquen	71.4	95.6	94.1	69.6	59.8	25.5	28.4	27.1	50.5	65.5	82.5	95.0
Victoria	65.0	76.0	65.6	38.9	22.4	16.4	10.8	15.4	28.7	70.5	56.6	66.8
Dolores	67.2	90.5	101.6	87.1	75.5	69.8	54.0	61.9	74.1	65.0	77.8	81.0
Telón	57.7	70.9	67.5	59.8	25.1	17.9	11.6	17.2	25.9	71.8	61.1	67.9
Santa Rosa	55.4	85.9	67.4	48.5	24.4	16.7	17.0	17.8	37.5	76.4	65.5	65.9
Azul	71.1	95.8	96.8	82.0	62.5	49.8	40.1	41.8	69.4	95.1	89.8	78.0
Guaminí	62.8	81.2	98.2	65.5	52.2	26.8	25.9	24.4	44.8	79.2	75.1	72.6
Carhué	58.1	94.5	80.2	53.4	35.6	21.0	20.5	20.0	44.5	73.5	69.2	72.5
General Acha	42.6	68.8	57.1	49.0	24.2	13.9	15.5	15.8	30.8	64.7	48.9	55.5
Balcarce	68.2	90.7	96.1	75.4	60.2	60.1	44.9	49.1	66.0	71.4	65.4	82.5
Bernasconi	45.5	70.9	60.1	47.1	29.1	18.2	20.1	17.1	51.9	72.2	46.6	51.8
Mar del Plata	59.2	81.5	79.4	66.0	65.1	69.9	49.0	49.5	65.7	66.5	66.5	69.6
Tres Arroyos	56.9	77.5	72.6	74.7	45.7	35.9	39.1	34.9	57.7	68.5	61.9	77.6
Bahía Blanca	46.5	65.9	65.0	59.9	34.6	17.4	26.5	18.8	40.1	69.5	50.5	51.5
Neuquén	9.5	9.5	10.4	8.7	18.8	12.4	11.8	12.7	11.2	18.5	9.9	6.7
Río Colorado	30.5	42.4	41.2	35.1	24.8	12.1	15.1	15.6	24.9	51.7	30.5	29.2
Choele Choele	19.9	25.5	25.6	18.2	25.2	15.8	16.8	15.8	22.6	22.6	16.9	18.9
Conesa	21.2	25.7	20.1	21.2	19.8	11.8	17.2	12.5	20.4	28.6	16.4	18.1
Conesa	25.0	35.4	29.8	28.4	29.4	20.9	27.8	17.5	35.6	40.8	24.5	27.6
Patagones	8.6	17.4	15.3	13.7	16.7	12.5	12.5	11.7	12.7	14.5	11.4	11.1
Trelew	14.4	15.3	12.1	12.9	17.9	17.9	15.6	13.7	10.1	7.5	8.1	6.3
Sarmiento	5.0	9.8	12.1	12.9	17.9	17.9	15.6	13.7	10.1	7.5	8.1	6.3
Santa Cruz	16.0	15.2	16.0	17.6	15.2	15.7	15.6	15.1	9.4	7.2	14.5	19.0

Tabla 5. — Observaciones pluviométricas

Promedios mensuales reducidos a meses de igual número de días en % del total anual (mm)

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septem.	Octubre	Nov.	Dic.
La Quiaca	286.1	241.4	142.2	22.1	1.0	4.0	1.3	1.6	6.6	23.7	81.5	188.7
Jujuy	245.5	201.5	152.4	49.9	19.8	9.2	6.6	6.3	13.4	44.9	80.3	170.2
Salta	260.5	225.8	140.7	45.2	11.1	3.8	2.8	5.1	9.7	39.5	73.0	183.0
Nueva Pompeya	145.5	141.1	151.1	107.9	39.5	17.0	12.9	11.5	28.8	77.5	119.2	148.2
San Francisco de Laishi	96.3	98.1	119.1	118.5	85.6	43.5	35.0	25.4	50.5	99.9	127.6	104.5
Santa María	267.8	249.5	107.6	23.2	6.5	3.2	1.7	8.1	4.5	47.5	84.2	196.5
Tucumán	184.1	173.8	168.9	73.1	33.5	17.0	9.3	10.6	15.1	66.2	102.9	158.5
Posadas	76.6	90.4	82.2	113.9	97.2	75.5	57.8	56.4	81.7	100.9	83.3	84.1
Corrientes	101.0	97.5	115.8	121.5	78.7	41.5	37.4	33.8	65.0	94.0	113.0	102.8
Andalgalá	259.0	237.5	139.7	50.9	27.1	15.7	15.5	15.7	14.5	43.9	57.6	122.9
Santiago del Estero	169.6	175.2	156.6	69.7	30.7	14.2	11.9	9.9	24.5	61.2	116.5	160.4
Timogasta	500.7	276.0	131.9	40.0	11.1	11.7	8.0	8.0	6.2	25.9	46.8	133.7
Cañada Ombú	111.9	118.2	127.0	112.8	60.5	29.4	23.6	22.8	46.5	104.4	131.0	111.9
Catamarca	191.0	211.2	130.8	59.7	35.1	14.2	10.4	16.6	19.3	66.5	96.2	149.0
Santo Tomé	68.9	78.7	90.8	102.2	100.5	78.3	61.7	64.8	92.1	93.7	85.2	83.3
Icaño	131.6	156.1	132.6	98.5	41.7	10.7	18.8	20.8	42.8	67.4	121.4	157.6
Goya	102.9	94.5	136.0	124.5	60.8	38.7	35.7	35.1	62.7	90.1	108.0	113.0
Chilecito	242.8	222.3	166.5	40.5	25.1	11.4	10.3	19.4	26.8	55.9	65.0	134.0
Mercedes (Corrientes)	89.4	81.0	116.0	117.8	76.3	48.8	39.5	47.1	78.8	100.8	108.5	96.2
La Rioja	207.3	196.5	145.9	63.3	37.2	8.9	10.9	14.8	13.6	84.8	92.6	155.2
Ceres	137.1	130.5	137.4	83.9	51.7	18.1	23.0	25.7	53.0	54.2	122.4	133.2
Monte Caseros	85.9	87.8	105.4	111.1	85.1	58.9	45.3	59.9	80.4	97.2	88.6	98.4
Concordia	87.7	94.1	113.1	112.5	79.7	57.0	51.9	56.8	80.6	81.6	84.8	101.2
Córdoba	137.6	154.5	123.2	71.6	47.8	12.7	18.3	19.6	42.6	92.7	124.5	154.9
San Francisco	109.1	121.2	126.5	95.3	56.7	26.4	23.0	30.9	59.7	95.0	113.5	144.9
San Juan	221.6	206.8	135.7	48.6	17.1	27.6	53.0	20.1	33.9	57.3	82.7	98.6
Cañada Verde	104.8	99.3	136.3	106.4	58.4	32.7	30.2	39.1	71.7	86.3	113.4	124.4
B. de Irigoyen	106.7	99.2	137.3	101.2	45.0	29.9	35.2	41.2	66.3	103.9	101.7	122.3
Victoria	99.8	93.5	120.9	121.2	69.4	40.2	39.6	43.8	80.7	101.9	92.6	96.4
Bell Ville	115.3	102.5	134.7	87.8	44.5	23.6	31.0	34.9	60.2	104.6	122.1	139.0

Leones	112.1	117.7	142.8	88.9	45.8	24.4	30.9	29.4	65.4	103.1	116.4	123.0
Marcos Juárez	104.8	115.8	145.1	95.6	50.5	24.2	31.5	35.2	72.6	107.1	112.9	115.4
Mendoza	129.0	164.9	127.6	57.4	58.9	40.7	35.3	38.3	68.4	98.1	76.1	101.1
Gualeguay	85.6	87.3	118.4	116.5	69.3	49.0	47.5	55.2	83.6	89.9	95.2	102.5
Río Cuarto	137.3	121.8	113.7	79.6	38.1	15.2	20.0	24.0	51.1	108.7	131.2	159.3
Mercedes (San Luis)	158.2	127.8	108.1	76.8	42.5	16.0	24.1	25.0	55.5	106.8	117.8	143.4
Rufino	104.5	125.9	123.5	89.2	51.5	26.0	30.8	30.2	58.5	108.8	125.0	126.7
N. Bruzone	125.6	127.5	126.7	77.9	44.5	21.4	22.2	21.1	57.6	107.4	129.1	139.1
Jurín	96.1	105.6	101.8	98.1	60.8	47.1	38.9	44.5	69.2	103.5	122.0	112.6
Buenos Aires	81.1	86.0	104.8	109.2	74.3	54.5	56.6	68.1	84.3	87.7	95.1	98.4
Santa Eleodora	103.6	122.6	106.0	86.9	60.8	32.4	38.0	51.1	69.4	109.5	124.8	115.8
Cañada Verde	111.8	123.3	116.7	78.2	56.6	20.8	23.8	26.3	53.9	110.5	133.2	144.9
General Villegas	97.5	129.1	117.2	94.2	56.2	31.6	31.7	29.5	64.9	115.7	107.6	125.0
Nuevo de Julio	57.2	86.7	103.0	118.0	85.2	70.2	58.7	70.1	93.0	81.0	85.3	113.5
Chascomús	81.2	99.2	114.0	101.6	72.6	44.7	39.3	44.1	74.6	100.4	114.8	115.5
Trenque Lauquen	95.7	122.9	123.6	91.4	52.3	37.4	37.3	35.6	66.0	109.4	108.5	122.1
Victorica	119.1	143.6	120.2	73.5	42.3	31.0	20.5	29.1	54.2	133.2	107.0	126.3
Dolores	74.4	100.0	112.4	96.3	81.1	77.3	59.8	68.5	82.0	72.0	86.2	90.0
Telén	108.0	132.7	126.3	74.5	47.0	33.5	21.7	32.2	48.5	134.4	114.3	127.0
Santa Rosa	95.8	148.5	116.6	85.9	42.2	28.9	29.4	30.8	64.9	132.1	112.9	114.0
Azul	81.7	110.1	111.2	94.2	71.8	57.2	46.2	48.1	79.8	106.9	105.2	89.6
Guaminí	91.7	118.6	143.5	95.4	47.0	39.2	34.9	35.7	65.4	115.7	106.8	106.1
Carhué	90.4	146.7	124.8	85.1	55.4	32.7	31.9	31.1	68.9	114.4	107.7	112.8
General Acha	88.5	142.6	118.3	101.5	50.1	28.1	28.1	32.7	65.8	134.1	101.3	110.4
Balneario	82.4	109.5	116.1	92.2	87.0	72.6	54.3	59.3	79.7	86.2	79.0	99.6
Bernasconi	89.1	138.9	117.7	92.2	80.5	55.6	39.4	33.5	62.5	141.4	91.5	101.4
Mar del Plata	75.5	104.0	101.5	84.2	50.5	89.2	62.5	62.9	81.5	84.9	84.9	88.8
Tres Arroyos	81.1	110.4	103.4	106.4	62.3	52.6	48.2	49.8	82.2	97.3	92.6	94.4
Bahía Blanca	84.9	120.8	119.1	109.8	63.4	51.9	48.2	54.4	73.5	127.0	92.6	94.4
Neuquén	67.8	74.2	62.2	70.7	134.2	88.5	90.6	90.6	79.9	132.0	70.7	47.9
Río Colorado	86.9	120.8	117.5	100.0	70.6	34.4	43.0	38.7	70.9	147.2	86.9	85.2
Choele Choel	79.4	95.0	102.2	72.7	100.6	65.1	67.1	65.1	90.2	125.7	67.5	75.4
Conesa	91.1	110.4	86.5	91.1	85.1	50.6	75.9	52.8	87.6	122.9	70.4	77.8
Patagones	67.9	104.5	88.0	83.8	86.8	61.7	82.1	51.7	99.2	120.5	72.5	81.5
Trelew	54.4	110.2	96.9	86.8	105.8	77.9	79.2	74.1	80.4	91.8	72.2	70.3
Sarmiento	36.5	71.6	88.4	94.2	130.9	130.9	114.0	100.1	73.8	54.8	59.2	46.0
Santa Cruz	92.8	76.5	92.8	102.0	88.1	91.0	78.8	87.5	54.6	41.7	84.1	110.1

