

METEOROS

SUMARIO

EDITORIAL	127
ANTONIO JUAN PASCALE y EDMUNDO ALBERTO DAMARIO. — El índice heliotérmico aplicado a los trigos argentinos	129
G. DEDEBANT. — Determinación cuántica de la estratosfera	158
WERNER SCHWERTFEGER y CÉSAR J. VASINO. — La variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República Argentina ..	174
G. DEDEBANT y E. A. M. MACHADO. — Empleo de la función generatriz para la integración de procesos bidimensionales	194
VLADIMIR MICHAJLIKOV, GUILLERMO A. JUÁREZ y LAUREANO A. ALVAREZ HERLEIN. — El temple de trigo contra la sequía aplicado al gran cultivo	215
ROBERTO JOSÉ GILARDONI. — Importancia del río Barrancas (Cuenca superior del río Colorado)	230
ARTÍCULOS BREVES: G. DEDEBANT - A propósito de una crítica al trabajo "Circulación General del Aire en la República Argentina. Historia de una Investigación Científica"	240
NOTAS Y COMENTARIOS: FÉLIX ALBANI. - Lucha antigranizo en Europa, 245. — Perspectivas de aprovechamiento de la energía solar e información básica meteorológica necesaria	245
ACTUALIDADES	251
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS	253

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

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

METEOROS

AÑO IV

N. 3

METEOROS

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



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

AÑO IV

JULIO-SEPTIEMBRE 1954

N. 3

LA CIUDAD DE BUENOS AIRES, SEDE DE LA FUTURA ASAMBLEA GENERAL DE LA UGGI

NUESTRA histórica capital será asiento de la undécima asamblea de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, en 1957, conforme al deseo unánime de más de cuarenta países convocados en la reciente y magna asamblea de Roma. Halagados por el veredicto no ha de causarnos, sin embargo, sorpresa el que Buenos Aires haya sido la ciudad electa porque era por todos los delegados sufragantes bien conocida la trayectoria argentina en materia de geodesia, meteorología y geofísica. La labor de décadas del Instituto Geográfico Militar, la casi centenaria del Servicio Meteorológico Nacional, la de entidades privadas de crédito firme como el Instituto de Física Cósmica de San Miguel, la altamente eficaz de la Dirección de Navegación e Hidrografía de la Marina de Guerra, la del Observatorio Astronómico de Eva Perón, y la reciente de los organismos oficiales: el Instituto del Hielo Continental, el Instituto Antártico, y la Comisión Nacional de la Energía Atómica, no podían quedar ignoradas para los expertos en la materia ni desvinculadas de la tendencia sociológica de la hora presente, cual es la de incrementar la evolución nacional y la de intensificar la cooperación entre pueblos vecinos y lejanos, como si la unidad del mundo en su saber científico se diera precisamente en la conjunción de las distintas comunidades políticas. En vísperas del próximo Año Geofísico Internacional cuyas actividades se concentrarán en torno al meridiano de 70 grados al oeste de Greenwich —que atraviesa nuestro extenso territorio de norte a sud, cruza el estratégico mar de Drake y va a insertarse en el Sector Argentino de la Antártida— no era tampoco

extraño que en Roma se pensara con espíritu científico en la Argentina, situada en el inmenso hemisferio austral, de enormes superficies marítimas y de escaso cubrimiento continental, y en su topografía privilegiada para ciertas observaciones del interior del geoide y del ámbito cósmico —latitudes geográficas bajas y grandes alturas sobre el nivel del mar—, así como que el recuerdo llevara a la tarea de interés mundial desenvuelta en etapas actuales y pretéritas por los observatorios de La Quiaca, Pilar y Orcadas del Sud, excelentes para la captación de datos significativos. No era incluso ajena a esta reminiscencia la importante colaboración prestada al saber universal por los observadores e investigadores argentinos con motivo del Segundo Año Polar Internacional, habido entre 1932 y 1933.

Entrada ya en máquina la presente entrega de METEOROS al finalizar las jornadas de Roma, nos vemos obligados a dejar para el próximo número la crónica extensa y detallada. ¿Dejaremos, empero, de reseñar en brevísimo rasgo un signo relevante? Relevante por lo que implica como juicio de valoración. En los actos protocolares establecidos por la UGGI en su minucioso y decantado programa figuraba una visita a Castelgandolfo. Fué cumplida con devoción por unos, como acto estrictamente protocolar por otros, porque no en vano en el millar de científicos y familiares invitados los había de razas y credos diferentes, pero todos se sintieron tocados en la intimidad de la conciencia por la voz vibrante de una cátedra que sostiene la perfecta y universal congruencia entre la Ciencia y la Fe. Como en ninguna otra ocasión, el Sumo Pontífice trazó en ésta la verdadera historia del drama del saber humano, para subrayar con énfasis ante el auditorio que horas más tarde iba a emprender el regreso a sus lares: "El Año Geofísico Internacional de 1957-58 merece una mención especial. Constituye la tercera magna empresa de este género. Los Años Polares Internacionales de 1883 y de 1932-33 dieron resultados tan interesantes que los expertos en diferentes ramas de la ciencia se sintieron compelidos a proyectar para este Año Internacional una serie de observaciones en torno al geoide entero, incluidas las regiones Ártica y Antártica. Plan tan vasto no puede cumplirse sin la colaboración estrecha de gran número de países. Confiamos no tan sólo en que las conquistas científicas en expectativa sean proporcionales al inmenso trabajo realizado, sino en que este insigne ejemplo de colaboración y de buena voluntad haga avanzar la causa de la paz mundial".

Todo este magnífico mensaje que nos viene a nosotros con motivo de la asamblea de la UGGI en la Roma milenaria, resuena en la Argentina con la elocuencia de un hecho consumado y de un deber consecuente que cumplir. Y a las decisiones que habrá de tomar en su momento el Excmo. señor Presidente de la República, General Perón, con respecto al honor conferido, seguirá la actividad concordante del Servicio Meteorológico Nacional y la de cada uno de los diversos organismos participantes de la obra monumental de la UGGI en su carácter de miembros del Comité Nacional.

551.586:633.1

EL ÍNDICE HELIOTÉRMICO APLICADO A LOS TRIGOS ARGENTINOS

POR ANTONIO JUAN PASCALE* y EDMUNDO ALBERTO DAMARIO**

Resumen. — Se aplicó el Índice Heliotérmico de Geslin a 37 variedades de trigo, sembradas quincenalmente desde marzo hasta octubre, en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar y en las Estaciones Agrometeorológicas de Rafaela y Balcarce, durante los años 1950, 1951, 1952 y 1953. Se confirmó que el mencionado índice satisface las características de un buen índice bioclimático para el trigo, habiéndose podido clasificar las variedades en cuatro grupos con exigencias térmicas y fotoperiódicas bien diferenciadas.

Summary. — Geslin's Heliothermic Index was applied to 37 varieties fortnightly sown from March to October, at the « Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar » and at the Rafaela and Balcarce Agrometeorological Stations, during the years 1950, 1951, 1952 and 1953. Confirmation of the above mentioned Index as satisfying the characteristics of a suitable bioclimatic index was obtained. One could, thus, be able to classify the conducted varieties into four groups, each one showing well differentiated thermic and photoperiodic requirements.

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Cuando se quiere caracterizar una región en su posibilidad para implantar un cultivo es común relacionar los distintos elementos climáticos de la misma que inciden sobre el ciclo vegetativo de la especie a utilizar. Esta relación se puede establecer por medio de índices climáticos indicadores de la cantidad o forma en que un elemento se halla presente en un lugar y por índices bioclimáticos que reflejan la necesidad de la especie vegetal con relación a los factores que actúan sobre su crecimiento y desarrollo.

Si el índice bioclimático, calculado en base al aporte que potencialmente puede proporcionar el clima de un lugar, se encuentra entre los extremos que experimentalmente se han comprobado como aceptables, es posible aconsejar la implantación del cultivo con mayor o menor seguridad económica de acuerdo al ajuste del mencionado índice con su valor óptimo.

La caracterización bioclimática de las especies vegetales por medio de índices tropieza con muchos inconvenientes dado que deben incluir los elementos meteorológicos de mayor influencia en los procesos del crecimiento y desarrollo, la interacción de los mismos, y muy especialmente, reflejar las modificaciones que se producen al considerar las diferencias varietales que, muchas veces, determinan comportamientos opuestos.

Por otra parte, un índice bioclimático debe acusar diferencias adecuadas cuando su aplicación se realiza en años con distinto ritmo climático,

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

**Ingeniero Agrónomo, Jefe de la División Adversidades del Tiempo del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

sobre todo en aquellas especies que exigen bajas temperaturas en un determinado momento de su ciclo y la incidencia de un invierno benigno puede alterar la marcha normal de las fases siguientes. Del mismo modo, la aplicación del índice a un mismo cultivo en distintas regiones debe mostrar diferentes valores acordes con las características climáticas respectivas.

El problema de encontrar el o los elementos que más influyen en el desarrollo fásico preocupó en primer término a los investigadores. La variación anual de la temperatura, por ser un proceso periódico que se asemeja al de la sucesión de las fases vegetativas, constituyó el origen de las investigaciones bioclimáticas.

Así surgió el concepto de constante térmica relacionada con el ciclo vegetativo de los cultivos y los distintos métodos de sumas de temperaturas: directo, residual, exponencial y termofisiológicos, cuyo análisis fué discutido ampliamente por DE FINA (1939) al aplicarlos al desarrollo fásico en el cultivo del lino oleaginoso, llegando a la conclusión de que ninguno servía para explicar bioclimáticamente las variaciones anuales o de fechas de siembra. A conclusión similar había llegado SEELEY (1917) con el maíz.

Luego de los trabajos de GARNER y ALLARD (1920) que determinaron el verdadero valor de la longitud del día en la sucesión de las fases vegetativas y reproductivas de las plantas, se vió la necesidad de incluirla como elemento primordial, similar a la temperatura, para el cumplimiento del ciclo ontogénico. A partir de estos nuevos conocimientos, todo intento de formulación de índice bioclimático se hizo incluyendo la duración del día.

Ya TISSERAND, trabajando con las sumas de temperaturas en trigo, había hecho notar que los valores eran más ajustados cuando en su cálculo se incluía el número de horas de sol recibidas durante la vegetación. KLEIN y SANSON (1928).

En su edición del año 1939, AZZI calcula un índice bioclimático para el trigo en *Peruggia*, considerando el número de días con temperaturas medias superiores a 7°C y la duración del día en minutos, a partir del nacimiento. La suma de los productos diarios de estas variables le permite afirmar que la espigazón se producirá cuando el valor totalizado alcance el millón de unidades.

Un ajuste completo en la interacción entre temperatura y longitud del día la encontró DE FINA (1939) en su trabajo ya mencionado sobre lino, pudiendo establecer que la fecha de floración para una determinada época de siembra está determinada por la suma de temperaturas acumuladas y la longitud del día en el momento de la plena floración. Cualquier valor inferior al límite que establece para las sumas de temperaturas o la longitud del día significa la no expresión de la fase.

Trabajando con distintas especies: trigo, lino, arvejas y berenjenas, NUTTONSON (1948) aplica un índice haciendo intervenir la suma de temperaturas medias diarias y la longitud media del día. Los valores obtenidos le permitieron comparar el proceso fenológico en distintas localidades.

Sin duda, el trabajo que considera como verdadero índice bioclimáti-

co la influencia combinada de la temperatura y la luz es GESLIN (1944), quien le da el nombre de índice heliotérmico y lo aplica específicamente al cultivo del trigo. Consiste en el producto entre la suma de temperaturas medias diarias y la duración media del día desde la fecha de nacimiento hasta la de espigazón.

GESLIN, trabajando en Versalles con la variedad *Vilmorin 23*, calculó el índice en base a los datos fenológicos de siembras continuadas durante los años 1930 a 1941. Como durante ese período los cultivos estuvieron expuestos, como consecuencia de la variabilidad climática, a condiciones muy diversas de temperatura y precipitación, pudo establecer que el índice heliotérmico en función de la fecha de siembra es una característica ecológica varietal.

La aplicación del índice a gran cantidad de variedades, le permitió comprobar que los trigos invernales, intermedios y primaverales tienen valores característicos de índice heliotérmico. GESLIN (1945). Igual comprobación la obtuvo al extender la aplicación del índice a ensayos geográficos.

El conocimiento del índice heliotérmico permitiría, según su autor, determinar la posibilidad de cultivo de una variedad de trigo en un lugar dado, más aún si los cálculos se realizan separadamente para los subperíodos nacimiento-encañamiento y encañamiento-espigazón, que representan las etapas de crecimiento y desarrollo, respectivamente.

En el análisis bioclimático de tres variedades de trigo que realizó PASCALE (1950), se aplicó en nuestro país el índice heliotérmico con resultados satisfactorios que explicaban aceptablemente las distintas características varietales, estacionales y de fechas de siembra.

Por tal motivo, se consideró conveniente incluir en el análisis a todas las variedades de trigo que se cultivan en el país, por medio de un ensayo bioclimático en diversas localidades. Luego de cuatro años de experiencias estamos en condiciones de enunciar los resultados obtenidos.

MATERIAL Y METODO

Se utilizaron para este ensayo las variedades de trigo que remite anualmente la Red de Ensayos Territoriales del M. A. y G. a sus estaciones experimentales, que incluyen las que se aconsejan para la siembra en las distintas regiones del mapa triguero y aquellas en vías de aprobación. De esta manera se trabajó con 37 variedades, 35 pertenecientes a *Triticum vulgare* y 2 a *Triticum durum*.

Durante los años 1950, 1951, 1952 y 1953 se efectuaron siembras continuadas en las estaciones agrometeorológicas del Departamento de Agrometeorología. Las conclusiones que se extraen en este trabajo corresponden solamente a datos obtenidos en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar y comprobaciones en las estaciones de Rafaela y Balcarce.

Las siembras se efectuaron cada 15 días, desde marzo hasta octubre inclusivos, con lo que se abarcó ampliamente el período normal de siembras de todas las variedades. Cada variedad se sembró en dos surcos de tres metros de largo cada uno, separados 20 cm entre sí. Cada época de siembra constituyó un tablón con la microparcels apareadas de la totalidad de las variedades utilizadas en cada año.

CUADRO I. — *Indices heliotérmicos de la variedad Eureka FCS de las siembras continuadas realizadas en Castelar*

Año 1950

Fecha de siembra	Fecha de comienzo de			Subperíodos								
				Nacimiento-encañamiento			Encañamiento-espigazón			Nacimiento-espigazón		
	Nacimiento	Encañamiento	Espigazón	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.
1- III	7- III	28- VII	5- X	2046.2	11.58	237	787.0	12.36	97	2833.2	11.81	335
15- III	20- III	1-VIII	10- X	1788.9	11.35	203	859.8	12.37	106	2648.7	11.72	310
3- IV	8- IV	8-VIII	12- X	1478.6	11.17	165	808.8	12.56	101	2287.4	11.64	266
17- IV	24- IV	18-VIII	12- X	1299.4	11.10	144	699.7	12.80	90	1991.9	11.60	231
3- V	9- V	26-VIII	17- X	1194.3	11.08	132	657.9	12.98	85	1852.2	11.68	216
19- V	27- V	1- IX	21- X	988.9	11.12	110	628.2	13.17	83	1617.1	11.80	191
5- VI	14- VI	12- IX	26- X	935.4	11.33	106	571.5	13.46	77	1506.9	12.04	181
19- VI	29- VI	24- IX	31- X	901.6	11.69	105	514.2	13.84	71	1415.8	12.29	174
3- VII	16- VII	1- X	2- XI	830.5	11.96	99	459.2	13.93	64	1289.7	12.49	161
18-VIII	2-VIII	9- X	7- XI	808.2	12.45	100	435.1	14.21	62	1243.3	12.91	160
3-VIII	14-VIII	16- X	12- XI	805.9	12.71	102	429.9	14.35	62	1235.8	13.16	163
16-VIII	23-VIII	18- X	13- XI	712.1	12.99	92	407.1	14.56	59	1119.2	13.45	150
4- IX	14- IX	5- XI	24- XI	699.1	13.64	95	321.9	14.98	48	1021.0	14.00	143
18- IX	28- IX	11- XI	4-XII	668.3	14.02	94	398.5	15.18	60	1066.8	14.43	154
3- X	11- X	19- XI	11-XII	607.8	14.37	87	417.2	15.34	64	1025.0	14.67	154

Año 1951

6- III	16- III	17- VI	4- X	1422.9	11.71	167	1341.4	11.75	158	2764.3	11.73	324
16- III	22- III	19- VI	7- X	1336.2	11.58	155	1346.6	11.80	159	2682.8	11.70	314
3- IV	15- IV	20- VII	17- X	1296.9	11.10	144	1179.2	12.38	146	2476.1	11.68	289
17- IV	24- IV	3-VIII	13- X	1351.0	11.05	149	920.2	12.62	116	2271.2	11.67	265
3- V	9- V	10-VIII	15- X	1173.3	10.97	129	863.9	12.74	110	2038.1	11.68	238
22- V	1- VI	3- IX	23- X	1186.4	11.19	133	673.3	13.36	90	1859.7	11.91	221
5- VI	14- VI	11- IX	25- X	1108.4	11.33	126	594.3	13.46	80	1702.7	12.04	205
19- VI	1- VII	21- IX	30- X	1023.7	11.60	119	580.1	13.74	80	1603.8	12.29	197
3- VII	15- VII	1- X	2- XI	1013.4	11.96	121	514.3	13.93	72	1527.7	12.49	191
17- VII	25- VII	14- X	8- XI	1055.4	12.38	131	436.2	14.39	63	1491.6	12.83	191
31- VII	10-VIII	14- X	9- XI	846.5	12.62	107	451.8	14.39	65	1298.3	13.09	170
20-VIII	29-VIII	22- X	13- XI	729.0	13.08	95	405.0	14.56	59	1134.0	13.54	154
4- IX	13- IX	4- XI	24- XI	763.4	13.64	104	372.2	14.98	56	1135.6	14.00	159
18- IX	25- IX	11- XI	5-XII	740.1	13.93	103	448.2	15.18	68	1188.3	14.34	170
4- X	11- X	2- XII	14-XII	927.5	14.53	135	237.2	15.40	37	1164.7	14.73	172

CUADRO I (Continuación)

Año 1952

Fecha de siembra	Fecha de comienzo de			Sub períodos								
				Nacimiento-encañamiento			Encañamiento-espigazón			Nacimiento-espigazón		
	Nacimiento	Encañamiento	Espigazón	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.	Suma de temperaturas	Longitud media del día	I. H.
9- IV	14- IV	21- VII	16- X	1152.6	11.10	128	1061.9	12.38	132	2214.5	11.68	259
18- IV	26- IV	13-VIII	15- X	1197.1	11.07	132	819.8	12.80	105	2016.9	11.66	235
6- V	13- V	18-VIII	18- X	997.9	11.02	110	812.8	12.99	106	1810.7	11.76	213
26- V	5- VI	3- IX	23- X	910.5	11.21	102	693.4	13.36	93	1603.9	11.95	192
6- VI	24- VI	11- IX	24- X	854.3	11.40	97	618.9	13.46	83	1473.2	12.14	179
23- VI	7- VII	17- IX	27- X	804.0	11.58	93	599.8	13.55	81	1403.8	12.26	172
8- VII	25- VII	29- IX	29- X	788.5	12.10	95	458.7	13.93	64	1247.2	12.65	158
18- VII	31- VII	4- X	30- X	787.8	12.27	97	402.0	14.02	56	1189.9	12.73	151
6-VIII	18-VIII	10- X	6- XI	710.7	12.70	90	403.5	14.21	57	1114.0	13.18	147
21-VIII	2- IX	22- X	16- XI	684.0	13.08	89	417.3	14.56	61	1101.3	13.54	149
9- IX	18- IX	3- XI	24- XI	686.5	13.74	93	377.4	14.98	56	1063.9	14.09	150
22- IX	30- IX	15- XI	6-XII	71.66	14.11	101	433.1	15.25	66	1149.7	14.43	166
3- X	9- X	24- XI	9-XII	749.5	14.46	108	325.1	15.39	50	1074.6	14.67	158
22- X	27- X	5- XII	24-XII	719.8	14.87	107	360.8	15.50	56	1080.6	15.06	163

Año 1953

30- III	4- IV	6-VIII	8- X	1440.4	11.21	161	977.8	12.72	124	2418.2	11.77	285
22- IV	29- IV	16-VIII	14- X	1215.7	11.04	134	773.5	12.80	99	1989.2	11.66	232
6- V	14- V	21-VIII	19- X	1070.4	11.02	118	783.9	12.99	102	1854.3	11.76	218
21- V	28- V	30-VIII	19- X	950.7	11.13	106	693.7	13.17	91	1644.4	11.83	194
5- VI	14- VI	14- IX	21- X	961.4	11.40	110	513.9	13.46	69	1475.3	11.95	176
22- VI	10- VII	25- IX	26- X	915.9	11.80	108	440.0	13.74	60	1355.9	12.33	167
7- VII	25- VII	4- X	29- X	925.3	12.19	113	364.4	14.02	51	1289.7	12.65	163
22- VII	6-VIII	10- X	31- X	864.6	12.45	108	318.9	14.12	45	1183.5	12.82	152
6-VIII	13-VIII	17- X	8- XI	847.5	12.71	108	351.5	14.39	50	1199.0	13.18	158
21-VIII	31-VIII	27- X	19- XI	804.9	13.17	106	399.0	14.74	59	1203.9	13.63	164
4- IX	14- IX	2- XI	23- XI	711.1	13.55	96	360.6	14.90	54	1072.7	14.00	150
15- IX	24- IX	8- XI	30- XI	663.7	13.93	92	408.9	15.12	62	1072.6	14.27	153
28- IX	12- X	24- XI	12-XII	712.0	14.46	103	390.5	15.39	60	1102.5	14.67	162
12- X	27- X	9- XII	28-XII	811.2	14.93	121	279.7	15.52	59	1190.9	15.10	180

Durante el ensayo se realizaron los trabajos culturales normales en este tipo de experiencias y se tomaron observaciones fenológicas de las fases de nacimiento-enañamiento —por la observación de la aparición del primordio floral— y espigazón, que son las requeridas para el cálculo del índice heliotérmico.

Para la obtención del índice heliotérmico fué necesario calcular las temperaturas medias diarias y la longitud media del día del período vegetativo del cultivo. En el primer caso se utilizó el método de la semisuma de los valores de temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en abrigo meteorológico corriente. Para el cómputo del segundo factor se tuvo en cuenta la duración del día desde la salida hasta la puesta del sol, incluida la duración de los crepúsculos matutinos y vespertinos, de acuerdo a la publicación correspondiente del Servicio Meteorológico Nacional (1944).

En síntesis, el índice heliotérmico, de acuerdo con Geslin, es el producto de la suma de temperaturas acumuladas entre nacimiento y espigazón y la longitud media del día para este subperíodo, dividido por 100 para trabajar con valores más prácticos. En nuestro caso se calcularon estas dos variables para cada una de las variedades en las 15 siembras de cada año. Además, en tres de las variedades más típicas de cada grupo se computaron los índices parciales para los subperíodos siembra-enañamiento y enañamiento-espigazón, con el fin de explicar las causas climáticas que determinan los distintos comportamientos.

Como ejemplo del cálculo efectuado se acompaña el cuadro I correspondiente a los índices heliotérmicos de Eureka FCS, en Castelar.

Con los valores promedios de los cuatro años, llevados a un sistema de coordenadas, se trazaron gráficos, y de la comparación de las distintas curvas resultantes, fué posible delimitar los grupos en que se encuadran las variedades de acuerdo a su comportamiento bioclimático. Los ajustes matemáticos de las parábolas típicas de cada grupo se calcularon según SNEDECOR (1948).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El distinto comportamiento de los trigos argentinos fué estudiado por PASCALE (1953), quién agrupó las variedades, según sus distintas exigencias en temperaturas y fotoperíodos, en: a) variedades de fotoperíodo largo y relativa exigencia en bajas temperaturas; b) variedades que requieren fotoperíodos no muy amplios y determinada cantidad de horas de frío; c) variedades con indiferencias fotoperiódica y térmica.

Aplicando el índice heliotérmico a las mismas variedades del trabajo mencionado y extendiendo a cuatro los años de experiencias, se pudo realizar un ajuste mayor. Con la aplicación del índice en estudio, clasificaremos las variedades según la curva que formen los valores.

Estas curvas, que responden a parábolas, se determinaron en base a la totalidad de los índices parciales de los cuatro años analizados. Trazando las parábolas correspondientes a cada año puede comprobarse la variación acusada por el índice cuando las características climáticas, especialmente las invernales, son distintas y actúan sobre una especie "paratermocíclica", BURGOS (1952), como la que nos ocupa. Resaltan

de la observación de los distintos gráficos y cuadros de este trabajo, los valores correspondientes al año 1951, superiores a los de las curvas promedio, y en algunos casos mucho mayores. La explicación de esta diferencia radica en la característica invernal de ese año, sensiblemente inferior en la cantidad de horas de frío que los restantes, por lo que todas las siembras hasta mediados de julio dan índices más elevados y con divergencia en aumento con respecto a la curva promedio; con posterioridad a tal fecha, como la cantidad de horas de frío se acerca más a la normal, los valores acusan menor dispersión.

En el cuadro II se incluyen las horas de frío en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar, desde los meses de marzo hasta octubre, en los cuatro años del ensayo. Se efectuó la discriminación en cantidad de horas inferiores a 10°C y 4°C, por ser estos dos límites aceptados como necesarios para satisfacer las exigencias de las variedades de trigo poco y muy exigentes en frío, respectivamente, LISENKO (1946).

CUADRO II. — Horas de frío en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar

M e s e s	1950		1951		1952		1953	
	Inf. 10°	Inf. 4°						
Marzo	17	0	25	0	2	0	8	0
Abril	76	0	93	6	97	11	124	19
Mayo	149	14	124	8	122	0	192	21
Junio	281	46	253	76	453	68	295	62
Julio	400	90	261	46	226	45	579	221
Agosto	316	67	278	47	264	38	202	30
Septiembre ...	218	26	210	42	120	11	138	11
Octubre	106	9	110	7	39	1	14	9

Analizando el cuadro puede observarse que el año 1951 en los meses hasta agosto, que es el previo a la generalización de las espigazones para las primeras épocas de siembra en la mayoría de las variedades, acusa un menor número total de horas inferiores a 10°C; sin embargo, tiene un número de horas inferiores a 4°C más alto que el correspondiente a 1952, que no manifiestan influencia reductora en el valor de los índices.

Se comprueba así que las variedades argentinas de trigo, para cumplir su termoestadio, no requieren bajas temperaturas acentuadas, sino solamente un cierto número de horas con niveles muy cercanos a los más elevados en que es posible la vernalización, HÄNSSSEL (1953).

Las temperaturas invernales de una localidad con valores similares a los de Castelar son suficientes para satisfacer las exigencias en frío de nuestras variedades de trigo, pues una cantidad mayor de horas vernalizantes no representa adelanto en la espigazón, o lo que es lo mismo, disminución del índice heliotérmico, como puede observarse de los valores correspondientes a 1953, en los cuadros I y II.

Es interesante consignar el comportamiento con respecto al índice heliotérmico de las tres variedades de trigo ensayadas durante los años

1947 y 1948 en la estación agrometeorológica de Guatraché y que fueron motivo del trabajo comentado anteriormente, PASCALE (1950). En la Fig. 1 se reproducen las curvas de Kanred, Eureka FCS y Klein Exito, que muestran la variación de los índices en los dos años, bajo la influencia de inviernos con distintas características, más caliente en 1947, por lo que las curvas de las tres variedades acusan valores más elevados. Al mismo tiempo la distancia que separa las parábolas de cada variedad estaría indicando la mayor exigencia en frío de Kanred con respecto a Eureka FCS y Klein Exito.

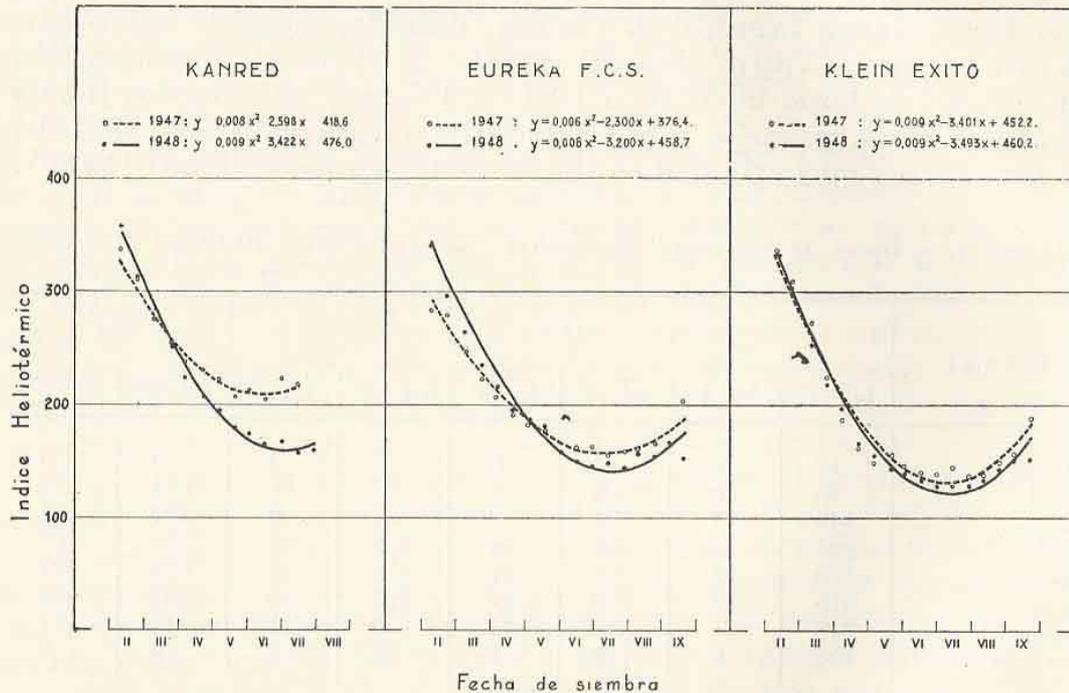


FIG. 1.— Variación del Índice Heliotérmico en tres variedades de trigo sembradas en Guatraché durante los años 1947 y 1948

CLASIFICACION DE LAS VARIEDADES DE ACUERDO AL INDICE

La diferente forma de las curvas permite clasificar las variedades en cuatro grupos de características bioclimáticas distintas (Fig. 2). Sin embargo, no existe una diferenciación neta en la separación de los grupos, pues algunas variedades conforman curvas intermedias. En realidad, existe una gama escalonada de comportamientos, que separaremos de conformidad con sus características más diferenciales.

PRIMER GRUPO

Se incluyen aquí las variedades Olaeta Halcón, Benvenuto Inca, Klein Exito, Benvenuto 3085, Olaeta Aguila, Sinvalocho M. A., Massaux N° 5, Olaeta Calandria y General Mitre 1825, (Fig. 3).

Si bien todas responden a un índice heliotérmico pequeño cualquiera sea la fecha de siembra, y que oscila entre 130 y 200, poseen particularidades o exigencias bioclimáticas individuales que explicaremos.

Olaeta Halcón, a la que podríamos considerar como variedad tipo del grupo, presenta índices heliotérmicos comprendidos entre 125 y 160,

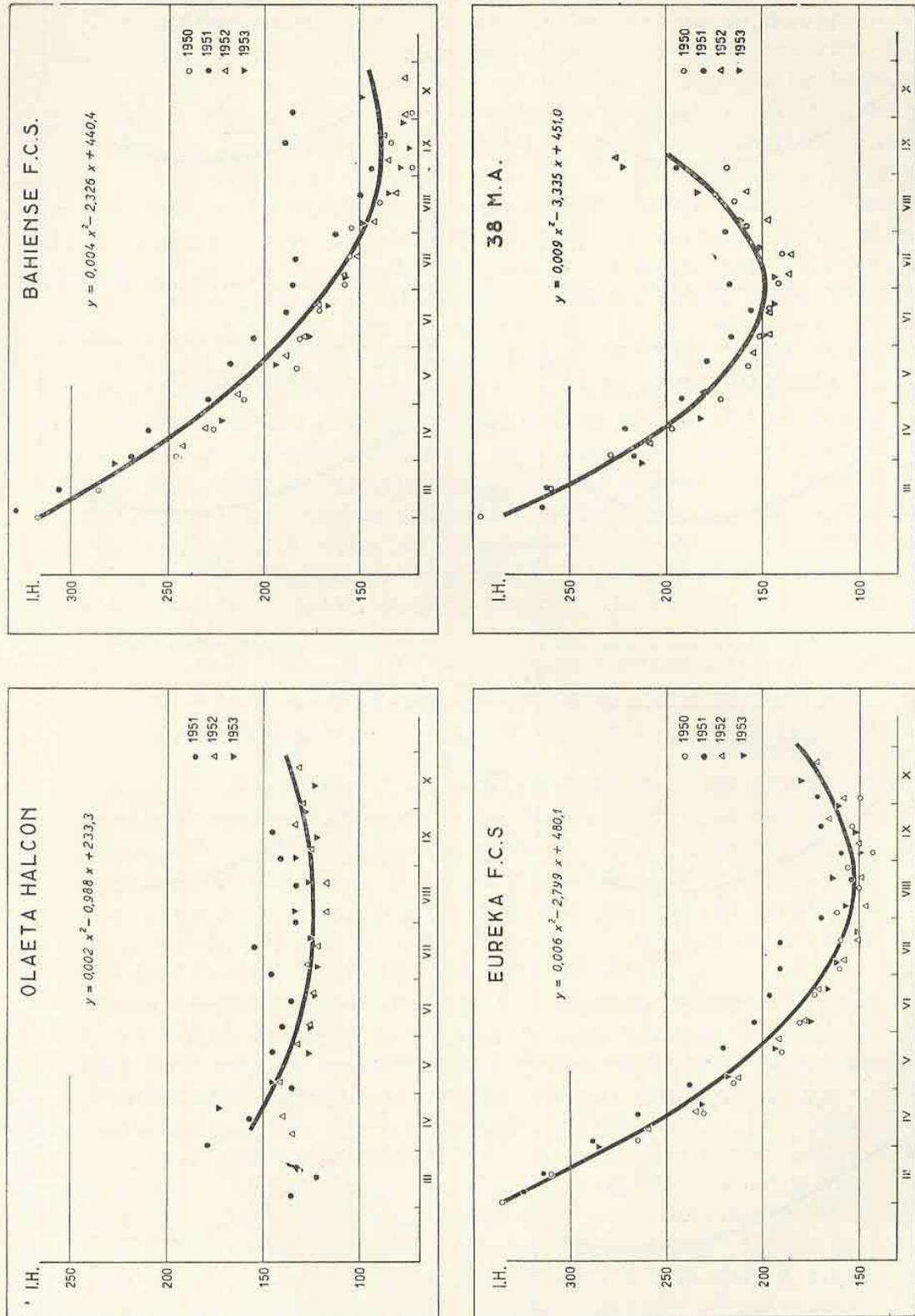


FIG. 2. — Curvas características del Índice Heliotérmico según la fecha de siembra, en las variedades tipo de cada grupo.

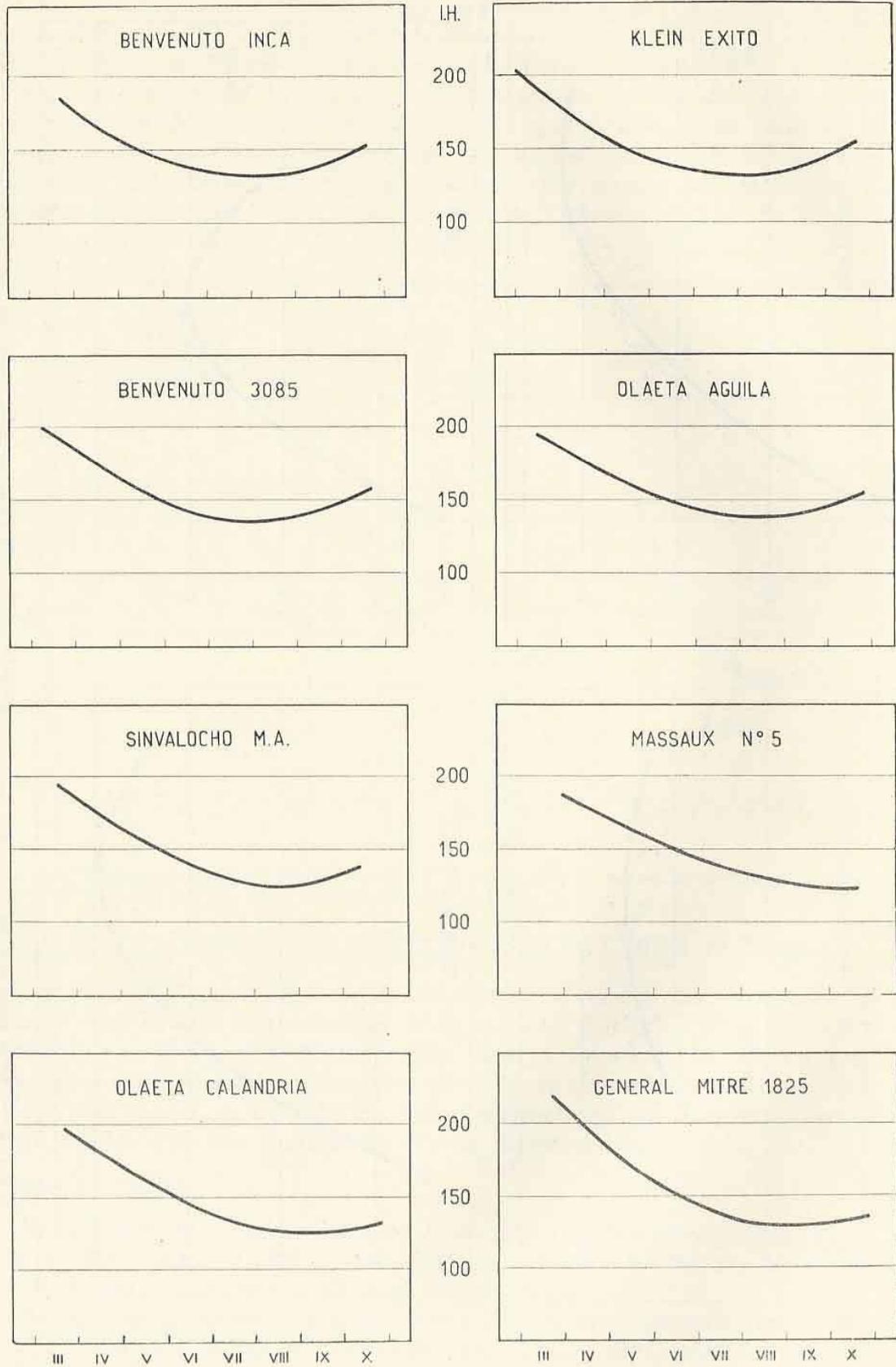


FIG. 3.—Variación del I. H. según fecha de siembra en las variedades clasificadas en el primer grupo.

aproximadamente, Fig. 2, permaneciendo desde las siembras de fines de junio hasta las de mediados de septiembre en valores cercanos a 125. Para explicar bioclimáticamente este comportamiento de Olaeta Halcón diremos que esta variedad no tiene prácticamente exigencia en bajas temperaturas y que la espigazón, cualquiera sea la época de siembra, se produce cuando las temperaturas alcanzan un nivel adecuado. También tiene indiferencia a la longitud del día, lo que explicaría las espigazones antes de los fríos intensos cuando los fotoperíodos son cortos y en disminución. En las siembras a partir de mediados de septiembre, cuando la longitud media del día para el subperíodo hasta la espigazón supera las 14 horas, los valores de los índices tienen cierta tendencia a aumentar produciendo una ligera inflexión de la curva hacia arriba.