TABLE 4. — Frecuencia media mensual y anual de lluvia ≥ 1.0 mm
Período 1908-1946

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
La Quiaca	12	9	7	1	0	0	1	0	0	1	5	9	45
Jujuy	13	11	11	6	3	3	1	1	2	6	7	10	75
Salta	12	10	10	4	2	1	1	1	1	4	6	10	62
Nueva Pompeya	6	5	5	5	3	4	3	3	0	7	2	5	45
San Fco. de Latish	6	6	7	7	5	4	0	0	5	1	2	4	66
Santa María	6	5	3	1	0	0	2	2	3	6	7	9	22
Tucumán	10	9	10	7	5	3	2	6	7	7	8	9	74
Posadas	7	7	7	7	5	7	6	4	5	7	7	7	82
Corrientes	6	6	7	4	1	5	4	4	1	7	7	6	69
Andalgalá	6	5	4	2	1	1	1	1	2	2	2	4	30
Santiago del Estero	7	6	6	4	3	2	1	1	0	4	5	6	47
Tinogasta	5	4	3	4	0	0	1	0	1	1	1	3	19
Cañada Obú	4	4	4	4	3	2	1	1	2	4	4	4	38
Catamarca	7	6	5	3	2	1	1	1	3	5	4	5	40
Santo Tomé	6	6	7	4	7	7	6	7	8	7	7	7	81
Icaño	5	5	5	4	2	1	1	1	2	4	5	5	40
Goya	5	5	7	6	5	4	1	4	5	6	6	6	64
Chilecito	4	4	4	6	1	1	0	1	1	6	2	3	24
Mercedes (Corrientes)	5	5	6	6	5	4	4	4	6	1	6	5	62
La Rioja	6	5	4	2	2	1	1	1	2	2	7	7	32
Ceres	6	6	7	5	4	2	2	2	4	6	7	4	58
Monte Caseros	6	5	6	7	6	6	5	6	6	7	6	4	70
Concordia	6	5	6	6	5	5	4	5	5	5	6	6	66
Córdoba	8	7	7	5	3	6	4	3	6	6	7	8	60
San Francisco	5	5	6	4	3	2	2	2	2	5	7	6	51
San Juan	5	3	1	1	0	1	0	0	1	1	1	2	14
B. de Irigoyen	5	5	6	5	4	2	2	3	5	6	6	6	55

Victoria	5	4	5	4	4	3	5	3	4	5	6	5	52
Bell Ville	6	5	5	4	3	2	2	2	4	6	7	7	53
Leones	6	5	6	4	3	2	1	1	4	6	7	6	28
Mendoza	3	4	5	2	2	1	4	4	6	3	2	3	65
Gualeguay	5	6	6	6	5	4	2	3	6	7	8	9	64
Río Cuarto	8	6	6	5	4	2	2	2	3	6	6	6	52
Mercedes (San Luis)	7	6	5	5	3	3	2	3	4	7	8	7	60
Rufino	6	5	6	5	4	3	2	2	4	6	6	6	57
N. Bruzzone	6	5	6	4	3	2	2	2	4	6	6	7	10
Junín	6	6	6	6	4	3	3	4	5	7	8	7	65
Buenos Aires	6	6	7	6	5	5	4	6	6	6	7	7	53
Santa Elcadora	5	5	5	5	3	3	2	2	4	6	7	6	61
Nueve de Julio	6	6	6	5	4	3	3	3	5	5	6	6	62
Chascomús	5	5	6	6	4	3	4	5	4	6	7	7	59
Trenque Lauquen	6	6	6	6	5	5	5	5	4	6	7	6	67
Dolores	6	6	6	6	5	2	2	2	3	5	5	6	45
Telén	5	5	4	3	2	2	2	2	3	6	6	6	48
Santa Rosa	4	5	5	3	3	2	2	2	4	5	6	6	67
Azul	6	6	7	5	5	4	4	4	5	7	7	7	67
Carhué	5	6	6	4	3	2	2	2	4	6	6	6	54
General Acha	4	5	5	5	6	5	5	2	5	6	6	6	46
Balcarce	6	6	7	5	5	6	5	5	4	6	6	5	69
Bernasconi	4	4	4	4	4	6	5	2	4	6	5	5	49
Mar del Plata	5	6	7	5	6	6	5	5	5	6	7	6	69
Tres Arroyos	6	7	7	5	6	6	5	6	6	7	6	7	69
Bahía Blanca	5	5	6	4	4	3	3	4	4	6	6	5	54
Neuquén	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	21
Río Colorado	3	3	4	3	2	2	2	2	3	5	3	3	36
Choele-Choele	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	33
Conesa	2	2	3	2	3	2	2	2	3	4	2	2	31
Trelew	2	3	3	5	3	2	2	2	3	5	2	2	32
Sarmiento	1	2	2	2	4	4	3	3	2	2	2	2	29
Santa Cruz	4	3	3	4	3	3	3	4	2	2	4	4	39

Tabla 5. — Frecuencia media mensual y anual de lluvia ≥ 0.5 mm
Período 1908-1946

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.	Año
La Quiaca	13	11	7	1	0	0	0	0	1	2	5	10	50
Jujuy	14	12	11	6	4	3	2	2	3	6	8	11	83
Salta	15	11	11	6	5	1	1	1	2	5	7	10	71
Nueva Pompeya	7	6	7	7	6	5	4	4	5	4	7	5	48
San Fco. de Laishi	6	6	7	7	6	0	0	0	0	1	8	6	72
Santa María	6	5	3	1	0	0	5	2	3	7	8	5	25
Tucumán	11	9	10	8	6	4	5	2	3	8	7	10	81
Posadas	8	7	7	8	8	8	6	7	8	8	7	7	89
Corientes	7	7	7	7	6	6	5	5	6	8	8	7	80
Andalgala	7	6	5	2	2	1	1	1	1	3	3	5	37
Santiago del Estero	8	7	7	6	4	3	2	2	3	6	6	7	61
Tinogasta	5	4	3	1	0	0	1	1	1	0	1	3	21
Cañada Obab	4	4	4	4	3	2	1	1	3	4	4	4	38
Catamarca	7	6	5	4	5	2	1	1	2	4	5	6	46
Santo Tomé	6	6	6	6	6	7	6	7	8	7	6	7	78
Icaño	5	5	5	6	3	1	1	1	2	4	5	5	41
Goya	6	6	7	7	5	4	4	4	5	6	7	7	68
Chilecito	5	5	4	2	5	1	0	1	1	6	2	4	27
Mercedes (Corrientes)	6	6	6	6	5	5	4	4	6	6	6	5	64
La Rioja	6	6	5	3	2	1	1	1	1	2	4	5	37
Ceres	7	7	7	5	5	3	3	3	4	7	8	7	66
Monte Caseros	6	5	6	6	6	6	5	6	7	7	6	7	73
Concordia	6	6	7	6	6	6	6	6	7	6	6	7	74
Córdoba	9	6	8	5	4	3	2	2	4	6	8	9	67
Córdoba	5	5	6	4	4	2	2	2	4	5	5	6	52
San Francisco	5	5	6	4	4	2	2	2	4	5	1	2	18
San Juan	5	5	2	4	1	1	1	1	1	1	1	6	55
Bdo. de Irigoyen	5	5	6	5	4	2	2	3	5	6	6	6	55

Victoria	5	4	6	4	4	3	3	3	4	6	6	5	53
Bell Ville	6	5	6	4	3	2	2	2	4	6	7	7	54
Leones	6	5	6	4	3	2	2	2	3	6	7	6	55
Mendoza	4	6	3	3	5	2	2	2	5	4	3	4	37
Gualeday	6	6	7	6	5	5	5	5	6	8	9	6	69
Río Cuarto	9	7	7	5	4	3	3	3	5	7	7	7	73
Mercedes (San Luis)	8	6	6	5	4	3	2	2	4	6	7	7	61
Rufino	6	6	6	4	4	2	2	2	4	7	7	7	57
N. Bruzone	6	5	6	4	4	3	3	3	4	6	6	7	52
Junín	6	6	6	6	5	4	4	4	5	6	8	7	67
Buenos Aires	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	8	8	83
Santa Eleodora	5	5	9	5	3	2	2	2	4	6	7	6	52
Nueve de Julio	6	6	6	6	4	4	4	5	5	6	7	7	62
Chascomús	5	5	6	6	5	5	3	3	5	7	6	6	62
Trenque Lauquen	6	6	6	6	4	4	4	5	5	7	7	7	63
Dolores	5	5	6	6	5	5	4	5	5	6	5	6	63
Telén	5	5	4	5	2	2	2	2	3	6	5	6	45
Santa Rosa	5	5	6	4	3	3	3	3	4	6	6	6	53
Azul	6	7	7	6	5	5	4	4	6	7	7	7	71
Carhué	5	6	6	4	3	2	2	2	5	6	6	6	55
General Achá	5	5	5	4	3	2	2	2	4	6	5	5	48
Balcarce	6	6	7	6	6	5	5	5	6	6	6	7	71
Bernasconi	4	5	5	4	4	3	3	3	4	6	5	5	50
Mar del Plata	5	6	6	5	6	6	5	5	5	6	6	7	67
Tres Arroyos	6	6	7	6	7	6	5	5	6	8	7	7	77
Bahía Blanca	6	5	6	4	4	3	3	3	5	7	6	6	56
Neuquén	6	5	2	4	3	2	2	2	2	5	1	1	21
Río Colorado	1	3	4	3	3	2	2	2	3	5	3	3	36
Choele-Choe	3	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	41
Conesa	3	3	3	3	4	2	4	3	3	4	3	3	35
Trelew	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	3	43
Sarmiento	2	2	4	4	5	3	4	4	4	5	3	3	42
Santa Cruz	6	4	5	5	5	5	5	4	4	3	6	4	57

TABLA 6. — Frecuencia media mensual de lluvia ≥ 0.5 mm reducida a meses de igual número de días en $\%$ de la frecuencia

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.
La Quiaca	253	237	136	20	0	0	0	0	20	39	100	194
Jujuy	165	156	129	85	47	36	24	24	56	56	97	129
Salta	179	167	151	85	41	14	14	14	28	69	99	138
Nueva Pompeya	122	113	122	105	61	42	20	20	63	81	147	102
San Francisco de Leishi	95	90	95	98	82	70	54	54	70	85	113	82
San María	254	234	137	44	0	0	0	0	0	42	87	212
Tucumán	135	120	121	100	73	50	36	24	57	85	100	121
Posadas	88	85	77	91	88	91	66	77	91	77	80	77
Corrientes	86	95	98	89	73	76	61	61	76	98	101	86
Andalgala	185	175	152	55	55	27	26	26	27	98	101	86
Santiago del Estero	128	124	112	99	64	50	46	32	50	96	99	112
Tinogasta	252	205	139	48	0	0	46	46	48	48	48	139
Cañada Ombú	105	114	103	106	77	55	26	26	80	103	106	105
Catamarca	149	141	106	88	64	44	21	21	44	85	110	127
Santo Tomé	75	84	75	78	75	91	75	88	104	88	88	88
Icaño	119	132	119	99	72	25	24	24	49	95	123	119
Goya	86	95	101	104	72	60	58	58	74	86	104	101
Chilecito	181	160	145	75	72	37	0	36	37	36	75	145
Mercedes (Corrientes)	92	85	92	95	77	79	61	61	95	92	95	77
La Rioja	158	175	132	82	55	27	26	26	27	55	109	132
Ceres	104	115	104	77	74	46	44	44	61	104	125	104
Monte Caseros	81	74	81	83	81	83	67	81	97	94	83	94
Concordia	79	88	95	82	66	82	79	79	96	79	82	95
Córdoba	132	113	117	76	58	45	29	29	60	88	121	132
San Francisco	94	104	115	78	75	39	38	38	78	94	136	115
San Juan	162	180	108	56	54	56	54	54	56	54	56	108
Bernardo de Irigoyen	89	98	107	92	71	37	36	55	92	107	110	107