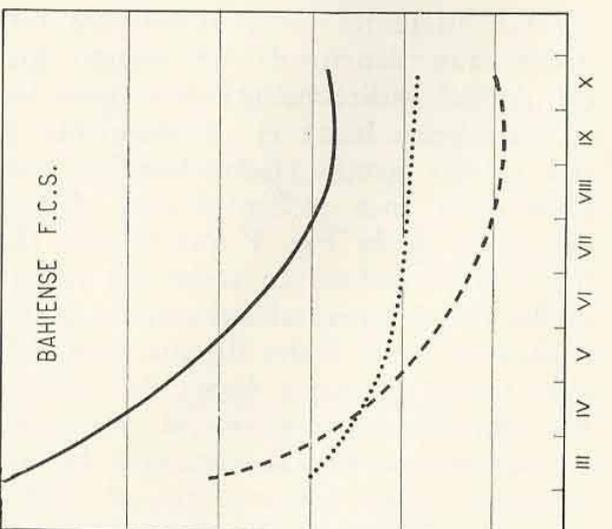
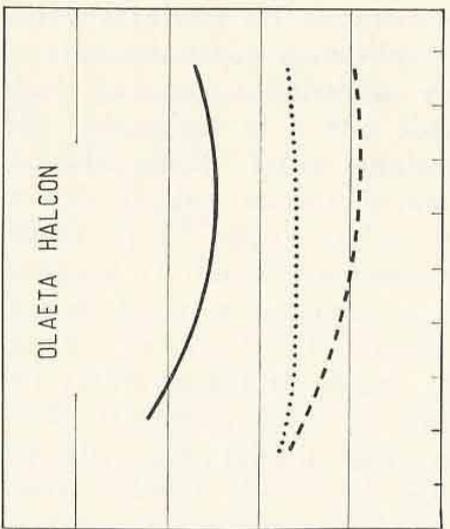
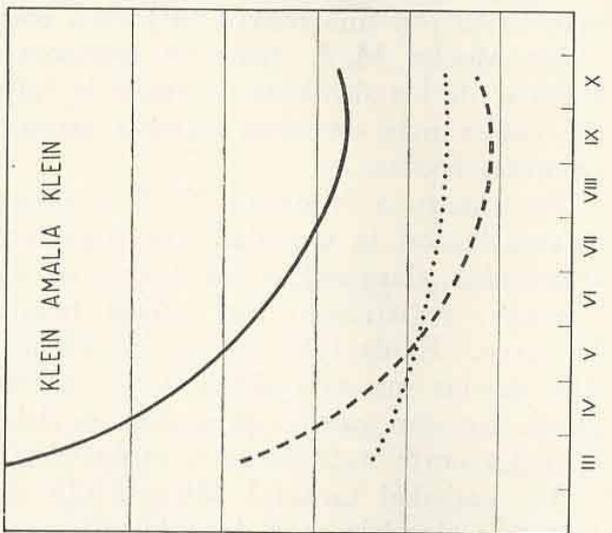
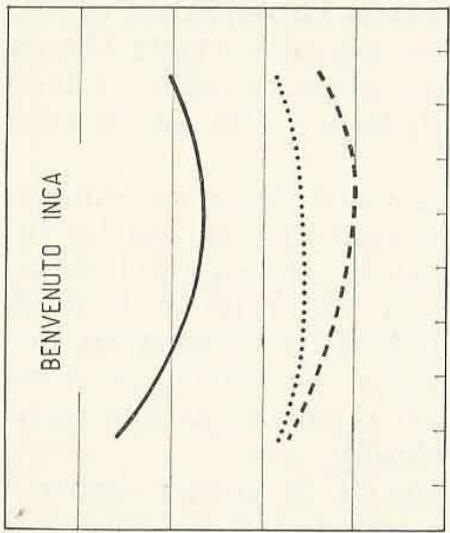
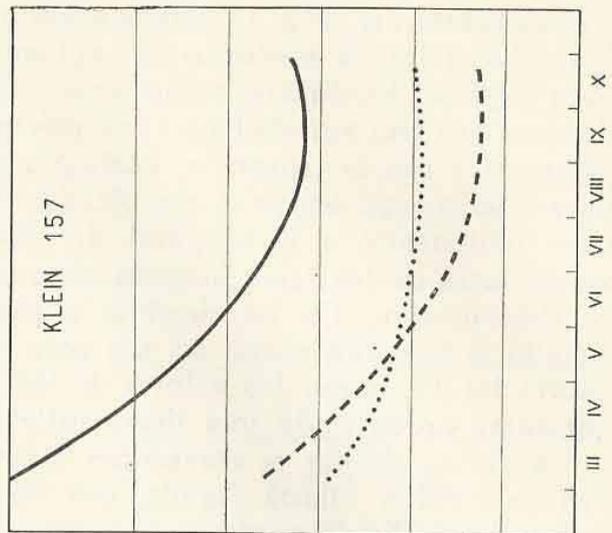
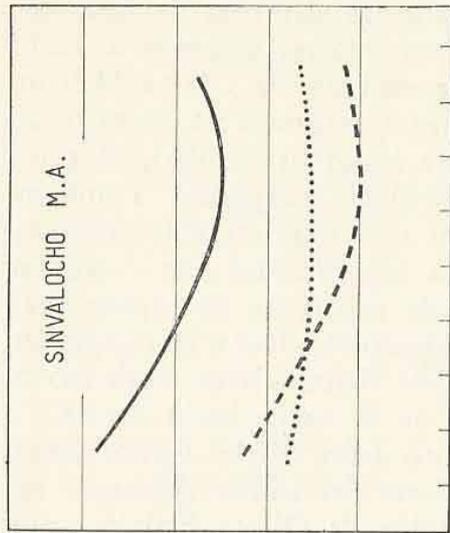
En forma similar se comportan Benvenuto Inca, Klein Exito, Benvenuto 3085 y Olaeta Aguila, con los valores del índice creciendo en este orden indicado y siempre mayores que los de Olaeta Halcón para igual fecha de siembra. Además, estas cuatro variedades presentan una menor precocidad en las primeras y últimas siembras, lo que se pone de manifiesto por una mayor inflexión comparada de las respectivas curvas.

Sinvalochó M. A. tiene un comportamiento similar a Olaeta Halcón a partir de las siembras de fines de julio, pero ofrece en cambio valores del índice más elevados, aunque siempre inferiores a 200, en las ocho primeras épocas.

En cuanto a Massaux N° 5 y Olaeta Calandria tienen su principal diferencia con la variedad que consideramos como tipo, en que los fotoperíodos alargándose las favorecen aún más en su precocidad de espigazón, registrando los índices heliotérmicos más bajos al final de la curva. Evidentemente, en las últimas siembras las temperaturas medias diarias son más elevadas y los fotoperíodos más amplios, y si sus productos dan valores pequeños, se debe a que el número de días transcurridos entre nacimiento y espigazón es reducido.

La variedad General Mitre 1825 se comporta de manera similar a Olaeta Calandria, con la sola diferencia de ser sus índices ligeramente superiores durante todas las épocas de siembra.

Como lo referimos en el capítulo "Material y Método", para explicar los diferentes comportamientos bioclimáticos de las distintas variedades, aún dentro de un mismo grupo, aplicamos separadamente el cálculo del índice heliotérmico para los dos subperíodos que van desde el nacimiento hasta el encañamiento y desde éste a la espigazón. En este primer grupo efectuamos las comparaciones entre Olaeta Halcón, Benvenuto Inca y Sinvalochó M. A. Para el primer subperíodo, se desprende de la Fig. 4 que Olaeta Halcón y Sinvalochó M. A. tienen los mismos índices en todas las épocas de siembra. Como la longitud media del día para el subperíodo comienza a aumentar a partir de mediados de julio, fecha de aparición del primordio floral correspondiente a la tercera o cuarta época de siembra, las sumas de temperaturas tienen que disminuir para que el producto sea un valor constante. Pero con el avance de la primavera las temperaturas diarias son cada vez mayores, y en consecuencia, el número de días desde siembra hasta aparición del primordio es cada vez menor. Esto indicaría que Olaeta



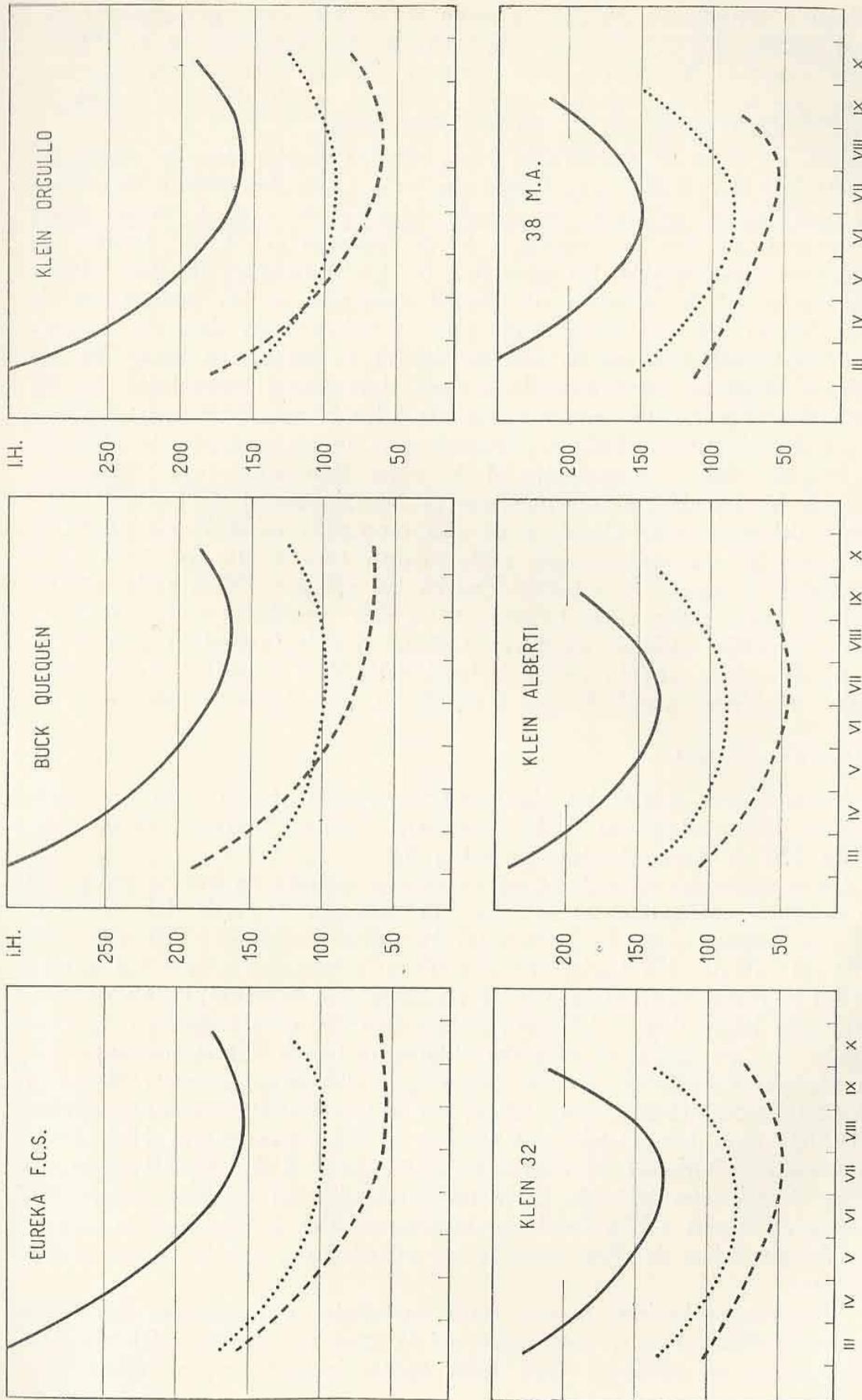


Fig. 4.—Variación de los Índices Heliotérmicos según la fecha de siembra para tres variedades de cada uno de los cuatro grupos, calculados para los subperíodos nacimiento-encañamiento (línea de puntos) y encañamiento-espigazón (línea cortada) en comparación con los del subperíodo nacimiento-espigazón (línea llena).

Halcón y Sinvalocho M. A. requieren solamente altas temperaturas para el encañamiento, primera manifestación de desarrollo en el trigo.

En cambio, Benvenuto Inca presenta durante este subperíodo una curva que se eleva algo en ambos extremos, probablemente debido a cierta reducida exigencia en bajas temperaturas.

Para el segundo subperíodo, encañamiento-espigazón, la curva de Olaeta Halcón presenta una forma similar a la de Benvenuto Inca hasta las siembras de mediados de agosto, adquiriendo posteriormente cierta horizontalidad que la asemeja a la de Sinvalocho M. A. Dentro de la general indiferencia fotoperiódica de las variedades de este grupo, Sinvalocho M. A. presenta una ligera exigencia en las espigazones de las primeras siembras manifestada por los valores más altos de la curva en comparación con los de Olaeta Halcón y Benvenuto Inca. En las últimas siembras, Benvenuto Inca eleva ligeramente los valores del IH probablemente por una menor tolerancia a los fotoperíodos muy amplios.

En síntesis, Olaeta Halcón, obtenido por un cruzamiento de (Mentana \times Lin Calel) \times Sinvalocho M. A., o sea, Benvenuto Inca \times Sinvalocho M. A., heredó las características de Sinvalocho M. A. hasta la aparición del primordio floral, y de este momento hasta la espigazón se comporta de manera parecida a Benvenuto Inca en las siembras hasta mediados de agosto, y a Sinvalocho en las restantes. Con todo, Olaeta Halcón tiene índices más bajos que las dos variedades progenitoras.

Del análisis realizado de las variedades que incluimos en este grupo se puede inferir que la característica bioclimática principal de las mismas es *indiferencia a la longitud del día y a las bajas temperaturas*.

SEGUNDO GRUPO

Integran este grupo las siguientes variedades: Klein Cóndor, Klein Amalia Klein, Bahiense FCS, Guatraché Puelén, Massaux Don René, Klein 157 y Klein Aniversario (Fig. 5).

La característica de todas estas variedades consiste en que su espigazón se produce, cualquiera sea la época de siembra, a partir del momento en que hayan superado el umbral lumínico necesario. Por este motivo, al calcular los índices heliotérmicos, se encuentra que los valores de las primeras siembras son muy elevados, por la acumulación de temperaturas hasta llegar al fotoperíodo adecuado para comenzar la espigazón. La necesidad en días decididamente largos fué demostrada, para algunas variedades de este grupo, por distintos autores: CANEL y CONDE JAHN (1945), para Klein 157 y Lin Calel; CLAVER y SÍVORI (1950), para Lin Calel; y PASCALE (1953) para Klein 157, Klein Aniversario, Bahiense FCS, Guatraché Puelén y Klein Amalia Klein. A pesar de no estar incluida entre las variedades del presente ensayo, tenemos en cuenta a Lin Calel por la característica de imprimir la exigencia fotoperiódica de días largos a las variedades que origina por cruzamiento.

Una comprobación de que estas variedades no necesitan frío para espigar radica en que, cualquiera sea la marcha climática del año, las espigazones se producen para cada época de siembra en fechas muy similares.

CUADRO III. — Duración en días del subperíodo nacimiento-espigazón y valor del I. H. en tres variedades típicas del segundo grupo, de las siembras continuadas realizadas en Castelar.

Siembra Nº	Fecha de siembra	Klein 157		Bahense F. C. S.		Klein Amalia Klein	
		Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.
1	1- III-50	212	335	203	317	205	321
	6- III-51	204	327	212	344	217	354
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
2	15- III-50	197	299	191	286	185	274
	16- III-51	196	309	195	307	210	338
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
3	3- IV-50	186	264	176	246	171	237
	3- IV-51	189	296	175	268	178	274
	9- IV-52	175	240	176	242	167	225
	30- III-53	189	269	193	278	189	269
4	17- IV-50	175	240	169	227	161	212
	17- IV-51	180	281	170	260	—	—
	18- IV-52	172	235	169	230	161	215
	22- IV-53	173	240	164	223	166	227
5	3- V-50	161	216	158	211	152	199
	3- V-51	163	246	155	229	153	226
	6- V-52	161	218	158	213	152	198
	6- V-53	164	231	155	212	151	204
6	19- V-50	153	203	142	183	142	183
	22- V-51	153	243	143	217	149	211
	26- V-52	144	200	139	188	138	186
	21- V-53	150	208	144	194	139	186
7	5- VI-50	142	198	134	181	125	164
	5- VI-51	141	225	133	205	131	201
	6- VI-52	128	195	122	179	117	167
	5- VI-53	137	194	127	172	126	170
8	19- VI-50	132	193	123	172	117	161
	19- VI-51	124	205	118	189	116	185
	23- VI-52	118	184	112	172	109	166
	22- VI-53	115	183	107	166	105	163

CUADRO III (Continuación)

Siembra Nº	Fecha de siembra	Klein 157		Bahense F. C. S.		Klein Amalia Klein	
		Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.
9	3- VII-50	118	184	108	159	105	154
	3- VII-51	114	202	108	185	106	180
	8- VII-52	106	180	96	158	96	158
	7- VII-53	102	178	94	158	93	156
10	18- VII-50	103	177	95	156	94	147
	17- VII-51	108	196	103	184	100	175
	18- VII-52	95	173	91	151	89	147
	22- VII-53	92	166	86	152	82	142
11	3-VIII-50	93	170	87	155	85	149
	31- VII-51	94	177	88	163	84	153
	6-VIII-52	87	165	78	142	73	133
	6-VIII-53	89	163	83	148	82	146
12	16-VIII-50	86	159	78	140	76	134
	20-VIII-51	82	170	75	150	71	140
	21-VIII-52	76	152	68	131	67	129
	21-VIII-53	80	164	69	135	69	135
13	4- IX-50	72	146	63	123	61	118
	4- IX-51	80	180	67	144	67	144
	9- IX-52	69	157	62	135	61	133
	4- IX-53	73	159	62	129	63	133
14	18- IX-50	69	158	60	134	57	125
	18- IX-51	—	—	77	189	60	141
	22- IX-52	67	166	58	137	59	141
	15- IX-53	68	156	57	124	57	124
15	3- X-50	62	153	52	124	52	124
	4- X-51	61	162	67	185	62	165
	3- X-52	60	155	49	126	52	129
	28- IX-53	54	138	51	127	50	124
16	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	22- X-52	59	166	45	126	45	126
	12- X-53	57	164	52	149	55	156

Las curvas correspondientes a las variedades de este grupo, además de comenzar en un valor de I. H. alto por la causa anteriormente apuntada, tienen la característica de que en las últimas siembras tienden a horizontalizarse o a elevarse ligeramente. Esto es debido a que, a medida que se atrasa la fecha de siembra, las espigazones son aceleradas por los fotoperíodos en aumento, y el número de días del subperíodo nacimiento-espigazón es cada vez menor. Como se observa en el cuadro III, solamente en las siembras del mes de octubre, ya muy tardías, el número de días hasta la espigazón aumenta ligeramente y por consiguiente el índice. Asimismo, se aprecia que durante el año caliente 1951, tanto el número de días como el valor de los índices acusan valores superiores a los otros tres años, especialmente marcado en el I. H., por la incidencia de las mayores temperaturas medias diarias.

Haciendo un ligero análisis del comportamiento individual de las variedades de este grupo, diremos que Klein Cóndor puede considerarse como el enlace con el grupo anterior, tanto que su curva es similar a la de Olaeta Calandria y General Mitre 1825, sólo que los índices son más elevados durante todas las épocas de siembra, pero bastante más bajos que en las restantes variedades del segundo grupo, debido a que puede comenzar a espigar cuando la longitud del día es aproximadamente de doce horas.

Las restantes variedades afectan curvas de forma similar, variando solamente la altura con respecto al eje horizontal derivada de su mayor o menor precocidad. En este sentido Klein Amalia Klein es la más precoz, excepto las dos primeras siembras, siguiéndole Bahiense FCS, Guatraché Puelén, Massaux Don René, Klein 157 y Klein Aniversario, en orden decreciente de precocidad. Según la modalidad bioclimática de este grupo consideramos a Bahiense FCS como variedad tipo.

En todas las curvas se nota una pequeña inflexión hacia arriba en las dos últimas siembras, debido a que la longitud del día, cercana a 15 h 30 m, en la primera década de diciembre en Castelar, deja ya de manifestar efecto acelerante sobre la espigazón.

Al hacer el análisis en dos subperíodos, desde nacimiento a encañamiento y desde éste a espigazón, Fig. 4, se puede constatar que las tres variedades consideradas —Bahiense FCS, Klein Amalia Klein y Klein 157— tienen para el primer subperíodo aproximadamente los mismos valores decrecientes del I. H., lo que demostraría la falta de exigencia en bajas temperaturas para comenzar el desarrollo. El comienzo del encañamiento, sin embargo, es anterior en Klein Amalia Klein, con un valor aproximado de 120 I. H., terminando la curva en 80 I. H. Para Bahiense FCS y Klein 157, los valores comienzan aproximadamente en 150 y decrecen hasta 95 y 100, respectivamente.

En cambio, para el subperíodo encañamiento-espigazón, donde el fotoperíodo tiene máxima influencia, se comprueba la necesidad del umbral lumínico, pues las curvas comienzan en valores elevados, cercanos a 200, para concluir con una pequeña inflexión hacia arriba que denota una ligera intolerancia a fotoperíodos muy largos, excepto en Klein 157, donde la curva se mantiene sensiblemente aplanada.

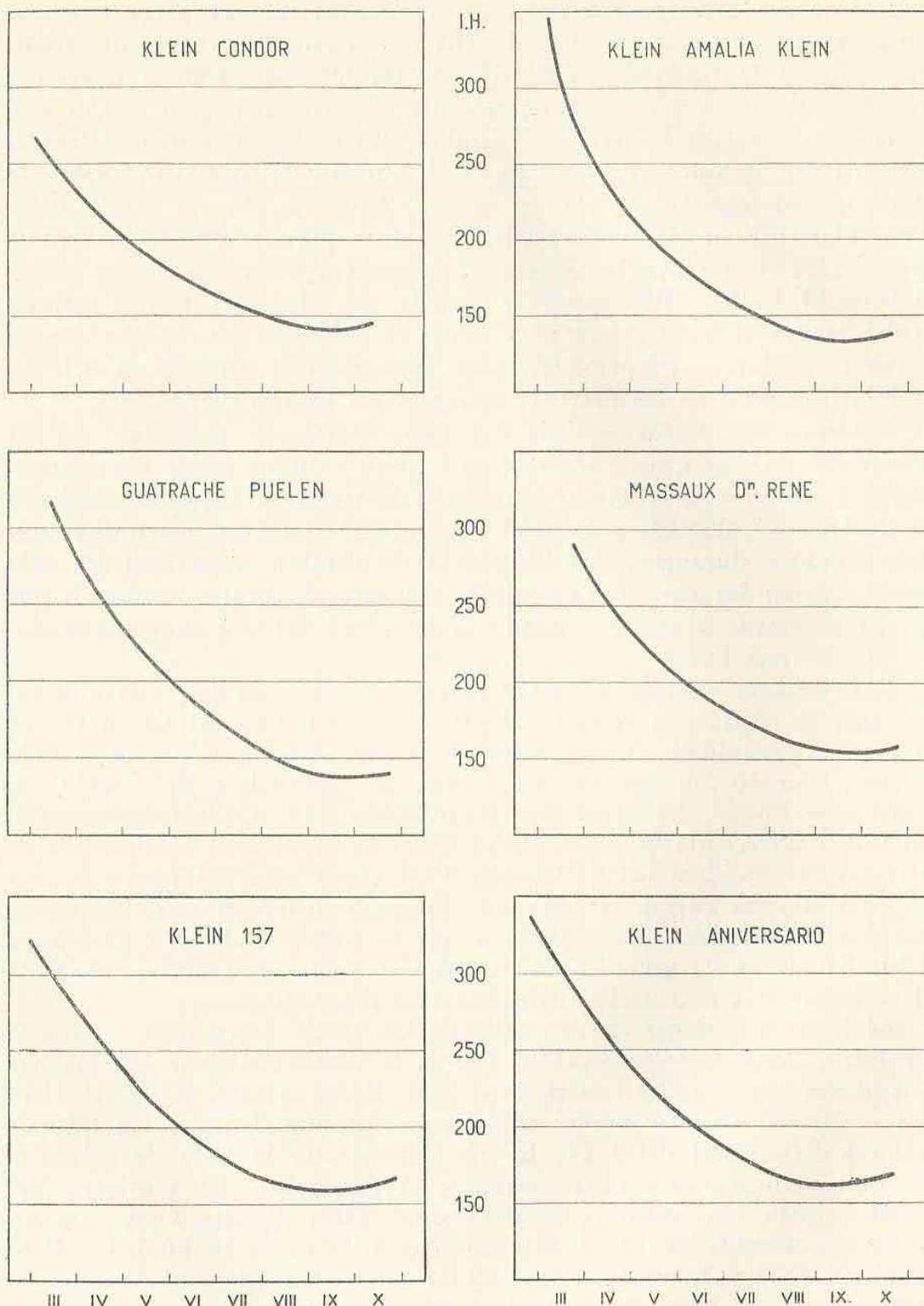


FIG. 5. — Variación del I. H. según fecha de siembra en las variedades clasificadas en el segundo grupo.

En definitiva, las variedades de este grupo responden a la característica bioclimática de poseer un umbral fotoperiódico elevado para la espigazón y una falta casi absoluta de exigencia en bajas temperaturas para alcanzar el desarrollo. Además, los fotoperíodos en aumento aceleran la espigazón, salvo en las siembras muy tardías utilizadas en este ensayo.

TERCER GRUPO

Las variedades ensayadas, que por su comportamiento similar reunimos en este grupo, son: Buenos Aires 105, Sureño M. A., Durumbuck, Candeal sel. La Previsión, Buck La Dulce, Eureka FCS, Klein Orgullo, Klein Lucero, Buck Quequén, Massaux N° 3 y Buck Sarmiento (Fig. 6).

Si se comparan solamente las fechas de espigazón para una determinada época de siembra, sería muy difícil establecer una diferenciación entre las variedades de este grupo y las del anterior. Sin embargo, aplicando el índice heliotérmico y analizándolo de la manera efectuada en este trabajo, se notan algunas variantes que justifican la separación.

Como en el segundo grupo, las curvas comienzan en un valor elevado de I. H., debido aquí a la exigencia de un fotoperíodo amplio y a cierta necesidad en frío, factores ambos que analizaremos al hacer la discriminación por subperíodos. El posterior decrecimiento de los valores de los índices alcanza un mínimo en las siembras de mediados de agosto y principio de septiembre, según las variedades, elevándose en las siguientes para llegar al final a índices similares a los de las siembras de junio o julio. Esto último se debe especialmente a la relativa exigencia en frío, y secundariamente, a la menor tolerancia a fotoperíodos largos en comparación con las variedades del segundo grupo.

Las variedades Buenos Aires 105 y Sureño M. A. son las que comienzan con índices más bajos, aproximadamente 280, siendo la primera la más semejante a las del grupo anterior por formar una curva con muy poca inflexión en las últimas siembras.

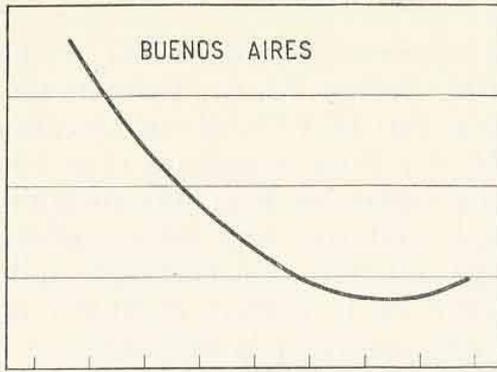
Las dos variedades de *Triticum durum* —Candeal sel. La Previsión y Durumbuck— manifiestan un comportamiento similar, aunque la segunda tiene índices más bajos en las siembras de mayo, junio y julio, reaccionando de manera inversa en las épocas posteriores.

Las variedades Buck La Dulce, Eureka FCS, Klein Orgullo, Klein Lucero y Buck Quequén, forman curvas parecidas, presentando índices con valores en aumento, en este orden, lo que indica leve disminución progresiva de precocidad.

A Eureka FCS la consideramos como tipo de este grupo, insertándose en el cuadro I los datos completos de las siembras continuadas de esta variedad en los cuatro años de ensayo, así como los índices heliotérmicos calculados para los distintos subperíodos.

Las variedades Massaux N° 3 y Buck Sarmiento son las de comportamiento más tardío, aunque con características diferenciales. La primera comienza a ser más precoz que Buck Sarmiento a partir de las siembras de julio, debido probablemente a su mayor tolerancia a los días largos, asemejándose en este aspecto a las del segundo grupo. Sin embargo, las dos tienen una relativa exigencia en frío por la que dejan de espigar, en un año caliente como 1951, en las siembras de fines de agosto, principio de septiembre.

Haciendo el análisis diferencial por subperíodos en tres variedades: Eureka FCS, Buck Quequén y Klein Orgullo (Fig. 4) se observa que en el subperíodo nacimiento-encañamiento, la curva de Eureka FCS comienza en los valores más elevados y la de Buck Quequén en los más bajos, indicando para la primera una exigencia relativamente mayor

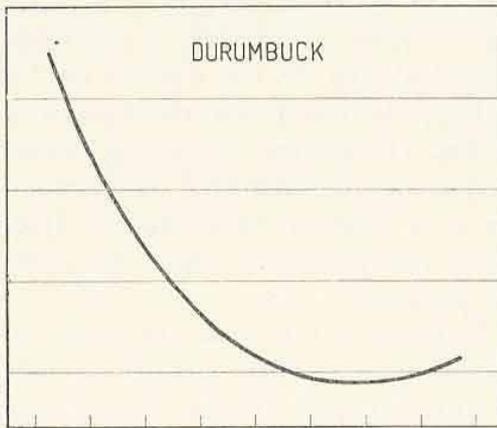
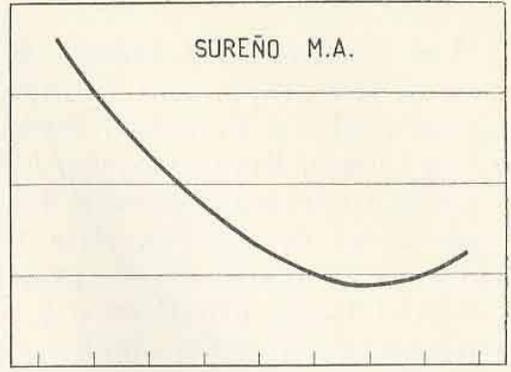


I.H.

250

200

150

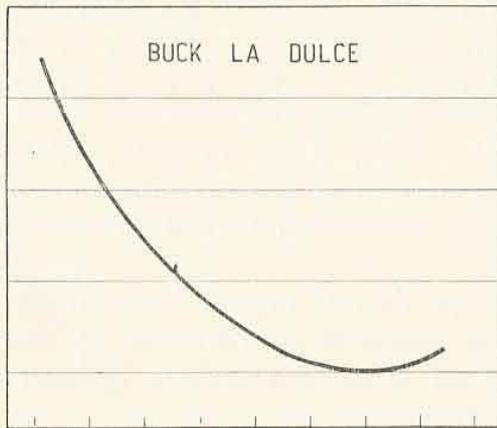
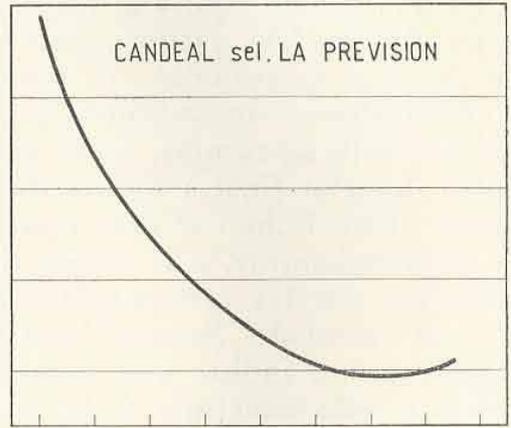


300

250

200

150

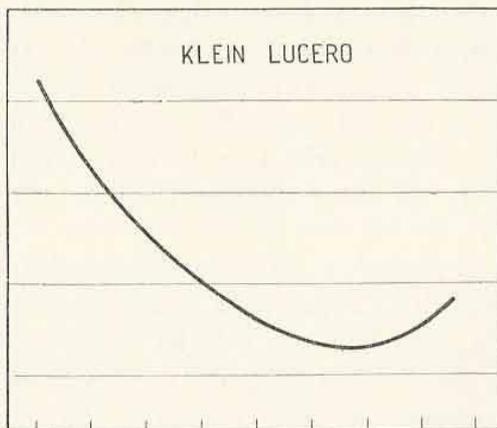
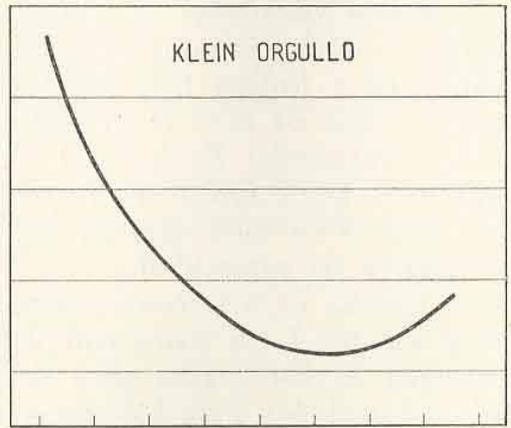


300

250

200

150

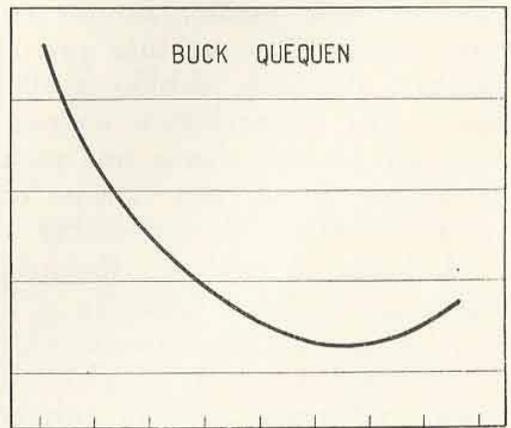


300

250

200

150



III IV V VI VII VIII IX X

III IV V VI VII VIII IX X

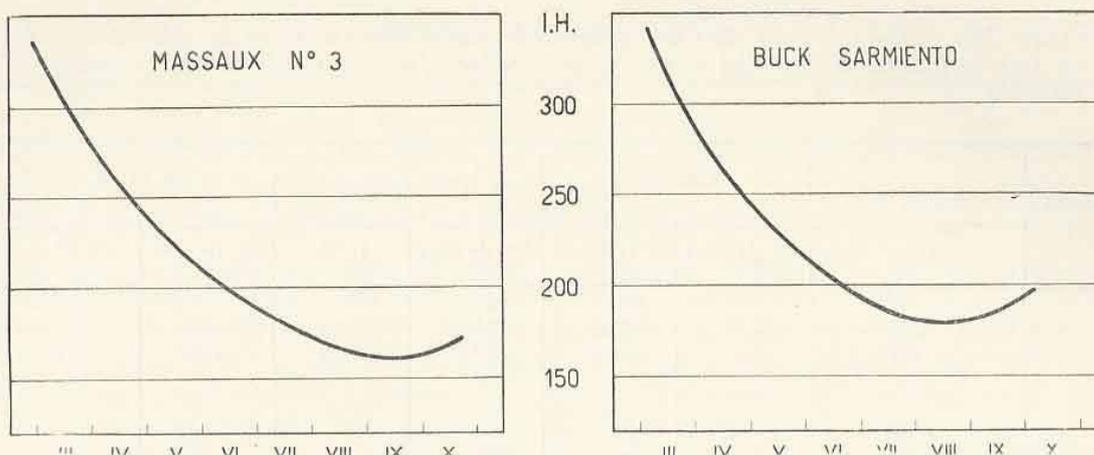


FIG. 6. — Variación del I. H. según la fecha de siembra en las variedades clasificadas en el tercer grupo.

en bajas temperaturas, en tanto que al final las curvas de las tres variedades muestran similar inflexión, característica de todas las de este grupo.

Con respecto al subperíodo encañamiento-espigazón se encuentran diferencias interesantes. Buck Quequén es la que necesita umbral fotoperiódico más elevado y a medida que aumenta la longitud del día en las sucesivas siembras demuestra una reducción marcada en la duración del subperíodo, puesto en evidencia por los I. H. cada vez menores; en este último aspecto, Eureka FCS es de comportamiento similar. Klein Orgullo se distingue porque los días decididamente largos le restan precocidad.

De la interacción de las distintas exigencias en bajas temperaturas y longitud de día en cada uno de los subperíodos estudiados resulta la curva total de valores de I. H. desde nacimiento hasta espigazón, por lo que las inflexiones similares pueden deberse a la incidencia desfavorable de cualquiera de los dos factores indicados.

Resumiendo, las variedades del tercer grupo se caracterizan por su exigencia en fotoperíodos amplios y una relativa necesidad de bajas temperaturas.

CUARTO GRUPO

Las variedades integrantes de este grupo son, por orden decreciente de precocidad: Klein 32, Klein Petiso, Klein Alberti, General Güemes, Klein Cometa, 38 M. A., Olaeta Hornero, Olaeta Gorrión, Buck Tandil y General Roca M. A. G. (Fig. 7).

El comportamiento de las variedades nombradas es tal que los valores de I. H. forman curvas que tienden a hacerse simétricas a ambos lados de sus ejes respectivos, completando de esta manera las parábolas que originan.

Casi todas son variedades relativamente precoces, tanto que sembradas en momentos en que le son favorables las condiciones de temperatura y longitud de día, espigan en fechas similares a las del primer grupo. En cambio, en las fechas extremas de siembra —primeras y últimas— sus I. H. son elevados, lo que nos indica una particular exigen-

CUADRO IV. — Duración en días del subperíodo nacimiento-espigazón y valor del I. H. en tres variedades típicas del cuarto grupo, de las siembras continuadas realizadas en Castelar.

Siembra Nº	Fecha de siembra	Klein 32		Klein Alberti		38 M. A.	
		Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.
1	1- III-50	132	227	135	230	188	297
	6- III-51	147	236	155	148	166	264
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
2	15- III-50	136	204	145	214	175	260
	16- III-51	141	221	144	226	167	262
	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
3	3- IV-50	128	173	159	191	163	228
	3- IV-51	121	182	128	191	143	216
	9- IV-52	129	164	149	194	158	208
	30- III-53	153	206	—	—	158	213
4	17- IV-50	133	172	138	179	151	197
	17- IV-51	113	167	120	177	148	221
	18- IV-52	142	180	141	178	153	199
	22- IV-53	135	171	—	—	141	182
5	3- V-50	125	156	130	165	136	172
	3- V-51	113	166	117	166	134	192
	6- V-52	132	162	132	162	141	180
	6- V-53	122	153	—	—	137	180
6	19- V-50	117	140	123	146	129	158
	22- V-51	109	155	113	162	123	178
	26- V-52	115	142	113	138	122	155
	21- V-53	116	143	—	—	129	166
7	5- VI-50	112	140	112	140	119	152
	5- VI-51	104	149	106	153	115	166
	6- VI-52	101	136	101	137	106	147
	5- VI-53	106	134	—	—	115	149
8	19- VI-50	104	134	105	136	110	147
	19- VI-51	94	140	94	140	103	156
	23- VI-52	93	133	95	137	101	147
	22- VI-53	87	125	—	—	96	144

CUADRO IV (Continuación)

Siembra Nº	Fecha de siembra	Klein 32		Klein Alberti		38 M. A.	
		Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.	Nº de días	I. H.
9	3- VII-50	93	130	92	129	99	142
	3- VII-51	98	160	99	162	101	167
	8- VII-52	84	128	84	129	87	136
	7- VII-53	76	122			87	144
10	18- VII-50	85	135	83	131	87	140
	17- VII-51	97	167	99	172	100	175
	18- VII-52	80	125	82	129	84	135
	22- VII-53	76	130			86	152
11	3-VIII-50	82	142	86	152	88	158
	31- VII-51	83	149	90	168	90	168
	6-VIII-52	73	133	74	135	80	147
	6-VIII-53	79	138			88	161
12	16-VIII-50	80	145	82	150	88	164
	20-VIII-51	76	154	81	167	83	173
	21-VIII-52	68	131	70	135	78	157
	21-VIII-53	77	157			97	183
13	4- IX-50	67	133	74	151	78	163
	4- IX-51	76	170	80	180	85	194
	9- IX-52	69	157	—	—	91	226
	4- IX-53	79	177			92	222
14	18- IX-50	76	181	88	218	—	—
	18- IX-51	—	—	—	—	—	—
	22- IX-52	83	213	—	—	—	—
	15- IX-53	75	180			—	—
15	3- X-50	85	225	—	—	—	—
	4- X-51	—	—	—	—	—	—
	3- X-52	—	—	—	—	—	—
	28- IX-53	78	213			—	—
16	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	22- X-52	—	—	—	—	—	—
	12- X-53	—	—			—	—

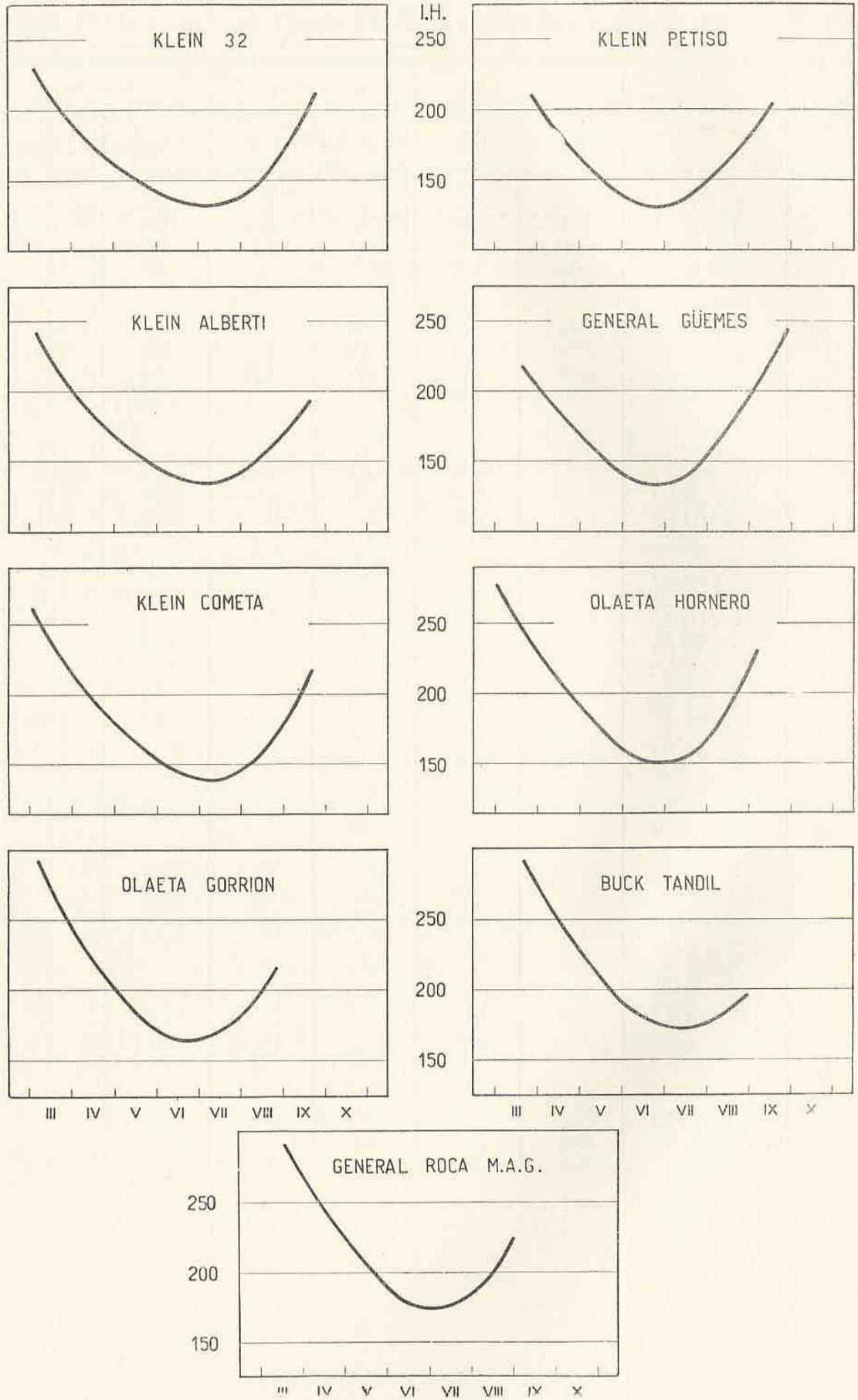


FIG. 7.—Variación del I. H. según fecha de siembra en las variedades clasificadas en el cuarto grupo.

cia bioclimática. Las necesidades de fotoperíodos relativamente cortos, entre 12 y 14 horas de luz, para espigar normalmente y de un determinado número de días con bajas temperaturas en la etapa previa al desarrollo, configuran esa particular exigencia, PASCALE (1951) y (1953).

Como resultado de este característico comportamiento, todas las variedades del grupo son poco elásticas en su fecha de siembra. Cualquier atraso en la siembra con respecto a la fecha normal hace coincidir el ciclo vegetativo con condiciones que no le son óptimas, lo que da índices más elevados. Además, en las últimas siembras de nuestro ensayo no se produce la espigazón, por falta de bajas temperaturas y excesiva longitud del día (cuadro IV).

No es posible formular una discriminación de los comportamientos varietales salvo en su precocidad relativa, pues sería necesario un ensayo de vernalización para deslindar cuál es el factor más importante en el desarrollo de estas variedades: si la falta de bajas temperaturas o la intolerancia a los fotoperíodos amplios. No obstante, surge de los gráficos que algunas variedades dejan de espigar antes que otras, lo que demuestra mayor intolerancia a alguno de aquellos dos factores. Entre ellas podemos citar Olaeta Gorrión, que deja de espigar luego de las siembras del 20 de agosto al igual que Buck Tandil y General Roca M. A. G. En la variedad que consideramos como tipo del grupo, 38 M. A., se interrumpen las espigazones en las siembras de la primera década de septiembre.

Haciendo un análisis por subperíodos se observa, (Fig. 4) que la curvatura de las parábolas en Klein Alberti, Klein 32 y 38 M. A., se debe tanto a las exigencias térmicas del subperíodo nacimiento-encañamiento, como a las fotoperiódicas del subperíodo encañamiento-espigazón. En el primer subperíodo, 38 M. A. y Klein Alberti comienzan la curva en un valor de I. H. cercano a 150, algo superior al de Klein 32, finalizando las tres variedades con valores semejantes a los de las primeras siembras. En el subperíodo encañamiento-espigazón, Klein 32 comienza la curva con valores ligeramente más bajos, lo que demostraría un umbral lumínico inferior o menor exigencia en bajas temperaturas que Klein Alberti y 38 M. A., en este orden. Asimismo, demuestra mayor tolerancia a los fotoperíodos más amplios de primavera, pues en las últimas siembras la aparición del primordio determina casi siempre la espigazón. En cambio, en 38 M. A. y especialmente en Klein Alberti, en las siembras muy tardías del ensayo algunas plantas llegan a encañar pero la longitud del día excesiva impide la espigazón.

La característica bioclimática esencial de las variedades de este grupo, se traduce en la exigencia de un determinado número de días con bajas temperaturas y la necesidad de contar con fotoperíodos relativamente cortos para poder espigar.

VARIACIONES DEL INDICE HELIOTERMICO EN LOS ENSAYOS DE RAFAELA Y BALCARCE

De las siembras efectuadas en las estaciones agrometeorológicas aplicamos el I. H. solamente a las realizadas en Rafaela y Balcarce, por diferir con Castelar en sus condiciones fotoperiódicas y térmicas invernales.

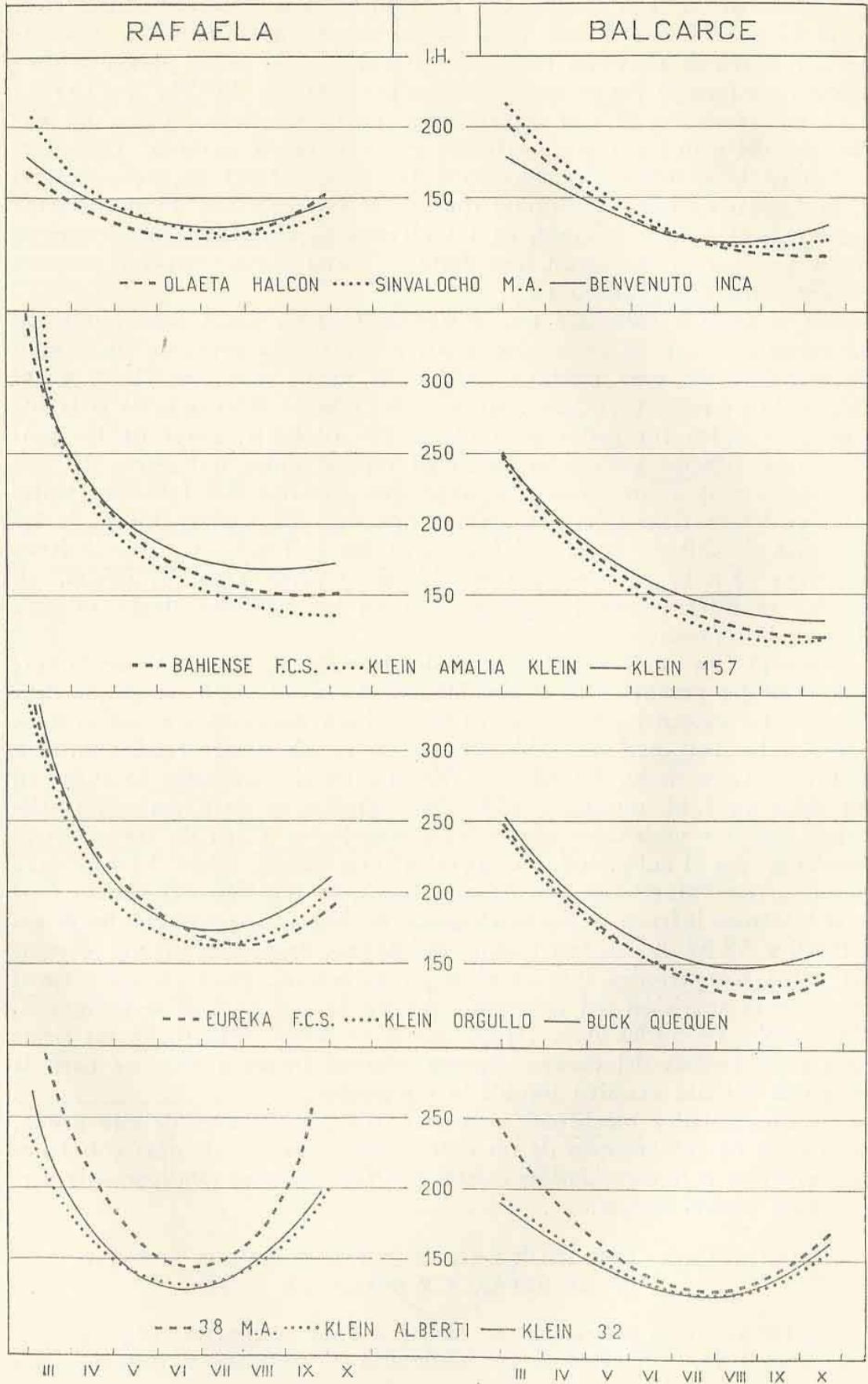


FIG. 8.—Variación del Índice Heliotérmico según la fecha de siembra para los cuatro grupos de variedades, en Rafaela y Balcarce.

En la Fig. 8 se incluyen las variaciones del I. H. de las tres variedades de cada grupo considerado precedentemente.

En las variedades del primer grupo, tanto en Rafaela como en Balcarce, los índices forman curvas similares a las de Castelar. Sin embargo, cabe advertir que si bien estas variedades se comportan con indiferencia frente a los factores incidentes en el desarrollo, los días largos aceleran la espigazón, lo que determina valores más bajos de I. H. en las últimas siembras de Balcarce. Como las espigazones pueden iniciarse cuando las temperaturas son lo suficientemente elevadas en localidades con temperaturas invernales permanentemente bajas, las variedades de este grupo pueden iniciar las curvas con valores muy altos, como sucedió con Klein Exito en Guatraché, Fig. 1, y en las primeras siembras de Sinvalocho M. A. y Olaeta Halcón en Balcarce (Fig. 8).

Con referencia al segundo grupo, donde el factor preponderante para el desarrollo es el umbral fotoperiódico, se comprueba que en Rafaela los valores del índice heliotérmico son mucho más elevados que en Balcarce como consecuencia lógica de la menor duración del día. Si bien se observa que en Balcarce, con los fotoperíodos más amplios, las tres variedades se comportan más precozmente que en Rafaela, en ambas localidades mantienen el mismo orden de precocidad dentro del grupo, es decir, Klein Amalia Klein, Bahiense FCS y Klein 157, de igual manera que en Castelar.

También con las variedades del tercer grupo se comprueba la distinta exigencia bioclimática que permite independizarlas del precedente. Como necesitan un fotoperíodo amplio para poder espigar, los valores del I. H. en Rafaela son bastante más elevados que en Balcarce, en tanto que las parábolas indican una mayor curvatura por falta de las bajas temperaturas que le son necesarias, lo que no sucede en Balcarce, donde las curvas terminan mucho más aplanadas. Asimismo, Buck Quequén, Klein Orgullo y Eureka FCS, mantienen igual orden de precocidad en las tres localidades.

Las exigencias bioclimáticas específicas de las variedades clasificadas en el cuarto grupo quedan bien evidenciadas con la forma adoptada por las curvas en ambas localidades. En Rafaela, por la falta relativa de bajas temperaturas, las parábolas comienzan y terminan en valores elevados adquiriendo una curvatura superior a las de Castelar, mientras que en Balcarce son mucho más aplanadas. Esto parecería indicar que en estas variedades las bajas temperaturas tienen más influencia en el desarrollo que la longitud del día, ya que esta última es más favorable en la localidad más septentrional.

De estas comprobaciones surge que el índice heliotérmico de Geslin puede aplicarse ventajosamente en el análisis bioclimático de ensayos geográficos con trigo, pues las variaciones climáticas anuales de las diferentes localidades son reflejadas en el distinto comportamiento de las variedades según sus exigencias bioambientales.

CONCLUSIONES

De la aplicación del índice heliotérmico de Geslin a las variedades argentinas de trigo, y del análisis de los resultados, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1) El I. H. puede considerarse como un índice bioclimático satisfactorio porque incluye la interacción de los dos factores climáticos más importantes en el crecimiento y desarrollo de la planta de trigo.

2) Los valores de I. H. acusan ajustadamente las variaciones derivadas del cambio de fecha de siembra en un mismo año, así como las de una misma época de siembra en distintos años por el diferente ritmo climático estacional. La aplicación del I. H. a siembras de una misma variedad de trigo realizadas en distintas localidades muestra las variaciones propias de las condiciones del tiempo reinante en las mismas.

3) En el aspecto varietal, el índice heliotérmico es muy eficiente, pues de su aplicación a las siembras continuadas realizadas en Castelar se pudo clasificar las variedades ensayadas en cuatro grupos con características bioclimáticas bien diferenciales:

a) Variedades que tienen indiferencia casi total a la longitud del día y a las bajas temperaturas, habiéndose comportado así: Olaeta Halcón, Benvenuto Inca, Klein Exito, Benvenuto 3085, Olaeta Aguila, Sinvalocho M. A., Massaux N° 5, Olaeta Calandria y General Mitre 1825.

b) Variedades que poseen un umbral fotoperiódico elevado para la espigazón y una falta casi absoluta de exigencia en bajas temperaturas para alcanzar el desarrollo. Además, los fotoperíodos en aumento aceleran la espigazón salvo en las siembras muy tardías utilizadas en este ensayo. Incluye las variedades Klein Condor, Klein Amalia Klein, Bahiense FCS, Guatraché Puelén, Massaux Don René, Klein 157 y Klein Aniversario.

c) Variedades caracterizadas por su exigencia en fotoperíodos amplios y una relativa necesidad de bajas temperaturas: Buenos Aires 105, Sureño M. A., Durumbuck, Candéal sel. La Previsión, Buck La Dulce, Eureka FCS, Klein Orgullo, Klein Lucero, Buck Quequén, Massaux N° 3 y Buck Sarmiento.

d) Variedades que exigen un determinado número de días con bajas temperaturas y necesitan fotoperíodos relativamente cortos para espigar, incluyéndose en este grupo: Klein 32, Klein Petiso, Klein Alberti, General Güemes, Klein Cometa, 38 M. A., Olaeta Hornero, Olaeta Gorrión, Buck Tandil y General Roca M. A. G.

BIBLIOGRAFÍA

- AZZI, G. 1939. — « Trattato di Ecologia Agraria ». Torino.
 BURGOS, J. J. 1952. — « El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales ». METEOROS. Año II, 3 y 4, julio-diciembre, p. 215-242.
 CANEL, M., y CONDE JAHN, E. 1945. — « Ensayo de vernalización y fotoperiodismo ». *Rev. Fac. Agr.* N° 41, agosto 1945: 107-113, Montevideo.
 CLAVER, F. K., y SÍVORI, E. M. 1950. — « Estudio de la reacción al fotoperíodo y temperaturas de tres variedades de trigo ». *Rev. Fac. Agr. de La Plata*. T. XXVIII (2ª entrega), p. 129-140. La Plata, 1950.
 DE FINA, A. L. 1939. — « Suma de temperaturas y duraciones del día que determinan la floración del lino ». *Physis*, T. XVIII: 291-315, 1939.

- GARNER, W. W., y ALLARD, H. A. 1920. — « Effects of the relative length of the day and night and other factors of the environment of growth and reproduction in plants ». *Journ. Agr. Res.* 18: 553-606, 1920.
- GESLIN, H. 1944. — « Etude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat. Contribution a l'étude du climat du blé ». Thèse, París, 1944. Imprimerie Nationale.
- GESLIN, H. 1945. — « Bioclimatologie et recherches agronomiques. Contribution a l'étude du climat du blé ». « La Météorologie ». Jan-jun., p. 25-41. París, 1945
- HÄNSEL, H. 1953. — « Vernalization of winter rye by negative temperatures and the influence of vernalization upon the lamina length of the first and second leaf in winter rye, spring barley and winter barley ». *Ann. of Bot. N. S.* Vol. XVII, N° 67, p. 417-432. July.
- KLEIN, P., y J. SANSON. 1928. — « Meteorología y física agrícola ». « Enciclopedia agrícola ». Ed. Salvat. Barcelona.
- LYSENKO, T. 1946. — « Agrobiología ». Moscú. Traducción inédita del Ing. Vladimir Michajlikov, S. M. N. Bs. As.
- NUTTONSON, M. Y. 1948. — « Some preliminary observations of phenological data as a tool in the study photoperiodic and thermal requirements of various plant material in A. E. Murneek and R. O. Whyte, 1948. Vernalization and photoperiodism ». Waltham, Mass., U. S. A. Published by Chronica Botanica Company.
- PASCALE, A. J. 1950. — « Comportamiento bioclimático de tres variedades de trigo en un ensayo de siembras continuadas ». Tesis. Fac. Agr. y Vet. de Bs. As.
- PASCALE, A. J. 1951. — « Reacción de los trigos argentinos a la vernalización ». Trabajo inédito. Dpto. de Agrometeorología, S. M. N. Bs. As.
- PASCALE, A. J. 1953. — « Comportamiento fotoperiódico de algunos trigos argentinos ». METEOROS. Año III. N° 1, p. 97-112; enero-marzo 1953.
- SEELEY, D. H. 1917. — « The relation between temperature and crops ». *Mich. Acad. Sci. Ann. Rpt.* 19: 167-195. 1917.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1944. — « Salida y puesta del sol y duración del crepúsculo civil ». Direc. Met. Geo. e Hidrología. Bs. As. 1944.
- SNEDECOR, G. W. 1948. — « Métodos de estadística ». Bs. As. Acme Agency. 577 págs.

551.510.53

DETERMINACIÓN CUÁNTICA DE LA ESTRATOSFERA

Por GEORGES DEDEBANT *

Resumen. — La Termodinámica Global de la atmósfera permite aplicar a la atmósfera ordinaria considerada como un todo los principios de la termodinámica clásica. Se muestra cómo se deduce la estructura térmica vertical de la atmósfera a partir del número entero « siete », número de grados de libertad que es necesario atribuir a la partícula de aire atmosférica. Se calculan así con precisión la temperatura y la altitud de la tropopausa. Extendiendo los razonamientos a la radiación atmosférica se obtienen para la alta atmósfera resultados conformes con los hechos experimentales conocidos. Se llega también a una excelente determinación teórica de la constante solar.

Résumé. — La Thermodynamique globale de l'atmosphère permet d'appliquer à l'atmosphère considérée comme un tout les principes de la thermodynamique classique. On montre comment on en déduit la structure thermique verticale de l'atmosphère à partir du nombre entier « sept », qui est le nombre de degrés de liberté qu'il faut attribuer à la particule d'air atmosphérique. On calcule ainsi avec précision la température et l'altitude de la tropopause. Entendant les raisonnements à la radiation atmosphérique on obtient pour la haute atmosphère des résultats conformes aux faits expérimentaux connus. On arrive aussi à une excellente détermination théorique de la constante solaire.

1. PRELIMINARES

Llamaremos "cuántica" a la determinación de la temperatura y de la altura de la estratosfera, así como a la de la estructura térmica de la alta atmósfera en general, que damos a continuación por que ella se basa únicamente en un número entero: *el número siete*, que es el de grados de libertad del aire perteneciente al medio atmosférico, es decir, turbulento y ubicado en un campo gravitatorio.

Para mayor inteligibilidad de este artículo debemos recordar los resultados fundamentales obtenidos por la nueva termodinámica de la atmósfera, cuyo objetivo es hacer aplicables a la atmósfera los principios de la termodinámica.

Indiquemos las principales notaciones que se utilizarán: T (con diferentes subíndices) será una temperatura absoluta;

$$\beta = - \frac{dT}{dz}$$

un gradiente vertical de temperatura;

$$b = \frac{g}{R} = 3.42^\circ/100 \text{ m}$$

designará el gradiente isostérico ($g = 981 \text{ cm/sec}^2$ aceleración de la gra-

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

vedad; $R = 28,7 \times 10^6$ CGS constante de los gases perfectos para el aire seco); $q = b/\beta$ es un número sin dimensión que llamaremos "parámetro politrópico"; P y ρ son la presión y la densidad; γ es el cociente de calores específicos.

2. RESULTADOS CONSIDERADOS

a) GRADIENTE ADIABÁTICO

Consideraciones de mecánica estadística permiten demostrar que el aire atmosférico (turbulento y en un campo gravitatorio) admite un gradiente adiabático correspondiente a siete grados de libertad y no a cinco (como para el aire en reposo, considerado como una mezcla biatómica de azoe y de oxígeno) según la fórmula establecida por la teoría cinética:

$$\gamma = 1 + \frac{2}{n}$$

que relaciona el cociente de calores específicos con el número n de grados de libertad, tenemos para el aire atmosférico:

$$\gamma = \frac{9}{7}$$

en lugar de

$$\frac{7}{5} = 1.4$$

para el aire en reposo.

Se deduce que el parámetro q adiabático es:

$$q_a = \frac{\gamma}{\gamma - 1} = \frac{n + 2}{2} = \frac{9}{2} = 4.5$$

Lo que da un gradiente adiabático:

$$\beta_a = \frac{b}{q_a} = \frac{3.42}{4.5} = 0.76^\circ/100 \text{ m}$$

en lugar de $0,976$ para $n = 5$)¹.

Este valor ($0,76$; $0,77$) es el que se observa en realidad en la media y alta troposfera, de donde se debe concluir que esta región está efectivamente en equilibrio adiabático, pero no con el gradiente térmico admitido hasta el presente.

b) TERMODINÁMICA GLOBAL

La termodinámica global de la atmósfera es la termodinámica del medio atmosférico considerado como constituyendo una partícula única (y no más como un conjunto continuo de partículas elementales). Las funciones termodinámicas de una atmósfera politrópica (es decir a gra-

¹ β_a se eleva por lo tanto a $0.77^\circ/100 \text{ m}$ si se reemplaza el valor cuántico $\gamma = \frac{7}{5}$ (para $n = 5$) por el valor experimental $\gamma = 1.41$.

diente térmico constante) se calculan como medias en el espacio de fase (x, q) donde

$$x = \frac{T}{T_0}$$

T_0 temperatura al nivel del suelo) tomadas con la función de distribución:

$$q x^{q-1}$$

que es la probabilidad de presencia a la altura z .

Se llega al resultado de que una atmósfera politrópica es equivalente a la reunión de dos sistemas termodinámicos: 0 y 1 definidos como sigue:

Sistema 0

entropía:

$$\mathcal{S}_0 = R \log (T_0^{q_a} P_0^{-1})$$

temperatura:

$$\mathcal{T}_0 = T_0 \frac{q}{q+1}$$

(T_0 y P_0 son los elementos al nivel del suelo)

potencial termodinámico:

$$\mathcal{F}_0 = - (\mathcal{S}_0 - Rq_0)$$

Sistema 1

entropía:

$$\mathcal{S}_1 = R \frac{q - q_a}{q}$$

temperatura:

$$\mathcal{T}_1 = T_0 \left(\frac{q}{q+1} \right)^2$$

potencial termodinámico:

$$\mathcal{F}_1 = - \mathcal{S}_1 \mathcal{T}_1$$

c) EQUILIBRIOS SIN MOVIMIENTO DE CALOR

En ausencia de movimiento de calor (balance término nulo), una atmósfera politrópica admite dos estados de equilibrio, dados por las máximas del potencial termodinámico total: $\mathcal{F} = \mathcal{F}_0 + \mathcal{F}_1$.

Estos son:

el equilibrio adiabático:

$$q = q_a = 4.5$$

y el equilibrio isotérmico:

$$q = \infty$$

d) EQUILIBRIOS CON MOVIMIENTO DE CALOR

Todo estado politrópico diferente de los precedentes es un estado de equilibrio posible con movimiento de calor.

El desplazamiento de este estado a lo largo de una sucesión de estados de equilibrio está, además, sujeto a la condición:

$$\mathcal{C}_0 = T_0 \frac{q}{q+1} = \text{constante} \quad (2 d)$$

3. EQUILIBRIO POR COMPENSACION

La troposfera (media y alta) y la estratosfera corresponden visiblemente a equilibrios *sin* movimiento de calor. Pero en otras regiones de la atmósfera y particularmente en la baja troposfera influenciada por los cambios caloríficos con la superficie del suelo, el equilibrio que se establece es con movimiento de calor. Para determinar su gradiente térmico hace falta introducir alguna hipótesis sobre la forma de este movimiento de calor. Una de las más simples es suponer *constante* el flujo vertical medio de calor: \bar{Q} .

Consideremos entonces una columna vertical de aire atravesada por este flujo constante \bar{Q} y escribamos (de acuerdo al 2º principio) que el valor de transformación absorbido² por la partícula de aire comprendida entre los niveles z y $z + dz$ es igual a la entropía absorbida.

La temperatura se considerará como aleatoria; sea $T = \bar{T} + T'$ (separando el valor medio y la parte puramente aleatoria).

El flujo de calor (energía cinética de las moléculas) es:

$$\bar{Q} = C_v T$$

donde C_v es el calor específico a volumen constante.

Su valor de transformación es:

$$\frac{\bar{Q}}{T} = C_v \frac{\bar{T}}{\bar{T} + T'}$$

por lo tanto la fluctuación es (T se supone débilmente aleatorio):

$$-C_v \frac{T'}{\bar{T}}$$

El flujo de este grandor transportado por la turbulencia vertical W' ($\overline{W'} = 0$) a través de una superficie horizontal es:

$$-\frac{C_v}{\bar{T}} \overline{T' W'}$$

² El término « absorbido » designa el sentido del cambio, del exterior hacia la partícula. Recordemos, por otra parte, que en termodinámica se llama valor de transformación al cociente de una cantidad de calor sobre su temperatura.

y, en consecuencia, la cantidad absorbida por la partícula comprendida entre z y $z + dz$ es:

$$-C_v \frac{\partial}{\partial z} \frac{\overline{T' W'}}{\overline{T}}$$

Calculamos por otra parte la entropía absorbida por esta misma partícula. Es:

$$\frac{\partial}{\partial z} \overline{S' W'}$$

Luego, la entropía S tiene por expresión general:

$$S = R \log (T^{q_a} P^{-1})$$

Pero, en una atmósfera politrópica, q , P y T son ligadas por la relación:

$$P = C^{te} T^q$$

Por lo tanto:

$$S = R(q_a - q) \log T = C_p \frac{\beta - \beta_a}{\beta} \log T$$

(C_p calor específico a presión constante).

La fluctuación de $\log T$ es:

$$(\log T)' = \frac{T'}{\overline{T}}$$

Lo que da para la entropía absorbida:

$$\frac{\partial}{\partial z} \overline{S' W'} = C_p \frac{\beta - \beta_a}{\beta} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\overline{T' W'}}{\overline{T}}$$

La ecuación de "compensación"³ será entonces:

$$\frac{(\gamma + 1) \beta - \gamma \beta_a}{\beta} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\overline{T' W'}}{\overline{T}} = 0$$

luego:

$$\frac{\partial}{\partial z} \frac{\overline{T' W'}}{\overline{T}} = -\frac{1}{\overline{T}^2} \frac{\partial \overline{T}}{\partial z} \overline{T' W'} = \frac{\overline{Q' W'}}{C_v \overline{T}^2} \beta$$

pues:

$$C_p \frac{\partial}{\partial z} \overline{T' W'} = \frac{\partial}{\partial z} \overline{Q' W'} = 0$$

Entonces, a menos que $\overline{Q' W'}$ sea nulo (y es entonces el caso de los equilibrios sin movimiento de calor), tenemos:

$$\beta = \beta_c = \frac{\gamma}{\gamma + 1} \beta_a = \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} b = 0.43^\circ/100 \text{ m}$$

³ Hemos elegido el término «compensación» puesto que se trata de una compensación hecha por la turbulencia entre el valor de transformación y la entropía.

El valor correspondiente de q es:

$$q_c = \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} = n + 1 = 8$$

El gradiente de compensación β_c corresponde ajustadamente a los valores observados en la baja troposfera.

4. ATMOSFERA POLITRÓPICA EQUIVALENTE A LA TROPOSFERA

Hemos supuesto la troposfera formada:

a) de una baja troposfera donde reina el equilibrio de compensación con el parámetro:

$$q_c = n + 1 = 8$$

b) de una alta troposfera donde existe el equilibrio adiabático, con

$$q_a = \frac{n + 2}{2} = \frac{9}{2}$$

Nos proponemos calcular el parámetro q_0 de una atmósfera polytrópica tal que:

a) ella tiene en el suelo la temperatura T_0 ;

b) sea termodinámicamente equivalente a la superposición de atmósferas q_c y q_a .

Para ello desplazemos el equilibrio de la atmósfera q_c (a lo largo de una sucesión de estados de equilibrio) hasta que ella adquiriera el parámetro adiabático q_a . Según el resultado considerado en (2 d), su temperatura en el suelo $T_0(q_a)$ será tal que:

$$T_0(q_a) \frac{q_a}{q_a + 1} = T_0 \frac{q_c}{q_c + 1}$$

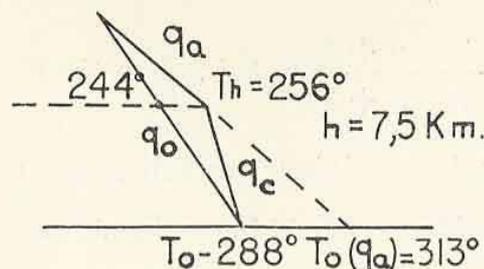


FIG. 1.

En este momento y sin que el equilibrio haya sido alterado, la troposfera estará enteramente en el estado adiabático $[T_0(q_a), q_a]$.

La atmósfera politrópica equivalente (T_0, q_0) deberá tener la misma temperatura termodinámica \mathcal{T}_1 . Tenemos entonces:

$$\mathcal{T}_1 = T_0(q_a) \left(\frac{q_a}{q_a + 1} \right)^2 = T_0 \left(\frac{q_0}{q_0 + 1} \right)^2$$

Esta ecuación combinada con la precedente nos da la relación (regla de la media geométrica)

$$\left(\frac{q_0}{q_0 + 1}\right)^2 = \left(\frac{q_a}{q_a + 1}\right)\left(\frac{q_c}{q_c + 1}\right)$$

de donde se deduce en general:

$$\frac{q_0}{q_0 + 1} = \sqrt{\frac{n + 1}{n + 4}} = \lambda$$

y

$$q_0 = \frac{\sqrt{n + 1}}{\sqrt{n + 4} - \sqrt{n + 1}} = \frac{1}{1 - \lambda}$$

Para

$$n = 7, \quad \lambda = \sqrt{\frac{8}{11}} \quad \text{y} \quad q_0 = 5.8,$$

sea un gradiente

$$\beta_0 = 0.59^\circ/100 \text{ m}$$

Este valor de β_0 guarda completa concordancia con el valor observado del gradiente troposférico medio.

Determinemos el punto de encuentro (altitud h , temperatura T_h) de las atmósferas q_c y q_a . Tenemos:

$$h = \frac{T_0(q_a) - T}{\beta_a} = \frac{T_0 - T}{\beta_c}$$

Y se obtiene:

$$T_h = \frac{n + 1}{n + 2} T_0 = 256^\circ \text{ A}$$

$$h = \frac{T_0}{b} \frac{n + 1}{n + 2} = 8.4 \cdot \frac{8}{9} = 7.5 \text{ Km.}$$

La temperatura de la atmósfera equivalente q_0 es a esta altitud:

$$288 - 5.9 \times 7.5 = 244.2^\circ \text{ A}$$

5. TEMPERATURA Y ALTURA DE LA TROPOPAUSA

Se trata naturalmente de valores relativos a la media del Globo puesto que, en esta primera parte de la teoría, no hacemos aún intervenir las variaciones en la superficie del Globo.

La condición de equilibrio termodinámico entre la troposfera y la estratosfera es que sus temperaturas termodinámicas \mathcal{T}_1 sean iguales (así como en la termodinámica de los sistemas *uniformes*, dos cuerpos están en equilibrio térmico cuando sus temperaturas son iguales).

Luego, para la troposfera:

$$\mathcal{T}_1 = T_0 \left(\frac{q_0}{q_0 + 1} \right)^2$$

y para la estratosfera:

$$\mathcal{T}_1 = T_s$$

es la temperatura (uniforme) de la estratosfera ($q_s = \infty$).

Esto da la simple relación:

$$T_s = T_0 \left(\frac{q_0}{q_0 + 1} \right)^2 = T_0 \lambda^2,$$

sea bajo forma cuántica:

$$\boxed{T_s = T_0 \frac{n + 1}{n + 4}}$$

Para $n = 7$, $T_0 = 288^\circ \text{A}$ (temperatura media de la superficie del globo), hallamos:

$$T_s = \frac{8}{11} \times 288 = \underline{209^\circ \text{A}}$$

que es un valor casi igual al promedio de las determinaciones de los observatorios aerológicos del Globo (alrededor de 208°A)⁴.

Lo que queremos señalar de notable en esta determinación numérica es que ella no hace intervenir (salvo naturalmente la temperatura del globo terrestre) ningún dato empírico, ni tampoco ninguna constante física; resulta en último análisis del *número entero siete*.

La altura de la tropopausa se determina por la fórmula:

$$H = \frac{T_0 - T_s}{\beta_0}$$

que se escribe bajo la forma cuántica:

$$H = \frac{T_0}{b} \left[\sqrt{\frac{n + 1}{n + 4}} + \frac{n + 1}{n + 4} \right]$$

y da para $n = 7$

$$H = 8.4 \frac{\sqrt{88} + 8}{11} = \underline{13.3 \text{ Km}}$$

El promedio de las observaciones es:

$$H^* = 13.3 \text{ Km}$$

⁴ Cambiando $\gamma = 7/5$ por $\gamma = 1.41$, hallamos el valor $T_s = 208.6^\circ \text{A}$.

6. EL RECALENTAMIENTO POR ENCIMA DE LA TROPOPAUSA

Podemos extender aún más alto las consideraciones teóricas precedentes. En efecto, ellas serán válidas mientras la composición química de la atmósfera no cambie, y sobre todo mientras la radiación no sea preponderante.

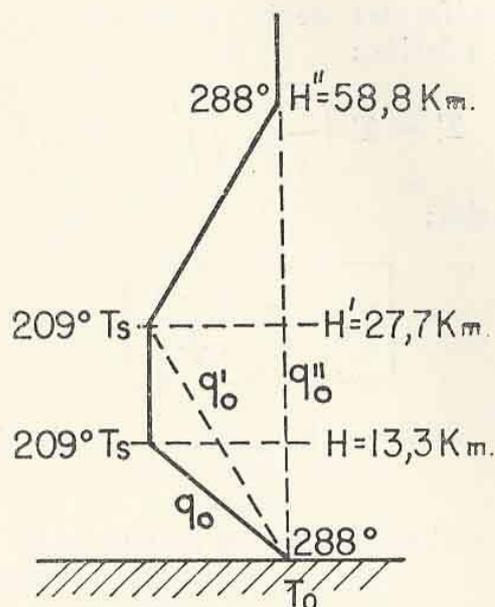


FIG. 2.

Comencemos por determinar una atmósfera polytrópica equivalente q_0' al conjunto troposfera-estratosfera. De acuerdo con la regla de la media geométrica (§ 4) tenemos:

$$\left(\frac{q_0'}{q_0' + 1} \right)^2 = \frac{q_0}{q_0 + 1} \times 1 = \lambda$$

De donde se obtiene:

$$q_0' = \frac{\sqrt{\lambda}}{1 - \sqrt{\lambda}} = 12.2$$

y

$$\beta_0' = 0.28^\circ/100 \text{ m}$$

Se deduce de allí la altitud del límite superior de la estratosfera (¿estratopausa?) que es:

$$H' = \frac{T_s - T_0}{\beta_0'} = \frac{T_0}{b} \sqrt{\lambda} \frac{1 - \lambda^2}{1 - \sqrt{\lambda}}$$

con $\lambda = \sqrt{\frac{8}{11}}$ hallamos:

$$H' = 27.7 \text{ Km}$$

Podemos mientras tanto calcular el gradiente de la capa que cubre la estratosfera suponiéndola en equilibrio termodinámico con la parte de la atmósfera inmediata inferior. Siendo q_1 el parámetro desconocido, tenemos:

$$\left(\frac{q_1}{q_1 + 1}\right)^2 T_s = \left(\frac{q_0'}{q_0' + 1}\right)^2 T_0$$

de donde:

$$\frac{q_1}{q_1 + 1} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \quad \text{y} \quad q_1 = -\frac{1}{1 - \sqrt{\lambda}} = -13.1$$

o sea

$$\beta_1 = -0.26^\circ/100 \text{ m}$$

Así, la teoría conduce a un gradiente negativo (calentamiento) como la experiencia lo confirma (a partir de 30 Km más o menos).

Demostremos todavía un paso más, calculando el parámetro q_0'' de la atmósfera politrópica equivalente a las atmósferas (q_0' , q_1).

Tenemos:

$$\left(\frac{q_0''}{q_0'' + 1}\right)^2 = \frac{q_0'}{q_0' + 1} \frac{q_1}{q_1 + 1} = \sqrt{\lambda} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1$$

De donde:

$$q_0'' = \infty$$

lo que equivale a decir que la capa siguiente es una capa isoterma de temperatura igual a la temperatura T_0 de la superficie del globo.

El espesor de la capa q_1 está dado por

$$E = \frac{T_s - T_0}{\beta_1} = \frac{T_0}{b} (1 + \sqrt{\lambda})^2 = 31.1 \text{ Km}$$

lo que da para la altitud de la base de la segunda capa isoterma:

$$H'' = H' + E = 58.8 \text{ Km}$$

La teoría nos lleva así a la conclusión de que "la atmósfera del aire" es equivalente a una atmósfera isoterma que tiene la temperatura del globo terrestre.

7. TERMODINAMICA DE LA RADIACION ATMOSFERICA

Diversas fuentes de información entre las cuales las anomalías de propagación de las ondas sonoras, el cálculo del balance radioactivo de la alta atmósfera, las medidas directas de los obuses del tipo V_2 , y la determinación espectral de la temperatura del ozono atmosférico, han conducido a admitir la existencia, por encima de la atmósfera, de una zona caliente, llamada *empyrée*, en la cual la temperatura estimada varía según los métodos entre 290°A (igual a la temperatura del suelo) y 450°A .

Es cierto en todo caso que el fenómeno de retorno hacia el suelo de las ondas sonoras necesita de temperaturas superiores a la de la tierra. En nuestra termodinámica global de la atmósfera, considerada como un gas perfecto biatómico, llegamos a la conclusión de que la alta atmósfera tiene una temperatura *igual* a la del globo terrestre. Pero es visible que no se puede mantener este esquema para regiones donde la radiación juega un papel preponderante. Así, hemos sido conducidos a establecer una termodinámica global de la radiación atmosférica, ajustándonos paso a paso al método que seguimos para el aire atmosférico. Los puntos de partida son:

a) La expresión de la energía total de la radiación negra, de acuerdo con la ley de Stefan-Boltzmann:

$$U = \sigma T^4 \nu$$

ν = volumen específico

$$\sigma = 0.826 \times 10^{-10}$$

b) La de la presión de la radiación:

$$P = \frac{1}{3} \sigma T^4$$

Esto conduce a las expresiones siguientes para la cantidad de calor y la entropía:

$$\alpha) \quad \delta Q = 4 \sigma T^3 \nu dT + \frac{4}{3} \sigma T^4 d\nu$$

$$\beta) \quad S = \frac{4}{3} \sigma T^3 \nu$$

Introduzcamos los parámetros:

$$x = \frac{T}{T_r} \quad y \quad q = \frac{\nu}{\beta} \quad \left(\beta = - \frac{dT}{dz} \right)$$

donde T_r es la temperatura de la radiación solar en los confines de la atmósfera.

Calculemos los promedios en el espacio de fases (x, q) con la función de distribución $-qx^{q-1}$; obtenemos (suprimiendo provisoriamente el coeficiente σ para simplificar la escritura)

$$\delta Q = - \frac{q T_r}{5} \delta S_r - \frac{4}{25} T_r S_r \delta q$$

y

$$\bar{S} = - \frac{q S_r}{4}$$

Podemos entonces descomponer la radiación atmosférica en dos sistemas termodinámicos \mathcal{R}_1 y \mathcal{R}_0 , definidos como sigue:

\mathcal{R}_0) entropía:

$$\Sigma_0 = S_r$$

temperatura:

$$\Theta_0 = T_0 \frac{16 - q}{25}$$

potencial termodinámico:

$$\Phi_0 = - \frac{11q + 64}{4(16 - q)} \Theta_0 \Sigma_0$$

\mathcal{R}_1) entropía:

$$\Sigma_1 = -S_r - \frac{q S_r}{4}$$

temperatura:

$$\Theta_1 = \frac{16}{25} T_r$$

potencial termodinámico:

$$\Phi_1 = - \Theta_1 \Sigma_1$$

El parámetro q adiabático de la radiación se obtiene haciendo $\bar{S} = S_r$, lo que da:

$$q = q_{ra} = -4, \quad \text{sea} \quad \beta_{ra} = -0.855^\circ/100 \text{ m}$$

Lo que nos muestra que el máximo del potencial termodinámico total:

$$\bar{\Phi} = \overline{U - TS} = \Phi_0 + \Phi_1$$

se obtiene — en ausencia de calor — precisamente para:

$$q = q_{ra} = -4$$

8. TEMPERATURA DE L'EMPYREE

Estamos en condiciones, mientras tanto, de calcular (como lo hemos hecho para el equilibrio de la estratosfera con la troposfera en § 5) la temperatura T_r de una alta atmósfera constituida por la radiación en equilibrio con una atmósfera constituida por aire. Esta es equivalente a una atmósfera isoterma de temperatura T_0 (§ 6), tenemos:

$$\Theta_1 = \mathcal{T}_1 = T_0$$

pero, por otra parte,

$$T_r = \frac{25}{16} \Theta_1$$

de donde:

$$T_r = \frac{25}{16} \times 288 = 450^\circ \text{ A}$$

Este valor coincide con las estimaciones más altas de la temperatura de l'empyrée (obtenidas por el método del balance de radiación).

Podemos, por otra parte, justificarlo de la manera siguiente.