Victoria	95	82	111	77	74	57	56	56	77	111	115	95
Bell Ville	109	100	109	75	54	37	36	36	75	109	131	127
Leones	111	102	111	76	55	58	57	57	76	111	134	111
Mendoza	106	117	79	88	79	55	55	55	82	106	106	106
Guaileguay	85	94	99	88	71	73	57	71	88	85	105	85
Río Cuarto	121	104	94	69	54	42	40	54	69	107	125	121
Mercedes (San Luis)	129	107	96	85	64	33	32	48	66	112	116	112
Rafino	105	95	105	71	69	55	54	52	71	103	124	120
Nicolás Bruzone	109	100	109	75	73	38	36	36	75	105	115	127
Junín	88	97	88	91	73	60	44	58	76	102	121	102
Buenos Aires	85	92	85	85	71	71	71	85	85	83	98	94
Santa Eleodora	94	104	94	97	56	39	38	38	78	113	136	113
Nueva de Julio	95	105	95	82	65	47	47	47	82	96	114	110
Chascomús	79	88	95	98	79	65	65	79	82	79	98	95
Trenque-Lauquen	93	105	109	80	62	48	47	47	80	109	112	109
Dolores	78	105	95	96	78	80	62	78	80	78	80	95
Telén	109	120	87	67	44	44	44	44	67	131	112	130
Santa Rosa	92	102	111	76	55	37	37	55	76	111	115	111
Azul	85	107	96	85	69	71	55	55	85	96	100	96
Carhué	89	118	107	74	55	37	37	55	92	107	110	107
General Acha	102	113	102	84	61	42	41	41	84	122	105	102
Balcarce	83	92	97	86	83	69	69	69	86	85	86	97
Bernasconi	78	108	98	81	78	71	61	59	81	117	101	98
Mar del Plata	75	97	88	76	88	91	75	75	76	88	91	88
Tres Arroyos	76	99	89	79	89	79	64	64	79	102	92	89
Bahía Blanca	88	97	105	48	70	54	52	52	90	125	108	88
Neuquén	47	103	93	84	140	97	93	93	97	95	84	47
Río Colorado	81	90	108	84	81	56	54	54	81	136	84	90
Choele-Choele	71	79	95	74	95	74	74	71	74	119	74	79
Conesa	56	93	84	87	112	58	84	84	87	112	87	56
Trelew	101	101	91	71	91	94	94	94	94	91	71	68
Sarmiento	47	52	70	97	117	121	94	94	97	70	72	70
Santa Cruz	103	76	86	89	86	89	86	86	71	52	107	69

TABLA 7. — *Densidad media anual de lluvia (mm)*

La Quiaca	6.0	Mendoza	5.5
Jujuy	9.8	Guaileguay	13.9
Salta	9.8	Río Cuarto	10.8
Nueva Pompeya	14.2	Mercedes (San Luis)	8.6
San Francisco de Laishi	16.1	Rufino	14.1
Santa María	8.0	Nicolás Bruzone	13.0
Tucumán	11.9	Junín	13.3
Posadas	17.7	Buenos Aires	12.1
Corrientes	15.0	Santa Eleodora	14.3
Andalgalá	8.0	Nueve de Julio	14.1
Santiago del Estero	8.9	Chascomús	14.6
Tinogasta	7.6	Trenque Lauquen	12.0
Cañada Ombú	24.1	Dolores	14.3
Catamarca	7.9	Telén	11.8
Santo Tomé	19.1	Santa Rosa	10.8
Icaño	14.5	Azul	12.2
Goya	16.7	Carhué	11.7
Chilecito	6.4	General Acha	10.0
Mercedes (Corrientes)	18.9	Balcarce	11.6
La Rioja	8.9	Bernasconi	10.2
Ceres	13.1	Mar del Plata	11.7
Monte Caseros	15.6	Tres Arroyos	9.1
Concordia	14.6	Bahía Blanca	9.7
Córdoba	10.5	Neuquén	6.7
San Francisco	16.1	Río Colorado	9.7
San Juan	5.2	Choele-Choel	6.1
Bernardo de Irigoyen	16.5	Conesa	6.6
Victoria	16.2	Trelew	3.7
Bell Ville	14.2	Sarmiento	3.3
Leones	14.9	Santa Cruz	3.0

NOTA: Por razones de espacio y compaginación la Tabla 8 va en las páginas 298 y 299.

TABLA 9. — *Valor absoluto de la máxima lluvia diaria (mm)*

La Quiaca	48.0	Mendoza	101.0
Jujuy	135.5	Guaileguay	138.5
Salta	153.0	Río Cuarto	158.2
Nueva Pompeya	150.0	Mercedes (San Luis)	90.9
San Francisco de Laishi	142.0	Rufino	177.0
Santa María	65.0	Nicolás Bruzone	120.0
Tucumán	206.4	Junín	145.8
Posadas	255.4	Buenos Aires	194.1
Corrientes	195.0	Santa Eleodora	134.0
Andalgalá	154.1	Nueve de Julio	146.0
Santiago del Estero	142.0	Chascomús	186.0
Tinogasta	106.0	Trenque Lauquen	190.7
Cañada Ombú	160.0	Dolores	129.0
Catamarca	91.0	Telén	137.0
Santo Tomé	177.0	Santa Rosa	154.0
Icaño	166.0	Azul	199.0
Goya	250.0	Carhué	132.0
Chilecito	115.0	General Acha	127.0
Mercedes (Corrientes)	228.1	Balcarce	142.0
La Rioja	112.6	Bernasconi	175.0
Ceres	255.1	Mar del Plata	158.0
Monte Caseros	215.0	Tres Arroyos	156.0
Concordia	329.7	Bahía Blanca	167.6
Córdoba	136.6	Neuquén	70.0
San Francisco	160.4	Río Colorado	136.0
San Juan	75.5	Choele-Choel	80.0
Bernardo de Irigoyen	143.0	Conesa	110.5
Victoria	176.0	Trelew	97.9
Bell Ville	177.0	Sarmiento	72.8
Leones	182.0	Santa Cruz	48.4

TABLA 8. — Densidad media mensual de lluvia (mm)

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.
La Quiaca	6.8	6.1	6.5	6.6	0	0	0	0	2.0	5.6	4.9	5.8
Jujuy	14.7	12.7	11.6	5.8	4.2	2.5	2.8	2.6	3.6	6.5	8.1	13.0
Salta	14.4	13.5	9.2	5.2	2.6	2.7	2.0	5.7	5.5	5.7	7.2	15.1
Nueva Pompeya	16.9	17.8	17.5	14.5	9.1	5.7	9.0	7.9	6.5	15.5	11.5	20.5
San Francisco de Laishi	16.5	17.5	20.2	19.5	16.5	10.0	9.7	7.5	11.6	16.9	18.5	20.6
Santa María	8.4	8.5	6.8	4.2	0	0	0	0	0	9.0	7.7	7.4
Tucumán	16.5	17.2	15.4	8.7	5.5	4.1	3.1	5.3	4.8	9.5	12.5	15.6
Posadas	15.4	18.8	18.9	22.2	19.6	14.7	15.5	13.0	15.9	20.4	18.5	19.4
Corrientes	17.6	15.4	17.7	20.5	16.0	8.2	9.1	8.2	12.4	14.4	16.7	17.9
Andalgalá	11.2	10.9	8.6	7.5	4.1	4.5	4.7	4.8	4.2	4.4	5.7	7.5
Santiago del Estero	11.8	12.5	12.4	6.2	4.2	2.5	5.5	2.8	4.5	5.6	10.4	12.7
Tinogasta	9.9	10.3	7.3	6.4	0	0	1.3	1.3	1.0	4.5	7.5	7.4
Cañada Ombú	26.2	25.0	29.7	25.5	18.9	15.3	22.1	21.3	14.0	24.4	29.6	26.2
Catamarca	10.2	11.9	9.8	5.4	4.4	2.6	3.9	6.2	3.5	6.2	7.0	9.5
Santo Tomé	17.4	18.0	23.0	25.0	25.4	16.4	15.6	14.0	16.9	20.5	20.8	18.0
Icaño	15.8	17.0	16.0	14.4	8.4	6.2	15.3	12.5	12.4	10.1	14.2	19.0
Goya	19.8	16.4	22.5	19.9	14.1	10.8	9.8	10.2	17.0	17.4	17.5	18.7
Chilecito	8.7	9.0	7.4	3.5	2.2	2.0	0	3.5	4.6	6.4	5.6	6.0
Mercedes (Corrientes)	18.4	18.0	23.8	25.4	18.8	11.6	12.2	14.6	15.7	20.7	21.6	25.7
La Rioja	11.6	9.9	9.8	6.9	6.2	2.9	3.7	5.0	4.4	9.2	15.1	10.4
Ceres	17.5	14.9	17.4	14.4	9.1	5.2	6.8	7.6	11.3	10.6	13.1	16.8
Monte Caseros	16.2	18.4	20.4	20.8	16.4	11.0	10.0	11.5	12.9	16.1	16.6	16.3
Concordia	15.4	15.7	17.9	20.1	17.6	10.7	9.6	10.3	12.3	15.0	15.1	16.0
Córdoba	10.8	14.1	10.9	9.8	8.4	2.9	6.4	6.9	7.2	10.9	10.6	12.1
San Francisco	18.5	18.5	21.0	19.5	11.9	10.6	9.6	13.0	12.1	15.6	15.1	20.2
San Juan	7.1	6.0	6.5	4.2	1.6	2.6	5.1	1.9	5.2	5.5	7.7	4.8
B. de Irigoyen	19.5	16.4	20.9	17.9	12.6	13.2	16.1	12.5	11.7	15.8	16.6	18.6

Victoria	17.4	18.4	17.6	25.6	15.2	11.5	11.5	12.8	17.1	14.8	15.1	16.8
Bell Ville	15.0	14.5	16.7	16.6	11.5	8.9	12.1	15.6	11.4	15.6	13.2	15.5
Leones	15.0	17.1	17.3	17.5	12.5	9.4	12.8	12.5	12.7	15.8	12.9	16.5
Mendoza	6.8	7.7	8.8	3.8	4.1	9.3	5.6	4.0	4.9	5.1	5.1	5.2
Guaileguay	13.9	12.8	16.5	18.4	15.5	9.5	11.6	10.8	15.2	14.6	12.8	16.7
Río Cuarto	12.2	12.6	13.0	12.4	7.6	3.9	5.4	4.8	7.9	10.9	11.3	14.2
Mercedes (San Luis)	10.6	10.5	9.7	8.0	5.7	4.1	6.4	4.5	7.0	8.2	8.7	11.0
Rufino	14.5	18.7	16.9	17.8	10.6	6.9	12.7	8.5	11.6	14.9	14.2	14.9
Nicolás Bruzone	14.5	15.9	14.6	15.0	7.7	7.1	7.7	7.5	9.6	12.4	14.4	15.7
Junín	14.6	14.5	15.5	14.4	11.1	10.4	11.8	10.1	12.2	15.4	15.4	14.7
Buenos Aires	11.9	11.4	15.3	15.5	12.7	9.0	9.6	9.9	11.9	12.8	11.8	12.6
Santa Eleodora	15.7	16.8	16.1	12.6	15.4	12.0	14.4	11.8	12.8	13.9	13.1	16.5
Nueve de Julio	12.0	13.5	16.9	17.5	16.2	9.6	11.7	15.1	12.9	14.9	14.1	14.5
Chascomús	10.5	14.4	15.8	17.6	15.5	15.6	15.5	12.9	16.6	14.9	12.4	14.7
Trenque Lauquen	12.1	14.4	13.7	15.7	10.1	9.4	9.6	9.0	9.9	12.1	11.6	15.5
Dolores	13.7	13.7	17.2	14.5	14.9	13.8	13.8	12.6	14.6	13.2	15.3	13.8
Telén	11.8	13.0	17.2	15.1	12.8	8.8	5.9	8.8	8.9	12.2	12.0	11.5
Santa Rosa	11.5	15.8	11.4	12.0	8.3	5.5	8.6	6.0	9.2	13.0	10.7	11.2
Azul	12.1	12.6	14.1	13.5	12.7	9.8	10.2	10.6	11.4	15.5	12.6	11.5
Carhué	11.8	14.7	13.6	12.2	12.1	10.4	7.0	6.8	8.7	12.5	11.8	12.5
General Acha	8.7	12.7	11.6	12.1	8.2	6.8	6.8	8.1	7.6	11.0	9.6	10.9
Balcarce	11.6	15.9	14.0	12.0	10.2	11.8	9.1	10.0	10.8	12.1	10.8	12.0
Bernasconi	11.6	13.0	12.2	11.6	7.4	6.0	6.8	8.7	7.8	12.2	9.2	10.6
Mar del Plata	12.1	12.5	15.5	15.0	10.7	11.5	10.0	10.0	12.6	11.3	10.9	11.8
Tres Arroyos	9.6	10.2	10.6	12.5	6.4	6.1	8.0	7.1	9.5	8.7	8.7	11.3
Bahía Blanca	9.4	12.1	11.0	15.0	8.8	5.7	8.9	6.4	7.9	10.1	8.5	10.5
Neuquén	9.7	4.4	5.5	8.6	6.4	6.1	6.0	6.4	5.5	9.4	9.8	6.8
Río Colorado	10.4	13.0	10.5	11.5	8.4	6.0	7.7	6.9	8.0	10.5	10.0	9.9
Choele-Choele	6.8	7.1	6.5	6.0	6.4	5.2	4.5	5.4	7.4	6.4	5.6	6.4
Couesa	10.8	7.9	6.8	7.0	5.1	5.8	5.8	4.2	6.7	7.5	5.4	9.2
Trelew	2.9	4.0	3.9	4.5	4.2	3.0	3.2	4.0	5.1	3.7	5.7	3.8
Sarmiento	2.6	4.5	4.1	3.2	3.6	3.5	4.0	3.5	2.5	2.5	2.7	2.1
Santa Cruz	2.7	3.0	3.5	3.5	3.1	3.1	2.8	2.1	2.3	2.4	2.4	4.8