9. DETERMINACION DE LA CONSTANTE SOLAR

La radiación solar en los confines de la atmósfera equivale entonces a una radiación negra de temperatura:

$$T_r = \frac{25}{16} T_0 = 450^\circ \text{A}$$

Pero la radiación emitida en todas las direcciones por una esfera negra que rodea la atmósfera es igual a σT_r^4 . La constante solar es la fracción de esta radiación que se recibe sobre el plano de un gran círculo⁵ y esta fracción no es otra que el cociente de las *medidas* de las secantes (rayas luminosas) de un diámetro con respecto a la del círculo. Se sabe que es igual a $2/\pi$ (que es el problema de la aguja de BUFFON en el cálculo de probabilidades). Se tiene entonces la ecuación:

$$\begin{aligned} C &= \frac{2}{\pi} \sigma T_r^4 = \frac{2}{\pi} \times 0.826 \times 45^4 \times 10^{-5} \\ &= 2.15 \text{ cal/cm}^2 \text{ mm} = 1.5 \times 10^6 \text{ CGS} \end{aligned}$$

Este valor teórico tan próximo a la constante solar experimental (1.94) aporta una confirmación muy satisfactoria de la existencia de una temperatura de 450°A hacia los confines de la atmósfera.

Se puede además determinar el espesor de la capa de transición entre la temperatura T_0 de la atmósfera de aire y la temperatura T_r de la atmósfera de radiación, conociendo la existencia del gradiente, igual a $-0.855 \text{ }^\circ/100 \text{ m}$.

Se halla así:

$$E' = \frac{450 - 288}{0.855} = 19 \text{ Km}$$

Como esta capa comienza por lo menos a 58,8 Km (§ 6), por encima de los 80 Km es, entonces, donde se halla la temperatura de 450°A .

10. ALTURA DE LA ATMOSFERA

Tratemos de obtener una precisión mayor sobre la altitud de la capa de radiación. Es natural admitir que en la base de esta capa hay igualdad entre la presión de radiación P_r y la presión P_a de la atmósfera de aire. Esta corresponde a una atmósfera isoterma de temperatura T_0 .

Tenemos entonces:

$$Z = 18.4 \frac{288}{273} \log \frac{P_0}{P_r}$$

⁵ Para un globo uniforme, la simetría no es ya tan sólo de revolución, sino esférica. Es decir, que no solamente todos los meridianos son equivalentes, sino incluso todos los grandes círculos.

Por otra parte:

$$P_r = \frac{4}{3} \frac{\sigma T_r^4}{C}$$

$$C = 3 \times 10^{10} \text{ CGS (velocidad de la luz)}$$

Tomando:

$$P_0 = 10^6 \text{ CGS (10}^3 \text{ milibares)}$$

Se obtiene:

$$Z = 200 \text{ Km}$$

Esta altitud puede ser considerada como el espesor de la atmósfera gaseosa. La capa isoterma de temperatura $T_0 = 288^\circ \text{A}$ tendrá entonces un espesor de 120 a 140 Km.

11. TEMPERATURA DEL SOL

Para terminar, podemos deducir de la constante solar la temperatura de la fotosfera, de manera de calcular la temperatura del sol a partir de la del globo terrestre.

Los datos son los siguientes:

$$C = 1.5 \times 10^6 \text{ ergs/sec. cm}^2$$

Diámetro aparente del sol: $32' = 9.6 \times 10^{-3}$ radianes.

$$\sigma = 5.7 \times 10^{-5} \text{ (cm}^2, \text{ erg/sec., grados C)}$$

Se encuentra:

$$T_\Sigma = 5750^\circ \text{A}$$

12. ABSORCION DE LA RADIACION SOLAR POR LA ATMOSFERA

Siguiendo el mismo razonamiento que en el párrafo precedente, se halla que la radiación solar absorbida por la atmósfera de aire es:

$$\frac{2}{\pi} \sigma T_0^4 = \left(\frac{16}{25}\right)^4 C = 0.36 \text{ cal/cm}^2 \text{ mn}$$

Resulta que la radiación solar directa al nivel del suelo es:

$$\mathcal{R} = 2.15 - 0.36 = 1.79 \text{ cal/cm}^2 \text{ mn}$$

Esto corresponde a un coeficiente de transparencia

$$\rho = \frac{\mathcal{R}}{C} = 0.832$$

que es del orden de magnitud deseable (absorción debida a la difusión molecular).

13. LA VARIACION DE LA ESTRATOSFERA EN LATITUD

La termodinámica global permite también determinar la variación en la altitud de la tropopausa. Admitiremos para ello que los estados de la atmósfera en cada punto del globo pertenecen a una misma sucesión de estados de equilibrio. Se verifica entonces la condición (2d)

$$T_0(q) \frac{q}{q+1} = \text{Cte.}$$

El valor numérico de la constante resulta del número entero $n = 7$; ella vale en efecto:

$$T_0 \frac{q_0}{q_0+1} = T_0 \sqrt{\frac{n+1}{n+4}} = 245.6^\circ \text{ A}$$

Adjuntemos a la condición (2d) la expresión de la temperatura de la estratosfera en la atmósfera de parámetro q

$$T_s(q) = T_0(q) \left(\frac{q}{q+1} \right)^2$$

y eliminamos el parámetro desconocido q . Obtenemos así la relación notable siguiente entre la temperatura de la estratosfera y la de la superficie del suelo:

$$T_0(q) T_s(q) = T_0^2 \frac{n+1}{n+4} = 60323$$

Calculamos las temperaturas de la estratosfera en el polo y en el ecuador Ecuador:

$$T_0(q) = 300^\circ \text{ A}; \quad T_s(q) = 201^\circ \text{ A}$$

Polo:

$$T_0(q) = 268^\circ \text{ A}; \quad T_s(q) = 225^\circ \text{ A}$$

Aun cuando la temperatura calculada T_s en el ecuador sea de alrededor de 8° superior al valor habitualmente admitido, podemos mostrarnos satisfechos del acuerdo con la experiencia, sobre todo si se piensa que la constante 60 323 no ha sido determinada empíricamente.

Para el cálculo de las altitudes H de la tropopausa, se debe proceder como sigue: No hay razón en general para que al parámetro q de la atmósfera polytrópica sea igual al valor medio del parámetro para el conjunto de la estratosfera. Debemos entonces, es claro, calcular la altitud h y la temperatura T_h del encuentro entre las atmósferas de equilibrio q_c y q_a (§ 4), y luego deducir de allí la altitud H empleando el gradiente adiabático β_a . Se obtiene así:

Ecuador:

$$T_h = \frac{n+1}{n+2} T_0 = \frac{8}{9} \times 300 = 267^\circ \text{ A}$$

$$\frac{T_0}{b} = \frac{300}{3.42} = 8.8 \text{ Km}$$

$$h = \frac{T_0}{b} \frac{n+1}{n+2} = \frac{8}{9} \times 8.8 = 7.8 \text{ Km}$$

$$T_h - T_s = 66^\circ; \quad \frac{T_h - T_s}{\beta_a} = \frac{66}{7.6} = 8.7 \text{ Km}$$

$$H_e = 7.8 + 8.7 = \underline{16.5 \text{ Km}}$$

Polo:

$$T_0 = 268^\circ \text{ A}; \quad T_h = 238^\circ \text{ A}; \quad h = 6.9$$

$$\frac{T_h - T_s}{\beta_a} = 3.9 \text{ Km} \quad H_p = \underline{10.8 \text{ Km}}$$

Aun cuando la altitud en el polo sea un poco elevada con respecto al valor admitido en general, la diferencia puede ser considerada como satisfactoria.

551.577.34(82)

LA VARIACIÓN SECULAR DE LAS PRECIPITACIONES EN EL ESTE Y CENTRO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Por WERNER SCHWERDTFEGER * y CESAR J. VASINO **

Resumen. — Durante la primera mitad de este siglo en gran parte del este de la Argentina las sumas anuales de lluvias muestran un aumento considerable. El presente trabajo ofrece un análisis detallado del fenómeno, examinando rigurosamente la posibilidad de que se trate de un efecto casual. Resulta, para la zona de mayor aumento anual, representada por 10 estaciones pluviométricas, un valor de la tendencia secular de 5.5 mm/año, calculado por ajuste según la recta, y una probabilidad a razón de 99.9 % de que se trate de un efecto real, vale decir, de que el signo de la tendencia secular sea positivo.

Se consideran luego las posibles causas del efecto. Una de ellas puede ser una variación de la circulación general sobre las latitudes extratropicales de Sudamérica, manifestada por una disminución secular del gradiente bórico Buenos Aires-Punta Arenas. Hay varios argumentos que hablan en pro de esta hipótesis. Sin embargo, tal efecto no parece suficiente para explicar el fenómeno del aumento en todos sus aspectos. Otra causa puede estar en relación con la modificación de la capa vegetativa por el desarrollo de la agricultura en la región de mayor variación secular. La superficie de mayor intensidad de cultivos de trigo, maíz y lino se encuentra en estrecha coincidencia con la zona de mayor tendencia anual de las lluvias, y, según los pocos datos pluviométricos existentes del siglo pasado, el aumento de las lluvias parece comenzar recién en la época del desarrollo pronunciado de la agricultura en aquella región. En base a estas consideraciones se puede suponer que para la zona de mayor aumento no existe el peligro de una variación secular opuesta de igual magnitud en los decenios futuros.

Summary. — During the first half of this century, a considerable increase of annual rainfall has taken place in the eastern part of Argentina. A detailed analysis of this phenomenon demonstrates that in the region of strongest increase, represented by 10 stations in the southern part of the provinces of Santa Fe and Entre Ríos and in the extreme north of Buenos Aires, the average rate of change amounts to 5.5 mm/year, calculated by determination of the best-fitting straight line by least squares. Considering the standard errors of the series, these results show a probability of 99.9 % that the phenomenon in general (the positive sign of the trend) is not due to chance. The further analysis refers to the possible causes of the secular increase. In the first place, there appears to exist a corresponding variation of the general circulation over the extratropical zones of South America, indicated by a diminution of the pressure gradient Buenos Aires-Punta Arenas, and by several other arguments. These circumstances, however, can not account for all characteristics of the rainfall increase. A second cause may be related to the modification of the original vegetation by the extension and intensification of argentine agriculture. The area nowadays occupied chiefly by wheat, corn and flax, but some 50 years predominantly in primitive state, coincides nearly with the zone of strongest increase of rainfall. Furthermore, the scarce rainfall data of the past century seem to indicate that the increase of rainfall did not begin earlier, but about simultaneously with the pronounced evolution of agriculture in that region. Accepting these last expositions as well founded on the whole, it may be assumed that the danger of a contrary secular variation of equal magnitude does not exist for the next decades.

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

** Ingeniero Civil. 2º Jefe del Departamento de Estudios y Asesoramiento Científico. Servicio Meteorológico Nacional.

A. PLANTEO

Al examinar algunos registros pluviométricos que se han tomado sin interrupción durante los últimos 50 años, llama la atención el considerable aumento de las lluvias caídas en el este de la Argentina, y cierta disminución en el centro y oeste. Y aunque esta última es más conocida por el público en general, el primero existe en forma mucho más pronunciada y puede ser confirmado por medio de los datos de un número de estaciones relativamente grande.

Un estudio muy valioso e interesante de T. F. A. WEBER ⁽¹⁾ sobre las "Tendencias de las lluvias en la Argentina en lo que va del siglo" ya expone los hechos para una selección de estaciones pluviométricas argentinas con registros hasta el año 1948 inclusive. Pero dada la importancia del fenómeno con relación a un gran número de problemas agrícolas y técnicos, nos ha parecido oportuno ampliar e intensificar su análisis con el fin de considerar en particular dos cuestiones, de las cuales la primera no está incluida en el trabajo de WEBER, mientras que la segunda merece, en nuestra opinión, un estudio más detallado aún. Pueden plantearse así:

1. ¿Qué confianza merece el valor de una tendencia secular calculado por ajuste según la recta, con datos de 50 años?, o en otras palabras, ¿qué probabilidad existe de que el fenómeno del aumento secular no sea producto del azar? Sin duda alguna, la posibilidad de que el azar influya mucho en los resultados ha de considerarse muy seriamente, ya que la dispersión de cada serie de sumas anuales de lluvias caídas es grande, y más grande aún en buena parte de la Argentina de lo que es en otras regiones del mundo, comparables con ella en lo que a ubicación geográfica se refiere. Y en el caso de tratarse, con alta probabilidad, de un efecto *real*, se presenta en seguida la segunda cuestión:

2. ¿Cuáles pueden ser las causas de tal fenómeno?, problema que exige formarse un juicio acerca de otra cuestión de suma importancia práctica por la antítesis que implica: ¿Es posible suponer que el aumento continuará, o a la inversa, que se impondrá, en un plazo breve o largo, una variación opuesta?

Para dar idea del orden de magnitud del fenómeno en cuestión anticipamos algunos datos relevantes: Durante el lapso que va de 1902 a 1950, en el sur de las provincias Santa Fe y Entre Ríos se ha producido un aumento medio anual de más de 5 mm por año. ¡Doscientos milímetros de diferencia entre el promedio de la última y primera década del período! Teniendo en cuenta la dispersión de las series elaboradas se verifica la probabilidad de 99,9 % de que realmente existe una variación positiva; de 98,8 % de que supere a 1 mm/año; de 96 % que lo sea a 2 mm/año; de 78 % que lo sea a 3 mm/año, etc.

Por otro lado, en la zona que comprende el norte de Eva Perón, extremo noroeste de Buenos Aires y sur de Córdoba y San Luis se ha producido una disminución media de 2 mm/año, siendo la probabilidad de que exista una variación negativa de 82 % y de que sea inferior a - 1,0 mm/año de 52 %. La tendencia a disminuir, por lo tanto, ofrece menor seguridad que la de aumentar.

Estos datos, en efecto, justifican la realización de un análisis más detallado, incluso una discusión de las eventuales causas. Aunque la diversidad de ellas puede ser muy grande y su combinación muy compleja, parece oportuno considerar aquí, en particular, la posibilidad de:

1) Una variación correspondiente de la circulación general atmosférica (y con ella también la oceánica) sobre Sudamérica y regiones vecinas.

2) La influencia de una variación del estado de la capa vegetativa sobre una gran parte del territorio argentino.

No escapa tampoco la posibilidad de un efecto provocado por la variación del contenido de núcleos y de la turbiedad del aire en general, por la creciente civilización e industrialización del país, aunque la falta de datos correspondientes no permite tratarlo.

Claro está, que en el caso de confirmarse, con cierta seguridad, la importancia del efecto mencionado en 2, al que podríamos caracterizar como debido a la actividad humana, sería razonable admitir que no se impondrá una variación opuesta de igual magnitud, ya que para ello sería necesario que se reformaran las condiciones de tal manera que tendieran a las que reinaban en el país hace 50 años.

En cambio, la primera hipótesis, de una variación de la circulación general, nos enfrenta de inmediato con el problema causal de tal variación. Según los conceptos de la meteorología moderna, el factor en el que debiera pensarse en primer lugar sería el de una variación de la intensidad o distribución espectral de la radiación solar. Y dado que hay muchos factores incidentes en estos efectos, la primera hipótesis no permite un juicio bien ponderado sobre la continuación en el futuro, aunque estimamos como más probable que la variación no tendría, en este caso, un carácter definitivo, sino que podría tomar el signo opuesto.

Finalmente, para evitar una interpretación errónea, debe recordarse que el aumento secular de las lluvias no guarda necesariamente equivalencia directa con una disminución del peligro de sequías. Este peligro depende también de la temperatura y de la distribución temporal más o menos uniforme de las precipitaciones, razón por la cual su estudio no puede ser incluido en el presente trabajo.

B. CRITERIO ESTADISTICO APLICADO

Hemos estimado que el valor más representativo de la tendencia de una serie es el coeficiente angular de la recta de regresión que liga los años con las cantidades de precipitación y que llamaremos a . En otras palabras se procedió a realizar un ajuste de recta por mínimos cuadrados.

Como método de cálculo se siguió el indicado por PEARSON y BENNETT (²), que al asignar a los años valores arbitrarios simétricos respecto al 0, consiguen que la serie independiente tenga promedio 0, y llégase a la expresión:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i y_i}{n \sigma_x^2}$$

donde representan:

x_i : valores arbitrarios asignados a los años.

y_i : cantidad de precipitación en mm, tomada anual o estacionalmente.

σ_x : dispersión de la serie x .

Según que sea positivo o negativo, el valor a da el número promedio de milímetros en que la cantidad de lluvia ha aumentado o disminuído por año, respectivamente.

Como, en general, la importancia del valor de a depende de la cantidad de precipitación que registre cada estación, se han calculado también los valores de $\frac{a}{b}$ (%), donde b es la ordenada al origen de la recta de ajuste, la cual en nuestro caso, coincide con el promedio del período total de la serie.

Deseando contar con un número más o menos grande de estaciones fué necesario tomar series con período de 1902 a 1950, es decir, con 49 valores, número relativamente pequeño de datos y que obliga, con mayor razón, a verificar si los resultados obtenidos tienen relevancia por sí mismos¹.

Para ello se ha recurrido a un método (³ y ⁴) que permite determinar con una probabilidad (nivel de significancia) dada, el error del coeficiente de regresión, y con él, los límites entre los cuales puede oscilar fuera del efecto casual. La expresión utilizada es $a \pm \alpha$, donde:

$$\alpha = t \text{ error standard de } a.$$

Como toda expresión estadística, α es válida con una probabilidad P determinada.

El coeficiente t , debido a STUDENT, constituye el valor de la desviación que en una prueba es superada por un porcentaje fijo del total de casos. Aumenta con la disminución del número de casos (en realidad con el número de grados de libertad) y cuando la definición del concepto "azar" se hace más rigurosa.

El error standard de a se calcula como la raíz de cociente entre la variancia de los valores y no atribuible a x , dividido por la variancia de x .

Nosotros hemos seguido dicho procedimiento, fijando a priori el valor α , y como el error standard de a depende sólo de la serie y , se puede determinar t y luego el nivel de significancia correspondiente. Así, por ejemplo, si se quiere determinar con qué probabilidad es cierto el signo, sólo el signo, de una tendencia, basta suponer $\alpha = a$, y por el camino anterior calcular el nivel de significancia.

C. CALCULOS REALIZADOS

Los cuadros I y II contienen los valores de a , b y $\frac{a}{b}$ (%) para lluvias anuales, invernales y estivales de estaciones de la zona este y centro de la República, ordenadas por latitud.

¹ Como se verá, este período merece particular interés, porque los primeros decenios de este siglo son los del desarrollo más intenso de la agricultura del país, equivalente a una notable variación de la capa de vegetación en la región aquí analizada.

CUADRO I. — Valores de la tendencia secular a , del promedio b y de la tendencia referida al promedio en porcentaje $\frac{a}{b}$, correspondientes a las series de lluvias anuales de estaciones del este y centro de la República Argentina. Período utilizado: 1902-1950.

Estaciones	a mm/año	b mm	a/b %	Estaciones	a mm/año	b mm	a/b %
Posadas	5.8	1.596	0.36	Gualeguay	5.2	919	0.57
Corrientes	0.1	1.209	0.01	San Nicolás	5.6	889	0.63
Libertad	1.7	1.146	0.15	Ramallo	6.9	857	0.80
San Roque	-0.1	1.105	-0.01	Villa Mercedes ...	-0.4	528	-0.08
Santo Tomé	2.0	1.488	0.13	Venado Tuerto ...	5.2	841	0.62
Torrent	3.2	1.320	0.24	Laboulaye	0.2	724	0.02
Goya	-1.8	1.145	-0.15	Arrecifes	3.2	871	0.37
Mercedes (Ctes.) ...	7.4	1.225	0.60	Rojas	3.2	900	0.35
La Cruz	3.7	1.401	0.26	Rufino	0.2	798	0.02
Tapebicuá	2.9	1.235	0.24	Villa Ortúzar ...	1.6	985	0.16
Ceres	-2.0	863	-0.23	F. C. N. G. B. ...	2.2	904	0.24
Esquina	0.4	1.104	0.04	Constitución	-4.7	989	-0.48
Monte Caseros	2.0	1.172	0.17	Cañada Verde ...	-2.7	611	-0.45
Rafaela	3.3	912	0.36	Quilmes	2.9	903	0.32
Córdoba	-2.3	692	-0.33	G. Villegas	-2.9	760	-0.38
V. del Rosario	3.7	632	0.58	Montevideo	2.6	1.022	0.26
Esperanza	2.7	935	0.29	Bragado	1.0	931	0.10
Concordia	6.4	1.112	0.57	9 de Julio	1.0	850	0.11
Paraná	5.2	1.020	0.51	25 de Mayo	2.9	858	0.34
Oncativo	-0.1	679	-0.01	Pehuajó	1.2	818	0.15
Villaguay	6.4	1.034	0.62	T. Lauquen	-1.0	710	-0.15
Gálvez	3.3	910	0.36	Victorica	-1.6	518	-0.31
J. Craik	2.4	685	0.35	Bolívar	-1.3	826	-0.16
Villa María	2.9	737	0.39	Catriló	0.4	635	0.05
Rosario de Tala ...	4.9	959	0.51	Dolores	2.8	865	0.33
Las Rosas	3.5	867	0.40	Santa Rosa	-1.2	566	-0.21
Nogoyá	4.5	1.070	0.42	Azul	1.9	819	0.23
Bell Ville	7.9	765	1.01	Guaminí	2.8	649	0.43
Leones	5.5	791	0.70	Ayacucho	2.8	812	0.34
C. del Uruguay ...	2.7	1.009	0.27	General Acha ...	-0.6	467	-0.14
Marcos Juárez	6.7	784	0.86	Coronel Suárez ...	0.5	695	0.07
Cabrera	5.7	742	0.77	Epu-pel	-0.5	493	-0.10
Cañada de Gómez ..	3.9	902	0.44	Pigüé	3.3	665	0.50
Mendoza	-0.7	198	-0.33	Mar del Plata ...	3.0	784	0.38
Chucul	-0.6	733	-0.08	Tres Arroyos ...	2.0	692	0.28
La Toma	-0.7	527	-0.13	Napostá	0.5	558	0.09
Rosario	5.0	928	0.53	Bahía Blanca ...	-1.5	544	-0.27
Río Cuarto	0.4	788	0.04	Río Colorado ...	-0.5	355	-0.15
Casilda	5.5	874	0.63	B. Zorrilla	-0.5	243	-0.22
S. José de la Esquina	5.8	814	0.71	General Conesa ...	0.7	238	0.29
Isla Verde	5.3	814	0.65	Patagones	0.4	333	0.11

CUADRO II. — Valores de la tendencia secular a , del promedio b y de la tendencia referida al promedio en porcentaje $\frac{a}{b}$, correspondientes a la serie de precipitaciones estacionales de la zona este y centro de la República Argentina. Período utilizado: 1902-1950.

Verano

Invierno

Meses agrupados: noviembre a febrero

Meses agrupados: mayo a agosto

Estaciones	a mm/año	b mm	a/b %	Estaciones	a mm/año	b mm	a/b %
Posadas	2.3	528	0.45	Posadas	0.4	464	0.09
Corrientes	0.5	496	0.09	Corrientes	0.3	231	0.13
Goya	0.3	442	0.06	Torrent	1.7	382	0.44
Ceres	-0.7	432	-0.16	Goya	0.2	194	0.12
Esquina	1.9	412	0.45	Mercedes	1.9	275	0.68
Córdoba	-1.9	392	-0.49	La Cruz	2.3	368	0.63
Concordia	2.7	399	0.68	Tapebicuá	1.2	321	0.37
Paraná	2.8	366	0.77	Ceres	0.5	102	0.45
C. del Uruguay	2.2	356	0.63	Esquina	-0.5	192	-0.28
Rosario	2.4	385	0.63	Monte Caseros ...	0.6	291	0.20
San Nicolás	1.6	343	0.45	Córdoba	-0.2	66	-0.27
Villa Mercedes	-0.4	219	-0.20	Concordia	1.9	263	0.70
Venado Tuerto	1.8	388	0.46	Paraná	0.3	155	0.20
Villa Ortúzar	0.9	349	0.25	Rosario de Tala ...	1.0	206	0.48
Cañada Verde	-1.8	311	-0.57	C. del Uruguay ...	-0.5	250	-0.18
Montevideo	-0.3	307	-0.09	Marcos Juárez ...	0.7	108	0.61
25 de Mayo	1.2	326	0.38	Rosario	0.4	164	0.22
Victorica	-1.3	253	-0.50	San Nicolás	1.0	170	0.61
Catrilo	-0.1	304	-0.03	Villa Mercedes ...	0.4	56	0.73
Dolores	-0.1	288	-0.03	Venado Tuerto ...	0.4	125	0.31
Azul	-0.2	301	-0.05	Villa Ortúzar ...	-0.1	250	-0.02
Guaminí	-0.8	275	-0.28	Cañada Verde ...	-0.2	77	-0.21
Coronel Suárez	0.8	296	0.28	Montevideo	1.2	343	0.36
Mar del Plata	0.9	269	0.34	25 de Mayo	1.8	188	0.93
Tres Arroyos	-0.1	263	-0.05	Victorica	0.3	65	0.52
Napostá	-0.3	217	-0.12	Catrilo	0.9	91	0.94
Río Colorado	-0.3	133	-0.23	Dolores	2.9	248	1.17
B. Zorrilla	0.4	78	0.49	Azul	1.3	187	0.67
				Guaminí	1.6	103	1.55
				Coronel Suárez ...	1.9	124	1.49
				Pigüé	1.8	110	1.59
				Mar del Plata	1.1	232	0.45
				Tres Arroyos	1.7	160	1.03
				Napostá	0.4	110	0.35
				Bahía Blanca	0.8	98	0.08
				Río Colorado	0.0	71	0.06
				B. Zorrilla	0.4	61	0.62

Las series de invierno y verano se prepararon sumando las lluvias mensuales de mayo, junio, julio, agosto y noviembre, diciembre, enero y febrero, respectivamente.

CUADRO III. — *Estimación numérica de la realidad del fenómeno considerado. Probabilidades en porcentaje de que la tendencia secular de las precipitaciones (a) sobrepase valores fijos (> 0.0; > 1.0 mm/año, etc.).*

Estaciones	a	Valores positivos					Valores negativos	
		> 0.0	> 1.0	> 2.0	> 3.0	> 4.0	< 0.0	< -1.0
Anual								
Posadas	5.8	85	77	66	52	<50		
Mercedes (Corrientes)	7.4	96	92	85	70	66		
Ceres	-2.0						61	
Córdoba	-2.3						82	54
Concordia	6.4	98	94	88	73	60		
Paraná	5.2	94	90	86	62	<50		
Nogoyá	4.5	91	80	64	<50			
Leones	5.5	>99.9	99.6	98	91	69		
Bell Ville	7.9	>99.9	99.6	98	94	67		
Marcos Juárez	6.7	>99.9	99.9	99.5	98	90		
Isla Verde	5.3	99.4	98	92	78	51		
Gualeguay	5.2	97	94	84	71	66		
Venado Tuerto	5.2	98	95	87	71	<50		
Cañada Verde	-2.7						84	63
General Villegas	-2.9						85	66
Victorica	-1.6						53	
Santa Rosa	-1.2						50	
Mar del Plata	3.0	90	72	<50				
Verano								
Posadas	2.4	82	57	<50				
Córdoba	-1.9						93	52
Paraná	2.8	93	76	<50				
Invierno								
Dolores	2.9	98	89	55				

En el cuadro III se ha colocado, para un número limitado de estaciones y según el criterio expuesto anteriormente, la probabilidad de que el coeficiente angular a tome los valores que se indican.

D. RESULTADOS

Ya que los valores demuestran que existe una probabilidad muy alta de un aumento *real* de las lluvias, vale la pena dibujar algunos mapas para poner en evidencia la distribución geográfica del fenómeno. Los mapas 1 y 2 muestran que la región de mayor aumento abarca el sur de Santa Fe y el centro de Entre Ríos.

Suponiendo que en los cuatro meses con la mayor insolación (noviembre a febrero) los procesos de convección son más importantes y la capa vegetativa está más desarrollada que en los cuatro meses de menor insolación (mayo a agosto), y que tal diferenciación pudiera resultar útil para la discusión de las posibles causas, presentamos también dos mapas (3 y 4) para estas dos etapas del año. Como el cálculo para cada estación es bastante largo, hemos reducido el número de pun-

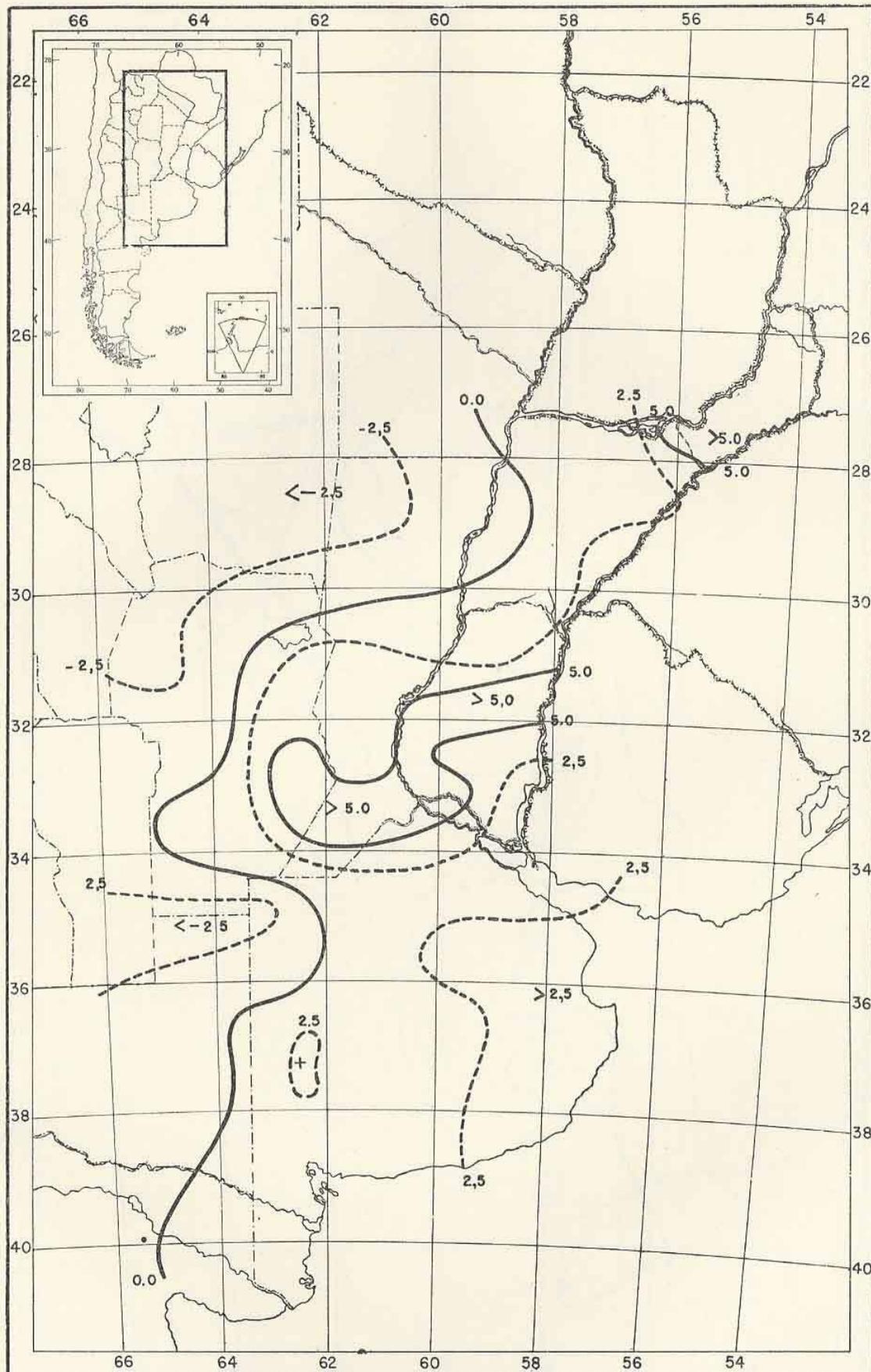


FIG. 1.— Distribución geográfica de la tendencia secular a en mm/año de lluvias anuales.

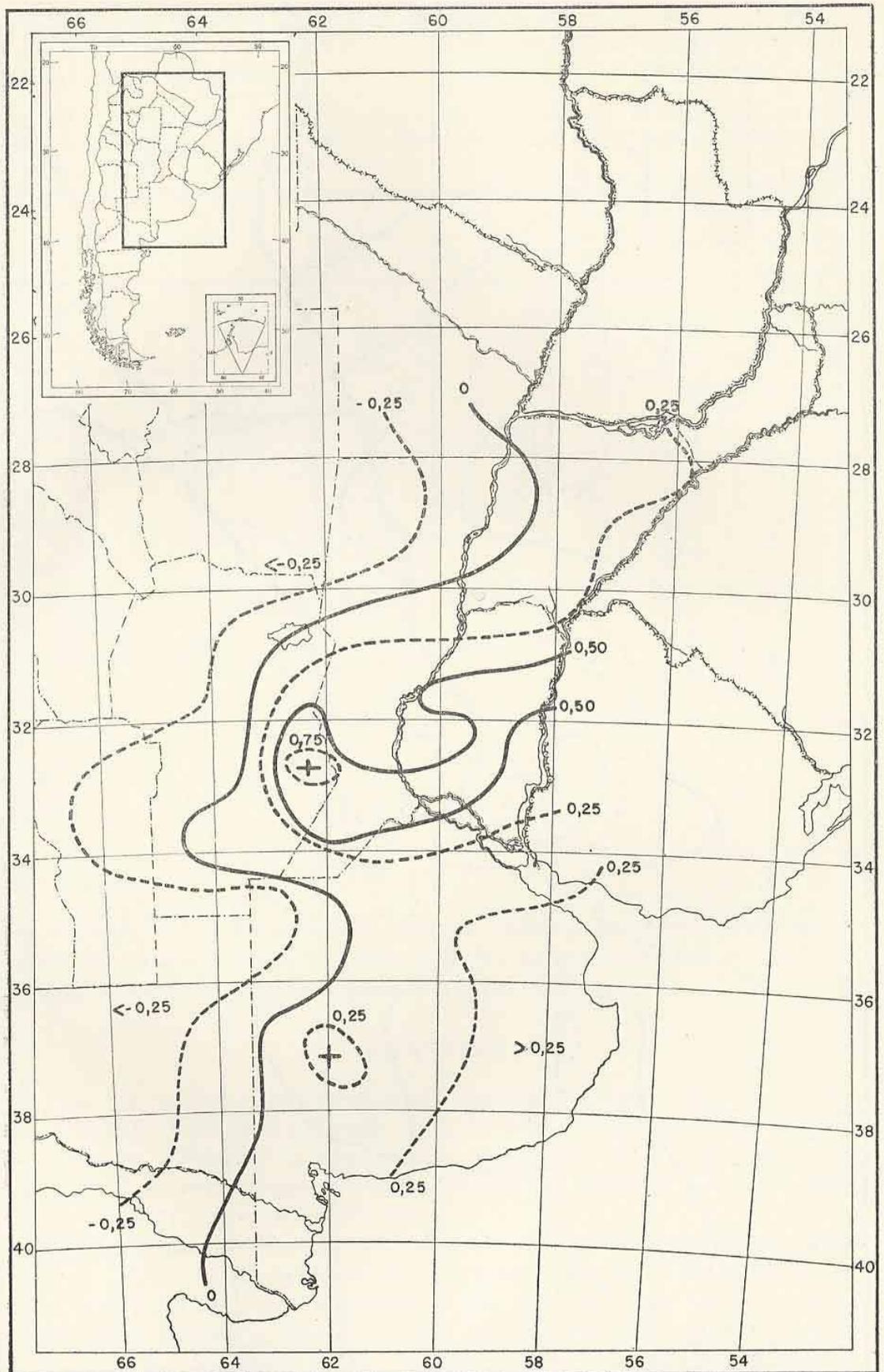


FIG. 2. — Distribución geográfica de la tendencia secular referida al promedio a/b , en % de lluvias anuales.

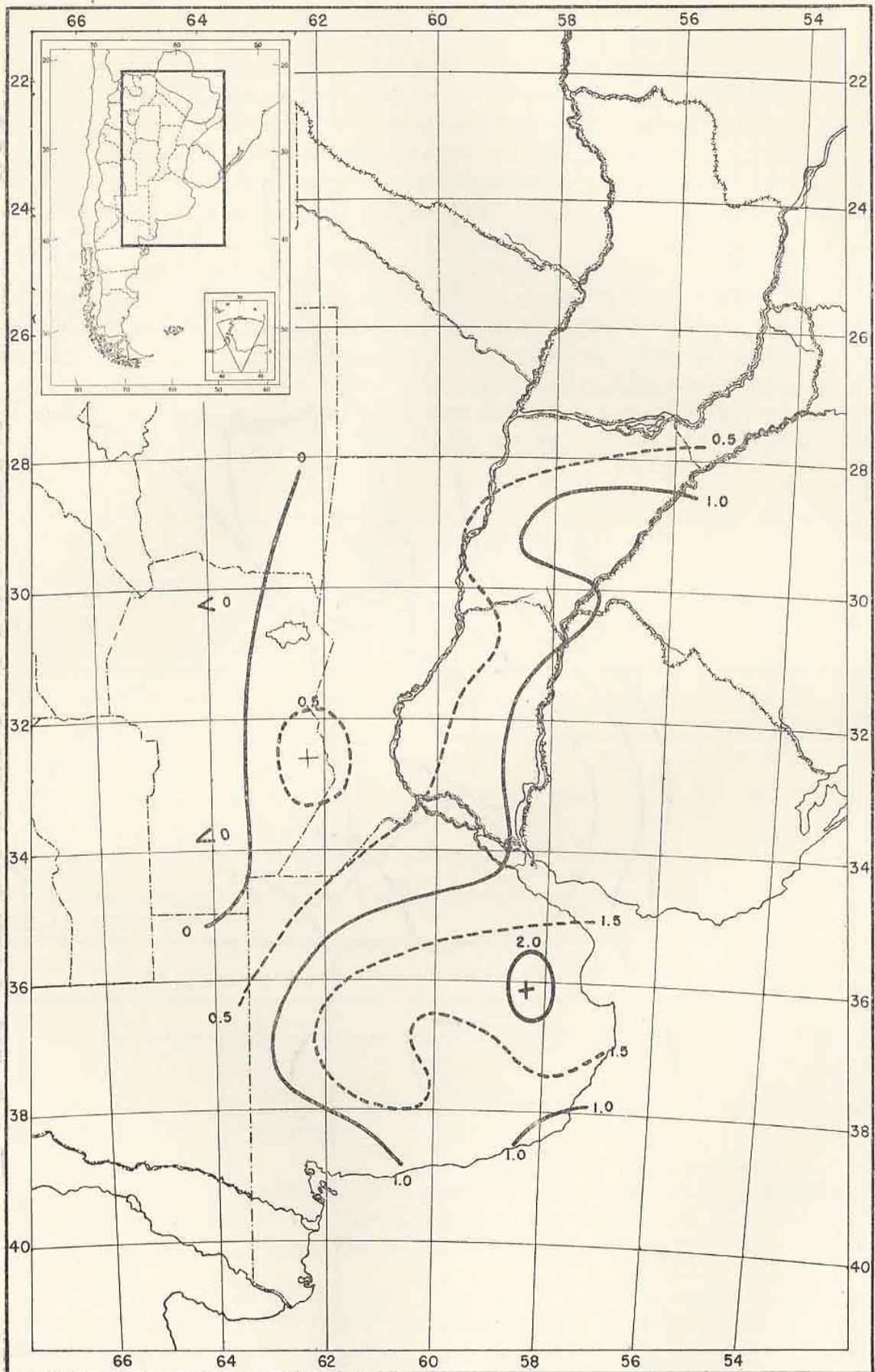


FIG. 3. — Distribución geográfica de la tendencia secular a en mm/año de lluvias invernales.

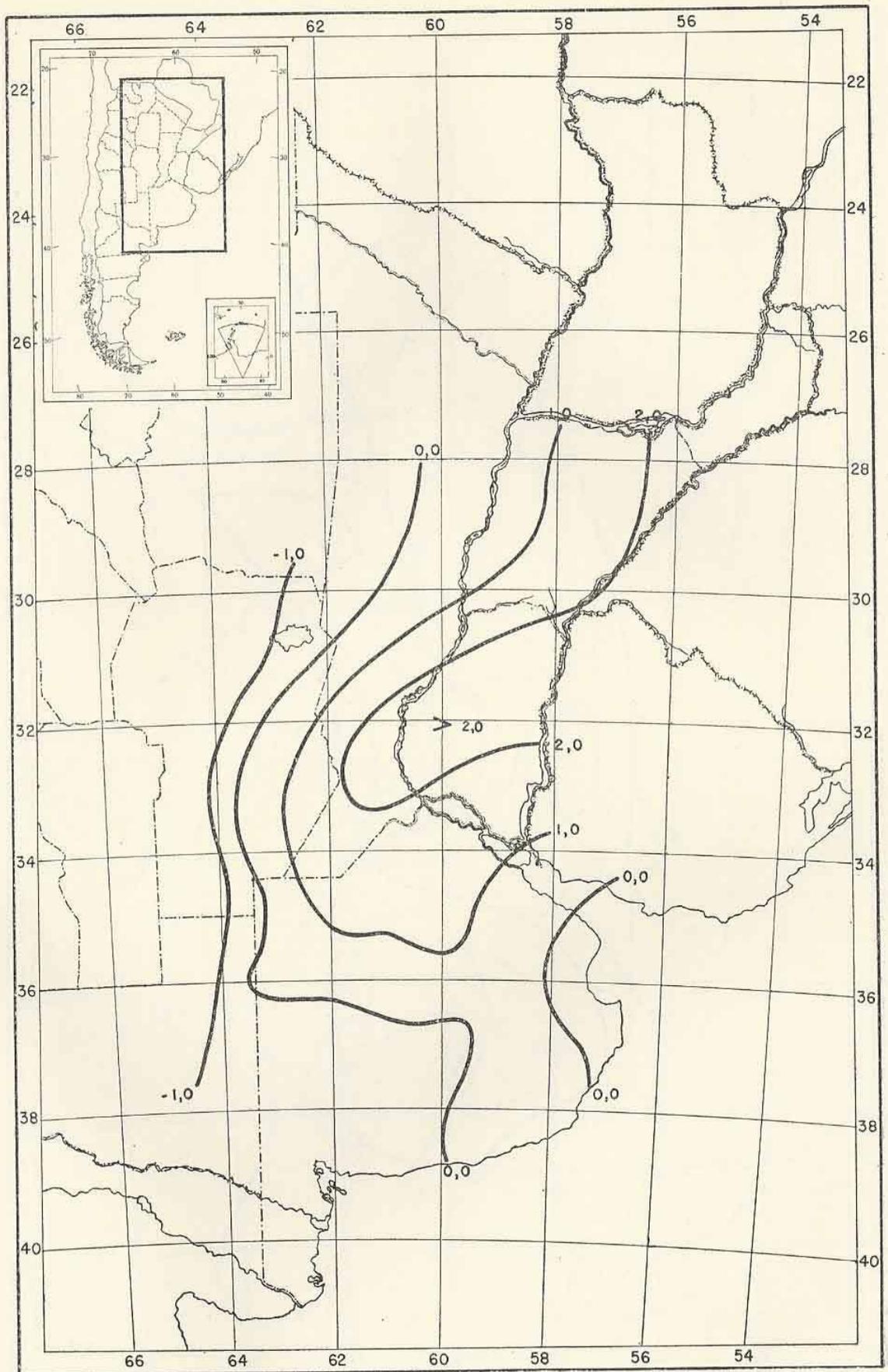


FIG. 4.— Distribución geográfica de la tendencia secular a en mm/año de lluvias estivales.

tos, con el fin de destacar sólo los rasgos principales, que estimamos suficientes para nuestra finalidad.

Del análisis de los mapas surge que la zona de mayor aumento estival coincide bastante con la zona de mayor aumento anual, mientras que en el invierno el centro del aumento se encuentra desplazado hacia el centro y sur de la provincia de Buenos Aires.

Estas conclusiones podemos aceptarlas como seguras, aun en el caso de que uno u otro de los valores que componen el conjunto pudiera estimarse aislado como poco representativo.

En los mapas anuales se destacan dos zonas, una de máximo aumento que abarca el centro de Entre Ríos, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba y otra de máxima disminución que abarca el sur de Córdoba y San Luis, norte de Eva Perón y extremo noroeste de Buenos Aires. Para ambas zonas hemos preparado series promedias con 10 y 5 estaciones, respectivamente, las cuales representan una región extensa y muestran, automáticamente, menor dispersión. Para ellos resultan los valores del cuadro IV.

CUADRO IV. — *Estimación numérica de la realidad del fenómeno considerado, calculada para dos series compuestas regionalmente*

1. Zona de máximo aumento, \bar{a} promedio = $5.5 \frac{\text{mm}}{\text{año}}$

Estaciones agrupadas: Paraná, Gualeguay, Rosario, Marcos Juárez, Ramallo, San José de la Esquina, Casilda, Isla Verde, Venado Tuerto, Nogoyá.

Tendencia secular de la suma anual de precipitación en mm/año	> 0.0	> 1.0	> 2.0	> 3.0	> 4.0
Probabilidad de que el valor \bar{a} corresponda a la clase respectiva en %	99.9	98.8	96	78	62

2. Zona de máxima disminución, \bar{a} promedio = $-2.1 \frac{\text{mm}}{\text{año}}$

Estaciones agrupadas: Victorica, Cañada Verde, Santa Rosa, General Villegas, Trenque Lauquen.

Tendencia secular de la suma anual de precipitación en mm/año	< 0.0	< -1.0
Probabilidad de que el valor \bar{a} corresponda a la clase respectiva en % .	82	52

Con base en los cuatro mapas trataremos ahora de considerar el aspecto causal del fenómeno.

E. LA VARIACION SECULAR DE LA CIRCULACION GENERAL, SOBRE EL SECTOR EXTRATROPICAL SUDAMERICANO COMO UNA DE LAS POSIBLES CAUSAS DEL AUMENTO DE LLUVIAS

Estadísticas fundadas en gran número de observaciones, además de otras elaboraciones, confirman que durante los últimos 50 años se ha producido, en algunas partes del mundo por lo menos, una notable variación del clima, identificable inequívocamente con cierta variación de la circulación general. El considerable calentamiento de la zo-

na polar del hemisferio norte y el notable retroceso de los glaciares en los Alpes europeos y en los Andes americanos, son los testigos más conocidos de este fenómeno.

Pero estas consideraciones ya comprobadas en otras regiones, no pueden ser extendidas sin una demostración previa a nuestra zona. Por tales motivos hemos tratado de verificar si en esta parte del continente se ha producido una variación de la circulación general en un sentido tal que constituya la causa parcial o exclusiva del aumento de lluvias que nos ocupa.

Por las experiencias de la meteorología sinóptica en esta parte de Sudamérica sabemos que los empujes de aire frío desde el sur que tienden a desplazar temporariamente el aire caliente y húmedo sobre el este y noreste de la Argentina y el Uruguay, ocasionan en estas zonas una parte de las lluvias importantes. También las intensas depresiones béricas sobre la Mesopotamia Argentina, asimismo causantes de intensas lluvias, no se presentan sin intervención del aire frío desde el sur. Por otro lado, tales empujes de aire polar pueden ser tanto más intensas o frecuentes, cuanto más alto es el nivel bérico sobre el sur de la Patagonia, o cuanto más bajo se encuentre sobre el noreste argentino.

En otras palabras, existe una correlación negativa entre el gradiente bérico "zona del Río de la Plata menos sur de la Patagonia" y la ocurrencia y cantidad de lluvias en el noreste del país. La validez de esta consideración para el norte de la provincia de Buenos Aires ya se ha expuesto en otra ocasión⁽⁵⁾, y para el centro del Litoral, parte de la zona de considerable aumento anual de las lluvias, lo hace el cuadro V, que se basa en material elaborado para algunos estudios sinóptico-estadísticos.

CUADRO V. — Cantidad (promedio de 12 estaciones) y frecuencia de días con lluvia en el norte de Entre Ríos y sur de Corrientes, en los períodos de tres o más días caracterizados por un valor muy inferior (grupo I) o muy superior (grupo II) al promedio mensual del índice de la circulación zonal. Años 1947 a 1953.

Grupo	Gradiente bérico Punta del Este menos sur de la Patagonia	Número de días	Número de días con lluvia	Frecuencia de días con lluvia	Cantidad de lluvias	Idem por día
I	Pronunciada desviación negativa	492	231	47 %	2241 mm	4.6 mm
II	Pronunciada desviación positiva	485	119	24 »	867 »	1.8 »

De lo antedicho surge la conveniencia de estudiar la tendencia secular del promedio anual del gradiente de presión entre las zonas Río de la Plata y Patagonia, para ver si se cumplen las interrelaciones previstas. Pero aquí el problema se torna dificultoso por la escasez de registros homogéneos de la presión atmosférica, que comiencen con el siglo.

Dos estaciones cuyo registro de datos de presión es suficiente largo y supuestamente homogéneo, son Buenos Aires² y Punta Arenas. Buenos

²La homogeneidad de la serie de Buenos Aires pudo comprobarse por una comparación con Córdoba, La Rioja y Tucumán. Estas tres estaciones muestran un valor muy pequeño, no significativo, de la tendencia secular de la presión atmosférica.

Aires mismo acusa una variación secular muy pequeña, de valor negativo, de la presión, siendo bien posible que se trate de un efecto casual; Punta Arenas muestra una variación positiva, $a = 0,026$ mb por año, y la probabilidad de que el coeficiente sea realmente mayor que 0, se eleva a 97,5 %. Con esto, el gradiente "Buenos Aires menos Punta Arenas" tiene una variación negativa, $a = -0,03$ mb por año, con la probabilidad de 99,9 % de que sea realmente menor que 0. El gráfico de la Fig. 5, nos da una idea del comportamiento de la curva de los promedios suavizados (sobre 10 años) de dicho gradiente y las lluvias en la zona de mayor aumento.

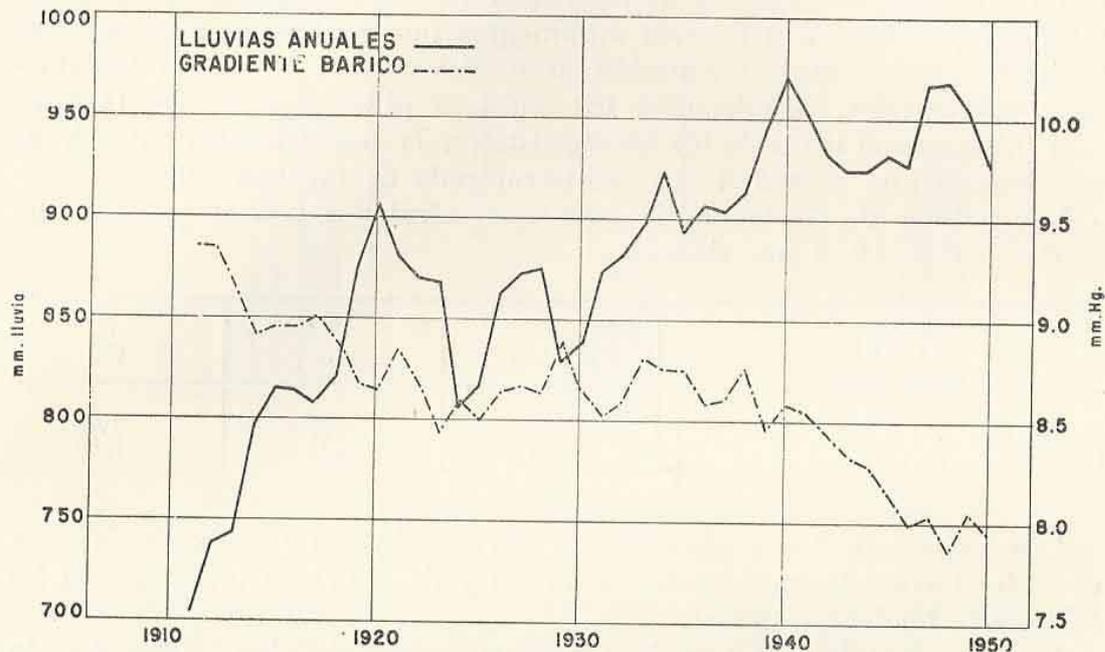


FIG. 5.— Curvas de promedios suavizados (10 años) de la cantidad anual de precipitación en la zona de máximo aumento y del gradiente bórico Buenos Aires menos Punta Arenas. En este gráfico, el valor que figura para el año 1911 corresponde al decenio 1902 a 1911, etc.

Estas curvas sugieren la posibilidad de una relación entre la variación secular del gradiente bórico (BA-PA) y aquella de las lluvias en el este de la Argentina. De la comprobación estadística resulta un coeficiente de correlación, después de haberse eliminado la tendencia secular, de $r = -0,28$, que si bien como valor en sí no es considerable, tiene 95 % de probabilidad de que su signo sea real, de manera que en el aspecto causal-cualitativo puede ser considerado como apoyo de la hipótesis.

Sería interesante verificar el valor positivo relativamente grande de la tendencia secular de la presión de Punta de Arenas, del cual depende la confianza que merece nuestra consideración. Los únicos registros disponibles son los de Puerto Santa Cruz, sito unos 400 Km al NNE de Punta Arenas, con una serie de muy dudosa homogeneidad, y Cabo Pembroke, Islas Malvinas, unos 800 Km al ENE. Esta última estación da una tendencia secular de $-0,006$ mb por año, la que no es significativa de manera alguna. Sin embargo, este hecho no habla contra la serie de Punta Arenas, ya que justamente una intensificación de la componente meridional de las corrientes aéreas sobre el sur de la Patagonia,

en el sentido de mayor intensidad o mayor frecuencia de las corrientes desde el sur, podría ser el resultado de un aumento de la presión en Punta Arenas y ninguna variación en Islas Malvinas.

Esto se ve corroborado también por el hecho de que la temperatura media anual de Cabo Pembroke, Islas Malvinas, con un registro existente a partir del año 1896, muestra una variación secular negativa, aunque con un valor muy pequeño, -0.3° en 53 años, y la probabilidad de 95 % de que el signo negativo sea real.

Hay que mencionar, sin embargo, que semejante variación no se pone en evidencia en la zona subantártica, al sudeste de la región aquí, considerada, como muestran los registros de las Islas Orcadas, analizadas por F. PROHASKA (6). Pero existen otros argumentos que confirman más aún una variación secular de la circulación atmosférica sobre el sur de Sudamérica. Como tales consideramos los registros pluviométricos de la estación chilena en el islote de los Evangelistas, y la argentina de Santa Cruz, los dos con una actividad casi ininterrumpida de muchos años.

Los valores de las tendencias seculares calculados con el registro que va de 1903 a 1945 han dado:

Estación	a mm/año	b mm	a/b %
Santa Cruz	+ 2.2	167	1.28
Evangelista	- 20.5	2815	- 0.73

Los valores de los coeficientes de correlación entre ambas series son de -0.41 considerando las series totales y de -0.18 eliminando en las mismas la tendencia secular.

Se pone en evidencia que debe haberse presentado cierta variación, en el sentido de una disminución en barlovento y un aumento en sotavento del extremo sur de la Cordillera, lo cual también sería compatible con una intensificación de la componente meridional (desde el sur) de las corrientes de aire. Tenemos, entonces, otro argumento que reforzaría nuestra hipótesis de que una variación de la circulación general sobre el sur del continente puede ser una de las causas del aumento secular de las precipitaciones en el este de la Argentina³. Sin embargo debemos aceptar que los argumentos anteriores, si bien explican cualitativamente la existencia del mencionado aumento de precipitaciones, no pueden ser tomados como causa de la distribución geográfica que muestran las isólinas de los mapas 1 y 2.

De ahí que supongamos la existencia de condiciones locales que superpuestas con las anteriores nos den la posibilidad de interpretar la configuración de las isólinas, y que pasaremos a considerar brevemente.

³ Después de terminado este trabajo, ha llegado a nuestro conocimiento el estudio de E. L. Deacon, « Climatic Change in Australia since 1880 », *Australian Journal of Physics*, Vol. 6, n° 2, junio 1953, y queremos destacar la interesante coincidencia de que dicho autor, con referencia a un aumento secular de las precipitaciones en el sudeste de Australia relacionado con una variación de la circulación atmosférica, haya obtenido resultados muy análogos a los nuestros. La variación secular se manifiesta, también allí, por una intensificación del intercambio meridional.

F. LA MODIFICACION DE LA CAPA VEGETATIVA EN LAS REGIONES DE MAYOR VARIACION SECULAR DE LAS LLUVIAS

A cualquier persona familiarizada con el desarrollo de la agricultura argentina durante los últimos 60 años le llamará la atención el hecho de que la región de mayor aumento de las lluvias coincide, aproximadamente, con la zona de la más notable modificación de la vegetación por la evolución de la agricultura.

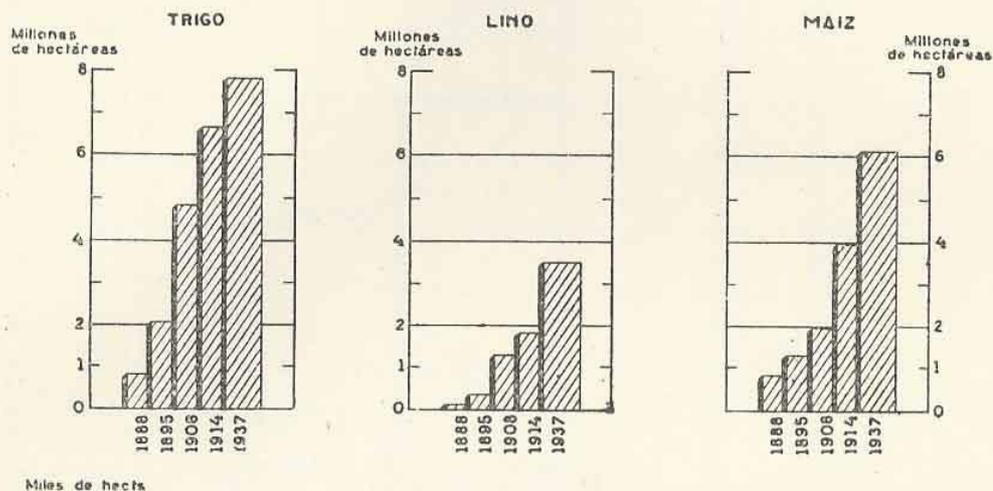


FIG. 6. — Superficies cultivadas con trigo, lino y maíz según los censos de 1888, 1895, 1908, 1914 y 1937.

En efecto, los gráficos relativos a superficie bajo cultivo de trigo, maíz y lino en la Argentina y los mapas de densidad de los cultivos de trigo, lino y maíz referentes al censo agropecuario de 1937, figuras 6, 7, 8 y 9, nos muestran que:

1º) El área de los cultivos se superpone parcialmente con la zona positiva del mapa de tendencia anual de precipitaciones, coincidiendo prácticamente el límite occidental de la primera con la isolínea cero de la variación secular.

2º) El área de mayor *densidad* de cultivos se encuentra en estrecha coincidencia con la de *mayor* tendencia anual, abarcando el sur y centro de Entre Ríos, sud de Santa Fe, sudeste de Córdoba y norte de Buenos Aires.

3º) El período utilizado para calcular la tendencia secular de las precipitaciones comienza precisamente con el desarrollo intensivo de nuestra agricultura. Desgraciadamente carecemos de estaciones en la zona de mayor aumento con registros antiguos que nos permitan apreciar, en detalle, cómo se ha comportado la tendencia en los años anteriores a 1903. En aquella zona sólo Rosario, cuyo récord data de 1888, nos permite una comparación.

En el gráfico 10 se representaron, para períodos de 20 años (1891-1910; 1911-1930; 1931-1950), por un lado los promedios de precipitación anual, y por otro una estimación, basada en los censos agrope-

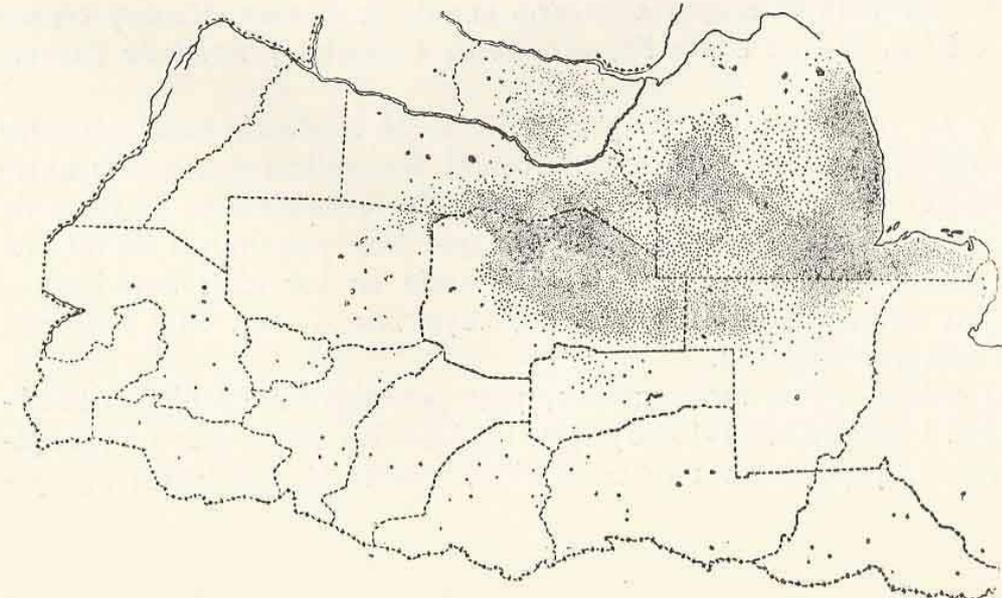


Fig. 7. — Distribución del área sembrada con trigo en el año agrícola 1936-1937.

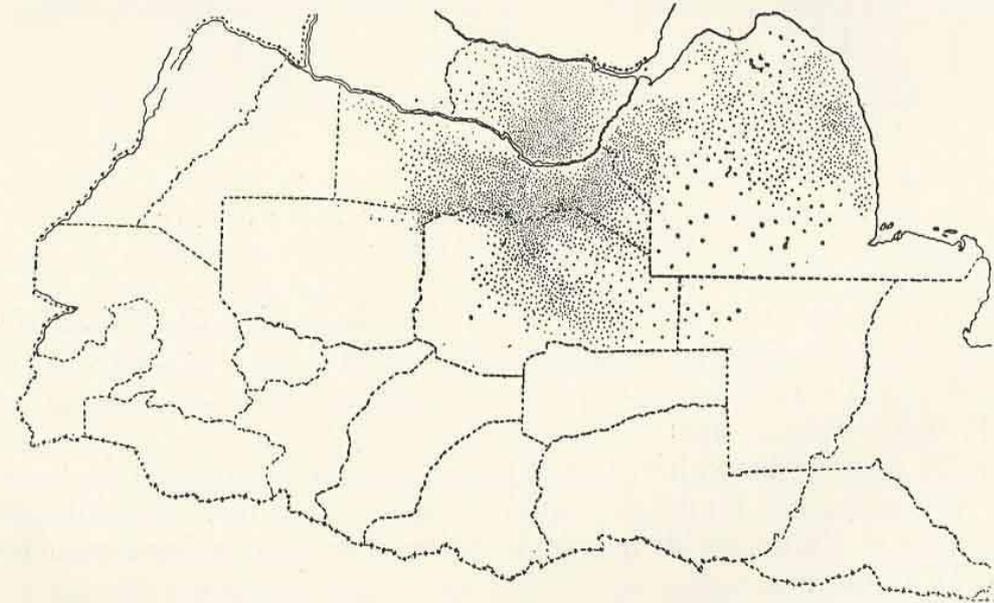


Fig. 8. — Distribución del área sembrada con lino en el año agrícola 1936-1937.

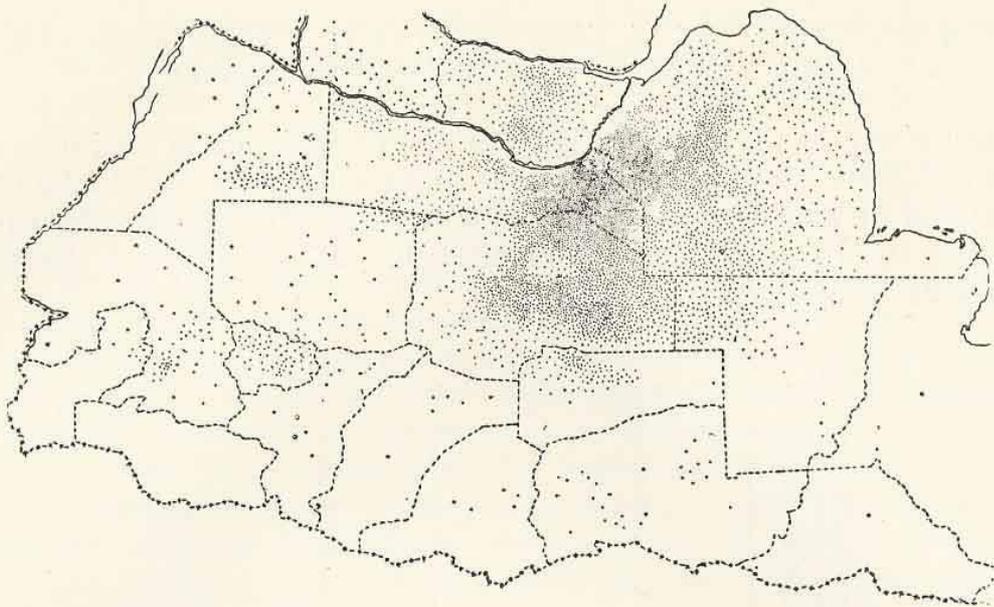


Fig. 9. — Distribución del área sembrada con maíz en el año agrícola 1936-1937.

(Estos mapas son reproducción facsimilar y fragmentaria de la obra « Censo Nacional Agropecuario » del Ministerio de Agricultura de la Nación, año 1937).

cuarios, del promedio de área sembrada con trigo, lino y maíz, en conjunto.

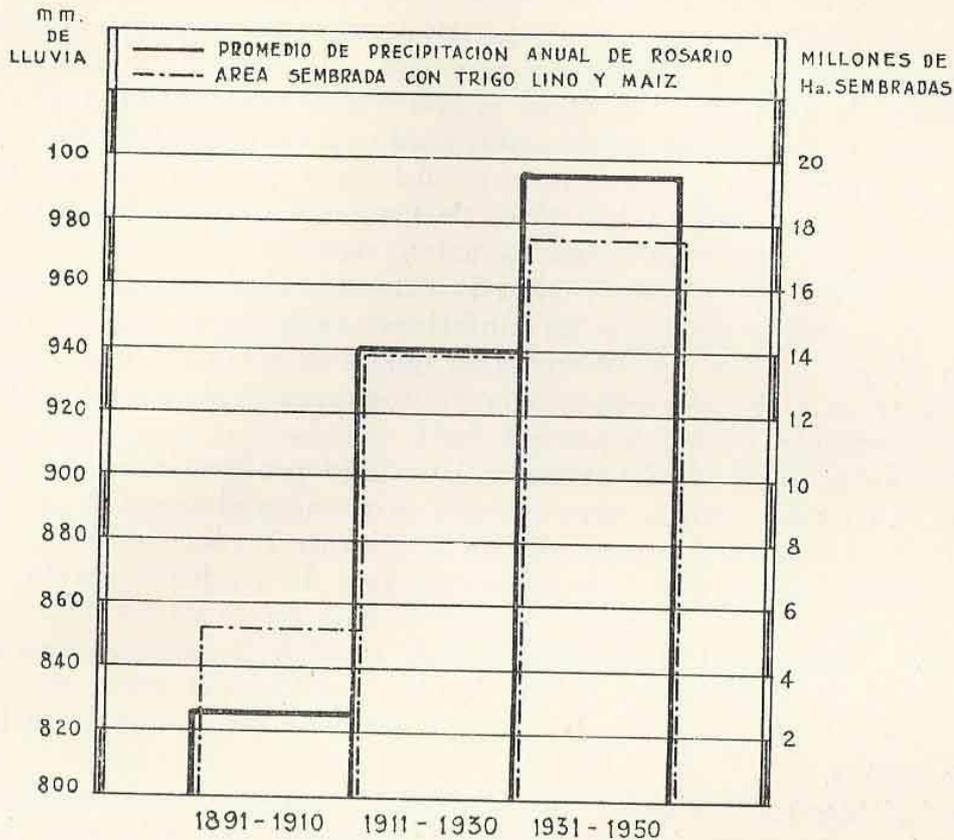


Fig. 10. — Representación de los promedios veintenales de lluvias anuales de Rosario y de áreas sembradas con trigo, lino y maíz.

El gráfico muestra la relación entre las sumas promedios de precipitación y las áreas sembradas, que expresamos numéricamente.

Período	1891-1910	1911-1930	1931-1950
Cantidad promedio de precipitación anual de Rosario en mm	825	939	995
Error standard del promedio de precipitación anual de Rosario en mm	± 43	± 45	± 37
Estimación del área sembrada con trigo, lino y maíz en millones de Ha.	5.4	13.8	17.4
Relación entre variaciones	$\frac{939 - 825}{13.8 - 5.4} = \frac{995 - 939}{17.4 - 13.8} =$		
	14	15	

Estas relaciones, si bien carecen de generalidad como para agotar la cuestión, refirman la suposición de una relación entre las áreas sembradas y las tendencias seculares de precipitación.

Las consideraciones anteriores, así como la coincidencia entre las zonas de aumento anual y estival, nos permiten, aunque sean los expertos en agrometeorología los que deben dar la última palabra en este aspecto,

afirmar desde el punto de vista meteorológico lo siguiente: Es muy probable que los cultivos hayan contribuido a aumentar el contenido de humedad del aire (con el consiguiente aumento de precipitación) en comparación con el que habría existido con la vegetación virgen de los primeros decenios, sobre todo del aire relativamente seco que suele cubrir la zona después del pasaje de un frente frío desde el sur o sudoeste. En efecto, los cultivos actuarían, por un lado, aumentando la evapotranspiración y por otro, disminuyendo el escurrimiento del agua precipitada. El primer efecto, que se acentúa en los meses de verano, explicaría la coincidencia ya mencionada entre los mapas anual y estival.

Tendríamos aquí el caso en que la extensión de los cultivos agrícolas habría contribuido a mejorar las condiciones naturales, en interesante oposición al caso mucho más frecuente en que la intervención humana favorece la eficacia de la erosión, con la correspondiente disminución del aprovechamiento del agua precipitada.

Y aunque la escasez de registros hace algo problemáticas las aseveraciones, un efecto similar, pero inverso, se nota en el norte de Santa Fe, este de Santiago del Estero y sur de Presidente Perón, donde la tala de los bosques habría motivado indirectamente la tendencia secular negativa que muestran los mapas. Probablemente esto vale también para el sur de la zona Central, es decir sur de Córdoba, provincia Eva Perón y extremo oeste de Buenos Aires, donde la sustitución del monte virgen por pastos "sobrecargados de hacienda" habría ejercido una influencia desfavorable.

Indudablemente existen otros factores, conocidos o no, que tienen un papel importante en el desarrollo del fenómeno. Tal sería, por ejemplo, la disminución del caudal de los ríos y aguas subterráneas, por el mayor uso que de ellas se hace en el oeste del país, agravado por el notable retroceso que se observa en los glaciares de la cordillera de los Andes.

Es interesante considerar los resultados de este trabajo también bajo el aspecto de la compensación (?) de las lluvias caídas en escala muy grande o hasta mundial: "Más lluvias en una región, menos en otra". Aquí se presentaría una compensación sobre una superficie mucho menos extendida.

Podríase argüir en esta forma: La mayor humedad en la región mesopotámica favorece la producción de precipitaciones convectivas en las masas de aire calientes allí mismo. Por consiguiente, los vientos del noreste o este llevan masas con menor cantidad de agua precipitable hacia la zona central del país, y esto disminuye la intensidad y/o frecuencia de las lluvias en ésta.

Claro está, las posibilidades de combinación de los distintos efectos parciales son muy complejas y en base al reducido material de observaciones disponibles no podríamos atrevernos a entrar en un análisis exhaustivo de los fenómenos.

G. CONCLUSIONES

1. Es sumamente probable que el aumento de las lluvias en el sur de Santa Fe, Entre Ríos y extremo norte de Buenos Aires sea un fenómeno real.

2. Es probable que también la disminución de las precipitaciones en la zona central argentina sea real.

3. Como una de las causas de estos fenómenos puede suponerse cierta variación de la circulación general sobre el sur del continente. Pero esto no alcanza para explicar el fenómeno de la variación secular en todos sus aspectos.

4. De igual o mayor importancia parece el efecto de la modificación de la capa vegetativa por el desarrollo de la agricultura en las zonas respectivas.

5. Aceptándose esta última tesis podría concluirse: *para la zona de mayor aumento no existe el peligro de que en los decenios que vienen se presente una variación secular opuesta de igual magnitud.* Dada la escasez de datos disponibles a partir del comienzo del siglo, y en consideración de la gran complejidad de la cuestión causal, no nos parece posible formular una aseveración análoga para la zona en la que han disminuído las precipitaciones. Pero no puede negarse la posibilidad de que allí la actividad del hombre haya contribuído a la alteración desfavorable de las condiciones naturales.

RECONOCIMIENTO

Dejamos especial constancia de la cooperación prestada por el Ing. Agr. Juan J. Burgos en materia de Agrometeorología y por el Dr. Félix Prohaska en lo referente a Climatología.

Hacemos extensivo el agradecimiento, por su valiosa colaboración, a la profesora Srta. Luisa J. Calcagno, quien ha tenido a su cargo todo lo relacionado con el mecanismo del cálculo.

BIBLIOGRAFÍA

1. WEBER, T. F. A. — « Tendencia de las lluvias en la Argentina en lo que va del siglo ». « *Idia* », año IV, nº 48, 1951.
2. PEARSON, F. A., y BENNETT, K. R. — « *Statistical Methods* », 1942.
3. QUENOUILLE, M. H. — « *Associated Measurements* », 1952.
4. FISHER, R. A. — « *Métodos estadísticos para investigadores* », 1949.
5. SCHWERDTFEGER, W. — « Aplicación de métodos objetivos a la previsión de lluvias, en Buenos Aires ». *METEOROS*, año IV, nº 1, 1954.
6. PROHASKA, F. — « Zur Frage der Klimaänderung in der Polarzone des Südatlantics » y « Bemerkungen zum säkularen Gang der Temperatur im Südpolargebiet ». *Archiv für Met. Geoph. und Biok.* Serie B. Tomo III, 1951, y Tomo V, 1954.
7. SCHWERDTFEGER, W. — « Consideraciones acerca de la compensación global de la precipitación anual, en relación con el problema de la producción artificial de lluvia ». *METEOROS*; Año I, nº 2-3, Junio 1951.

539.132 : 519.272

EMPLEO DE LA FUNCIÓN GENERATRIZ PARA LA INTEGRACIÓN DE PROCESOS BIDIMENSIONALES

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

Resumen. — Se expone, siguiendo a M. S. Bartlett, el método de la « función generatriz » para determinar las funciones de distribución de los procesos discontinuos. Se hace una aplicación al proceso bidimensional de la absorción de un haz incidente de fotones y electrones, respetando la integridad del esquema original de Blackett. Finalmente, se insiste sobre la relación entre el método de la función generatriz y la teoría de grupos.

Résumé. — On expose, en suivant M. S. Bartlett, la méthode de la « fonction génératrice » pour déterminer les fonctions de distribution des processus discontinus. Un application en est faite au processus bidimensionnel de photon et d'électrons, respectant l'intégrité du schéma original de Blackett. Pour terminer, on insiste sur la relation entre la méthode de la fonction génératrice et la théorie des groupes.

INTRODUCCION

En el Symposium of Stochastic Processes ¹, M. S. BARLETT ha indicado en su comunicación "Some evolutionary Stochastic processes" un método muy general para determinar las funciones de distribución de los procesos discontinuos, mediante la "función generatriz". Durante la discusión, el Dr. NIELS ARLEY ha planteado una cuestión de prioridad, haciendo remontar a DARWIN y FOWLER (1922) la paternidad de este método.

Objeto de esta comunicación es hacer una exposición siguiendo las ideas de BARTLETT para los procesos uni y bi-dimensionales, y aplicar el método al problema de la absorción de una haz incidente de fotones y electrones, respetando la integridad del esquema elemental de BLACKETT (fotón → dos electrones y electrón → electrón más fotón).

Se insiste, además, sobre la relación (señalada por G. KENDALL) entre el método de la función generatriz y la teoría de grupos.

1. EMPLEO DE LA FUNCION GENERATRIZ EN LOS PROCESOS DISCONTINUOS

BARTLETT ha indicado un método muy general para determinar las funciones de distribución de los procesos discontinuos mediante la función generatriz:

$$\pi(z, t) = E(z^n) = \sum_{(n)} z^n P(n, t)$$

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

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

¹ Research Section of the Royal Statistical Society. Junio 9 de 1949.

Para un individuo, la ley de probabilidad elemental es al tiempo t :

$$\frac{n}{P_r} \Big| \frac{1}{1}$$

entonces, la función generatriz es Z .

Al tiempo ² $t + dt$, como consecuencia del proceso, existirá otra ley de probabilidad elemental, a la cual corresponde una nueva función generatriz elemental: $Z + h(z, t) dt$. La función generatriz total, que era $\pi(Z)$ será ahora $\pi[z + h(z, t) dt]$ y su variación en el tiempo (que es una variación funcional) se expresa por:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = h(z, t) \frac{\partial \pi}{\partial z}$$

La función $h(z, t)$ se deduce de la definición del proceso. La ecuación precedente permite determinar $\pi(z, t)$.

El desarrollo de π en serie de potencias enteras de Z dará las probabilidades $P(n, t)$. En cuanto a los momentos, se los obtiene por el proceso de los momentos factoriales mediante las derivadas

$$\left(\frac{\partial^n \pi}{\partial z^n} \right)_{z=1}$$

Apliquemos este método al modelo de FURRY. Tenemos:

al tiempo t

$$\frac{n}{P_r} \Big| \frac{1}{1}$$

Función generatriz elemental

z

al tiempo $t + dt$

$$\frac{n}{P_r} \Big| \frac{1}{1 - \lambda dt} \quad \frac{2}{\lambda dt}$$

Función generatriz elemental

$$z(1 - \lambda dt) + z^2 \lambda dt = z + (z - 1) \lambda dt$$

De donde:

$$h(z, t) = \lambda z(z - 1)$$

y:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = \lambda z(z - 1) \frac{\partial \pi}{\partial z}$$

La solución general es:

$$\pi(z, t) = \Phi \left\{ \left(1 - \frac{1}{z} \right) e^{\lambda t} \right\}$$

donde Φ es una función arbitraria. Ella se determina por la condición:

$$\pi(z, 0) = z$$

ya que para $t = 0$ (origen) existe sólo un individuo.

²En el problema de la radiación cósmica, t es en realidad la distancia de penetración.

Por lo tanto:

$$\varnothing \left(1 - \frac{1}{z} \right) = z$$

sea entonces:

$$\varnothing(\rho) = \frac{1}{1 - \rho}$$

y por consecuencia:

$$\pi(z, t) = z e^{-\lambda t} [1 - z(1 - e^{-\lambda t})]^{-1}$$

Pongamos:

$$u = 1 - e^{-\lambda t}$$

Entonces:

$$\pi(z) = z(1 - u)(1 - zu)^{-1}$$

Para obtener la ley de probabilidad $P(n, t)$, desarrollemos $\pi(z)$ en serie de potencias:

$$\pi(z) = (1 - u)(z + uz^2 + \dots + u^{n-1}z^n + \dots)$$

De donde:

$$P(1) = 1 - u; P(2) = u(1 - u); \dots; P(n) = u^{n-1}(1 - u)$$

Estas probabilidades forman una progresión geométrica cuya razón u tiende a 1 cuanto $t \rightarrow \infty$. Ellas son, además, decrecientes con n , mientras que la distribución de POISSON es decreciente para $\lambda t < 1$ pero para $\lambda t > 1$ presenta un máximo en el entorno de $n = \lambda t$.

Los momentos se obtienen derivando la función generatriz, en la siguiente forma:

$$\bar{n} = \left(\frac{\partial \pi}{\partial z} \right)_{z=1} = (1 - u)^{-1} = e^{\lambda t}$$

$$\overline{n(n-1)} = \bar{n}^2 - \bar{n} = \left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial z^2} \right)_{z=1}$$

$$\bar{n}^2 = \frac{\partial}{\partial t} \left(\pi + \frac{\partial \pi}{\partial z} \right)_{z=1} = \frac{1 + u}{(1 - u)^2} = e^{2\lambda t} (2 - e^{-\lambda t}) = 2\bar{n}^2 - \bar{n}$$

$$\sigma^2 = \overline{n^2} - \bar{n}^2 = \bar{n}^2 - \bar{n} = e^{\lambda t} (e^{\lambda t} - 1)$$

.....

2. PROCESOS BIDIMENSIONALES

El proceso de fisión binaria (FURRY) se aleja del verdadera proceso físico en cascada, que es el siguiente:

Existen dos tipos de partículas, fotones y electrones (no distinguimos los electrones positivos y negativos) que pueden dar lugar respectivamente a un par de electrones o a un fotón y un electrón.

San ω y z las variables generatrices, correspondientes al fotón y al electrón³. La nueva distribución al tiempo dt está determinada por las transformaciones siguientes, efectuadas sobre las variables generatrices.

$$\omega \rightarrow \omega + h_1(\omega, z, t) dt; \quad z \rightarrow z + h_2(\omega, z, t) dt$$

lo que nos lleva para la función generatriz total $\pi(\omega, z, t)$ a la ecuación en derivadas parciales.

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = h_1(\omega, z, t) \frac{\partial \pi}{\partial \omega} + h_2(\omega, z, t) \frac{\partial \pi}{\partial z}$$

Como sabemos, la resolución de esta ecuación equivale a hallar dos integrales primeras independientes α y β ; del sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} + h_1 = 0 \\ \frac{dz}{dt} + h_2 = 0 \end{cases}$$

La solución general es, entonces, una función arbitraria $\Phi(\alpha, \beta)$ de esas dos integrales primeras. La forma de la función Φ se determina por las condiciones del tiempo $t = 0$:

$$\pi(\omega, 0, 0) = \omega; \quad \pi(0, z, 0) = z$$

En nuestro problema, se trata entonces de calcular h_1 y h_2 introduciendo las hipótesis necesarias a la definición del proceso estocástico. Suponemos que:

- 1) Fotones y electrones tienen tasas de nacimiento y mortalidad respectivamente iguales a λ y μ que son funciones de t .
- 2) Las transiciones posibles son, como lo hemos dicho:

$$\omega \rightarrow z^2; \quad z \rightarrow z\omega$$

de las cuales las probabilidades resultan evidentemente iguales a la probabilidad de nacimiento λdt de un electrón o de un fotón. Podemos formar entonces los cuadros siguientes, que se comprenden por sí mismos.

FOTÓN

Al tiempo⁴ t : Función generatriz elemental = ω (un fotón con probabilidad 1).

³ La función generatriz es aquí: $\sum_{m,n} p_{m,n} \omega^m z^n$

⁴ Continuamos diciendo «al tiempo t » aun cuando en el problema de la radiación cósmica t representa una distancia (profundidad de penetración).