TABLA 10. — Promedio de máximas lluvias diarias de cada mes y anual (mm)

Estaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.	Suma Anual
La Quiaca	21.2	20.7	14.2	3.8	0.2	1.2	0.4	0.5	1.4	5.5	9.9	15.6	94.4
Jujuy	56.4	47.6	41.9	15.1	7.5	4.5	3.5	2.5	6.7	15.4	25.1	45.7	271.5
Salta	50.9	56.1	32.8	16.0	6.1	2.3	1.5	2.6	4.4	14.8	19.6	46.1	253.2
Nueva Pompeya	41.6	44.1	48.8	36.4	17.8	8.2	6.4	5.7	13.4	29.0	37.0	49.6	338.0
San Fco. de Laishi	45.7	45.7	59.1	54.6	45.7	50.4	21.2	17.4	26.1	44.4	51.5	48.5	489.9
Santa María	18.0	18.5	11.7	5.5	1.1	0.6	0.5	1.1	0.8	5.1	8.1	18.1	86.7
Tucumán	57.5	50.2	50.5	25.8	13.5	8.7	4.5	5.2	7.1	28.6	40.0	49.7	341.2
Posadas	44.2	52.9	57.0	66.9	63.5	43.1	35.9	32.5	45.4	56.5	46.2	50.3	594.2
Corrientes	49.9	47.1	55.8	53.7	47.5	24.0	24.0	19.0	34.2	41.1	47.7	46.2	491.0
Andalgali	52.8	55.9	22.5	11.2	5.8	3.5	2.9	5.5	5.6	10.2	9.5	21.5	162.5
Sgo. del Estero	57.7	45.2	41.1	21.2	8.6	5.5	5.8	5.9	7.9	19.2	30.4	38.2	260.5
Tinogasta	22.7	22.4	12.2	5.2	1.8	1.6	1.1	1.1	1.0	5.0	5.5	12.9	108.7
Cañada Ombi	47.9	54.2	46.6	54.5	54.5	18.6	15.7	15.2	21.7	37.2	55.5	48.2	447.4
Catamarca	30.4	32.5	21.3	11.6	8.0	3.4	2.4	3.9	4.8	12.5	17.9	25.0	175.5
Santo Tomé	45.6	49.2	56.6	59.7	59.0	48.7	38.5	35.3	53.5	47.7	47.9	46.9	588.6
Icaño	57.4	42.2	54.5	50.2	14.1	4.6	9.5	8.5	16.9	21.6	31.4	39.4	290.1
Goya	49.5	44.8	66.0	57.4	52.0	22.6	20.2	22.5	29.7	44.9	47.7	55.1	490.4
Chilecito	21.7	18.6	15.5	4.4	4.0	1.8	1.4	2.4	3.7	4.2	8.1	14.2	100.0
Mercedes (Corrientes)	50.7	50.6	60.7	66.1	44.4	29.9	24.0	27.6	41.9	52.5	54.9	54.4	557.7
La Rioja	27.9	26.1	24.4	10.9	8.8	2.4	2.8	3.6	3.5	12.4	18.7	27.0	168.5
Ceres	49.5	45.6	46.7	54.0	24.7	9.3	13.7	14.5	22.0	32.9	40.4	53.2	384.5
Monte Caseros	42.9	40.9	47.1	51.6	45.8	27.9	24.5	35.1	58.4	45.9	59.8	44.0	481.7
Concordia	44.1	43.5	52.1	53.8	45.1	27.7	25.8	29.0	53.5	35.6	58.2	45.0	472.9

Córdoba	35.6	37.5	55.0	24.8	19.5	5.8	7.7	8.7	15.0	30.2	32.3	58.6	290.5
San Francisco	44.1	41.5	52.0	39.9	27.6	15.5	11.8	15.1	24.7	55.5	38.4	48.8	394.7
San Juan	10.9	10.4	7.6	5.6	1.1	1.5	4.2	1.5	2.8	4.0	4.7	6.4	58.5
Victoria	39.0	55.9	40.9	46.5	45.8	19.9	20.3	19.7	50.4	55.5	54.7	54.0	589.6
Bell Ville	58.5	55.8	47.6	55.2	17.9	11.1	15.8	14.8	21.1	38.1	54.7	41.5	551.2
Menendoza	15.1	15.1	13.6	7.9	6.9	5.5	4.9	4.7	9.0	13.4	9.5	12.0	117.6
Guaileguay	55.0	37.2	46.2	50.0	31.4	25.5	24.5	27.2	35.2	55.7	54.8	55.8	417.4
Río Cuarto	59.8	56.6	40.8	28.9	17.4	6.0	6.9	6.6	15.9	26.0	26.5	51.6	251.0
Mercedes (San Luis)	52.5	25.5	24.5	22.1	11.5	4.2	16.6	12.7	28.6	53.6	57.5	58.1	400.5
Rafino	52.7	39.2	43.0	36.8	21.4	10.5	21.7	19.4	28.6	36.9	34.0	57.5	424.0
Luán	56.5	50.5	59.0	41.5	29.2	25.5	25.2	21.2	25.5	35.6	34.1	36.4	371.1
Buenos Aires	56.0	41.2	40.5	44.2	38.0	26.1	25.2	21.2	30.9	50.9	57.5	56.4	506.7
Nuevo de Julio	29.2	51.1	40.6	47.5	53.1	31.7	26.8	29.6	56.4	32.9	52.8	55.8	406.7
Chascomús	25.4	35.9	57.9	47.5	34.0	31.7	14.7	15.5	23.4	55.5	35.5	56.1	549.0
Tronque Lauquen	51.9	40.2	42.5	32.7	19.1	16.0	14.7	24.7	52.1	27.5	28.9	32.6	569.0
Dolores	50.0	32.9	42.5	21.1	30.5	32.0	24.4	24.7	32.1	25.8	25.2	35.8	251.1
Santa Rosa	28.9	51.6	55.1	18.9	14.1	11.1	8.5	8.6	11.5	25.8	35.7	28.1	369.6
Azul	50.9	38.1	38.0	56.5	30.2	25.2	21.8	20.1	50.6	35.6	36.7	25.1	251.9
General Acha	21.6	28.8	24.6	24.4	16.4	8.4	7.7	9.6	16.8	51.4	19.1	25.1	343.9
Balcarce	29.0	53.1	38.5	55.5	25.0	24.9	21.8	18.4	26.9	28.0	28.5	54.5	246.2
Bernasconi	22.4	31.8	26.5	22.7	17.5	8.8	15.4	10.8	17.8	50.7	21.2	22.8	341.2
Mar del Plata	28.6	52.8	35.7	50.2	24.4	29.7	24.5	20.9	29.7	25.8	55.5	27.8	508.9
Tres Arroyos	25.1	54.2	29.0	51.6	18.8	17.9	19.7	17.5	25.1	28.2	27.5	54.3	508.9
Bahía Blanca	22.8	25.4	35.1	29.0	18.4	9.1	16.2	10.2	18.7	29.1	20.6	22.0	254.6
Neuquén	6.2	7.1	6.5	5.8	11.2	6.6	5.7	6.5	6.5	10.4	5.6	4.5	82.0
Choele-Choele	13.1	12.8	13.0	11.5	15.7	7.5	10.1	8.2	14.4	19.0	9.8	12.1	146.0
Conesa	13.1	14.2	11.6	11.5	11.1	6.8	10.2	8.4	12.5	15.7	9.5	11.4	136.0
Trelew	6.0	10.0	9.2	7.8	8.8	6.8	5.4	5.7	6.8	8.2	6.4	6.4	87.5
Sarmiento	5.0	6.0	6.1	7.5	7.7	7.6	7.1	7.1	5.7	4.2	3.7	4.5	69.8
Santa Cruz	7.4	5.8	8.9	8.4	6.7	6.5	5.5	7.0	4.9	5.9	6.1	7.8	78.7

TABLA II. — Promedios anuales de lluvias máximas diarias (mm)

Localidad	Suma anual mm	M Prom. mm	Localidad	Suma anual mm.	M Prom. mm
La Quiaca	94.4	7.9	Bell Ville	551.2	29.3
Jujuy	271.5	22.6	Mendoza	117.6	9.8
Salta	253.2	21.1	Gualeguay	417.4	34.7
Nueva Pompeya	338.0	28.2	Río Cuarto	315.8	26.5
San Fco. de Laishi	489.9	40.8	Mercedes (San Luis)	251.0	19.2
Sta. María	86.8	7.2	Rufino	546.2	28.8
Tucumán	341.2	28.4	Junín	400.5	33.4
Posadas	594.2	49.5	Buenos Aires	424.0	35.5
Corrientes	491.0	40.9	Nueve de Julio	571.1	30.9
Andalgalá	162.3	13.5	Chascomús	406.7	33.9
Santiago del Estero	260.5	21.7	Trenque-Lauquen	540.9	28.4
Tinogasta	108.7	9.1	Dolores	369.0	30.8
Cañada Ombú	447.4	37.3	Santa Rosa	251.1	20.9
Catamarca	173.5	14.4	Azul	569.6	30.8
Santo Tomé	588.6	49.0	General Acha	251.9	19.3
Icaño	290.1	24.2	Balcarce	345.9	28.6
Goya	490.4	40.9	Bernasconi	246.2	20.5
Chilecito	100.0	8.3	Mar del Plata	541.2	28.4
Mercedes (Corrientes)	557.7	46.5	Tres Arroyos	308.9	25.7
La Rioja	168.5	14.0	Bahía Blanca	254.6	21.2
Ceres	384.3	32.0	Neuquén	82.0	6.8
Monte Caseros	481.7	40.1	Choele-Choel	146.0	12.2
Concordia	472.9	39.4	Conesa	156.0	11.5
Córdoba	290.5	24.2	Trelew	87.5	7.3
San Francisco	394.7	32.9	Sarmiento (Chubut)	69.8	5.8
San Juan	58.5	4.9	Santa Cruz	78.7	6.6
Victoria	389.5	32.5			

TABLA 12

H: Normal anual de lluvia (mm)

M: Promedio anual de lluvia máxima (mm)

Localidad	H	M	$\frac{H}{M}$
La Quiaca	300.9	7.9	38.6
Jujuy	816.6	22.6	26.1
Salta	698.0	21.1	33.1
Nueva Pompeya	680.6	28.2	24.1
San Francisco de Laishi	1160.5	40.8	28.4
Santa María	183.4	7.2	25.5
Tucumán	962.8	28.4	25.9
Posadas	1579.5	49.5	31.9
Corrientes	1196.1	40.9	29.2
Andalgalá	295.6	13.5	21.9
Santiago del Estero	540.8	21.7	24.9
Tinogasta	160.5	9.1	17.6
Cañada Ombú	915.0	37.3	24.5
Catamarca	363.8	14.4	25.3
Santo Tomé	1487.0	49.0	30.3
Icaño	587.0	24.2	24.3
Goya	1133.6	40.9	27.7
Chilecito	173.9	8.3	21.0
Mercedes (Corrientes)	1209.8	46.5	26.0
La Rioja	328.2	14.0	23.4
Ceres	865.1	32.0	27.0
Monte Caseros	1138.8	40.1	30.8
Concordia	1084.0	39.4	27.5
Córdoba	689.2	24.2	24.5
San Francisco	839.6	32.9	25.5
San Juan	93.5	4.9	19.1
Victoria	856.1	32.5	26.3
Bell Ville	766.4	29.3	26.2
Mendoza	202.9	9.8	20.7
Gualeguay	957.8	34.7	27.6
Río Cuarto	785.9	26.5	29.9
Mercedes (San Luis)	525.6	19.2	27.4
Rufino	804.3	28.8	27.9
Junín	891.8	33.4	26.7
Buenos Aires	1005.5	35.3	28.4
Nueve de Julio	872.7	30.9	28.2
Chascomús	905.1	33.9	26.6
Trenque Lauquen	758.1	28.4	26.7
Dolores	900.6	30.8	29.2
Santa Rosa	574.9	20.9	27.5
Azul	867.2	30.8	28.2
General Acha	480.2	19.3	24.9
Balcarce	825.5	28.6	28.9
Bernasconi	508.1	20.5	24.8
Mar del Plata	781.4	28.4	27.5
Tres Arroyos	699.4	25.7	27.2
Bahía Blanca	543.5	21.2	25.6
Neuquén	140.2	6.8	20.6
Choele-Choel	250.5	12.2	20.5
Conesa	232.3	11.5	20.6
Trelew	157.4	7.3	21.6
Sarmiento	136.8	5.8	23.6
Santa Cruz	172.4	6.6	26.1

Tabla 13. — Valores de $\frac{h}{m}$ y amplitud h = normal mensual de lluvia (mm).
 m = promedio mensual de lluvia máxima diaria (mm).