Al tiempo $t + dt$:

n	0	1
Probabilidades	a) El fotón ha sido absorbido: $Pr = \mu dt$ b) El fotón se ha transformado en dos electrones: $Pr = \lambda dt$	No hay nacimiento ni muerte de fotones: $Pr = 1 - (\lambda + \mu) dt$
Función generatriz elemental	$(\mu + \lambda z^2) dt$	$+ \omega - (\lambda + \mu) \omega dt$

$$\partial_\omega \pi = [\lambda (z^2 - \omega) + \mu (1 - \omega)] dt + \omega - \omega$$

$$h_1(\omega, z, t) = \lambda (z^2 - \omega) + \mu (1 - \omega)$$

ELECTRÓN

Al tiempo t : Función generatriz elemental: z .

Al tiempo $t + dt$:

n	0	1
Probabilidad	a) El electrón ha sido absorbido: μdt b) El electrón se ha transformado en un electrón y un fotón: λdt	No hay nacimiento ni muerte de electrones: $1 - (\lambda + \mu) dt$
Función generatriz elemental	$(\mu + \lambda z\omega) dt$	$+ z - (\lambda + \mu) zdt$

$$\partial_z \pi = (\mu + \lambda z\omega) dt - (\lambda + \mu) zdt + z - z$$

$$h_2(\omega, z, t) = \lambda (z\omega - z) + \mu (1 - z)$$

De donde las ecuaciones en derivadas parciales:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = [\lambda (z^2 - \omega) + \mu (1 - \omega)] \frac{\partial \pi}{\partial \omega} + [\lambda (z\omega - z) + \mu (1 - z)] \frac{\partial \pi}{\partial z}$$

La llave del problema está en la resolución del sistema diferencial auxiliar:

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} + \lambda (z^2 - \omega) + \mu (1 - \omega) = 0 \\ \frac{dz}{dt} + \lambda (z\omega - z) + \mu (1 - z) = 0 \end{cases}$$

Esta resolución presenta grandes dificultades, aun suponiendo que λ es una constante y que μ crece proporcionalmente a t , como se lo hace en las aplicaciones (NIELS ARLEY)⁵.

El caso de una sola especie de partículas se halla haciendo $\omega = z$. Ya no existe proceso de transformación sino solamente de nacimiento y muerte. La ecuación correspondiente:

$$\frac{d\pi}{dt} = (\lambda z - \mu) (z - 1) \frac{d\pi}{dz}$$

con la condición inicial $\pi(z, 0) = z$ puede integrarse exactamente. Su solución es:

$$\pi(z, t) = 1 + \left[\frac{e^\rho}{z - 1} - \int_0^t \lambda e^\rho dt \right]^{-1}$$

donde:

$$\rho = \int_0^t (\lambda - \mu) dt$$

En fin, si hacemos $\mu = 0$ hallamos el proceso de multiplicación de FURRY (para $\lambda = \text{constante}$).

La resolución del problema del proceso bidimensional ($\lambda = \text{const.}$, $\mu = \gamma t$) fué tratada por ARLEY⁶, que emplea directamente las funciones de distribución y no las funciones generatrices. Pero el esquema que él trata no es el esquema físico real; es un esquema *simétrico* correspondiente a las transiciones:

$$\omega \rightarrow z^2; z \rightarrow \omega^2$$

NOTA: $\pi(z)$ es la función generatriz para *un* corpúsculo. Si tenemos un conjunto de N_0 corpúsculos independientes, su función generatriz es π^{N_0} . Dada la homogeneidad de la ecuación en derivadas parciales para π , ella se verifica también por π^{N_0} . Cambian solamente las condiciones iniciales.

3. INTEGRACION DE LOS PROCESOS BIDIMENSIONALES POR EL METODO DE LAS FUNCIONES GENERATRICES

a) ESQUEMA FOTÓN-ELECTRÓN

Es raro que podamos integrar formalmente la ecuación en derivadas parciales verificada por la función generatriz π . Pero podemos siempre establecer *sucesivamente* los sistemas de ecuaciones diferenciales simultáneas que determinan los momentos factoriales de orden 1, 2, ...

La limitación del método no proviene más que de la dificultad técnica de la integración de esos sistemas en los cuales el número de ecuaciones crece aritméticamente con el orden de los momentos (dos para el primer orden, tres para el segundo, etc.). Esta dificultad puede eliminarse hasta

⁵ Es decir, que la probabilidad de muerte es proporcional a la edad media de la familia.

⁶ Cfr. METEOROS, año III, Nos. 2-3, 1953.

el segundo orden inclusive, lo que nos da los momentos esenciales de la distribución, valores probables, variancia y covariancia.

Trataremos el caso de un haz incidente de fotones y electrones con su mecanismo real de transformación.

Recordemos que ahora:

$$\begin{cases} h_1(\omega, z, t) = \lambda(z^2 - \omega) + \mu(1 - \omega) \\ h_2(\omega, z, t) = \lambda(z\omega - z) + \mu(1 - z) \end{cases}$$

Pongamos $\omega = 1 + \nu$; $z = 1 + y$; tendremos entonces:

$$\begin{cases} h_1 = \lambda y^2 + 2\lambda y - (\lambda + \mu)\nu \\ h_2 = \lambda \nu y + \lambda \nu - \mu y \end{cases}$$

Indiquemos los momentos factoriales de primero y segundo orden con las notaciones siguientes:

$$\begin{array}{ll} \text{fotones:} & \alpha = \overline{m} \\ & a = \overline{m(m-1)} \\ \text{electrones:} & \beta = \overline{n} \\ & b = \overline{n(n-1)} \\ \text{covariancia:} & c = \overline{mn} \end{array}$$

En el entorno de $(\nu = 0; y = 0)$ la función generatriz admite el desarrollo:

$$\pi = 1 + \alpha\nu + \beta y + \frac{1}{2}(a\nu^2 + 2c\nu y + by^2) + \dots$$

Deducimos:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = \alpha' \nu + \beta' y + \frac{1}{2}(a' \nu^2 + 2c' \nu y + b' y^2) + \dots$$

donde las "prima" indican derivadas con respecto al tiempo

$$\frac{\partial \pi}{\partial \nu} = \alpha + a\nu + cy + \dots$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial y} = \beta + c\nu + by + \dots$$

Llevemos estos desarrollos a la ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = h_1 \frac{\partial \pi}{\partial \nu} + h_2 \frac{\partial \pi}{\partial y}$$

Obtenemos:

$$\begin{aligned} \nu \alpha' + y \beta' + \frac{1}{2}(\nu^2 a' + 2\nu y c' + y^2 b') & \equiv \\ & \equiv [\lambda y^2 + 2\lambda y - (\lambda + \mu)(\alpha + a\nu + cy + \dots)] + \\ & + [\lambda \nu y + \lambda \nu - \mu y](\beta + c\nu + by + \dots) \end{aligned}$$

Identificando término a término en v e y , es claro que hallamos los sistemas de ecuaciones diferenciales verificados por los momentos de órdenes sucesivos.

Cada sistema comprende sólo los momentos de su orden y los de orden inferior; se trata entonces de un método *recurrente*.

Para los momentos de primer orden, es necesario identificar los términos lineales, lo que da:

$$\text{1er. orden } \left\{ \begin{array}{l} \frac{d\alpha}{dt} = -(\lambda + \mu)\alpha + \lambda\beta \\ (D_1) \quad \frac{d\beta}{dt} = 2\lambda\alpha - \mu\beta \end{array} \right.$$

Los momentos de segundo orden se obtienen gracias a los términos en v^2 , vy e y^2 . Vale decir:

$$\text{2º orden } \left\{ \begin{array}{l} \frac{da}{dt} = -2(\lambda + \mu)a + 2\lambda c \\ (D_2) \quad \frac{dc}{dt} = 2\lambda a + \lambda b - (\lambda + 2\mu)c + \lambda\beta \\ \frac{db}{dt} = -\mu b + 2\lambda c + \lambda\alpha \end{array} \right.$$

Las condiciones iniciales son:

$$\alpha = m_0; \beta = n_0; a = m_0(m_0 - 1); b = m_0 n_0; c = n_0(n_0 - 1)$$

Las soluciones están, en consecuencia, perfectamente definidas, lo que impide lógicamente introducir *a priori* hipótesis simplificadoras, posición que implicaría prejuzgar de la forma de las soluciones. Así, los autores que han tratado de resolver el problema de las fluctuaciones de la componente blanda de la radiación cósmica (ARLEY, BARTLETT), han seguido la vía de sustituir el esquema real por esquemas *simétricos*, cuyas ecuaciones son más fáciles de integrar. El inconveniente radica en que estos esquemas no corresponden más al *mecanismo real*.

El de ARLEY es:

$$\omega \rightarrow z^2; z \rightarrow \omega^2$$

La disimetría proviene solamente de las condiciones iniciales, según que se trate de un fotón o de un electrón incidente. La integración de nuestro sistema de momentos de primer orden es fácil. Pongamos:

$$\bar{N} = \alpha + \beta = \bar{m} + \bar{n}$$

(número medio total de corpúsculos). Tenemos el sistema equivalente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\bar{N}}{dt} = (\lambda - \mu)\bar{N} \\ \frac{d\alpha}{dt} = -(2\lambda + \mu)\alpha + \lambda\bar{N} \end{array} \right.$$

Supongamos:

$$\lambda = \text{const.}; \quad \mu = \gamma t$$

La primera ecuación se integra por:

$$\bar{N} = N_0 e^{\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}$$

$N_0 = m_0 + n_0$ es el número total de corpúsculos incidentes.

La segunda ecuación se escribe, entonces:

$$\frac{d\alpha}{dt} + (2\lambda + \gamma t)\alpha = \lambda N_0 e^{\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}$$

cuya solución, teniendo en cuenta la condición inicial $t = 0; \alpha = m_0$, es:

$$\alpha = \bar{m} = e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}} (N_0 - n_0 e^{-\lambda t})$$

Tenemos en seguida:

$$\beta = \bar{N} - \alpha = \bar{n} = e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}} (N_0 e^{2\lambda t} - N_0 + n_0 e^{-\lambda t})$$

Pongamos

$$p = \frac{m_0}{N_0}; \quad q = \frac{n_0}{N_0}$$

(proporción de fotones y electrones en el haz incidente); tenemos las fórmulas:

$$\bar{m} = N_0 e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}} (1 - q e^{-\lambda t})$$

$$\bar{n} = N_0 e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}} (e^{2\lambda t} - 1 + q e^{-\lambda t})$$

Examinemos algunas consecuencias.

Para λt suficientemente grande; \bar{m} y \bar{n} se comportan como:

$$\bar{m} = N_0 e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}; \quad \bar{n} = N_0 e^{\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}$$

La relación \bar{m}/\bar{n} del número de fotones al número de electrones tiende hacia $e^{-2\lambda t}$; es decir, que los fotones se agotan mucho más rápidamente que los electrones. Las proporciones $\frac{\bar{m}}{N} \rightarrow e^{-2\lambda t}$ y $\frac{\bar{n}}{N} \rightarrow 1$; lo que significa que la mezcla termina por contener sólo electrones. Para dar un ejemplo, puramente hipotético por supuesto, tendremos que la radiación solar que penetra en el océano pierde rápidamente su componente luminosa, mientras que los electrones penetran más profundamente: en las grandes profundidades no hay más que electrones.

La ley de absorción de la luz que corresponde el mecanismo analizado es (siendo I e I_0 las intensidades, proporcionales al número de fotones):

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\bar{m}}{m_0} = e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}} \frac{1 - q e^{-\lambda t}}{p}$$

relación que para $q = 0$ es igual a:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}$$

La ley correspondiente para los electrones se expresa por:

$$\frac{J}{J_0} = e^{\lambda t - \frac{\gamma t^2}{2}}$$

Vemos que J pasa por un máximo para $t = \frac{1}{\gamma}$.

Investiguemos de una manera general los máximos de los números de fotones y de electrones.

Tenemos:

$$\frac{d \lg m}{dt} = -(\lambda + \gamma t) + \frac{\lambda q e^{-\lambda t}}{1 - q e^{-\lambda t}}$$

$$\frac{d \lg n}{dt} = -(\lambda + \gamma t) + \lambda \frac{2 e^{2\lambda t} - q e^{-\lambda t}}{e^{2\lambda t} - 1 + q e^{-\lambda t}}$$

Para los fotones el problema se reduce a determinar la intersección de la exponencial $y_1 = e^{\lambda t}$ con la hipérbola equilátera

$$y_2 = q \frac{2\lambda + \gamma t}{\lambda + \gamma t}.$$

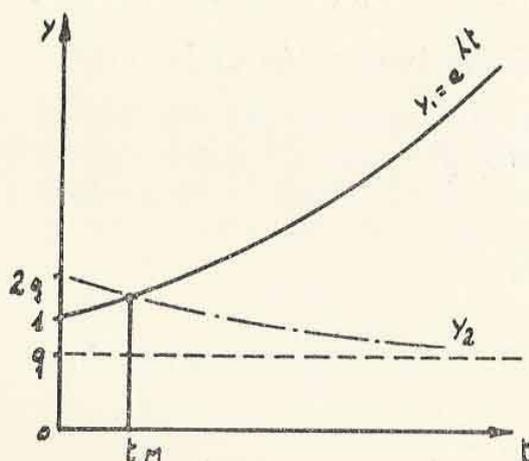


FIG. 1. — Caso $q > \frac{1}{2}$. Un máximo.

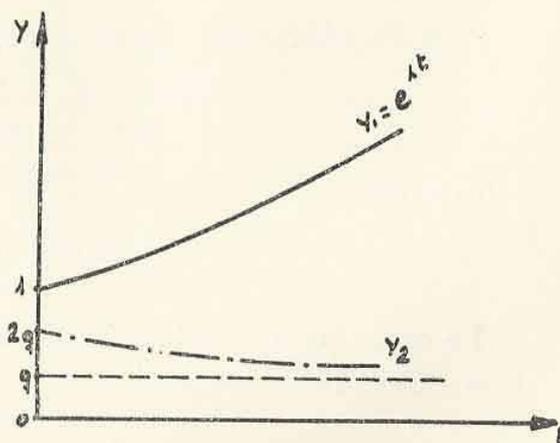


FIG. 2. — Caso $q < \frac{1}{2}$. No hay máximo.

Como se ve en las figuras:

Si $q < \frac{1}{2}$ (o sea $p > \frac{1}{2}$) no hay máximo de fotones

Si $q > \frac{1}{2}$ ($p < \frac{1}{2}$) hay un máximo

lo que es cierto porque

$$\left(\frac{d}{dt} \lg m\right)_0 = \frac{\lambda}{\rho} (2q - 1) > 0 \quad \text{si } q > \frac{1}{2}.$$

En resumen, no hay máximo de fotones cuando ellos se encuentran en minoría en el haz incidente.

La abscisa del máximo puede obtenerse aproximadamente por la intersección de la recta $y = 1 + \lambda t$ (tangente a la exponencial) con la y_2 ; lo que da

$$t_M = \lambda \frac{q - \rho}{\lambda^2 + \rho\gamma}$$

Las figuras siguientes resumen la discusión:

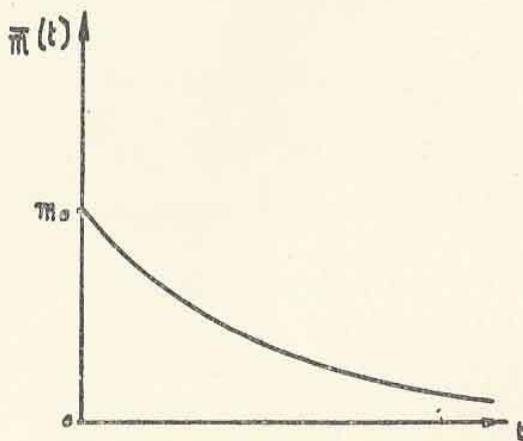


FIG. 5. — Caso $q < \rho$. Número medio de fotones.

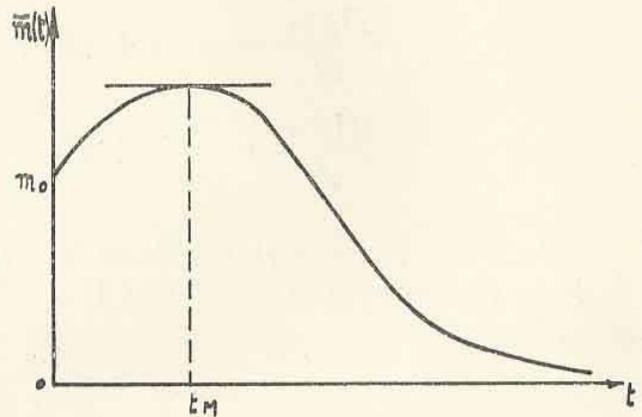


FIG. 4. — Caso $\rho > q$. Número medio de fotones.

Para los electrones: Se trata de estudiar la intersección de la curva

$$y_1 = \frac{2e^{3\lambda t} - q}{e^{3\lambda t} - e^{\lambda t} + q}$$

con la recta

$$y_2 = 1 + \frac{\gamma}{\lambda} t.$$

La curva y_1 admite la asímptota $y_1 = 2$. Ella corta o no a esta asímptota según que

$$q > \frac{2}{3} \quad \text{o} \quad q < \frac{2}{3}.$$

Su punto de partida es el punto

$$\left(0; \frac{2}{q} - 1\right)$$

y su derivada en este punto es

$$y_1'(0) = \frac{4\lambda(2q - 1)}{q}.$$

Se deduce de allí que existen tres casos:

- a) $0 < q < \frac{1}{2}$ { no hay intersección con la asímptota, curva decreciente.
- b) $\frac{1}{2} < q < \frac{2}{3}$ { sin intersección con la asímptota, curva que presenta un máximo.
- c) $\frac{2}{3} < q < 1$ { intersección con la asímptota, curva que presenta un máximo.

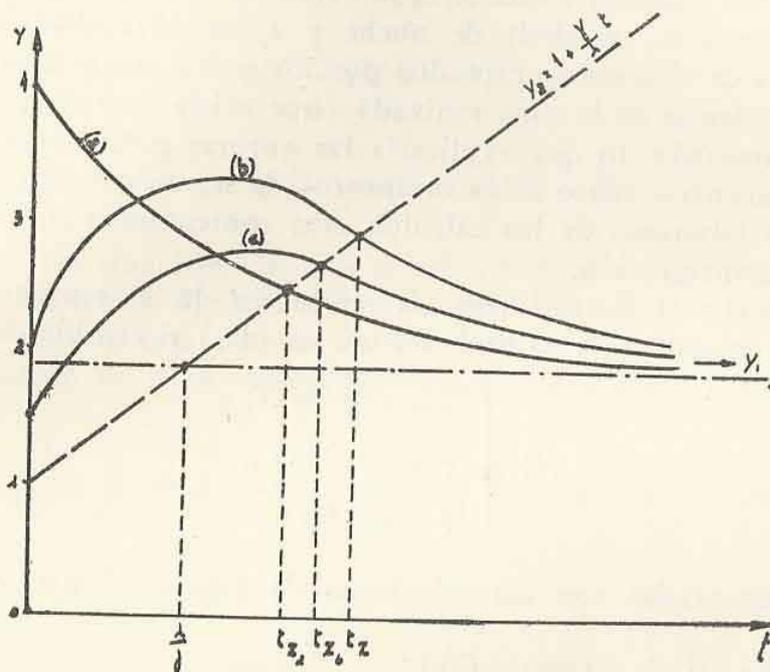


FIG. 5.

Se advierte de inmediato que una recta de pendiente positiva, pivotando alrededor del punto (0, 1) corta una y sólo una vez la curva y_1 cualquiera sea el caso. Entonces, hay siempre un máximo número de electrones y sólo uno (ver Fig. 5).

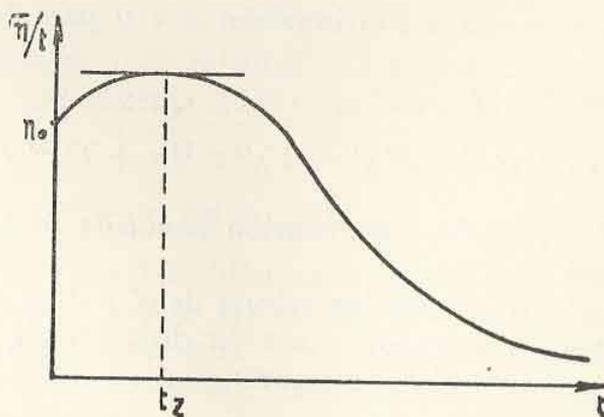


FIG. 6. — Número medio de electrones.

(es un máximo, pues $\left(\frac{d \lg n}{dt}\right)_0 = \frac{2 \lambda}{q} \rho > 0$).

No podemos dar de una manera general una aproximación de t_z pero tenemos siempre $t_z > \frac{\gamma}{\lambda}$.

Estas conclusiones son muy satisfactorias si las aplicamos a la absorción de la radiación solar por la atmósfera.

De día, respecto de las latitudes bajas y medias, podemos admitir que esta radiación está constituida casi exclusivamente por fotones; también ellos van en decrecimiento constante con el espesor de la atmósfera atravesada (no hay "capa iluminada"), mientras que el número de electrones pasa por un máximo y ésta sería la explicación de las *capas ionizadas*. En el otro extremo, es decir de noche y a latitudes altas, existe una gran mayoría de electrones, captados por los polos magnéticos terrestres. Y entonces, además de la capa ionizada (que existe siempre), se formará una capa iluminada, lo que explicaría las auroras polares.

Pasemos mientras tanto a los momentos de segundo orden. Teniendo en cuenta lo laborioso de los cálculos, nos contentamos con explicar la marcha de la integración.

Siguiendo el método ordinario de resolución de las ecuaciones lineales con segundo miembro, es natural efectuar en (D_2) el cambio de variables:

$$(I) \begin{cases} a = e^{-(2\lambda t + \gamma t^2)} x \\ c = e^{-(\lambda t + \gamma t^2)} u \\ b = e^{-\gamma t^2} y \end{cases}$$

Las exponenciales son las soluciones de las ecuaciones sin segundo miembro.

Se obtiene así el sistema (D'_2) :

$$(D'_2) \begin{cases} x' = 2\lambda e^{\lambda t} u \\ u' = 2\lambda e^{-\lambda t} x + \lambda e^{\lambda t} y + \lambda N_0 e^{\gamma t^2/2} (e^{\lambda t} - e^{-\lambda t} + q e^{-2\lambda t}) \\ y' = 4\lambda e^{-\lambda t} u + \lambda N_0 (1 - q e^{-\lambda t}) e^{\gamma t^2/2} \end{cases}$$

Es conveniente eliminar a continuación x e y para formar una ecuación en u .

Tenemos derivando [2]:

$$u'' = 2\lambda e^{-\lambda t} x' + \lambda e^{\lambda t} y' - 2\lambda^2 e^{-\lambda t} x + \lambda^2 e^{\lambda t} y + F^c(t)$$

La notación $F^c(t)$ indica una función conocida de t , que no escribimos explícitamente.

Sustituyamos mientras tanto los valores de x' y de y' deducidos de [1] y de [3], y también el valor de $- \lambda^2 e^{-\lambda t} x$ deducido de [2].

Obtenemos después de simplificaciones:

$$u'' + \lambda u' - 8\lambda^2 u = 2\lambda^2 e^{\gamma t} y + F^c(t)$$

Nos queda entonces eliminar y mediante una nueva derivación, lo que nos conducirá a una ecuación de 3.º orden, como se debe esperar.

Para ello, escribamos la ecuación precedente bajo la forma:

$$e^{-\lambda t} (u'' + \lambda u' - 8 \lambda^2 u) = 2 \lambda^2 y + F'e(t)$$

y derivemos:

$$e^{-\lambda t} (u''' + \lambda u'' - 8 \lambda^2 u') - \lambda e^{-\lambda t} (u'' + \lambda u' - 8 \lambda^2 u) = 2 \lambda^2 y' + F''e(t)$$

Sustituyamos y' por [3] y multipliquemos por $e^{\lambda t}$, tendremos:

$$u''' + \lambda u'' - 8 \lambda^2 u' - \lambda u'' - \lambda^2 u + 8 \lambda^3 u = 8 \lambda^3 u + F''e(t)$$

que simplificando da:

$$u''' - q \lambda^2 u' = F''e(t)$$

y por integración:

$$u'' - q \lambda^2 u = F(t) + C_1$$

donde $F(t)$ es una función que se calcula a partir de los momentos de primer orden α y β siguiendo las transformaciones de cálculo que se han indicado, y C_1 es una constante arbitraria.

La ecuación en u es susceptible de una integración formal; su solución es:

$$\frac{-C_1}{9 \lambda^2} + C_2 e^{3\lambda t} + C_3 e^{-3\lambda t} + \frac{1}{6 \lambda} \left[e^{3\lambda t} \int_0^t e^{-3\lambda t} F(t) dt - e^{-3\lambda t} \int_0^t e^{3\lambda t} F(t) dt \right]$$

Las condiciones iniciales son (para un corpúsculo en el origen ⁷ ($N_0 = 1$)):

$$u_0 = C_0 = 0 ; u_0' = 2 \lambda ; u_0'' = \lambda^2$$

En la forma de la solución se introduce, además de la exponencial, la trascendente:

$$\int_0^s e^{s^2} ds$$

Una vez obtenida u se calculan x e y por integración de las ecuaciones [1] y [2] del sistema (D_2'), y luego a , c y b por el cambio de variables (I).

b) ESQUEMA SIMÉTRICO DE ARLEY

Para dejar de lado las dificultades de cálculo que se manifiestan a partir del 2º orden, hemos tratado de sustituir el esquema real asimétrico, por esquemas simétricos. Entre ellos, el esquema de ARLEY, que tratamos por el método de las funciones generatrices.

Las transiciones son:

$$\omega \longrightarrow z^2 \quad z \longrightarrow \omega^2$$

⁷ Sabemos, por otra parte, que es suficiente tratar este caso.

Se deducen las funciones h_1 y h_2 siguientes:

$$\begin{cases} h_1 = \lambda (z^2 - \omega) + \mu (1 - \omega) \\ h_2 = \lambda (\omega^2 - z) + \mu (1 - z) \end{cases}$$

que en función de $v = \omega - 1$ e $y = z - 1$ se escribe:

$$\begin{cases} h_1 = \lambda y^2 + 2 \lambda y - (\lambda + \mu) v \\ h_2 = \lambda v^2 + 2 \lambda v - (\lambda + \mu) y \end{cases}$$

Haciendo la identificación:

$$\begin{aligned} \nu \alpha' + y \beta' + 1 & 2 (\nu^2 a' + 2 \nu y b' + y^2 c' + \dots) \equiv \\ & \equiv [\lambda y^2 + 2 \lambda y - (\lambda + \mu) \nu] (\alpha + a \nu + b y + \dots) + \\ & + [\lambda \nu^2 + 2 \lambda \nu - (\lambda + \mu) y] (\beta + b \nu + c y + \dots) \end{aligned}$$

Se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{1er. orden} & \begin{cases} \alpha' = -(\lambda + \mu) \alpha + 2 \lambda \beta \\ \beta' = 2 \lambda \alpha - (\lambda + \mu) \beta \end{cases} \\ \text{2º orden} & \begin{cases} a' = -2 (\lambda + \mu) a + 4 \lambda c + \lambda \beta \\ c' = 2 \lambda (a + b) - 2 (y + \mu) c \\ b' = 4 \lambda c - 2 (\lambda + \mu) b + \lambda \alpha \end{cases} \end{aligned}$$

Las primeras se integran inmediatamente por suma y resta:

$$\begin{cases} \alpha' + \beta' = (\lambda - \gamma t) (\alpha + \beta) \\ \alpha' - \beta' = - (3 \lambda + \gamma t) (\alpha - \beta) \end{cases}$$

Las soluciones son:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{N_0}{2} [e^{\lambda t - \gamma t^2/2} + (p - q) e^{-3 \lambda t - \gamma t^2/2}] \\ \beta &= \frac{N_0}{2} [e^{\lambda t - \gamma t^2/2} + (q - p) e^{-3 \lambda t - \gamma t^2/2}] \end{aligned}$$

Busquemos los máximos de α y de β . Basta, evidentemente estudiar una especie de corpúsculo; la otra se deduce permutando p y q .

Tenemos:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{N_0}{2} e^{\lambda t - \gamma t^2/2} [(\lambda - \gamma t) - (p - q) (3 \lambda + \gamma t) e^{-4 \lambda t}]$$

Las raíces de $\frac{d\alpha}{dt} = 0$ son las intersecciones de la exponencial $y_1 = e^{4 \lambda t}$ con la hipérbola equilátera

$$y_2 = (p - q) \frac{3 \lambda + \gamma t}{\lambda - \gamma t}.$$

Como se ve sobre la figura pueden existir 0 ó 1 intersecciones.

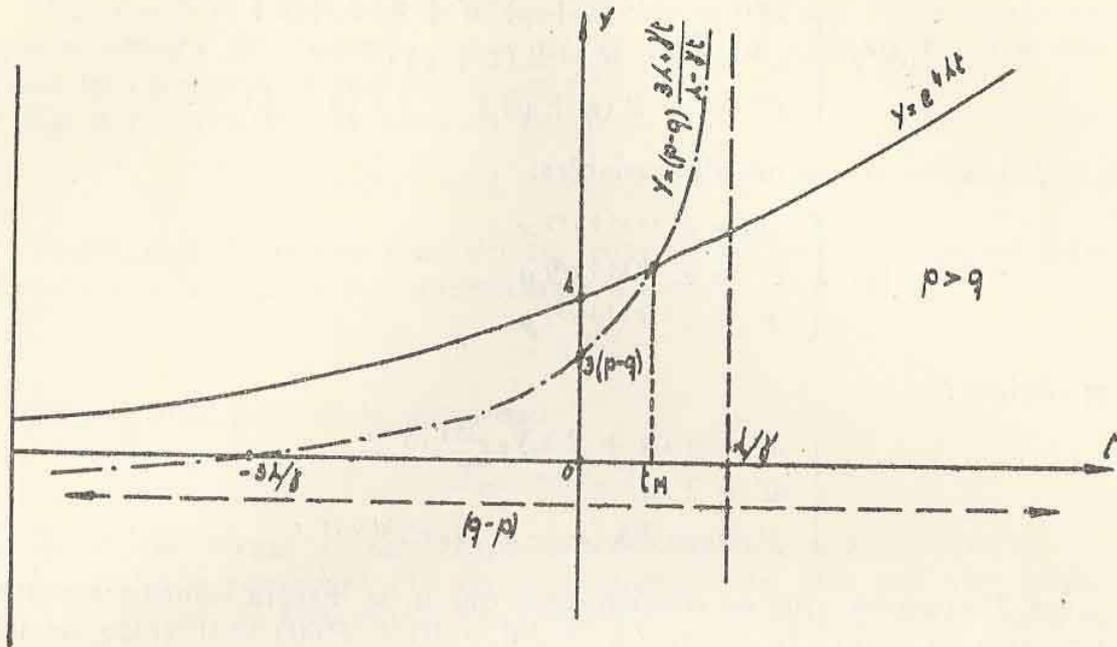


FIG. 7.

La condición de una intersección es:

$$3(p - q) \leq 1 \quad \text{ó} \quad p \leq \frac{2}{3}$$

Se trata, entonces, de un máximo pues

$$\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)_{t=0} = N_0 \lambda (2 - 3p) > 0$$

Si, mientras tanto, consideramos las dos especies fotón y electrón, llegamos a las conclusiones siguientes:

Si $p < \frac{1}{3}$ hay máximo de fotones solamente

Si $\frac{1}{3} < p < \frac{2}{3}$ hay máximo de las dos especies

Si $\frac{2}{3} < p$ hay máximo de electrones solamente.

Estas conclusiones son bastante diferentes de las dadas por el esquema real donde el número de electrones presenta *siempre* un máximo y donde el número de fotones no pasa por un máximo salvo que inicialmente los fotones se encuentren en minoría.

Pasemos ahora a los momentos de 2º orden. Mediante la simetría se logra poniendo:

$$M = a + b \quad P = a - b$$

que las ecuaciones (S_2) tengan la forma más simple:

$$(S_2') \begin{cases} M' = -2(\lambda + \mu) M + 8\lambda b + 2\lambda \bar{N} \\ C' = 2\lambda M - 2(\lambda + \mu) c \\ P' = -2(\lambda + \mu) P - 2\lambda(\alpha - \beta) \end{cases}$$

Efectuando el cambio de variables:

$$(II) \begin{cases} M = e^{-(2\lambda t + \gamma t^2)} x \\ C = e^{-(2\lambda t + \gamma t^2)} u \\ P = e^{-(2\lambda t + \gamma t^2)} y \end{cases}$$

se obtiene:

$$\begin{cases} x' = 8\lambda u + 2\lambda N_0 e^{3\lambda t + \gamma t^2/2} \\ u' = 2\lambda x \\ y' = -2\lambda(p - q) N_0 e^{-\lambda t + \gamma t^2/2} \end{cases}$$

La 3ª ecuación, que no contiene más que y , se integra inmediatamente, teniendo en cuenta la condición inicial $y(0) = P(0) = 0$ (caso de un corpúsculo único en el origen) la solución es para P :

$$P = -2\lambda e^{-(2\lambda t + \gamma t^2)} \int_0^t e^{-\lambda t + \gamma t^2/2} dt$$

Nos queda a continuación integrar el sistema de dos ecuaciones

$$\begin{cases} x' = 8\lambda u + 2\lambda N_0 e^{3\lambda t + \gamma t^2/2} \\ u' = 2\lambda x \end{cases}$$

Eliminando x por derivación tenemos:

$$u'' - 16\lambda^2 u = 4\lambda^2 e^{3\lambda t + \gamma t^2/2}$$

Las condiciones iniciales son:

$$u(0) = 0 \quad u'(0) = 2\lambda$$

lo que da la solución:

$$u = \frac{1}{4} (e^{4\lambda t} - e^{-4\lambda t}) + 2\lambda \left[e^{4\lambda t} \int_0^t e^{-\lambda t + \gamma t^2/2} dt - e^{-4\lambda t} \int_0^t e^{7\lambda t + \gamma t^2/2} dt \right]$$

A partir de aquí es fácil calcular todos los momentos de 2º orden.

4. RELACION DEL METODO DE LA FUNCION GENERATRIZ COK LA TEORIA DE GRUPOS

KENDALL ha hecho notar la relación que existe entre la teoría de grupos (o mejor de semigrupos) y el método de la función generatriz.

Sea:

$$\pi(z, t) = \sum_{(n)} p_n(t) z^n$$

la función generatriz asociada al número n de corpúsculos originados por un solo corpúsculo inicial a partir del instante $t = 0$.

Para $t = 0$ la función generatriz es z . En el instante t ella es $\pi(z, t)$, que se obtiene sustituyendo z por $\pi(z, t)$. En el instante $t + \tau$ se obtiene reemplazando z por $\pi(z, t)$ en $\pi(z, \tau)$.

De donde tenemos la ecuación funcional:

$$\pi(z, t + \tau) = \pi[\pi(z, t), \tau] \quad [1]$$

Podemos traducir esta ecuación en lenguaje de transformaciones definiendo una familia de transformaciones T_t por:

$$T_t z = \pi(z, t)$$

Esta familia goza de la propiedad:

$$T_{t+\tau} = T_\tau T_t$$

es decir, que forma un semigrupo dependiente del parámetro t .

La ecuación funcional [1] no es, evidentemente, más que otra forma de la ecuación de CHAPMAN-KOLMOGOROV a la cual se halla también asociado un semigrupo de transformaciones.

El método de la función generatriz, equivale a asociar a la ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = h(z, t) \frac{\partial \pi}{\partial z}$$

la transformación *infinitesimal*

$$T_t z = z + \varepsilon h(z, t)$$

y deducir la ecuación *finita* del grupo.

Para ilustrar estas consideraciones tomemos, por ejemplo, el modelo de FURRY para el cual la transformación *infinitesimal* es:

$$T_t z = z + \varepsilon \lambda z (z - 1)$$

y la transformación *finita*

$$T_t z = \pi(z, t) = z e^{-\lambda t} [1 - (1 - e^{-\lambda t}) z]^{-1}$$

Verifiquemos que $\pi(z, t)$ satisface bien a la ecuación funcional [1]. Tenemos, poniendo $u = e^{-\lambda t}$.

$$\pi(z, u) = uz [1 - (1 - u) z]^{-1}$$

Para obtener $\pi[\pi(z, u), v]$ debemos reemplazar u por v , luego z por $uz [1 - (1 - u) z]^{-1}$ lo que da:

$$v uz [1 - (1 - u) z]^{-1} \{1 - (1 - v) uz [1 - (1 - u) z]\}^{-1}$$

$$\text{ó:} \quad 1 - \frac{(1 - v) uz}{1 - (1 - u) z} = \frac{1 - (1 - uv) z}{1 - (1 - u) z}$$

De donde:

$$\pi [\pi (z, u), v] = uvz [1 - (1 - uv)z] = \pi (z, w)$$

con $w = u \cdot v$.

Sea, entonces, en función del parámetro t :

$$s = t + \tau \quad (\omega = e^{-\lambda s})$$

Tenemos, entonces:

$$T_s = T_\tau T_t$$

En el modelo de FURRY, el producto de transformaciones es *conmutativo*. $T_\tau T_t = T_t T_\tau$. Además, podemos admitir valores negativos de τ (a condición de que $|\tau| < t$). Si $\tau = -t$ el producto $T_{-t} T_t$ es igual a la *identidad*, ya que volvemos al instante inicial $s = 0$. Podemos escribir:

$$T_{-t} T_t = 1$$

Estas propiedades suplementarias hacen que el semigrupo asociado al modelo de FURRY sea un *grupo* completo y aun *abeliano*. Es isomorfo al grupo aditivo:

$$\tau_\tau t = t + \tau$$

en el cual la transformación τ_τ aplicada a t consiste en sumar τ a t .

El proceso estocástico no es siempre asociable a una transformación infinitesimal. Es el caso, verbigracia, del proceso de POISSON que corresponde a la transición

$$1 \rightarrow z$$

(allí donde no había *ningún* corpúsculo ha nacido *uno* en el tiempo dt , con probabilidad λdt).

La iteración en la transición da sucesivamente:

$$1 \rightarrow z; z \rightarrow z^2; \dots, z^{n-1} \rightarrow z^n$$

La función generatriz

$$\pi(z) = p_0 + p_1 z + \dots + p_n z^n + \dots$$

deviene

$$p_0 z + p_1 z^2 + \dots + p_n z^{n+1} + \dots$$

Su variación para una transición es entonces $(z - 1)\omega$ y el tiempo dt :

$$\lambda (z - 1) \pi dt$$

De donde la ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial \pi(z, t)}{\partial t} = \lambda (z - 1) \pi$$

cuya solución, tal que $\pi(z, 0) = 1$ es

$$\pi(z, t) = e^{-\lambda t} e^{-\lambda t}$$

constituye la función generatriz de la ley de POISSON.

La transformación, ligada al proceso de POISSON, está definida por:

$$T_{\tau} \pi(z, t) = \pi(z, \tau) \pi(z, t)$$

En particular:

$$T_t \pi(z, t) = \pi(z, t) \pi(z, 0) = \pi(z, t)$$

$$(ya\ que\ \pi(z, 0) = 1)$$

Tenemos entonces

$$T_{t+\tau} \pi(z, t + \tau) = \pi(z, t + \tau)$$

y, por otra parte

$$T_{\tau} T_t \pi(z, t) = \pi(z, \tau) \pi(z, t)$$

La relación funcional

$$\pi(z, t + \tau) = \pi(z, \tau) \pi(z, t)$$

verificada por la función generatriz de la ley de POISSON corresponde en consecuencia a la ley siguiente de composición de transformaciones:

$$T_{t+\tau} = T_{\tau} T_t = T_t T_{\tau}$$

Citemos aún el esquema simple del contagio por contacto.

$$z\omega \rightarrow \omega^2$$

donde z corresponde a un individuo sano que puesto en contacto con un contaminado ω contrae su infección (con probabilidad λdt) y resultan dos infecciosos (ω^2). En física, este esquema conviene para el estudio de la reunión de dos átomos para formar una molécula.

La función generatriz, como consecuencia de la sustitución de ω^2 en lugar de ωz , varía en

$$\rho_{11}(t) (\omega^2 - \omega z) = (\omega^2 - \omega z) \frac{\partial^2 \pi}{\partial \omega \partial z}$$

Tenemos, entonces, la ecuación en derivadas parciales

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = \lambda (\omega^2 - \omega z) \frac{\partial^2 \pi}{\partial \omega \partial z}$$

que es de 2º orden.

El método de identificación empleado en este párrafo no permite más una integración recurrente. Ella da, en efecto:

$$\alpha' \nu + \beta' y + \dots = \lambda (\nu^2 - \nu y + \nu - y) (c + \dots)$$

de donde:

$$\alpha' = \lambda c ; \quad \beta' = -\lambda c$$

Los momentos de 2º orden intervienen simultáneamente con los de 1er. orden.

Con todo rigor, no tenemos más el derecho de hacer suposiciones sobre C , puesto que la solución está bien definida de antemano. No obstante, supongamos que la covariancia $\overline{m'n'}$ sea nula; entonces

$$c = \alpha\beta$$

y:

$$\alpha' = \lambda\alpha(N - \alpha)$$

cuya solución ($\alpha = 1$ para $t = 0$) es:

$$\alpha = \frac{N}{1 + (N - 1)e^{-N\lambda t}}$$

Cuando

$$t \rightarrow \infty ; \quad \alpha \rightarrow N$$

toda la población termina por ser contagiada.