Estaciones	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sep.	octubre	nov.	dic.	abril a septiembre	octubre a marzo
	La Quiaca	4.2	3.5	3.1	1.7	1.5	1.0	1.0	1.7	1.4	1.5	2.5	5.7	1.58
Jujuy	3.6	3.2	3.0	2.7	2.5	1.7	1.6	2.1	1.6	2.4	2.6	3.1	2.00	2.98
Salta	3.7	2.6	3.1	2.0	1.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.9	2.6	2.8	1.45	2.78
Nueva Pompeya	2.4	2.0	2.6	2.0	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	2.2	2.1	1.52	2.20
San Fco. de Iquishí	2.5	2.5	2.4	2.5	2.2	1.6	1.8	1.8	2.2	2.7	2.9	2.6	2.02	2.57
Santa María	2.8	2.3	1.7	1.2	1.1	1.0	1.0	1.4	1.0	1.8	1.9	2.0	1.12	2.08
Tucumán	3.2	3.1	3.0	2.7	2.4	1.9	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	3.1	2.17	2.87
Posadas	2.8	2.5	2.5	2.7	2.5	2.7	2.6	2.8	2.8	2.9	2.8	2.7	2.68	2.68
Corrientes	2.5	2.3	2.5	2.7	2.0	2.0	1.9	2.2	2.2	2.2	2.8	2.7	2.17	2.60
Andalgala	2.4	1.8	1.9	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.2	1.5	1.8	1.8	1.38	1.83
Santiago del Estero	2.5	2.0	2.1	1.8	2.0	1.4	1.7	1.4	1.6	1.8	2.1	2.5	1.65	2.15
Tinogasta	2.2	1.8	1.8	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.4	1.4	1.7	1.15	1.72
Cañada Ombú	2.2	1.8	2.5	1.9	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5	2.0	2.1	2.2	1.63	2.25
Catamarca	2.5	2.2	2.3	1.9	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	2.0	1.9	2.2	1.62	2.15
Santo Tomé	2.5	2.2	2.4	2.5	2.6	2.4	2.4	2.4	2.8	2.5	2.6	2.7	2.53	2.53
Icaño	2.1	2.0	2.3	1.9	1.8	1.5	1.2	1.5	1.5	1.9	2.5	2.4	1.55	2.17
Goya	2.4	2.2	2.4	2.4	2.2	1.9	1.9	1.8	2.4	2.5	2.5	2.6	2.10	2.58
Chilecito	2.0	1.9	1.9	1.6	1.1	1.1	1.5	1.5	1.2	1.5	1.4	1.7	1.30	1.75
Mercedes (Corrientes)	2.2	1.8	2.4	2.1	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.4	2.2	2.07	2.23
La Rioja	2.5	2.3	2.0	1.9	1.4	1.2	1.5	1.4	1.3	1.5	1.6	1.9	1.42	1.97
Ceres	2.4	2.4	2.6	2.1	1.8	1.7	1.5	1.6	2.1	2.5	2.6	2.2	1.80	2.42
Monte Caseros	2.5	2.2	2.6	2.4	2.2	2.4	2.1	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.25	2.45
Concordia	2.2	2.2	2.4	2.2	2.0	2.2	2.3	2.1	2.6	2.5	2.4	2.5	2.25	2.57

Córdoba	2.7	2.6	2.5	2.0	1.8	1.5	1.7	1.6	1.9	2.2	2.6	2.8	1.75	2.67
San Francisco	2.1	2.2	2.4	1.9	1.7	1.4	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4	2.5	1.72	2.30
San Juan	2.0	1.7	1.7	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5	1.1	1.4	1.6	1.5	1.55	1.65
Victoria	2.2	2.1	2.6	2.2	1.7	1.7	1.7	1.9	2.2	2.7	2.2	2.5	1.90	2.58
Bell Ville	2.4	2.0	2.2	1.9	1.9	1.6	1.5	1.8	2.2	2.1	2.7	2.6	1.82	2.35
Mendoza	1.8	2.0	1.9	1.5	1.8	1.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.6	1.8	1.60	1.78
Quelguay	2.4	2.1	2.5	2.2	2.2	2.0	1.9	2.0	2.0	2.2	2.5	2.8	2.08	2.47
Río Cuarto	2.8	2.4	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	1.95	2.58
Mercedes (San Luis)	2.6	2.4	2.4	1.9	2.0	2.0	1.6	2.0	2.0	2.2	2.7	2.6	1.90	2.57
Rufino	2.4	2.2	2.4	2.4	2.0	1.9	2.0	2.2	2.1	2.6	2.4	2.7	2.25	2.45
Junín	2.4	2.2	2.4	2.4	2.0	2.2	2.3	2.2	2.4	2.5	2.8	2.7	2.25	2.47
Buenos Aires	2.5	1.9	2.6	2.4	2.0	1.8	1.7	2.0	2.1	2.6	2.7	2.8	2.00	2.62
Nuevo de Julio	2.1	2.0	2.5	2.2	2.3	2.0	2.0	2.2	2.5	2.5	2.5	2.5	1.97	2.28
Chascomús	2.5	2.1	2.3	2.1	2.1	1.8	2.0	1.7	2.1	2.5	2.3	2.6	1.97	2.55
Trenque Lauquen	2.3	2.1	2.4	2.8	2.4	2.2	2.3	2.6	2.3	2.4	2.6	2.6	2.45	2.45
Dolores	2.5	2.5	2.4	2.5	1.8	1.5	2.0	2.1	3.2	3.3	2.8	2.9	2.18	2.42
Santa Rosa	2.0	2.5	2.0	2.2	2.1	2.1	1.9	2.1	2.2	2.7	2.4	2.8	2.10	2.62
Azul	2.5	2.5	2.6	2.2	2.1	1.6	1.8	1.7	1.8	2.1	2.5	2.4	1.75	2.26
General Acha	2.0	2.2	2.4	2.0	1.5	1.6	1.8	2.7	2.4	2.6	2.2	2.4	2.55	2.46
Balcarce	2.4	2.5	2.5	2.0	1.7	2.0	1.5	1.6	1.8	2.4	2.2	2.3	1.77	2.22
Bernasconi	2.1	2.0	2.3	2.0	1.7	2.0	2.2	2.4	2.1	2.6	2.0	2.6	2.27	2.35
Mar del Plata	2.1	2.5	2.4	2.2	2.6	2.3	2.2	2.4	2.1	2.5	2.2	2.5	2.17	2.52
Tres Arroyos	2.5	2.1	2.5	2.5	2.4	2.0	2.0	2.0	2.1	2.4	2.4	2.4	1.92	2.28
Bahía Blanca	2.1	2.4	2.0	2.0	1.9	1.9	1.7	1.9	2.1	2.1	1.8	1.8	1.60	1.60
Neuquén	1.6	1.2	1.7	1.5	1.7	1.8	2.1	2.0	1.7	1.8	1.4	1.5	1.80	1.70
Choele-Choele	1.5	1.7	2.0	1.6	1.9	2.1	1.7	2.0	1.5	1.7	1.7	1.6	1.65	1.70
Conesa	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.6	1.9	1.8	1.8	1.68	1.72
Trelew	1.5	1.6	1.7	1.7	1.9	1.8	2.4	2.1	1.8	1.8	1.8	1.5	1.95	1.70
Sarmiento	1.7	1.5	2.0	1.7	2.4	2.3	2.2	2.0	1.8	1.8	2.2	2.5	2.07	1.78
Santa Cruz	2.2	2.1	1.8	2.1	2.5	2.4	2.6	2.2	1.9	1.9	2.5	2.5	2.25	2.11

Tabla 14. — Frecuencia de períodos de precipitación
BUENOS AIRES

1901-1948

<i>S</i>	Número de días	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
0	1	134	110	111	106	64	75	71	100	98	140	159	148	1394
1	2	53	69	66	59	51	60	51	54	60	59	70	59	711
2	3	15	15	21	18	15	17	19	12	26	22	15	21	216
3	4	4	5	11	8	10	10	7	9	5	2	8	5	80
4	5	5	1	2	4	6	2	2	4	7	3	3	3	42
5	6	—	2	1	2	1	1	1	1	1	2	—	1	15
6	7	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	4
7	8	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	2
	Total	212	200	212	199	148	164	151	180	195	228	255	238	2382
	Duración media de un período en días	1.57	1.61	1.68	1.79	1.99	1.87	1.82	1.70	1.74	1.57	1.53	1.58	4051

Tabla 15. — Frecuencia de períodos de precipitación
SANTO TOMÉ

1901-1948

<i>S</i>	Nº de días	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
0	1	136	95	112	87	80	71	95	75	100	94	125	116	1182
1	2	54	55	56	55	69	51	48	65	61	57	59	49	677
2	3	10	8	18	13	15	30	17	26	30	25	15	17	220
3	4	4	8	8	9	8	14	9	4	10	5	5	7	91
4	5	—	2	2	6	7	1	—	3	3	5	1	1	51
5	6	1	—	1	1	—	4	—	2	1	5	—	2	14
6	7	—	—	—	2	—	1	2	—	1	—	—	—	7
7	8	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	10	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	14	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total	206	168	197	174	177	172	171	172	206	189	201	192	2225
	Duración media de un período en días	1.49	1.61	1.66	1.95	1.85	2.07	1.74	1.87	1.84	1.83	1.52	1.61	—

TABLA 16. — *Períodos de sequía*
SANTO TOMÉ

Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
1	71	74	214	125	116	99	72	103	87	124	97	145	1327
2	26	27	28	20	29	28	21	19	30	22	30	28	307
3	28	17	25	20	15	21	20	24	27	19	28	20	262
4	18	19	18	12	18	18	19	24	11	25	25	26	235
5	4	7	10	15	9	16	14	15	14	17	14	15	156
6	17	10	19	8	17	10	10	13	18	17	15	15	167
7	10	11	10	10	10	6	12	16	13	10	10	10	129
8	6	13	6	10	11	8	14	6	5	8	9	14	115
9	6	4	6	2	9	9	9	6	6	8	8	5	74
10	9	6	6	12	9	4	4	6	4	6	5	12	80
11	5	6	7	2	6	3	3	8	6	6	7	1	56
12	4	2	5	2	5	3	7	8	4	4	5	5	55
13	6	1	1	5	5	5	5	2	1	6	5	1	40
14	—	2	2	1	4	4	3	1	2	4	6	2	31
15	—	2	1	4	2	2	2	3	3	2	2	1	28
16	4	4	1	—	2	—	2	1	—	1	—	—	13
17	4	4	3	1	2	—	1	2	5	—	1	—	22
18	—	1	—	1	1	—	2	—	—	—	2	—	9
19	—	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	5
20	1	1	—	1	—	3	1	—	—	1	—	—	10
21	1	—	—	1	—	2	1	—	1	—	1	—	9
22	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	2
23	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	4
24	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	5
25	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	5
26	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1
27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
42	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Total	232	317	365	257	267	246	226	257	241	282	268	303	3161

Período mayor en días

	42		28		55		45		39		31		57		24		27		25		35	
--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--

TABLA 17. — *Períodos de sequía*
SANTO TOMÉ
1901-1948

Días	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1-5	154	144	293	192	187	182	146	185	169	207	194	252
6-10	48	44	50	42	53	37	49	46	46	49	47	52
11-15	19	16	14	14	19	19	20	15	17	22	22	11
16-20	7	9	6	5	4	4	6	6	6	2	3	2
21-25	1	3	1	2	5	2	3	2	5	1	2	4
26-30	2	1	—	—	1	1	1	1	—	1	—	2
31-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
36-40	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	2
41-45	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1

NOTAS Y COMENTARIOS

Two papers on Southern Hemisphere Meteorology (Dos trabajos sobre la Meteorología del Hemisferio Sur). Naval Weather Service, Simonstown, Circular N° 12/49.