551.586:631 (82)

EL TEMPLE DE TRIGO CONTRA LA SEQUÍA APLICADO AL GRAN CULTIVO

POR VLADIMIR MICHAJLIKOV *, GUILLERMO A. JUAREZ **
Y LAUREANO A. ALVAREZ HERLEIN ***

Resumen. — En este trabajo se describe la aplicación del método de temple de trigo contra la sequía en el gran cultivo. Seis ensayos realizados en diversos establecimientos ubicados en una zona marginal (Guatraché, provincia Eva Perón, y Darregueira, provincia de Buenos Aires) abarcaron una superficie total de 40 hectáreas. Se analizan las condiciones del tiempo durante los ensayos y el rendimiento obtenido, que fué de 30 % y 66,5 % mayor en los trigos templados en dos de los ensayos y casi igual al testigo en un tercer ensayo perjudicado por la invasión del pulgón. Además, se presentan determinaciones de la cosecha y análisis estadístico sobre el rendimiento, altura de planta, largo de espiga y número de macollos.

Summary. — The applying of wheat temper method against drought on a large scale is here described. The six trials carried out at different farms within a marginal zone (Guatraché, Prov. Eva Perón, y Darregueira, Prov. Buenos Aires) embraced a total surface of 40 Has. Weather conditions during the trials and the related yield are discussed. This yield was 30 % and 66,5 % major for wheat tempered in the two first trials, being nearly equal to the test in the 3rd. trial, which was injured by green bug attack. Determinations on harvest and statistic analyze on yield, plant height, spike length and tillering are furtherly presented.

I. INTRODUCCION

En nuestro trabajo anterior (MICHAJLIKOV y JUAREZ, 1953) ¹ se expuso detalladamente el método de temple contra la sequía en su aspecto científico y su comprobación experimental por medio de microensayos. Como los resultados fueron satisfactorios se recomendó verificarlos en las condiciones del gran cultivo en una zona apta para esta clase de experiencias. Con tal motivo en el presente trabajo se describen los resultados obtenidos en ensayos de esa naturaleza así como el método e instalaciones utilizadas, condiciones ecológicas de la región en que se desarrolló la experiencia y las adversidades sufridas por los sembrados.

El trabajo se cumplió mediante tres comisiones destinadas a las zonas de Guatraché y Darregueira ubicadas en la provincia Eva Perón y provincia de Buenos Aires, respectivamente. La primera comisión, realizada durante el mes de marzo, tuvo por objeto elegir los campos, semillas, etc. y dejar instrucciones a los colonos. Durante el mes de julio se realizó la segunda comisión y, en tal oportunidad, se efectuaron los

* Ing. Agr. diplomado en la Universidad de Praga. Jefe de la Sección Bioclimatología Experimental del Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar del Servicio Meteorológico Nacional.

** Ing. Agr. Jefe del Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar del Servicio Meteorológico Nacional.

*** Ing. Agr. Jefe de la Estación Agrometeorológica de Guatraché (provincia Eva Perón) del Servicio Meteorológico Nacional.

¹ METEOROS, año III, Nº 1, enero-marzo 1953, pág. 54.

tratamientos de temple y siembra de los ensayos que totalizaron una superficie de 40 hectáreas repartidas en 6 ensayos. Vista la magnitud del trabajo, durante esta etapa fué invitado a colaborar el Jefe de la Estación Agrometeorológica de Guatraché, Ing. Agr. Laureano A. Alvarez Herlein, quien anteriormente, durante dos años, había tenido a su cargo la ejecución de los ensayos de temple. La tercera comisión se efectuó durante el mes de diciembre, controlándose la cosecha y extrayendo muestras de la misma a los efectos de realizar un prolijo análisis estadístico.

Los resultados obtenidos corroboran una vez más los hallados en los microensayos mencionados con anterioridad y, a nuestro juicio, confirman la excelencia de un método práctico de lucha indirecta contra la sequía.

II. BREVE DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS Y EDAFICAS DE LA ZONA

El clima es el que da a la región las características típicas. Las escasas precipitaciones, conjuntamente con el predominio de los vientos en determinados momentos, pueden abatir la economía de la zona en un

GUATRACHE (EVA PERON)

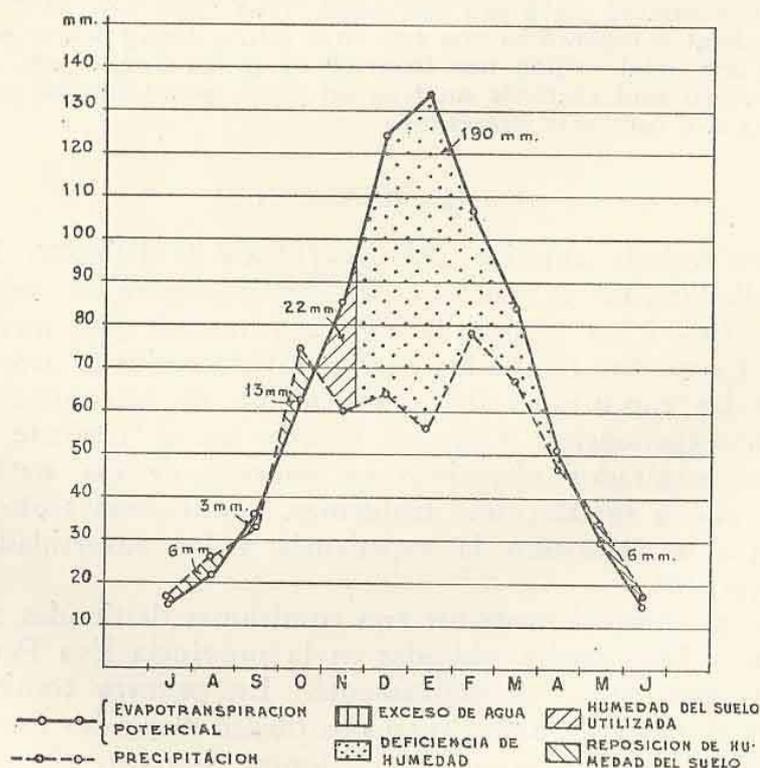


FIG. 1. — Representación gráfica del balance hídrico de Guatraché.

lapso breve. La sequía, tanto aérea como edáfica, da a los cultivos el carácter de aleatorios. La zona se encuentra comprendida al este de la isoyeta de 500 mm y es necesario destacar que la distribución de las precipitaciones es muy irregular. Durante los años de sequía la cantidad de

agua caída alcanza tan sólo a 303 mm, como ocurrió en el año 1938, y en los lluviosos puede llegar excepcionalmente a 724 mm.

Si se observa el gráfico de la Fig. 1 correspondiente al balance hídrico de Guatraché, es dable notar que en ningún momento hay exceso de agua, y que desde noviembre a abril el déficit de agua alcanza a 190 mm. En esos momentos es el suelo el que proporciona algo de humedad para compensar ese déficit.

La precipitación media de 537,5 mm es insuficiente, pues tan sólo a fines de otoño, invierno y comienzos de primavera la humedad del suelo satisface las necesidades de la evapotranspiración.

La temperatura media anual es de 15,7°C registrándose una gran amplitud diaria y estacional. Son comunes valores de máximas medias de 30°C y mínimas medias de 1° ó 2°C con valores extremos de 43,5° y -12°C, valores que ponen de manifiesto el carácter continental de la región.

Los vientos son muy frecuentes, predominando los del sector norte; su intensidad es variable y alcanzan su mayor velocidad durante el día. Con frecuencia causan voladuras de campo y efectos desecantes.

Los suelos son más bien arenosos, de horizontes $A_1 - A_2$ de color pardo claro con muy poco humus, sueltos, arenosos, desmenuzables; el horizonte B es pardo claro amarillento y se extiende desde los 13 hasta los 60 centímetros. En este horizonte, cerca de la tosca, se ven concreciones calcáreas. El porcentaje de arena es elevado mientras que el de arcilla y materia orgánica es reducido. En su aspecto natural el suelo presenta una aparente compactibilidad, pero es fácilmente pulverizable y susceptible de sufrir los efectos de la erosión al ser sometido a labores inadecuadas.

III. UBICACION DE LOS ENSAYOS

Con el propósito de llevar a la práctica el método de temple de trigo, durante el mes de marzo de 1953 se procedió a recorrer la zona de Guatraché y Darregueira para elegir los campos más adecuados. Al conocerse los fines del trabajo, espontáneamente prestaron su desinteresada colaboración los colonos y propietarios, quienes ofrecieron sus tierras, semillas e implementos. De los campos propuestos se eligieron aquellos cuya ubicación no fuera muy cercana entre sí, a efectos de abarcar una zona vasta que permitiera obtener condiciones climáticas variadas y a la vez representativas de la región.

La elección recayó en los siguientes establecimientos: Criadero "La Solita", del señor Juan Medina; estancia "Guatraché"; Chacra del señor Ovidio Holtzman; y estancia "La Margarita", del señor Juan Paris, ubicados a 10, 20, 25 y 60 Km, respectivamente, de Guatraché. En cada establecimiento se dejaron instrucciones adecuadas para una buena preparación de la tierra, y se apartó la semilla a tratar conjuntamente con los testigos. La semilla elegida, en la totalidad de los casos, fué semilla fiscalizada de primera multiplicación proveniente de establecimientos semilleros de la zona. Se utilizaron en los ensayos dos variedades de las más difundidas: Benvenuto Inca y Bahiense.

IV. TRATAMIENTOS DE TEMPLE REALIZADOS

Al comenzar el mes de julio se iniciaron los trabajos preliminares para efectuar el temple de las semillas de trigo. Se construyeron dos cajones de 1,20 m por 2,40 m con madera de una pulgada de espesor, de modo tal que resultaran impermeables, y se los destinó a humedecer la semilla. Sus dimensiones estuvieron condicionadas a la cantidad de semilla a tratar, de manera tal que el espesor de la capa no fuera superior a los 15 cm. También se construyeron marcos desarmables revestidos de arpillera para ser empleados durante el desecamiento de la semilla. Dichos marcos totalizaron una superficie de 80 metros cuadrados distribuidos en estantes superpuestos.

Al iniciar el humedecimiento de la semilla se elevó la temperatura del local a 18°C mediante tres estufas, manteniéndose la misma más o menos constante con una fluctuación máxima de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Una vez ubicadas tres bolsas de semilla dentro de cada cajón, se humedecieron con la cantidad adecuada de agua a intervalos de 12 horas. Luego de transcurridas 24 horas aproximadamente, según la variedad, el embrión alcanzó el estado óptimo para proceder a su posterior desecamiento.

Después de retirar la semilla de los cajones y colocarla en capas cuyo espesor no fué mayor de 2 cm se elevó la temperatura del local a 25°C, la cual se mantuvo día y noche hasta conseguir su completo desecamiento.

Es preciso hacer notar que se ventiló el local cada dos horas con el objeto de desalojar el aire húmedo. La humedad relativa del ambiente no pudo ser la adecuada por carecerse de una instalación perfecta que permitiera renovar totalmente el aire.

Se llevó un estricto control de la temperatura y humedad relativa mediante un higrógrafo y un termógrafo.

El proceso de temple para todos los ensayos se realizó en el mismo local. Debido a lo reducido de las instalaciones fué necesario templar por separado las seis bolsas de semilla correspondientes a cada ensayo.

V. CONDICIONES DEL TIEMPO DURANTE EL DESARROLLO DE LOS ENSAYOS

Durante el ciclo vegetativo de los distintos ensayos, que abarcó los meses de julio a diciembre inclusivos, el estado del tiempo presentó las siguientes características: en el mes de julio las bajas temperaturas influyeron sobre el correcto desarrollo de los cultivos. La temperatura mínima media en el abrigo fué de 1,5°C, valor muy cercano al normal. La temperatura del suelo, tomada a 10 cm de profundidad, acusó valores muy distintos a los normales como puede apreciarse en el cuadro I. La nubosidad durante el mismo mes fué elevada y se apartó algo del valor normal, sobre todo durante las dos primeras décadas.

Como consecuencia de las condiciones analizadas el proceso de germinación fué muy lento. Posteriormente, la temperatura registrada durante los demás meses se mantuvo normal para la zona.

Las precipitaciones, en el principio del ciclo vegetativo, fueron algo escasas, regularizándose luego hasta el momento de la cosecha, en que per-

judicaron algo a los sembrados tardíos al provocar una disminución del peso hectolítrico, lavado del grano, etc.

CUADRO I. — *Temperatura del suelo a 10 cm de profundidad en Guatraché; valores correspondientes al año 1953 y valores normales. (Promedio 1948-53)*

D é c a d a	Año 1953	Promedios años 1948-53
1 al 10 de julio	4° 4	7° 7
10 » 20 » »	4° 6	8° 1
20 » 30 » »	5° 5	7° 7

El gráfico de la Fig. 2 muestra los valores de humedad útil del suelo correspondiente a Guatraché para el año 1953. En él puede apreciarse que durante el período crítico del cultivo (fines de octubre) éste no sufrió las consecuencias directas de la falta de humedad. Demuestra ello que no se presentaron condiciones de sequía que comprometieran a los sembrados.

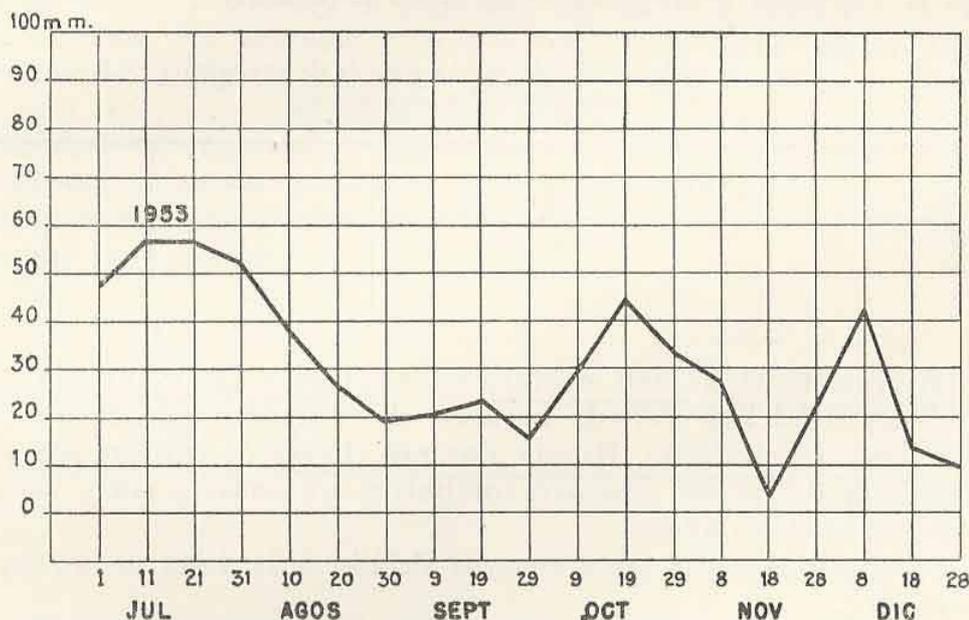


FIG. 2. — Gráfico de valores de humedad del suelo correspondiente a Guatraché según observaciones tomadas durante el año 1953.

Si bien es cierto que, en general, las condiciones climáticas del año fueron favorables, la invasión de pulgón y la erosión eólica (ésta en menor grado) causaron daño a una vasta zona, perjudicando algunos ensayos.

VI. ENSAYO REALIZADO EN LA CHACRA DEL SEÑOR OVIDIO HOLTZMAN

En este campo, ubicado en las cercanías de Guatraché, se realizaron dos ensayos abarcando una superficie de 16 Has. Utilizáronse dos variedades: Benvenuto Inca y Bahiense.

Para obtener una mayor exactitud en la experiencia se dividió el campo en 8 parcelas de 2 Has de tal manera que cada variedad contó con 4 parcelas, de las cuales dos correspondieron al testigo y dos a los trigos

tratados. La distribución de las mismas en el terreno se alternó a fin de disminuir la influencia del suelo.

La siembra se hizo durante los días 13 y 14 de julio encontrándose el suelo en buenas condiciones de preparación y de contenido hídrico. La lluvia caída hasta el 31 de agosto totalizó sólo 5,3 mm pero a pesar de ello el contenido de humedad libre del suelo, que en el momento de la siembra, en Guatraché, era de 57 mm, según se aprecia en el gráfico de la Fig. 1, fué suficiente para las necesidades del cultivo.

A los diez días de efectuada la siembra pudo observarse que las semillas sometidas al temple ya habían iniciado el proceso de crecimiento al emitir la radícula, mientras que las correspondientes al testigo aún no habían germinado. El nacimiento de los trigos templados se produjo el 1º de agosto y el de los testigos el 3 de agosto.

Una segunda observación del cultivo realizada el 12 de agosto mostró una diferencia favorable al temple al distinguirse en forma nítida las parcelas sembradas con los trigos templados. En el cuadro II se presentan los valores promedio de 5 repeticiones del número de plantas por metro cuadrado observados en la fecha mencionada.

CUADRO II. — *Plantas por metro cuadrado en el momento de nacimiento. Valores promedio de 5 repeticiones tomadas al azar*

V a r i e d a d	Testigo	Templado
Bahiense	77	132
B. Inca	100	127

Posteriormente el ensayo evolucionó en forma favorable sin sufrir adversidades climáticas, pero la invasión del pulgón verde de los cereales (*Toxoptera graminum*, Rond) durante el mes de octubre sobre una vasta zona de Guatraché destruyó totalmente los ensayos como así también los sembrados linderos.

No fué posible salvar estos ensayos debido a la falta de un equipo espolvoreador.

VII. ENSAYO REALIZADO EN LA ESTANCIA GUATRACHE

En este ensayo se utilizó solamente la variedad B. Inca sembrando el día 22 de julio una superficie de 6 Has en un campo ubicado en zona de "monte" y de suelo fértil pero fácilmente erosionable.

El nacimiento de las plantitas se produjo el 4 de agosto sin presentar las diferencias que referimos en el ensayo anterior, debido probablemente a que la siembra se hizo más tarde y en condiciones más favorables de temperatura.

A fines de septiembre los vientos de la zona perjudicaron notablemente el ensayo, ya que al producir la erosión de las parcelas redujo notablemente el número de plantas por metro cuadrado. Posteriormente durante el mes de octubre, el pulgón verde destruyó totalmente el resto de estos cultivos.

VIII. ENSAYO REALIZADO EN LA ESTANCIA «LA MARGARITA»,
DEL SEÑOR JUAN PARIS, EN DARREGUEIRA,
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.

El campo donde se realizó el ensayo se encontraba situado a 15 Km de la localidad de Darregueira, en una zona de terrenos ondulados en los que la capa de tosca se encontraba muy cerca de la superficie. Suelo suelto, más bien arenoso, fácilmente erosionable y de textura mediana.

2. SIEMBRA Y DESARROLLO DE LOS CULTIVOS.

El campo de ensayos se preparó como es de práctica, es decir, se aró mediante arado de discos y luego se rastreó. Días antes de la siembra se marcó el campo dividiéndolo en 4 cuadros de 3 Has cada uno.

Durante los días 26 y 27 de julio se sembraron 12 Has correspondientes a las dos variedades ensayadas: Benvenuto Inca y Bahiense. En el momento de la siembra la humedad del suelo, a pesar de las escasas precipitaciones, era adecuada: 54,4 y 53,6 mm, según puede verse en el gráfico de la Fig. 2. Las temperaturas de fines de julio y principios de agosto, más bien favorables, permitieron un correcto nacimiento de las plantitas, el cual se produjo entre el 3 y el 4 de agosto. En ocasión del nacimiento se determinó la cantidad de plantas por metro cuadrado en varios lugares tomados al azar. En el cuadro III se presentan los valores promedios de cinco repeticiones.

CUADRO III. — *Plantas por metro cuadrado en el momento de nacimiento. Valores promedios de cinco repeticiones tomadas al azar*

V a r i e d a d	Testigo	Templado
B. Inca	120	133
Bahiense	156	135

En general, la marcha del tiempo fué adecuada salvo una fuerte helada ocurrida los días 26 y 27 de agosto. Otros inconvenientes que se presentaron fueron la invasión de pulgón verde de los cereales cuyo ataque pudo calificarse de moderado y una fuerte erosión eólica que afectó gran parte del campo de ensayo. Con respecto a estos inconvenientes anotamos las siguientes observaciones en las variedades probadas:

a) Variedad Bahiense: En general no sufrió tanto como consecuencia de la erosión. Se observó que el perjuicio era menor en las parcelas sembradas con trigos templados. Estaría ello justificado por el mayor desarrollo del sistema radicular y energía germinativa, constatado ya en diversas oportunidades en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar.

b) Variedad Benvenuto Inca: Resultó mucho más perjudicada por la erosión que la anterior. Este efecto fué visible en las parcelas correspondientes al testigo y a los trigos templados. También en este caso el comportamiento de los trigos templados fué superior, no anotándose

tantas pérdidas como en el testigo. Compárense los datos de los cuadros III y IV correspondientes a la densidad de plantas por metro cuadrado luego del nacimiento y en el momento de la cosecha, respectivamente.

El resto del período vegetativo transcurrió en forma normal debido a la correcta distribución de las precipitaciones hasta el momento de la cosecha.

CUADRO IV.— *Plantas por metro cuadrado en el momento de la cosecha. Valores promedio de cinco repeticiones tomadas al azar*

V a r i e d a d	Testigo	Templado
B. Inca	69	89
Bahiense	104	118

Días antes de iniciarse la cosecha se extrajeron de cada parcela 20 muestras, cada una de las cuales contenía las plantas provenientes de una superficie de un metro cuadrado, tomada al azar. Al reunir las



FIG. 3.— Gavillas provenientes de la cosecha de trigo Bahiense en la estancia «La Margarita». De izquierda a derecha: cinco primeras gavillas correspondientes a trigo sin tratamiento; cinco últimas gavillas sometidas a tratamiento de temple.

plantas en gavillas se tuvo una prueba objetiva del resultado del tratamiento, como puede observarse en las Figs. 3 y 4, donde aparecen las cinco mejores gavillas correspondientes a los trigos testigo y a los sometidos a tratamiento de temple.

Posteriormente, con la totalidad de las gavillas se realizó el análisis de la cosecha en lo referente a altura de planta, largo de espiga, número de macollos y rendimiento. Los resultados encontrados al analizar dicho material y efectuar el análisis de la variancia de los cuatro factores indicados se transcriben en el cuadro V.

CUADRO V.— *Análisis de la cosecha de dos variedades de trigo sometidas a tratamiento de temple. Ensayo realizado en la estancia «La Margarita», en Darregueira, provincia de Buenos Aires. Valores promedios de veinte muestras.*

Variedad Benvenuto Inca

Tratamiento	Altura de planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	58.0 cm	6.35 cm	1.92	51 gr	100
Templado	72.0 »	6.95 »	2.53	75.4 »	148
Significancia	**	**	**	**	

Variedad Bahiense

Testigo	59.5 cm	6.42 cm	1.93	83.5 gr	100
Templado	66.3 »	6.90 »	2.17	104.2 »	125
Significancia	**	**	**	**	

** Altamente significativo.

Al examinar el cuadro V se comprueba que, en general, en los trigos templados hay una mayor vitalidad puesta de manifiesto por su mayor altura de planta, largo de espiga, número de macollos y rendimiento. El análisis de la variancia dió en todos los casos valores de "F" altamente significativos, lo cual indica que las diferencias observadas han sido debidas al tratamiento de temple.

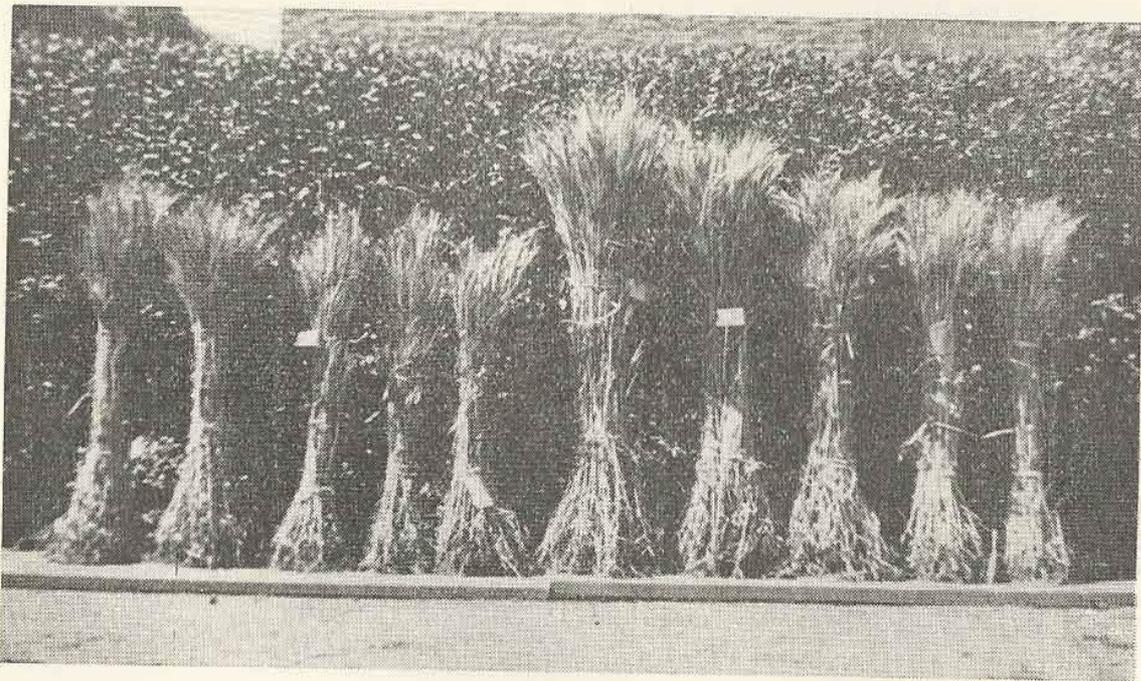


FIG. 4.— Gavillas provenientes de la cosecha de trigo Benvenuto Inca en la estancia «La Margarita». De izquierda a derecha: cinco primeras gavillas correspondientes a trigo sin tratamiento; cinco últimas gavillas sometidas a tratamiento de temple.

Los valores individuales de rendimiento obtenidos al trillar en forma separada cada muestra, por considerarlos de mayor interés, se transcriben en el cuadro VI. Con dichos valores se hizo el análisis de la variancia para cada variedad.

CUADRO VI. — Valores de rendimiento en granos correspondientes a cada muestra extraída en las parcelas de las variedades Benvenuto Inca y Bahiense. Ensayo realizado en la estancia « La Margarita », en Darregueira, provincia de Buenos Aires.

Variedad	Tratamiento	Rendimiento en granos																
B. Inca	Testigo	48	47	57	56	55	58	60	49	51	54	48	47	46	43	53	52	54
		49	47	46														
	Templado	78	79	77	80	70	69	76	75	77	66	81	83	79	85	76	68	70
		71	73	76														
Bahiense	Testigo	82	76	75	96	105	76	84	83	69	89	96	88	86	87	85	76	73
		78	77	90														
	Templado	112	115	105	120	93	89	112	115	101	110	96	98	113	97			
		110	96	95	99	104	105											

En el cuadro VII se presentan los valores hallados. Los valores de "F" en las dos variedades ensayadas resultaron altamente significativos. Para comparar los cuadrados medios de tratamientos con el error se utilizó la tabla de "F" publicada por Snedecor en 1940. Los valores señalados "xx" son altamente significativos, es decir, que el valor de "F" encontrado excede del 99 % de seguridad.

CUADRO VII. — Análisis de la variancia de los rendimientos de trigo sometido a tratamiento de temple y testigo. Ensayo realizado en la estancia « La Margarita »

Variedad Benvenuto Inca

Variación debida a:	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	«F»	Significancia
Muestras	19	236	12.4	0.34 167	No signif. **
Tratamientos	1	5.978	5.978		
Error	19	679	35.7		
Total	39	6.893			

Variedad Bahiense

Muestras	19	1.606	84.5	1.1 59	No signif. **
Tratamientos	1	4.285	4.285		
Error	19	1.382	72.7		
Total	39	7.273			

3. COSECHA.

El día 28 de diciembre se inició la cosecha de cada parcela en forma individual. Los datos obtenidos, según las variedades, fueron los siguientes:

a) Variedad Bahiense:

i) Rendimiento de parcelas Testigo correspondientes a 3 Has: 40 bolsas, lo que representa un total de 2.360 Kg con un promedio de 13 bolsas por Ha. Rendimiento semejante dieron los sembrados linderos al ensayo.

ii) Rendimiento de parcelas de trigos Templados correspondientes a la misma superficie: 52 bolsas, lo que representa un total de

3.069 Kg con un promedio de 17 bolsas por Ha. El aumento de rendimiento en las parcelas templadas fué de 30 %.

b) Variedad Benvenuto Inca:

i) Rendimiento de parcelas Testigo correspondientes a 3 Has: 24 bolsas, lo que representa un total de 1.368 Kg con un promedio de 8 bolsas por Ha.

ii) Rendimiento de parcelas de trigos Templados correspondientes a la misma superficie: 40 bolsas con un total de 2.281 Kg y un promedio de 13 bolsas por Ha.

La diferencia de rendimiento debido al temple en esta variedad fué de 66,5 %.

IX. ENSAYO REALIZADO EN EL SEMILLERO « LA SOLITA », DEL SEÑOR JUAN MEDINA, EN GUATRACHE, PROVINCIA EVA PERON

1) LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El campo destinado al ensayo estaba situado a 10 Km de la localidad de Guatraché, de suelo típico de la zona, es decir, suelto, de tipo arenoso y de textura mediana.

Como es un establecimiento dedicado a la producción de semilla fiscalizada, el cuadro destinado al ensayo se preparó en época adecuada, con sumo esmero, empleando al efecto maquinaria moderna; en otras palabras, la preparación del suelo para la zona fué técnicamente perfecta. Días antes de la siembra se marcaron, a fin de individualizarlos, dos cuadros de 3 Has de superficie y se cuidó que el terreno elegido fuese lo más homogéneo posible. Por razones inherentes al establecimiento sólo se empleó en este ensayo la variedad Bahiense.

2) SIEMBRA Y DESARROLLO DE LOS CULTIVOS

La siembra se realizó el día 20 de julio utilizando una moderna sembradora. Se fiscalizó escrupulosamente esta operación para que la cantidad de semilla y su distribución fueran las correctas. El estado del suelo en ese momento era óptimo por cuanto la tierra se encontraba perfectamente trabajada y tenía un porcentaje de humedad adecuado para la germinación de las plantitas. Para esa fecha la humedad útil del suelo en Guatraché era de 56 mm.

El nacimiento de las plantitas se produjo el 3 de agosto y durante la jira de inspección se hizo un recuento del número de plantitas por metro cuadrado en varios lugares tomados al azar. Los datos obtenidos en tal ocasión se consignan en el cuadro VIII.

CUADRO VIII. — *Plantas por metro cuadrado en el momento del nacimiento. Valores promedios de cinco repeticiones tomadas al azar*

Variedad	Testigo	Templado
Bahiense	131	132

La marcha del tiempo fué adecuada para el desarrollo del cultivo, pues no hubo adversidades de orden climático. En este ensayo también se

produjo una grave invasión del pulgón verde de los cereales, pero el dueño del establecimiento, dada la índole del ensayo, practicó oportunamente dos pulverizaciones con gamexane al 10 % el 5 y el 20 de octubre, controlando así la plaga. Sin embargo, al efectuar posteriormente el análisis de la cosecha se constató una disminución apreciable en el número de plantas por metro cuadrado, sobre todo en las parcelas correspondientes a los trigos templados. El cuadro IX muestra el número de plantas por metro cuadrado en el momento del nacimiento y antes de la cosecha, y el aumento o disminución en el número de plantas.

CUADRO IX. — *Plantas por metro cuadrado en el momento del nacimiento y antes de la cosecha. Valores promedios de cinco repeticiones tomadas al azar*

Variación	Tratamiento	Nacimiento	Antes de la cosecha	Aumento o disminución
Bahiense	Testigo	131	134	2,5 %
»	Tratado	132	111	— 19 »

Esta disminución del número de plantas por metro cuadrado puso al trigo tratado en evidente desventaja con respecto al testigo, lo cual enmascaró posteriormente el aumento de rendimiento logrado con el temple.

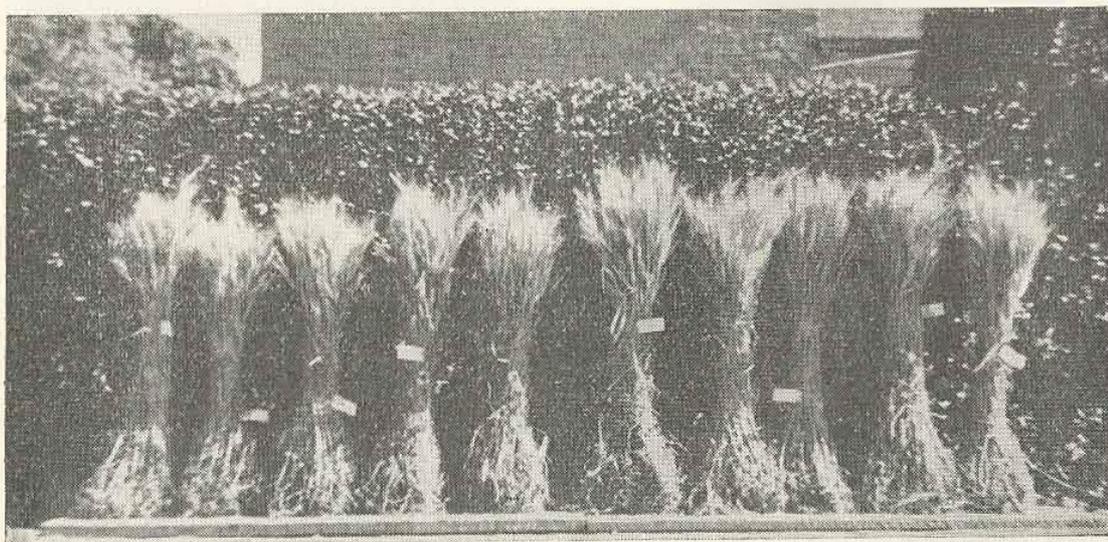


FIG. 5. — Gavillas provenientes de la cosecha de trigo Bahiense en el semillero «La Solita». De izquierda a derecha: cinco primeras gavillas correspondientes a trigo sin tratamiento; cinco últimas gavillas sometidas a tratamiento de temple.

Antes de iniciar la cosecha se extrajeron de cada parcela veinte muestras, cada una de las cuales contenía las plantas provenientes de una superficie de un metro cuadrado tomada al azar. Posteriormente se hicieron gavillas utilizándose cinco de las más representativas, tanto del testigo como del templado para sacar la fotografía que se observa en la Fig. 5, donde las cinco primeras gavillas corresponden al testigo y las restantes al trigo templado. Luego, con la totalidad de las gavillas se realizó el análisis de la cosecha en lo referente a altura de planta, largo de espiga, número de macollos y rendimiento. Los resultados encontrados al ana-

lizar dicho material y efectuar el análisis de la variancia se transcriben en el cuadro X.

CUADRO X. — *Análisis de la cosecha de trigo Bahiense sometido a tratamiento de temple. Ensayo realizado en el Semillero « La Solita », en Guatraché, provincia Eva Perón. Valores promedios de veinte muestras*

Tratamiento	Altura de planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	65.0 cm	5.65 cm	2.17	187.9	100
Templado	70.2 »	6.16 »	2.85	190.5	101.3
Significancia	**	**	**	No signif.	

Al examinar el cuadro X se repite lo observado en el ensayo anterior: los trigos templados tienen mayor altura de planta, largo de espiga y número de macollos. El rendimiento presenta una leve diferencia a favor de los trigos templados, pero la misma no es representativa, como lo prueba el análisis de la variancia. El análisis de la variancia con respecto a altura de planta, largo de espiga y número de macollos dió siempre valores "altamente significativos" debido al efecto del temple.

Con los valores individuales de rendimiento al trillar en forma separada cada muestra se hizo el análisis de la variancia cuyos resultados se transcriben en el cuadro XI.

CUADRO XI. — *Análisis de la variancia de los rendimientos de trigo de variedad Bahiense sometido a tratamiento de temple y testigo. Ensayo realizado en el Semillero « La Solita ».*

Variedad	Tratamiento	Rendimiento en granos									
		Bahiense	Testigo	171	172	197	185	195	185	198	192
		202	191	194	188	179	193	185	180	188	184
	Templado ...	190	181	195	189	188	189	205	199	196	187
		184	179	188	206	212	186	187	183	186	181

Análisis de la variancia

Variación debida a:	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	«F»	Significancia
Muestras	19	1.881	99	1.98	No signif.
Tratamientos	1	68	68	1.36	» »
Error	19	951	50		
Total	39	2.900			

El análisis de la variancia de los rendimientos presentado en el Cuadro XI demuestra que las diferencias existentes entre los trigos templados y el testigo no pueden tomarse como significativas.

3) COSECHA

Antes de iniciarse la cosecha el estado del sembrado era satisfactorio. Se observaba, sin embargo, una mayor abundancia de plantas en las parcelas correspondientes al testigo, pero frente a ello las parcelas de trigos

templados presentaban mejor aspecto por su mayor uniformidad, altura de planta y largo de la espiga.

El día 22 de diciembre se inició la cosecha de cada parcela en forma individual para comparar así los resultados obtenidos. Los datos logrados fueron los siguientes:

Variedad Bahiense:

i) Rendimiento de parcelas Testigo correspondientes a una superficie 3 Has: 86 bolsas, lo que representa un total de 5.020 Kg con un promedio de 28,6 bolsas por Ha.

ii) Rendimiento de parcelas de trigos Templados correspondientes a la misma superficie: 84 bolsas con un total de 4.908 Kg con un promedio de 28 bolsas por Ha.

Es dable apreciar que la diferencia a favor del testigo es de tan sólo 2 bolsas en el total, lo que corresponde a algo más de $\frac{1}{2}$ bolsa por Ha, o sea, 2,3 %.

El rendimiento total no acusa grandes diferencias a pesar de que las parcelas correspondientes a los trigos templados tenían una densidad de plantas 19 % inferior al testigo, como puede observarse en el cuadro IX. Demuestra ello plenamente la existencia de un aumento de rendimiento a favor del trigo templado, al compensar éste con su mayor productividad la diferencia existente en el número de plantas por metro cuadrado.

X. CONCLUSIONES

Se realizaron seis ensayos a campo que abarcaron una superficie total de 40 hectáreas. Como consecuencia de inconvenientes ajenos a la experiencia se perdieron tres ensayos. Otros dos ensayos dieron resultados extremos. En cambio, el realizado en la estancia "La Margarita" con la variedad Bahiense fué escasamente afectado por las adversidades, y en este caso el rendimiento del testigo resultó semejante al de la misma variedad sembrada al lado del cuadro del ensayo. Esta experiencia nos permitió establecer las siguientes conclusiones:

1) Los trigos templados, al ser sembrados en condiciones de gran cultivo, confirmaron lo comprobado durante tres años de trabajos consecutivos en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar y en la Estación Agrometeorológica de Guatraché en escala de microensayo.

2) Al efectuar el análisis de la cosecha se observó tanto en el cultivo como en las muestras de trigos templados un mejor aspecto visual debido a su mayor altura de planta, largo de espiga y sistema radicular más abundante y desarrollado.

3) Otra particularidad que se pudo observar durante el desarrollo del cultivo fué la mayor resistencia a la erosión eólica que manifestaron las superficies cubiertas con trigos templados.

4) El aumento de rendimiento que se obtuvo fué de 30 %, el cual corresponde a 4 bolsas por hectárea.

5) Es necesario estudiar aun técnica y económicamente las construcciones y los métodos operativos que permitan temprar grandes cantidades de semilla, de tal manera que los colonos y chacareros puedan adquirirlas con el menor recargo posible.

6) Consideramos que el aumento de rendimiento logrado merced al temple es muy considerable desde el punto de vista económico, pues si se lo aplica a la totalidad de la superficie sembrada en zonas marginales representaría un beneficio de varios millones de pesos para la economía nacional.

RECONOCIMIENTO

Al término de esta serie de experimentos en escala de gran cultivo, los autores quieren dejar expresa constancia de su agradecimiento a los señores colonos y estancieros, y a las distintas personas que intervinieron en la labor realizada por su eficaz, entusiasta y desinteresada colaboración. Al Ing. Agr. Juan J. Burgos le agradecen la revisión crítica de los originales del presente artículo.

551.482.2 (825.1

IMPORTANCIA DEL RÍO BARRANCAS (CUENCA SUPERIOR DEL RÍO COLORADO)

Por ROBERTO JOSE GILARDONI *

Resumen. — En vista de las necesidades crecientes de agua de las zonas de influencia del río Colorado, el autor juzga oportuno estudiar exhaustivamente su cuenca superior a fin de tener una idea bien definida sobre la resistencia de los diques naturales que embalsan los lagos reguladores de su cuenca imbrífera, puntualizando los factores que a su juicio tienen que ser objeto de estudio.

Summary. — Considering the increasing need of water in the influential zones of the río Colorado, the author judges suitable to study thoroughly its upper basin to get a well-defined idea upon the resistance of the natural dams that hold up the lakes regulai ng its rainfall basin, determining by yourself those factors that on your opinion will have to be studied.

I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Durante el transcurso del año 1914 se produjo una creciente de extraordinaria magnitud en el Río Colorado, la cual, dado lo poco poblado en esa fecha de los valles del Barrancas y Colorado no produjo daños espectaculares en cuanto a número de vidas, pero tuvo sí extraordinaria repercusión económica por las tierras de cultivo que fueron arrasadas y cubiertas por rodados, perdiéndose definitivamente para la economía de estos valles. Se debió ello a que el Río Colorado dió un paso a fin de alcanzar su perfil de equilibrio, lucha que mantienen permanentemente los ríos jóvenes de la cordillera y que se desarrolla dentro de magnitudes insospechadas. En ese año un dique que servía de sostén al gran lago Carrilauquen (Laguna Verde), cedió ante el empuje de las aguas, bajando bruscamente 95 metros de nivel en 24 horas, provocando una enorme ola de creciente que anegó el valle del Barrancas y el del Colorado¹. No por ello alcanzó este río su nivel de equilibrio, sino que fué éste uno de los múltiples pasos que se produjeron dentro de su cuenca, y por lo tanto, queda aún la posibilidad de que un fenómeno análogo se repita.