8265/551.506.2 (26) (2-13).

Aparece el fascículo del epígrafe bajo la firma del Director del Servicio Meteorológico Naval, F. M. Walton, Captain R. N. No se aclara, sin embargo, si es el nombrado el autor de la obra, duda que surge al leer el preámbulo, donde se manifiesta que las opiniones del autor no coinciden necesariamente con las del Director del mencionado servicio meteorológico.

El primer trabajo de los que integran la obra se titula *Ondas bariicas y su aplicación a la previsión a largo plazo en la región sudatlántica*. Trata de las periodicidades o, mejor dicho, las variaciones rítmicas en la marcha de la presión sobre el extremo S de la América del Sud, la Antártida argentina y las islas Georgia del Sur y Tristán da Cunha, las que se examinan en cuanto a la posibilidad de formular pronósticos para la zona marítima próxima a la Ciudad del Cabo.

El Capítulo I, tal vez el más acertado de toda la publicación, explica los métodos estadísticos de los promedios móviles, la correlación de series y un periodoscopio, que pueden aprovecharse para analizar barogramas, acerca de los cuales el autor pondera sus respectivas ventajas y desventajas en cuanto a la finalidad de descubrir supuestas ondas « cortas » (de 12 a 22 días) y ondas « largas » (de 35 a 60 días).

En el Capítulo II, el autor muestra la existencia de dos pulsaciones bien distintas: una de 16 días y otra de 45 días más o menos, las cuales aparecen en forma más clara sobre las islas alejadas de los continentes, y ello en la estación fría, mientras que en el verano predominan las variaciones irregulares, más cortas.

El Capítulo III contiene algunas ideas acerca de la naturaleza de las ondas bariicas, sugiriéndose que las pulsaciones cortas pueden producirse por la sucesión de « familias » de depresiones seguidas por un anticiclón frío o marcado puente meridional de alta presión, y las largas, probablemente, por una composición triple de

las cortas. Esta hipótesis, no comprobada en base al material de la presente publicación, se encontraría en plena oposición con los resultados de varios trabajos realizados con un material mucho más amplio e inclusive aerológico, en el hemisferio Norte.

En el último capítulo se consideran las consecuencias de las exposiciones antedichas, para la elaboración de pronósticos. Aquí el autor hace resaltar el hecho de que sólo durante períodos de pronunciado desarrollo de las grandes variaciones bariicas, el material se presta para la previsión a medio o largo plazo, y subraya el que los pronósticos pueden referirse solamente a las características generales de las situaciones sinópticas.

En ostensible contraste con lo expuesto, el segundo trabajo del mismo fascículo: *Método gráfico para la previsión del tiempo a medio plazo, en la región del Sudatlántico*, se refiere a un período estival, sin marcada formación de las periodicidades, y no aprovecha, por consiguiente, las presuntas ondas, sino tan sólo las variaciones irregulares que aparecen sobre la Tierra de Graham y se propagan con gran frecuencia hacia el Este-noreste. Y, más sorprendente aún, en este trabajo se publican pruebas de textos de pronósticos a medio plazo que infringen el sano principio, antes mencionado, de que tanto más generales han de ser los enunciados de los pronósticos cuanto más se extienda el plazo de los mismos. En la pág. 49 del libro, al tratar, por ejemplo, la previsión elaborada a mediodía del día 12 de febrero de 1947 y formulación del pronóstico para el día 17, vale decir unas 120 horas más tarde, se lee: « Bueno por la madrugada, nubándose durante las primeras horas de la mañana (« early forenoon »), con lluvias y lloviznas intermitentes ». Y para el día 18: « Chaparrones por la mañana, aclarando a mediodía ». Es casi innecesario decir que nada de ello se ha cumplido.

No hay duda de que en todos los países se acentúa la necesidad de poder contar con pronósticos más detallados y para el mayor plazo posible, pero entre este buen deseo y la realidad media todavía gran distancia, y vemos así con aflicción profesional que, en la pág. 50, se diga que

estos pronósticos pueden estimarse « altamente exitosos » (« highly successful »). Tal aseveración debería fundarse solamente en toda una serie de pronósticos que permitiera aplicar una verificación estadística, teniendo en cuenta la frecuencia relativa general de los elementos pronosticados.

Ilustran el trabajo que nos ocupa 30 mapas sinópticos (30.I a 13.II de 1947, 00 y 12 TMG), que abarcan la vasta zona que se extiende desde Tierra de Graham y Chile hasta las Islas Heard y Madagascar, los cuales merecen, sin duda, el particular aprecio de los meteorólogos sudamericanos, carentes, en su trabajo diario, de un mapa sinóptico de semejante extensión.

Llama la atención, en esos mapas, el gran número de frentes que se extienden en dirección meridional hasta la zona subtropical y se desplazan hacia el E, en

las corrientes zonales de las latitudes templadas, sin mostrar casi ninguna reacción en el campo bariico.

Las pocas observaciones existentes no siempre parecen justificar tan detallado o dogmatizado análisis. Por otra parte, en ninguno de los mapas se encuentra dibujada la bien conocida y tan importante zona frontal circumpolar entre las masas subpolares y las antárticas, en la que se forman y a lo largo de la cual toman su camino, con bastante frecuencia, intensas depresiones, decisivas para la evolución del tiempo en toda la zona en cuestión.

De todo lo expuesto se infiere que, sin quitar valor intrínseco a esta obra, su lectura y análisis no pueden menos que producir cierta desilusión al profesional, en contraste con la expectativa que *prima facie* suscita su título: « Two papers on Southern Hemisphere Meteorology ». — W. SCHWERDTFEGER.

ACTUALIDADES

Representantes de la República Argentina ante la OMM. — Por Decreto 5084/52 el Gobierno argentino designó a los miembros que en representación del país integrarán las Comisiones Técnicas de la Organización Meteorológica Mundial. Con los nombramientos hechos anteriormente (año 1951), la Argentina queda acreditada en la siguiente forma ante el organismo internacional:

Representante argentino permanente ante la OMM: Capitán de de Fragata (R) Carlos Núñez Monasterio, Director General del Servicio Meteorológico Nacional (Ministerio de Asuntos Técnicos).

Comisión de Bibliografía y Publicaciones (CBP): Dr. Martín Santiago Capelletti y Demetrio Brazol (Ministerio de Asuntos Técnicos).

Comisión de Climatología (CCL): Teniente Coronel Manuel José Olascoaga (Ministerio de Ejército), Profesor Alfredo Aquilino Crespi (Ministerio de Asuntos Técnicos) e Ingeniero Roberto Jorge Broquá (Ministerio de Aeronáutica).

Comisión de Instrumental y Métodos de Observación (CIMO): Ingeniero José Manuel Ricardo Gutiérrez Burzaco (Ministerio de Asuntos Técnicos).

Comisión de Meteorología Agrícola (CAG.M): Ing. Agr. Juan J. Burgos (Presidente) e Ing. Agr. Néstor René Ledesma (Ministerio de Asuntos Técnicos) e Ingeniero Armando Leopoldo De Fina (Ministerio de Agricultura y Ganadería).

Comisión de Meteorología Sinóptica (CSM): Doctor Rolando Víctor García (Ministerio de Aeronáutica), Doctor Alf Maurstad (Ministerio de Asuntos Técnicos) y Capitán de Corbeta Luis María de la Canal (Ministerio de Marina).

Comisión de Meteorología Aeronáutica (CAEM): Capitán Rodolfo Raúl Márquez (Ministerio de Aeronáutica) y Doctor José Eduardo Núñez (Ministerio de Aeronáutica).

Comisión de Meteorología Marítima (CMM): Capitán de Corbeta Luis María Iriart (Ministerio de Marina) y Doctor Kurt Wölcken (Ministerio de Asuntos Técnicos).

Comisión de Aerología (CAe): Ingeniero Héctor Luis Schinelli (Ministerio de Asuntos Técnicos), Doctor Werner Schwerdfeger (Ministerio de Asuntos Técnicos) y Doctor Héctor Nicomedes Grandoso (Ministerio de Aeronáutica).

Entrega de distinciones. — A bordo del "Río Cuarto", de la Flota Mercante del Estado, amarrado en la Dársena Norte, con la presencia del Director Nacional de Asuntos Técnicos del Estado, General de División (R) Otto H. Helbling, de autoridades del Servicio Meteorológico Nacional y de la Comisión Coordinadora y Asesora de Meteorología Náutica, así como de representantes de otros organismos nacionales vinculados a la navegación marítima y a la meteorología, se hizo entrega de las medallas instituidas por el Servicio Meteorológico Nacional para los hombres de la marina mercante que se destacasen por la colaboración prestada al intercambio meteorológico.

Las medallas del año 1952, conferidas al Capitán de Ultramar Luis Sáez Germain y al Radiotelegrafista Juan Vuotich, fueron entregadas por el Director General del Servicio Meteorológico Nacional, Capitán de Fragata (R) Carlos Núñez Monasterio, quien pronunció en la oportunidad palabras alusivas al alto significado del acto, luego de guardar un minuto de silencio en homenaje a la memoria de la esposa del Excmo. señor Presidente de la Nación. Los homenajeados agradecieron la distinción.

Intensificación de la investigación agrometeorológica. — En la última semana del pasado mes de agosto se reunieron los jefes de las estaciones agrometeorológicas de todo el país, convocados al efecto en la sede central del Servicio Meteorológico Nacional por la jefatura del Departamento de Agrometeorología. La deliberación abarcó, entre otros, los siguientes temas de interés general: Estudio crítico de los métodos de uso en fenología. Trabajos y directivas en el campo de la microclimatología agrícola. Medida de la evapotranspiración en las estaciones agrometeorológicas. Trabajos técnico-científicos pro-

gramados por el Departamento y realizados o a realizarse en las distintas estaciones agrometeorológicas. Unificación de conceptos y métodos de observación.

I. — Se llegó a las siguientes conclusiones generales respecto de trabajos en curso:

1. Que el método llamado de *Registro Fenológico Integral** representa un sistema observacional completo.

2. Que se siente la necesidad de disponer de un método de observaciones fenológicas semejantes para plantas anuales.

3. Que en la observación fenológica del trigo debería suprimirse la fase de macollaje por ser difícil su exacta determinación y de importancia relativamente escasa para la bioclimatología de la especie.

4. Que, en el trigo y cereales forrajeros, el encañamiento constituye una de las fases bioclimáticamente más importantes, y su observación, anteriormente difícil, se facilita con la apreciación del «primordio floral».

II. — Entre las resoluciones finales más importantes podemos anotar:

1. Estudiar el intercambio de masas de aire entre dos niveles, 0m y 8m, con sus variaciones de humedad y temperatura, a fin de determinar la evapotranspiración real.

2. Estudiar el clima del monte en su equilibrio natural, con especial referencia a temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento a distintas alturas, así como humedad del suelo a distintas profundidades.

3. Instalar instrumental en la periferia del monte, a distancias variables del mismo, y evaluar la protección que presta en su directa relación con la erosión.

4. Estudiar el aparato ideado por el Ing. Agr. Alvarez Herlein para determinar el tamaño de las partículas que «vuelan» a distintas velocidades del viento.

5. Estudiar el grado de eficacia de la protección de los montes frutales mediante cercos vivos, en razón de las características de las heladas en nuestro país, las cuales no siempre obedecen al avance del frío, sino al estancamiento de éste, circunstancia en que los cercos vivos suelen resultar contraproducentes.

6. Verificar la importancia del monte en las zonas marginales de cultivos agrícolas, como factor del mantenimiento de la humedad del suelo y como defensa al avance de la erosión.

* Esta revista publicará próximamente un artículo sobre el tema presentado por su autor, Ing. Agr. Néstor Ledesma.

III. — Se establecen los siguientes principios a tomar en cuenta al hacer estudios microclimáticos en la región del monte:

1. Efectuar el inventario de las especies que viven de la napa freática y de aquellas que dependen de la humedad atmosférica.

2. Efectuar cortes del terreno para analizar la humedad a distintas profundidades y los sistemas radiculares de las especies que se mantienen en las regiones áridas y semiáridas.

3. Contemplar la reforestación con sumo cuidado, pues muchas veces no es posible efectuarla con especies exóticas por exigir cantidades de agua mayores que las que puede proporcionarles el potencial climático del lugar.

4. Estudiar el número de árboles que puede soportar una región en relación con el poder desecante del suelo, propio de cada especie, aconsejándose la reforestación con las especies naturales del lugar.

IV. — Trabajos en ejecución. — I. En el estudio agrolimático de la papa en la región de Balcarce (Buenos Aires) se ha llegado a las siguientes conclusiones:

a) La mejor época de siembra es del 5 de octubre al 26 de noviembre.

b) Los más altos rendimientos se obtuvieron, hasta el presente, con la variedad argentina Huincul.

c) Conviene adelantar las siembras no obstante correr el peligro de las heladas, en razón de no llegar a modificar éstas significativamente el rendimiento.

d) Para evitar la brotación de la papa de semilla que se mantiene en « pilas », a campo, se aconseja conservarlas en frigorífico a fin de evitar los dos desbrotos anuales que la debilitan.

2. En la zona de influencia de la estación agrometeorológica de Guatraché, caracterizada por su clima semiárido, se puso de manifiesto:

a) La bondad del sistema Lister de siembra, y de especial manera la densidad rala.

b) El cultivo agrícola que mejor se comporta, con respecto a la sequía, es el girasol; el sorgo también lo es, pero con un efecto esquilmante posterior; el cultivo del maíz debe proscribirse totalmente.

c) En el aspecto forrajero se realiza un ensayo bioclimático, del cual, iniciado con 55 especies, subsisten en la actualidad solamente 9; se destaca el *Agropyrum Cristatum* y el *Bromus inermis*, este último en su faz de multiplicación con óptimos resultados.

5. En el Bolsón:

- a) Se han estudiado bioclimáticamente las avenas *Exeter* y *Thomkinson*, comprobándose que son superiores a las que se siembran en la zona. El problema forrajero invernal es el más arduo y difícil en esta región; la conclusión anterior se considera auspiciosa por esta razón.
- b) Se realizará el estudio microclimático de los faldeos del Valle, pues se presentan en los mismos situaciones de importancia económica explicables sólo por métodos microclimáticos.

4. Se recomendó a la Estación Agrometeorológica de Lastenia (Tucumán) estudiar bioclimáticamente la caña de azúcar especialmente en relación con las heladas, por el efecto que éstas ejercen sobre el tenor en azúcar y cuyo conocimiento es fundamental para la determinación de las verdaderas regiones económicas.

5. En un ensayo llevado a cabo en Bella Vista (Corrientes) se pudo determinar que el cultivo del té no conviene a su clima local.

La reunión de los técnicos concluyó con una visita al Observatorio Agrometeorológico Principal, de Castelar, donde se veri-

ficaron conceptos correspondientes a los estudios de bioclimatología experimental que se conducen en la red de estaciones agrometeorológicas y se analizó el instrumental especializado con que cuenta el referido observatorio.

En memoria de D. Bruno Collasius. — En ocasión de cumplirse el año del deceso del señor Bruno Collasius la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional autorizó quedara expuesta la imagen fotográfica del extinto en la antesala de la jefatura del Departamento de Geofísica, en el Observatorio Central Buenos Aires, ámbito de trabajo donde el señor Collasius pasó largos años de su vida dedicado a la ciencia y la técnica geofísicas. Hicieron uso de la palabra en la ocasión, para ponderar su idoneidad y virtudes personales, el Subdirector del Servicio Meteorológico Nacional, Ingeniero Héctor Schinelli; el Jefe del Departamento de Geofísica, Doctor Raimundo Celeste, y el Director de Investigaciones Meteorológicas y Enseñanza, Doctor Martín S. Cappelletti, quien recordó asimismo al señor Collasius en su calidad de colaborador científico de METEOROS.

RESEÑAS BIBLIOGRAFICAS

LIBROS Y FASCICULOS

Werner Schwerdtfeger. — *El problema de la predicción del tiempo.* (Buenos Aires, 1952). 551.509.

Los primeros capítulos están dedicados a aclarar, en forma sencilla y con fundamento científico, las reglas que el público suele aplicar con criterio empírico en el pronóstico. Otros capítulos describen el método sinóptico, sus errores y verificación, y señalan las dificultades que ofrece el pronóstico a corto plazo en la República Argentina por la singular geografía de su territorio y la falta de información de la zona del océano Pacífico correspondiente al oeste del territorio sureño de Chile, como asimismo por la escasez de datos de altura. Finalmente, desfilan ante el lector los procedimientos más modernos sobre la previsión a medio y largo plazo aplicados en la actualidad en los países del hemisferio norte, y los métodos estadísticos, avalados con numerosos e ilustrativos ejemplos, frutos éstos de la larga experiencia profesional del autor.

E. A. Quinterno. — *Principio General de la Termodinámica.* (Buenos Aires, 1952). 536.7.

Partiendo del principio universal de la conservación de la masa-energía y en base al concepto de probabilidad termodinámica, se formula un principio general que involucra los dos que establece la Termodinámica clásica. Se encara la descripción microscópica de los sistemas materiales de acuerdo con la teoría de los cuantos de Planck, para lo cual se utiliza como parámetros independientes la entropía (definida como la energía de configuración para una determinada probabilidad termodinámica) y la temperatura (vinculada al tamaño de los compartimientos en que se divide al sistema para su descripción). La conservación universal de la energía (materia y radiante), cuando sólo se tiene en cuenta la actividad intermolecular, permite plantear al autor su principio en la siguiente forma: «la energía vinculada (TS) variará a expensas de cantidades de calor y viceversa». Las variaciones elementales de la energía vinculada dependen de la

repartición molecular, tendiendo al equilibrio termodinámico (repartición uniforme), del número total de moléculas (por ejemplo, reacciones químicas), de los cambios de presión o de volumen, del potencial interior (cambios de fase de la materia) y de los campos vectoriales exteriores (gravitatorio, de velocidades, etc.). La suma de todas las variaciones parciales deberá ser igual, de acuerdo con la expresión propuesta, a las cantidades de calor puestas en juego. En la segunda parte se aplica el principio enunciado para distintas transformaciones y ciclos, deduciendo de él los dos principios fundamentales y extendiéndolos a los sistemas circulantes. — R. M. Q.

M. Schwarzbach. — *Das Klima der Vorzeit (Clima de los tiempos prehistóricos)* (Stuttgart, 1950). 551.585.7.

Escrito con lenguaje sencillo por un famoso geólogo, instruye al lector prácticamente acerca de todos los estudios y teorías más importantes al respecto, documentado el libro por una bibliografía de casi 1.000 trabajos. Partiendo de los conocimientos de la climatología moderna, el autor discute en forma extensa y crítica las pruebas testimoniales de las cuales pueden deducirse las condiciones térmicas, hídricas y bariométricas de los tiempos prehistóricos y sus variaciones anuales y cambios durante los millones de años pasados. Después trata del clima en las distintas épocas geológicas desde el precámbrico hasta el cuaternario, detallando los vestigios y sus lugares de hallazgo y resumiendo el clima reinante en las diferentes épocas de la historia de la tierra. En cuanto a las distintas teorías que intentan explicar los grandes cambios climáticos en tiempos prehistóricos, se nota el hecho que el mismo fenómeno sirve como base de teorías contradictorias entre sí. Por ejemplo: el proceso de congelación lo relaciona Simpson con épocas de mayor radiación solar, y Dubois, con épocas de menor insolación; Croll y Pilgrim lo relacionan con inviernos fríos, y Koppen, con inviernos templados, etc. Habiendo discutido en su pro y su contra todas las teorías conocidas que recurren a causas terrestres y extraterrestres, el autor llega a la conclusión que los grandes cambios del clima en la historia de la tierra, son fenómenos

sumamente complejos y el resultado de una cantidad de factores individuales, de modo que no puede explicarlos tomando en cuenta solamente una causa. Todavía hoy día no hay ninguna esperanza en descubrir el secreto de la época glaciaria. Los fundamentos geológicos son escasos. Sin embargo parece que la fuerza motriz para la variación climática es doble: cambios en la intensidad de la radiación solar y en la configuración de la superficie de la tierra.

El clima venidero de la tierra dependerá del cambio futuro de la radiación solar, y es, por lo tanto, un problema astronómico. Actualmente, los astrónomos opinan que la radiación solar está en aumento, por lo cual se calcula que la temperatura de la tierra ascenderá en 2° a 3° C/mil millones de años. Como esto es un proceso sumamente lento, puede ocurrir, mientras tanto una nueva época glaciaria. Los pronósticos son por ello contradictorios, igual que las teorías sobre los cambios históricos, pronosticando, por ejemplo, Brooks (1947) una nueva época glaciaria, y Himpel (1948), un aumento general de temperatura. El autor mismo, dice en un epígrafe: « Qui vivra, verra ». — F. J. P.

REVISTAS

Meteorological Abstracts and Bibliography (American Meteorological Society), Lancaster, Pa., Vol. 3, N° 3, marzo 1952. 551.5: 016 (82/89/899).

A. proseguir con las bibliografías seleccionadas sobre distintos temas en este número se incluye la correspondiente al clima de Argentina, Paraguay y Uruguay. El material se ha clasificado siguiendo el Sistema Decimal Universal, dentro de cinco secciones: la primera comprende los trabajos que abarcan todo el continente sudamericano, la segunda la región del Río de la Plata y las tres últimas a cada uno de los países citados. En total se han reseñado 254 trabajos, cuya selección se efectuó previa consulta al Servicio Meteorológico Nacional argentino, al Meteorological Office de Inglaterra y a otras fuentes autorizadas. — R. M. Q.

Anales de la Sociedad Científica Argentina. Noviembre de 1951 (Buenos Aires).

R. Ballester. — *Valorización de la riqueza hidrológica argentina*. 551.48 (82)

Conferencia pronunciada en la segunda reunión de las Sesiones Científicas Argentinas celebradas en Córdoba los días 20, 21 y 22 de septiembre de 1951. En dicha disertación el Ing. Ballester describió a grandes rasgos las cuencas hidrográficas

de los ríos argentinos, las densidades de población de las zonas de distinta riqueza hidrológica, y el modo de medición de ésta. Historió también sucintamente la acción de las provincias y del gobierno nacional y los antecedentes legislativos sobre la materia. Por último propuso una nómina de 11 ríos para su estudio integral. — R. M. Q.

Revista Nacional de Aeronáutica. Noviembre de 1951 (Buenos Aires).

Los baroaltímetros y los procedimientos de reglaje alimétrico. 551.547.

Se trata de una transcripción de la circular interna preparada por el Departamento de Meteorología de la Dirección General de Circulación Aérea y Aeródromos. Describe el principio básico en que se fundan los altímetros y habla de la atmósfera patrón o standard, según las especificaciones de la OACI, de la NACA y de la CINA; y el uso de los símbolos correspondientes del código Q. Por último se describe el instrumento y se define el reglaje alimétrico. — R. M. Q.

Bulletin of the American Meteorological Society. Octubre 1951. (Lancaster, Pa.).

Ph. Williams. — *The use of confidence factors in forecasting*. 551.509.5.

Los pronosticadores del Weather Bureau en Salt Lake City han atribuido, durante un período experimental, « un factor de confianza » a cada uno de sus pronósticos generales de temperatura y precipitaciones. La verificación posterior muestra que existe una excelente coincidencia entre esos factores y el porcentaje de aciertos de los pronósticos. La aplicación de tales factores parece altamente recomendable, en los servicios de previsión del tiempo. — W. S.

G. C. Gill. — *A low-pressure Hydrogen Generator for use in filling Radiosonde Ballons*. 551.507.321.2.

Se describe un generador de hidrógeno que trabaja a poca presión interna y que, por consiguiente, evita los peligros que son inherentes a los aparatos usados hasta ahora. La nueva máquina se recomienda en particular para expediciones, ya que se la ha probado bajo temperaturas entre -40° y +40° C en el Canadá. — W. S.

D. C. Hunting y M. H. Latour. — *Radar-rainfall Studies in Ohio*. 551.508.85: 551.578.112.

Durante el verano de 1948, un grupo de investigadores ha trabajado con dos sistemas de radar (10 cm y 3,2 cm), para examinar las posibilidades de realizar me-

diciones cuantitativas de lluvias caídas. En el presente trabajo se describe el procedimiento y analiza los resultados por medio de una comparación de las isohietas obtenidas en base a una densa red de pluviómetros y las obtenidas por el método RADAR. La coincidencia es bastante buena. — W. S.

W. K. Widger y Th. Palmer. — *A method for using International Business Machines test sheets for Student forecasting and verification*. 681.177: 551.509.

El problema de llegar a un método de verificación y clasificación de pronósticos efectuados por cincuenta o más estudiantes, con exigencias limitadas, ha sido logrado con el uso de International Business Machines Form I. T. S. 1100 a 151. El artículo describe el método fijando sus ventajas. — E. C. B.

Mémoires (Institut Royal Météorologique de Belgique). Vol. XLVII (Bruselas, 1951).

M. Nicolet y R. Dogniaux. — *Etude de la radiation globale du soleil* 551.221.1.

La radiación global (radiación directa más difusa, recibida sobre un plano horizontal), se determina, teóricamente, para períodos de una duración de 10 días. Se explica el porqué de la elección de valores decádicos, basándose en la naturaleza del dato, que impide la consideración de períodos más largos por cuanto en ellos ya entraría notablemente la variación de la declinación del sol. Se explica extensamente la obtención de la fórmula a aplicar, la que se establece tomando en cuenta, por separado, las distintas componentes de la radiación global, donde todavía se distingue en la radiación difusa la que corresponde a un cielo claro y a un cielo con nubes. Publicanse todas las tablas, gráficos y representaciones necesarias para las deducciones. La comparación entre los resultados de medidas continuas y los obtenidos teóricamente, muestra que el cálculo basado en la duración de la insolación (período de llegada de los rayos directos) provee valores de la radiación global, cuya precisión no es inferior a $\pm 10\%$. La fórmula propuesta da cuenta de las variaciones de la radiación global debidas a las fluctuaciones vinculadas con la duración de la insolación y la longitud del día, en el curso del año. El análisis de los resultados obtenidos delimita los dominios de validez de la fórmula clásica de Angstrom. Su aplicación no es lícita para fracciones de la insolación inferiores a 0,3 para la latitud de Bélgica y valores negativos de la declinación del sol (invierno del hemisferio norte). Entienden los autores por fracción

de insolación el valor del cociente S/S_0 , donde S y S_0 son tiempos de insolación correspondientes a un día medio (media decádica) y a un día de muy buen tiempo (día claro), respectivamente. Finalmente, se resumen los enunciados, los puntos de partida y se reseñan los resultados en comparación con la fórmula clásica. — R. H.

Mémoires (Institut Royal Météorologique de Belgique). Vol. XLII (Bruselas, 1951).

L. Dufour. — *Sur la thermodynamique de la condensation dans l'atmosphère*. 551.511

El autor se propone deducir racionalmente, de los principios de la termodinámica, las fórmulas utilizadas en el estudio de la condensación de la atmósfera. Para tal fin sigue el método termodinámico desarrollado por R. Defay en su trabajo « Estudio termodinámico de la tensión superficial » (Institut Belge de Recherches Radioscientifique, Vol. III, 1934, París). El sistema en estudio comprende dos fases: la primera, gaseosa (aire seco, vapor de agua), y la segunda, líquida (agua, sal disuelta), separadas por una capa superficial, que es sede de fenómenos capilares y de adsorción. El estudio detallado de esta capa, según Dufour, no es necesario, pudiéndose sustituir el fenómeno completo real por un modelo simplificado equivalente. Las dos fases, en este modelo, quedan separadas por una superficie de referencia, cuyas propiedades y posición son tales que el modelo simplificado coincide, mecánicamente y energéticamente, con el sistema real. El planteo del problema da origen a serios desarrollos matemáticos. — R. M. Q.

Tellus. Agosto de 1951. Vol. 3, N° 3 (Estocolmo).

J. Mintz y W. Munk. — *The effect of Winds and Tides on the length of the day*. 551.557.33.

Se sabe que existen ciertas diferencias muy pequeñas entre el tiempo astronómico y el tiempo medido por relojes de alta precisión, con un período anual de las desviaciones. Se ha sugerido que este fenómeno obedece a la variación anual de la velocidad angular de la tierra. Los autores muestran que sólo la tercera parte de la diferencia total entre enero y julio (1,5 milésimos de segundo) puede atribuirse a la variación anual de las corrientes zonales de la atmósfera terrestre. — W. S.

H. Reuter. — *Forecasting Minimum Temperatures*. 551.524.36.

Puesto que muchos factores influyen en el descenso nocturno de la temperatura

sobre suelo, resulta necesario introducir ciertas simplificaciones cuando se trata de deducir una fórmula conveniente. El autor discute las ideas en que se basan muchos ensayos anteriores, y llega, al fin, a una nueva fórmula para la cual ha construido también un gráfico. Una verificación de los resultados prácticos, por medio de observaciones de Viena, se muestra satisfactoria. — W. S.

C. W. Newton, N. A. Philipps, J. E. Carson y D. L. Bradbury. — *Structure of Shearlines near the tropopause in summer*. 551.515.2.

Estudio sinóptico aerológico de una situación en la cual aparece, en el nivel de la tropopausa, una vaguada que se transforma, según los autores, en dos corrientes a chorro de dirección opuesta. — W. S.

H. Brezowski, H. Flohny y P. Hess. — *Some remarks on the Climatology of Blocking Action*. 551.589.1.

Sobre el W de Europa y el E del Atlántico, la formación de los grandes anticiclones calientes, casi estacionarios, tiene un papel decisivo para la evolución del tiempo, durante varios días. A propósito de ellos, los autores han aprovechado el gran Catálogo de situaciones generales sinópticas (1881-1950) para mostrar la pronunciada marcha anual de la frecuencia de tales situaciones, y su vinculación con la ocurrencia de situaciones opuestas, caracterizadas por grandes centros de aire frío (depresiones de gran espesor). — W. S.

J. von Werner. — *Das phänomen « Blau-Sonne »*. 551.595.6.

Del fenómeno « sol azul » observado en Escocia el 26 de setiembre de 1950, y en Suecia y Alemania al día siguiente, se hace un intento para fijar aproximadamente los límites geográficos probables dentro de los cuales pudo ser visto. La investigación trata, también, de explicar el fenómeno desde el punto de vista de la física teórica. — E. C. B.

Publicaciones del Observatorio del Ebro. Miscelánea N° 8, 1950. (Madrid).

J. Oriol Cardus (S. J.). — *Sobre la ley de las fases en las corrientes telúricas*. 551.058.64.

El autor hace una breve reseña acerca de lo publicado sobre el tema. Expone el procedimiento para depurar las observaciones de corrientes telúricas de la influencia solar o lunar. Luego trata de obtener

una expresión matemática para las curvas consideradas representativas de la ley de las fases. Mediante el análisis de Fourier, logra obtener relaciones entre los valores de las amplitudes y fases de las curvas elementales *L* y *S*. Comparados los datos obtenidos con los que se obtienen de la curva solar y lunar y calculados los armónicos de las curvas de las distintas fases, la concordancia es buena para los tres primeros armónicos. Expone el autor cuáles son las causas de algunas discrepancias y cómo podrían salvarse. Concluye que el llamado efecto de fase, tal como ha sido formulado hasta ahora, no existe en telúrica. Trae bibliografía. — E. M. DE CH.

Geofísica Pura e Aplicada. (Vol. XX, julio diciembre 1951 (Milán).

V. C. A. Ferraro y H. W. Unthank. — *Sudden Commencemens and sudden impulses in geomagnetism*. 55.058.44.

En un trabajo reciente de estos mismos autores, se estudian las frecuencias de los « sudden commencemens » y « sudden impulses ». Siguiendo las mismas directivas se han investigado en las amplitudes de *H* en seis estaciones: Cheltenham, Tucson, San Juan, Honolulu, Huancayo y Watheero, durante el período 1926-1946, para los S. Cs. y S. Is. Estos no parecen diferir grandemente en su conducta. Excepto en el caso de Huancayo, las mayores amplitudes ocurren cerca de la cero hora local, después de lo cual hay una caída hacia los valores más bajos aproximadamente a las 7 horas. Las amplitudes de los « sudden impulses » podrían tener un mínimo secundario cerca de las 18 horas, pero ello no es seguro. — E. M. B. DE CH.

H. Israel. — *Some remarks on the field-strength inside thunderclouds*. 551.594.11.

Es una reseña de lo realizado hasta ahora acerca de este tema. Los valores encontrados hasta el presente para el gradiente de potencial en las nubes son muy dispares, pero no ha de olvidarse que ellos han sido obtenidos por distintos procedimientos y, en algunos casos, se han calculado indirectamente.

Algunas hipótesis formuladas pueden explicar, igualmente, los altos y bajos potenciales; pero, de cualquier modo, hay siempre en juego una cantidad de electricidad mucho mayor que la necesaria para los potenciales hallados. Hay un efecto de disipación de las cargas que bajaría como un regulador automático para estabilizar el potencial en el generador de las tormentas. — E. M. B. DE CH.

ÍNDICE DEL TOMO II

(AÑO 1952)

	pág.
AUTÓGRAFO DEL EXCMO. SEÑOR PRESIDENTE DE LA NACIÓN	2
HOMENAJE A LA SEÑORA ESPOSA DEL EXCMO. SEÑOR PRESIDENTE DE LA NACIÓN	146
ARTICULOS	
BURGOS, JUAN JACINTO. — El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales	215
CELESTE, RAIMUNDO. — Contribución al conocimiento sísmico de la provincia de Salta	101
— Contribución al conocimiento sísmico de la provincia de Mendoza	166
COLQUI, BENITO S. y MARIANO E. MADEJSKI. — Contribución al estudio del Glaciar Torrecillas (lago Menéndez, Chubut)	209
DEDEBANT, G. y R. DI MAIO. — Isocorrelación bórica aplicada a la República Argentina	23
— y EMILIO A. M. MACHADO. — Cálculo del promedio mensual de temperatura en base a las tridiurnas	190
DI MAIO, R. — Ver <i>Dedebant, G.</i>	23
GEORGI, WALTER. — Regulación del tiempo por la doble onda diaria de la presión atmosférica, en Mendoza	182
MACHADO EMILIO A. M. — Ver <i>Dedebant, G.</i>	190
MADEJSKI, MARIANO E. — Ver <i>Colqui, Benito S.</i>	209
MARCHETTI, ADOLFO A. — Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires	7
— Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina	243
PASCALÉ, ANTONIO J. — Mapa fenológico del trigo en la República Argentina	50
PROHASKA, FEDERICO J. — Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15° S hasta Antártida)	66
PROVERBIO, JOSÉ. — Dos ensayos de calentamiento del aire para evitar la acción de las bajas temperaturas en frutales	117
SAMATÁN, ENRIQUE L. — Método simplificado de análisis armónico	112
SCHNEIDER, OTTO. — Acerca de la variación geomagnética de días tranquilos, en Pilar	149
RAFFO, JOSÉ MARÍA. — Pronóstico de crecientes del río Chubut	204
NOTAS Y COMENTARIOS	
PROHASKA, FEDERICO J. — Datos climatológicos y geomagnéticos de las Islas Orcadas del Sur (60° 44' S. 44° 44' W. Período 1903-50)	130
SCHWERDTFEGER, W. — Two papers on Southern Hemisphere Meteorology (Dos trabajos sobre la Meteorología del Hemisferio Sur). Naval Weather Service, Simonstown. Circular N° 12/49	310

	pág.
<i>EDITORIALES</i>	
Ideales y realizaciones	3
Deber de acrecentar	147
<i>ACTUALIDADES</i>	
Cincuentenario de la Carta del Tiempo. Comisión de Meteorología Marítima de la OMM. Asociación Regional Europea de la OMM. Carrera de ingeniero meteorólogo. Instituto Tropical de Investigaciones Científicas. Universidad de El Salvador. Novena Asamblea General de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional ..	134
Representantes de la República Argentina ante la OMM. Entrega de distinciones. Intensificación de la investigación agrometeorológica. En memoria de D. Bruno Collasius	312
<i>RESENAS BIBLIOGRAFICAS</i>	138, 315