El año 1953 se caracterizó por precipitación y acumulación de nieve en alturas y valles no vistas en los últimos tiempos en tan grande cantidad. Es de todos conocida la gran avenida de aguas que determinó la intervención del Ejército en esa época para salvaguarda de las poblaciones y prevención de mayores daños materiales.

Esta serie de comprobaciones y la expectativa de que hechos semejantes puedan repetirse en lo futuro con consecuencias sociales y patrimoniales realmente dañosas por la mayor población y riquezas afin-

* Doctor en Ciencias Naturales. De la Dirección de Investigaciones Meteorológicas e Instrucción del Servicio Meteorológico Nacional.

¹PABLO GROEBER. — «Informe sobre las causas que han producido las crecientes del río Colorado. Territorios del Neuquén y La Pampa en 1914». Ministerio de Agricultura de la Nación, Buenos Aires, 1916.

cadras desde aquellas fechas, llevan al autor del presente trabajo a un examen de la situación planteada. Para ello es necesario investigar los caracteres de la alta cuenca imbrífera por la relación de causalidad que guarda con respecto al comportamiento del río en la cuenca inferior; así, por ejemplo, suele atribuirse, a veces erróneamente, una brusca avenida a un deshielo súbito y resultar ser sin embargo la verdadera causa un embalse natural en la cuenca superior cuyo dique de contención ha cedido. La ruptura del dique del lago Carrilauquén fué una confirmación de este aserto. Desde el año 1914 hasta la fecha los valles del Barrancas y Colorado han adquirido cada vez más importancia tanto en población como en significación económica. Ha llegado el momento de estudiar detenidamente el río Barrancas, porque cualquier obra que se proyecte con vistas al aprovechamiento hidráulico de esta vía fluvial tendrá que contemplar el problema que representan sus inestables lagos.

Durante el transcurso de una comisión efectuada a la cuenca superior del río Barrancas dispuesta por el Servicio Meteorológico Nacional en los meses de abril y mayo de 1944 en compañía de los técnicos del Departamento de Hidrometeorología, señores David Bertagni y Mario Bertone, el autor tuvo oportunidad de realizar algunas observaciones de carácter geohidrológico en la cuenca superior del Río Colorado, las cuales han recobrado interés público por los acontecimientos ocurridos últimamente al producirse la gran creciente cuyos efectos sobre la economía y la seguridad de las poblaciones vecinas al cauce son de todos conocidos.

II. SITUACION GEOGRAFICA

El Río Colorado marca el límite aproximado entre dos regiones bien determinadas: hacia el norte, comienzan en la cordillera los grandes valles longitudinales, y en la región baja, la zona pampeana. Hacia el sud, en la región cordillerana aparece la gran cadena de lagos de Neuquén, formados en las cubetas transversales al rumbo cordillerano, mientras que en la zona costanera hacen su aparición las mesetas patagónicas. Este río se origina en la confluencia de los ríos Grande y Barrancas. El primero recoge las aguas de un gran valle longitudinal que se desarrolla dentro de la cordillera mendocina; el segundo, toma un rumbo más transversal y forma el límite político entre Mendoza y Neuquén. Tiene sus fuentes de alimentación, el Río Colorado, repartidas a lo largo y a lo ancho del cordón montañoso cordillerano del límite argentino-chileno, confinando su cuenca al norte con las cabecezas del Atuel y al sud con las nacientes del Neuquén superior. Desde la confluencia del Grande y Barrancas no recibe aportes de superficie por recorrer unos 800 kilómetros dentro de zonas áridas y semiáridas. En épocas pasadas servía como desagüe a toda la región cordillerana comprendida desde el sud de La Rioja hasta el sud de Mendoza, por medio del río Desaguadero, laguna Urre Lauquén y río Curacó, pero hoy en día la cantidad de agua proveniente de la cordillera no basta para mantener este drenaje y el cauce del Curacó casi se une al Colorado sólo en épocas de deshielos excepcionales, tales como en el año 1953.

III. BREVE DESCRIPCION GEOHIDROLOGICA DE LA CUENCA

Los acontecimientos geológicos relacionados con la hidrología del pasado es indudable que influyen en el comportamiento de los ríos en la actualidad. Durante el Cuaternario, el límite de nevé, o límite inferior de la nieve, estaba muchísimo más bajo que en la actualidad, motivando ello que grandes acumulaciones de nieve se metamorfosearan en hielo y bajaran a los valles en forma de potentes glaciares. La disipación de este hielo daba origen a enormes caudales, creándose un rico sistema de drenaje; al mismo tiempo la fuerte erosión glaciaria modelaba el relieve suavizándolo y dando origen a valles de forma típica. Conjuntamente los avances y retrocesos del hielo crearon una gran serie de depósitos morénicos que se distribuyó en la periferia de las zonas englazadas, modificando el relieve y dando origen a un sistema lacustre característico de nuestra región patagónica, originado casi exclusivamente por el endicamiento de los valles mediante las morenas de los glaciares respectivos, en franco tren de disipación. Los glaciares, al subir en la época actual el límite de nevé, han quedado como remanentes en las altas cumbres, dentro del territorio del Neuquén y oeste de Río Negro, formando típicos *glaciares de calota*, que influyen en mayor o menor grado sobre el mantenimiento de las corrientes superficiales. Así, el Domuyo, cuyos glaciares alimentan las cuencas superiores del Barrancas y Varvarco, afluente este último del Neuquén superior; el Lanín que envía las aguas provenientes de su calota de hielo al Collón Curá y a la cuenca chilena; y el Tronador, cuyos hielos generan agua para las cuencas del Pacífico y el Atlántico. La influencia mayor sobre los caudales superficiales corresponde sin duda a la nieve fundida anualmente. Las zonas de menor altura presentan, luego del retiro del hielo, una morfología típica que en líneas generales se caracteriza por la suavización del relieve en general. En los valles abandonados por los ríos de hielo, se forman lagos, embalsados por las morenas frontales, quedando en algunos casos los glaciares como sus alimentadores secundarios. Dentro de la zona de nuestro estudio ofrece un interesante ejemplo el lago Varvarco Campos, endicado por las morenas provenientes del glaciar que bajaba de la sierra de Cura Milio.

IV. NACIENTES DEL RIO BARRANCAS

Se origina el Río Barrancas en las proximidades de dos lagos llamados laguna Negra y Fea, respectivamente, situados ambos cerca de la línea fronteriza con Chile. Estos dos lagos carecen de emisarios de superficie, escurriéndose sus aguas por filtraciones en los diques de contención, dando origen las filtraciones provenientes del primero al Arroyo Las Bodegas, y las del segundo, al Arroyo Cura Milio, que al unirse forman las cabeceras del Río Barrancas.

Describiremos detenidamente estos dos lagos sobre cuya estabilidad se han hecho tantas conjeturas, y propondremos al mismo tiempo el plan de estudios previos a realizar, de donde surgirá una idea aproximada de su comportamiento futuro, conocimiento éste, por otra parte,

necesario para dar seguridad a las poblaciones ribereñas y, a la vez, contar con un factor de seguridad para las futuras obras hidráulicas a construirse en el Río Colorado.

Repetidas veces se ha propalado la versión de que el dique que sostiene a la Laguna Negra, 2186 metros s. n. m., cedería ante el empuje de las aguas provocando una catástrofe en los valles superiores. Veamos el grado de verdad de esta opinión popular, fijando ideas acerca de la génesis geológica de estas dos grandes masas de agua. Aparte del origen puramente glaciario de algunos lagos vecinos a nuestra cuenca, en este caso se presenta otro factor concurrente a su formación. En efecto, los dos valles que confluían hacia la actual Pampa de las Bodegas, o del Rayo, estaban ocupados por glaciares. Entre estos dos valles surgió un centro volcánico que envió en derredor corrientes de obsidiana y piedra pómez,

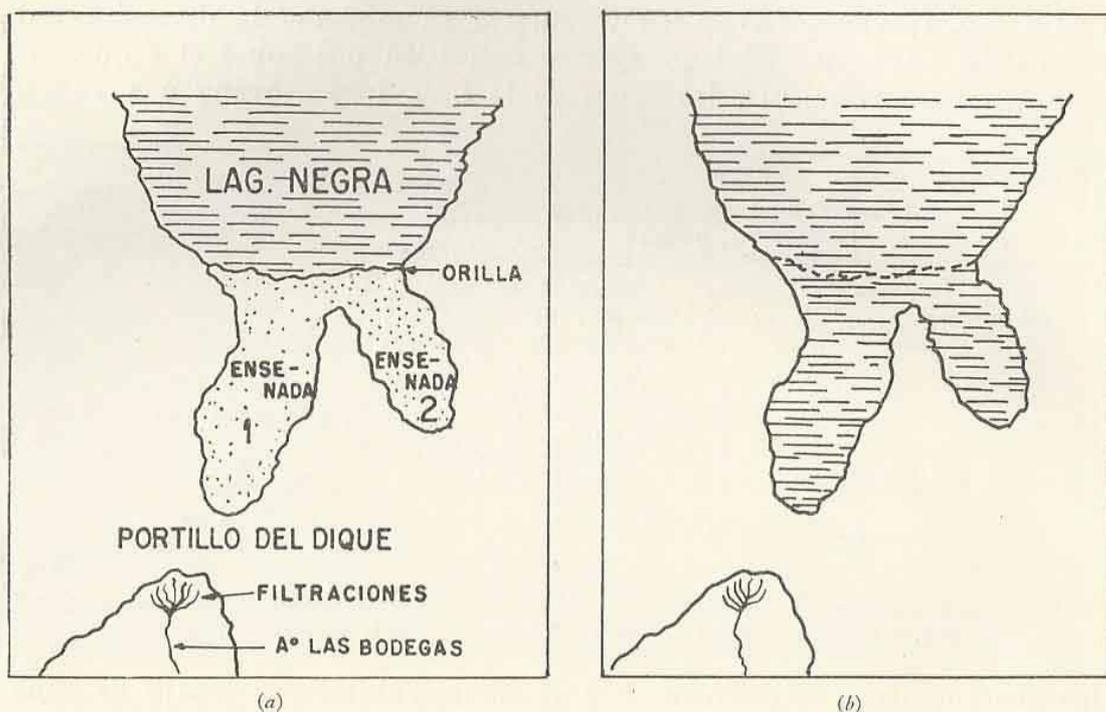


FIG. 1. — Disposición de las bahías adyacentes al lago. (a) nivel normal; (b) nivel en deshielo.

en gran abundancia, brotando la obsidiana también a lo largo de fisuras; una de éstas, corriendo verticalmente al rumbo del valle de la Laguna Negra, formó un dique provocando su obstrucción. Algo similar ocurrió con la laguna Fea, aunque es más probable que el dique estuviese constituido en la base por una corrida superficial de obsidiana.

La glaciación, una vez finiquitadas las erupciones, cuyas manifestaciones póstumas observamos hoy en día en los numerosos arroyos de agua caliente, geysers y vapores en derredor del Domuyo y casi en contacto con los glaciares, comenzó a remodelar nuevamente estos valles atacando los diques de obsidiana, no sabemos aún en qué proporción, avanzando el hielo en dirección de la Pampa de Las Bodegas, o Del Rayo.

Al cambiar el clima tornáronse mucho más escasas las precipitaciones y los hielos comenzaron a disiparse, produciéndose lo que se llama

retroceso del glaciar, cada vez a mayor altura. Los depósitos morénicos fueron abandonados por el hielo y quedaron esparcidos en la periferia de estos cerros. En estos valles las morenas, en su mayor parte, estaban constituidas por materiales muy finos, ya que los componentes volcánicos eran de naturaleza muy liviana. Los dos diques quedaron cubiertos por dichas morenas, incrementándose sus alturas y generándose así la cubeta de los lagos, con lo cual quedaron cerrados, sin desagüe directo. A medida que aumentaba el aporte de agua empezó ésta a infiltrarse por las morenas y la obsidiana, que posiblemente estaba resquebrajada, lo fuera por enfriamiento brusco, por presiones de la masa de hielo o por movimientos sísmicos, dando origen a filtraciones, que debido a la supresión lograron equilibrar a la alimentación. La Laguna Fea también ha buscado su equilibrio actual e incrementado sus filtraciones a través de una pared de basalto, como veremos más adelante.

La Fig. 1, vistas (a) y (b), muestra en esquema la disposición de las bahías adyacentes al lago, que se extienden por sobre el dique. Al producirse una creciente, las aguas de la Lag. Negra avanzan y cubren



FIG. 2. — Disposición de los elementos geológicos. Corte vertical de W a E.

las dos ensenadas adyacentes, 1 y 2, incrementando su espejo de agua.

La Fig. 2, en escala exagerada, permite apreciar la disposición de los elementos que se observan en el lugar. El lago, cuando sobrepasa el nivel de la orilla normal, cuya altura era de 1,40 m en la época de observación, se extiende en estas dos ensenadas por sobre el dique, en dirección al portezuelo que hay al final del mismo, cuya cota es aproximadamente de 20 m sobre el nivel de aguas normal.

La fotografía de la Fig. 3 muestra una parte del lago y la ensenada lateral 1 que corre sobre el dique, la cual, como se ve claramente, se llena de agua en cuanto el nivel del lago sube 1,40 m. A la izquierda del pequeño manchón de nieve, el fondo de la bahía está aún húmedo, y asimismo aparecen con bastante claridad las pequeñas terrazas horizontales dejadas por el agua en su ascenso. Se pueden apreciar dos de ellas, quedando señalada la última por la línea fotográficamente más oscura. Observando con cuidado, por encima de la superficie del agua, sobre la barranca del fondo, llega a advertirse, levemente marcado, la terraza dejada por el agua, la cual no se conserva bien porque la ba-

rranca tiene gran pendiente y su roca constituyente es de mayor dureza. La cuenca receptora total de este lago es bastante reducida ya que los cordones limitantes son de pendiente muy pronunciada.

Dentro del agua flotan grandes trozos de piedra pómez, que el autor se inclina a atribuir a despegamientos del fondo del lago. El oleaje es bastante vivo, porque el viento se encauza según el rumbo del valle. En la observación *in situ* se perciben también varias líneas de resaca, dentro de las cuales se hallaron pizarras oscuras con amonites muy desgastados por el oleaje. La vegetación que ha crecido dentro de estas ensenadas demuestra que las irrupciones del agua son temporarias.

La ensenada 2 se halla situada por detrás del espolón de morena que llega casi a la orilla del lago, Fig. 3. En su extremidad más distante del

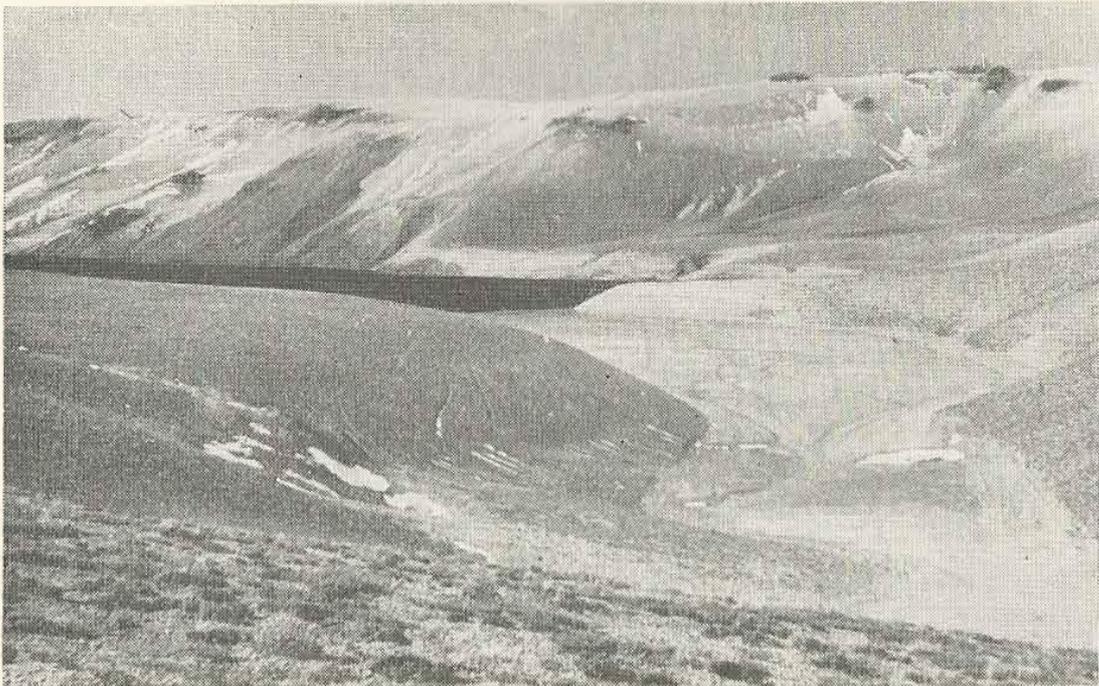


FIG. 3.

lago se encuentra un pequeño remanente de agua, lo que demuestra que la pendiente se da desde el lago hacia la ensenada.

La Fig. 4 ilustra el frente del dique y nos permite observar su altura y la ubicación de algunas filtraciones. La Fig. 5 es un detalle de las filtraciones, que en este lugar afectan la forma de chorros. En la base del dique, se ve claramente que la obsidiana está muy aclivajada y se aprecian grandes bloques de ella esparcidos a lo largo de los arroyos, lo que demuestra que se va derrumbando ininterrumpidamente. Otro factor que influye en esta destrucción es la pronunciada pendiente del frente del dique y lo poco consistente del material superpuesto a la obsidiana, y que constituye el portezuelo culminante. Los surtidores de agua son varios y existen otros que están bastante alejados del dique. Es de interés destacar que, conforme a referencias de personas del lugar, Los Toneles —nombre dado regionalmente a estos surtidores—, han retrocedido y cambiado de forma en los últimos 20 años. El arroyo formado

en Los Toneles, origina un cañón en la Pampa del mismo nombre, o del Rayo, dentro de la cual se observan acumulaciones morénicas.

Al llegar el lago a cubrir las dos bahías laterales, su espejo de aguas se encuentra aproximadamente a 18 m por debajo de la cota máxima del portezuelo del dique. Cabe preguntarse si en este caso y persistiendo la creciente por más tiempo del acostumbrado no se generarían filtraciones entre el relleno morénico y la barrera de obsidiana. Esto provocaría, en caso de producirse, el arrastre del material morénico que constituye el portezuelo, adquiriendo las aguas gran fuerza erosiva por la abundante cantidad de bloques de piedra pómez que hay en suspensión en el lago. Ello naturalmente condicionado al espacio que en realidad ocupe la obsidiana por debajo del dique de morena y al hecho de encontrarse ésta o no muy fracturada en bloques. La máxima profundidad del lago, puede estimarse en unos 150 m. En caso de ocurrir la ruptura del dique,

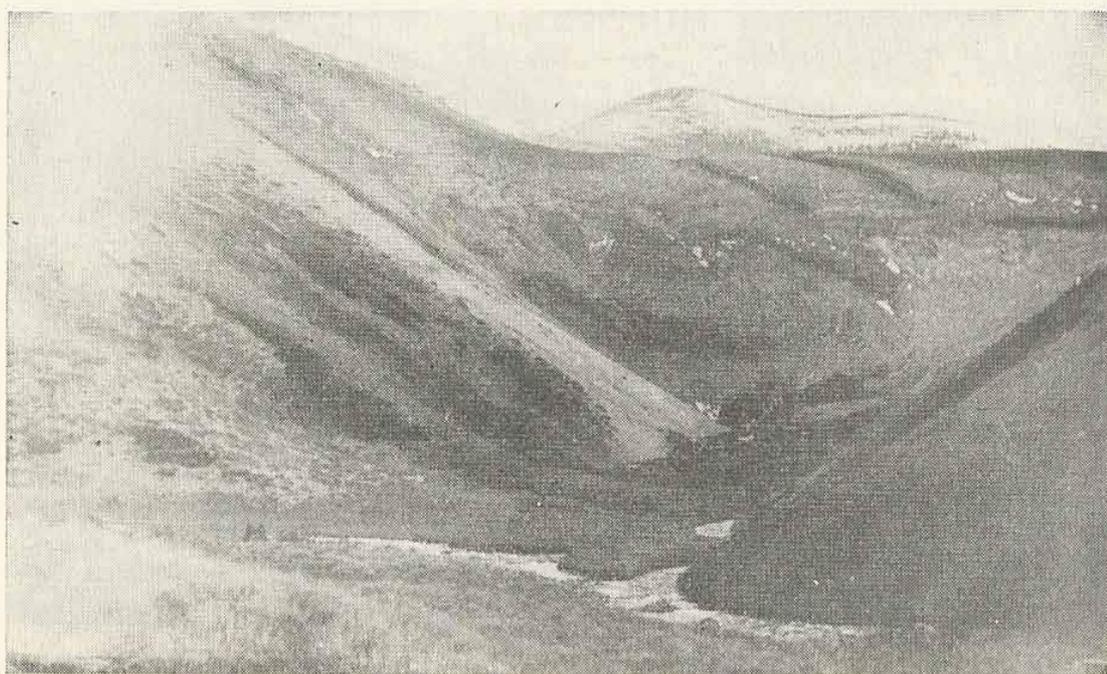


FIG. 4.

el lago bajaría bruscamente de nivel, produciéndose una avalancha de grandes proporciones.

La relación entre la alimentación y el desagüe subterráneo en estos años de sequía ha permitido la conservación del nivel del lago dentro de límites que no representan un peligro inmediato. Su reducida cuenca de alimentación nos inclina a predecir que la cantidad de nieve deberá ser muy grande para que se incremente en forma peligrosa el nivel del lago. Esto mismo puede afirmarse con respecto a la Laguna Fea. También puede darse el caso de que la presión de profundidad, al incrementarse los niveles, haga aumentar las filtraciones equilibrando así una mayor precipitación.

Otro caso que puede producirse es el de que las filtraciones sean obstruidas por sedimentos o interrumpidas por movimientos de carácter sísmico.

mico, lo cual automáticamente produciría la colmatación del lago. Factor que asimismo debe tenerse en cuenta es el efecto mecánico y erosivo de la nieve que se acumula sobre dicho portezuelo.

Por otra parte, cabe hacer notar que en los últimos años las precipitaciones han sido más bien escasas en dicha zona, pero si el clima llegara a tornarse más húmedo, sería necesario vigilar atentamente el comportamiento del lago llamado Laguna Negra.

El lago nombrado Laguna Fea, cuyas filtraciones también dan origen al Barrancas, se halla situado frente al portezuelo de Sepúlveda. El valle glacial que le sirve de artesa, se comunicaba con el Barrancas por medio del arroyo Puente de Tierra, llamado así por atravesar un puente de tierra originado por filtraciones subterráneas en terrenos poco consistentes.

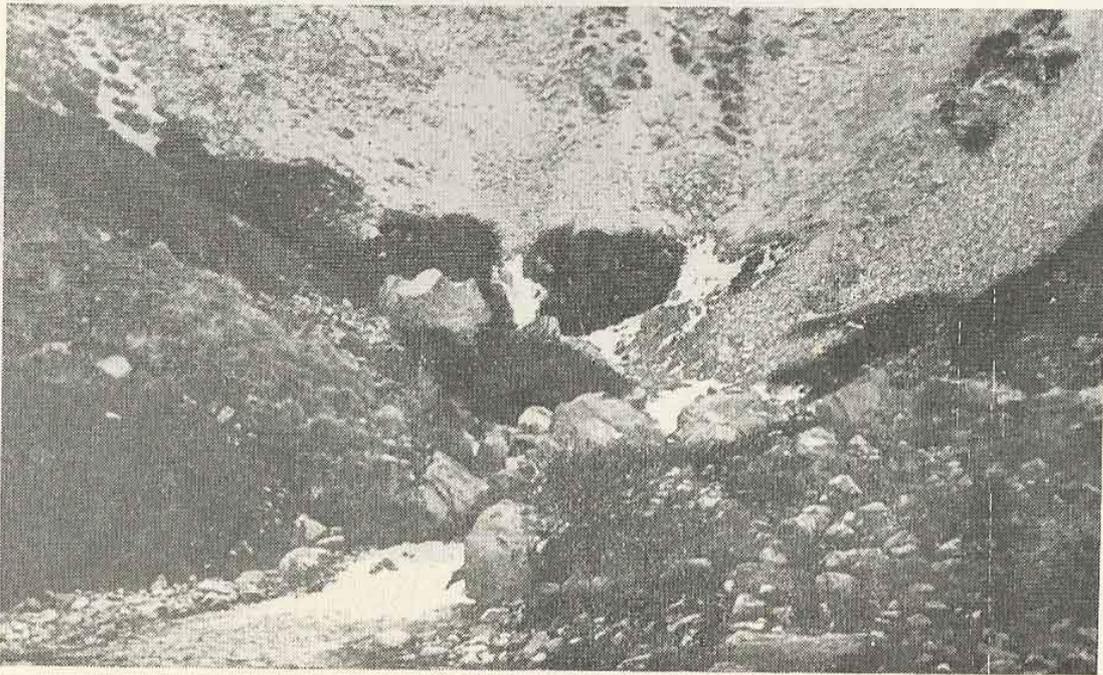


FIG. 5.

El mismo centro volcánico, cuyas manifestaciones efusivas dieron origen a la Laguna Negra, obstruyó también este valle dando lugar a la formación de este lago. Las precipitaciones y deshielos hacen aumentar de nivel sus aguas y cuando se eleva 4 m por encima de su nivel normal, a semejanza de Laguna Negra pasan sus aguas a una lagunita o ensenada adyacente situada sobre su dique de contención, momento en el cual un portezuelo de material morénico, de unos 40 m de altura, la separa de la prolongación del valle que corre hacia el arroyo Puente de Tierra. El color de las aguas de este lago es azul cobalto, a diferencia de Laguna Negra, cuyas aguas ofrecen una superficie grisácea y de menor transparencia.

Sus orillas están constituídas por cadenas de 600 a 700 m sobre el nivel de las aguas, y su margen derecha es una pared de basalto que

tiene un espesor de 1000 a 1500 m y que constituye la margen izquierda del valle o Cajón de Los Caballos, que corre paralelo a ella.

Las aguas de este lago atraviesan esta pared de roca muy por debajo de su nivel y caen a este valle. El agua que filtra es más o menos equivalente al volumen de las filtraciones de Laguna Negra, uniéndose al arroyo Cura Milio que corre por el fondo del Cajón de Los Caballos, Fig. 6.

Este valle se caracteriza por presentar la curiosa combinación de dos formas típicas: una es la de valle de origen glaciar, claramente visible por su forma típica en "U", y en la que las rocas de ambas márgenes



FIG. 6.

están pulimentadas no habiendo podido la intensa meteorización borrar la huella de la acción del hielo. La otra forma es la de Cañón, que está elaborado en el fondo del mismo valle. Este cañón, por el que corre el Cura Milio, se estrecha en algunos lugares hasta 15 m con paredes a pique de hasta 60 m de profundidad. En la Fig. 6 el lado derecho corresponde a la pared que separa este valle de la Laguna Fea, en cuya base fluyen las filtraciones provenientes de esta última.

V. CONCLUSIONES

Del análisis expuesto surge la existencia de un riesgo potencial de inundación con fuente de origen en las Lagunas Negra y Fea. Como medidas de prevención adecuadas, el autor opina que convendría:

a) Controlar el nivel alcanzado por la Laguna Negra en sus últimas crecientes, no verificadas por el autor, para observar si la alimenta-

ción ha superado o no el volumen de las filtraciones y el lago ha incrementado o no su nivel y su peligrosidad de desborde.

b) Investigar lo mismo con respecto a la Laguna Fea.

c) En el caso de no haber aumentado el nivel, verificar si la presión de profundidad ha hecho incrementar las filtraciones del dique.

d) Observar cómo ha reaccionado el terreno constituyente del fondo plano de las dos ensenadas adyacentes, a fin de tener certeza acerca del comportamiento del material, y de si es levantado por diferencia de densidad, provocando el ahondamiento de estas dos ensenadas con el consiguiente debilitamiento del dique.

e) Que conviene sondear la parte superior del dique para observar su composición mineralógica hasta cierta profundidad y ver si la obsidiana está yaciendo inmediatamente por debajo de la masa morénica, en el medio del dique, para estimar su solidez real.

ARTÍCULOS BREVES

551.511 (82) (09) (049.2)

A propósito de una crítica al trabajo "Circulación General del Aire en la República Argentina. Historia de una Investigación Científica" ¹

POR GEORGES DEDEBANT *

La reciente crítica de que ha sido objeto el trabajo del epígrafe ², si bien en una sola de sus enunciaciones, le dan oportunidad al autor para volver sobre el tema consignando un error de interpretación del impugnante.

Resumamos la cuestión. Hemos hecho el estudio de las correlaciones báficas en la Argentina ³ para el mes de julio de 1942 en función de una centena de estaciones (método sinóptico). El punto elegido (San Pedro de Chile) lo fué en base a la carta de períodos ergódicos, trazada con anticipación. Para tranquilidad de conciencia lo mismo hicimos con la isla Juan Fernández, sin haberse revelado, por parte de esta estación, ningún fenómeno organizado.

El cuadro I reproduce la parte de sus resultados, donde se ve la marcha de la correlación en relación al decalaje del tiempo.

CUADRO I.—*Correlaciones de presión entre Isla Juan Fernández y las estaciones indicadas (mes de julio de 1942)*

Según G. Dedebant y R. Di Maio ⁴

Estaciones. Decalaje $h =$	0 H	24 H	48 H	72 H	96 H
Isla Juan Fernández 79°	1.80	0.73	0.64	0.79	0.70
Santiago/Valparaíso	0.83	0.78	0.65	0.72	0.79
Cristo Redentor	0.74	0.79	0.77	0.68	0.68
Mendoza	0.78	0.72	0.72	0.66	0.69
San Luis 66°	0.78	0.74	0.74	0.60	0.66
Río Cuarto	0.78	0.71	0.76	0.65	0.68
Rosario 60°	0.74	0.70	0.62	0.64	0.69
Guaaleguay	0.69	0.73	0.60	0.62	0.66
Buenos Aires	0.66	0.72	0.59	0.64	0.70
Montevideo	0.57	0.76	0.58	0.54	0.60
Punta del Este 56°	0.61	0.78	0.60	0.54	0.62

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

¹ DEDEBANT, G., en METEOROS, año III, Nos. 2-3, abril-sept. 1953, págs. 194 y ss.

² SCHWERTPFEGER, W. — «Valoración de posibles observaciones meteorológicas en el océano Pacífico, al oeste de Chile, para la previsión del tiempo en la Argentina», METEOROS, año IV, Nos. 1-2, enero-junio 1954, págs. 99 y ss.

³ DEDEBANT, G. y DI MAIO, R. — «Isocorrelación báfica aplicada a la República Argentina», METEOROS, año II, Nos. 1-2, enero-junio 1952, págs. 23 y ss.

⁴ Resultados no publicados por formar parte de ensayos infructuosos.

Las estaciones se clasifican de O a E (San Luis corresponde poco más o menos a Villa Mercedes). Se ve "grosso modo" que las isocoras están en los alrededores del paralelo 34°S , orientadas según los *paralelos* y permanecen sensiblemente estacionarias.

Si tuviéramos una onda de correlación bórica de O a E las isocoras estarían orientadas según los *meridianos*. Es claro que sólo la coherencia sinóptica confiere a las correlaciones una significación física. La aplicación del método estadístico a la Meteorología no se reduce a una búsqueda de las correlaciones altas. Para trazar un $r(h)$ hacen falta las pequeñas y las grandes.

CUADRO II. — *Correlación de las variaciones bóricas en 24 horas entre Isla Juan Fernández y Villa Mercedes. (Mes de junio de 1949 y 1950).*

Según el Dr. Schwerdtfeger⁵

Decalaje $h =$	0 H	5 H	11 H	13 H	18 H	24 H
Coefficiente de correlación en 24 horas	0.45	0.65	0.78	0.79	0.66	0.38

Estos resultados difieren indudablemente de los nuestros. Habríamos tenido la mala suerte de caer en un mes de invierno tan excepcional que nos habría disimulado la acción tan dominante de las "corrientes conducentes".

Después de un poco de reflexión, lo que choca en los resultados obtenidos por el Dr. Schwerdtfeger es la regularidad y la precisión cronométrica con las cuales él obtiene los máximos de intercorrelación al cabo de 13 horas.

Por otra parte, nuestro colega el Dr. Walter Georgi, que ha estudiado el clima de Mendoza, publicó en esta misma revista una nota titulada "Regulación del tiempo por la doble onda diaria de la presión atmosférica, en Mendoza"⁶, la cual comienza con esta frase: "En Mendoza... la doble onda diaria de la presión atmosférica se percibe bien y no es impedida por perturbaciones aperiódicas". Y tal afirmación, ¿no lleva acaso a pensar que esta onda tenga por sí misma un carácter dominante en la marcha del barómetro en la latitud de 34°S que, no lo olvidemos, es por sí mismo el eje de la cintura anticiclónica de las calmas subtropicales?

En fin, el procedimiento consiste en seleccionar los casos favorables en forma que la selección del intervalo de variación no pueda más que acentuar todavía la dominancia.

Esta sería, entonces, más simplemente la doble onda diurna de la presión que creará el máximo de intercorrelación entre la isla de Juan Fernández y Villa Mercedes para un retardo $h = 13\text{ H}$.

Entonces, hay lugar a temer que éste sea precisamente el caso. Una prueba de naturaleza matemática puede darse mediante la teoría de las funciones aleatorias (que es necesario emplear, ya que se trata de correlaciones).

⁵ METEOROS, año IV, Nos. 1-2, enero-julio 1954, p. 101.

⁶ Cfr. METEOROS, año II, Nos. 3-4, jul.-dic. 1952, pág. 182 y ss.

Sean X/t y Y/t las presiones en las estaciones 1 y 2.

La cupla $(X/t, Y/t)$ es una función vectorial aleatoria que se supondrá estacionaria (pues sin estacionariedad no se tendría ergodicidad). Sus auto e intercorrelaciones estén definidas por el tensor:

$$\begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{vmatrix} (h) \quad h = t_2 - t_1$$

Se pondrá para simplificar: $r_{11} = r_{22}$ y resulta $r_{12}(h) = r_{21}(-h)$, lo que reduce a dos el número de funciones escalares necesarias para describir la correlación. Las $r(h)$ y $r_{12}(h)$ son dos funciones distintas, sometidas solamente en su conjunto a condiciones de desigualdad (condiciones de coherencia).

De acuerdo con un teorema de CRAMER ellas admiten las descomposiciones espectrales siguientes:

$$r(h) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega h} dF(\omega)$$

donde F es una repartición, y

$$r_{12}(h) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega h} dF_{12}(\omega)$$

donde F_{12} es una función a variación acotada, continua a derecha. Esta no es en general una repartición pero sí la diferencia de dos reparticiones.

De las correlaciones de presión se deducen otras de variaciones de presión en Δ ; en particular

$$\varrho(h, \Delta) = \frac{2r_{12}(h) - r_{12}(h - \Delta) - r_{12}(h + \Delta)}{2[1 - r(\Delta)]}$$

Sea

$$\varrho(h, \Delta) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega h} dG(\omega, \Delta)$$

la descomposición espectral de ϱ .

G se determina por medio de las F por la relación

$$dG(\omega, \Delta) = \frac{2 \operatorname{sen}^2 \frac{\omega \Delta}{2}}{1 - r(\Delta)} dF_{12}(\omega)$$

de donde, por integración, se obtiene:

$$G(\omega, \Delta) = a(\Delta) + \frac{2}{1 - r(\Delta)} \int_{-\infty}^{\omega} \operatorname{sen}^2 \frac{\omega \Delta}{2} dF_{12}(\omega)$$

Para una mejor comprensión comenzaremos por el caso de una *onda simple* de período T .

Se tiene entonces:

$$F(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{para } \omega = \frac{2\pi}{T} \\ 0 & \text{para cualquier otro valor} \end{cases}$$

de donde

$$r(\Delta) = \cos \frac{2\pi\Delta}{T}$$

$$F_{12}(\omega) \begin{cases} a & \text{para } \omega = 0 \\ -b e^{-\frac{2i\pi\varphi}{T}} & \text{para } \omega = \frac{2\pi}{T} \\ 0 & \text{para todo otro valor} \end{cases}$$

Se deduce entonces

$$G_{12}(\omega, \Delta) = a(\Delta) + H(\omega)$$

donde

$$H(\omega) \begin{cases} -b e^{-\frac{2i\pi\varphi}{T}} & \text{para } \omega = \frac{2\pi}{T} \\ 0 & \text{para todo otro valor} \end{cases}$$

Por consiguiente:

$$\rho(h, \Delta) = a(\Delta) - b \cos \frac{2\pi}{T} (h - \varphi)$$

Entonces, entre 0 y T, ρ es máximo para

$$h = \frac{T}{2} + \varphi.$$

APLICACIÓN. — Si el fenómeno estudiado es una onda diurna de presión se tiene:

$$T = 24 H$$

φ = diferencia de las horas locales 1 y 2.

En el caso de la Isla Juan Fernández y Villa Mercedes separadas por 14° de longitud se tiene $\varphi = 14^\circ \times 4 \text{ min} = 56 \text{ min}$, y, por consiguiente:

$$h = 12 \text{ h } 56 \text{ min}$$

Pasemos ahora a una *onda compleja* de período T (onda doble diurna de presión). Entonces r_{12} y r son desarrollables en series de FOURIER. Y se tiene

$$\rho(h, \Delta) = a(\Delta) + \frac{\sum_{n=1} b_n \text{sen}^2 \frac{n\pi\Delta}{T} \cos \frac{2\pi n h}{T}}{\sum_{n=1} \alpha_n \text{sen}^2 \frac{n\pi\Delta}{T}}$$

Cuando se toma $\Delta = T$ el cociente se presenta bajo la forma indeterminada $\frac{0}{0}$. La regla de l'HOPITAL levanta la indeterminación y se obtiene:

$$\rho(h, T) = a - \frac{r_{12}''(h)}{r''(0)}.$$

$\rho(h, T)$ es entonces una función par de período T , y presenta siempre un extremo entre 0 y T para $h - \varphi = \frac{T}{2}$. Este extremo es un máximo cuando, como en este caso, $r_{12}(h)$ crece a partir de $h = 0$.

La cosinusoide:

$$\rho(h, 24) = a - b \cos \frac{\pi}{12} (h - 1)$$

representa bastante bien los resultados del Dr. Schwerdtfeger (cuadro III).

CUADRO III. — Valores de $r(h, 24)$ deducidos de una cosinusoide

Decalaje $h =$	0 H	6 H	11 H	13 H	18 H	24 H
Coefficiente de intercorrelación debido a la onda diurna.....	0.41	0.55	0.77	0.80	0.65	0.41

Y es de la existencia de un máximo de la intercorrelación en el entorno de las 13 H de donde el Dr. Schwerdtfeger deduce la existencia de una onda de correlación que emplea 13 H para recorrer 1300 km.

En resumen: Con lo expuesto por el autor queda demostrado que las conclusiones del impugnante reconocen otra clase de interpretación que la consignada por él en su artículo, lo cual pone de relieve las precauciones que conviene tomar cada vez que se intenta extraer conclusiones físicas de las computaciones estadísticas.

NOTAS Y COMENTARIOS

Lucha antigranizo en Europa. — Es curioso constatar que en ciertos países de Europa, como Francia, Suiza e Italia, se sigue usando extensivamente el así llamado cohete antigranizo como medio de combatir el flagelo. En Francia, en sólo un día, se gasta todavía en cohetes antigranizo una suma del mismo orden de magnitud de la que disponen para todo un año el conjunto de los laboratorios universitarios franceses para sus investigaciones meteorológicas.

Es en este mismo país, sin embargo, donde actualmente se desarrolla uno de los ensayos antigranizo más serios e interesantes. Sobre una región que cubre alrededor de 20.000 km², en el interior del ángulo que forman los Pirineos y la costa atlántica hasta la Gironde, fuertemente azotada por granizadas, el grupo de hombres de ciencia del Observatorio de Puy-de-Dôme, bajo la dirección de H. Dessens, conduce desde 1951 una serie de experiencias de prevención del meteoro en base a fumigaciones masivas de AgI desde tierra.

Se utilizan quemadores simples de carbón de leña impregnado en una solución de AgI en la proporción de 15 g de esta sal por kg de carbón. De seis quemadores en 1951, se ha pasado a 21 en 1952 y a 41 en 1953.

El conjunto de las experiencias presenta hasta ahora un cuadro muy alentador, pese a las dificultades prácticas propias de las nuevas técnicas. En 1953 las pérdidas aparecen como sin importancia y correspondientes a fallas locales de los dispositivos de emisión. Sin adelantarse todavía una conclusión definitiva en cuanto al éxito de estos tratamientos, los experimentos se intensifican en 1954 sobre un área experimental poco modificada.

La importancia de estos ensayos ha tenido ya su eco en Suiza, donde el Prof. R. Sängler ha estimado oportuno iniciar experiencias de prevención del granizo en

el llano de Magadino, mediante la instalación de una decena de fumigadores de AgI. Es interesante recordar que fué precisamente en este llano donde recientemente se completó un decisivo ensayo de cohetes antigranizo, durante cinco años sucesivos, con gran densidad de tiro y controles rigurosos, llegándose, por supuesto, a resultados totalmente negativos.

Paralelamente con el progresivo mejoramiento de las técnicas en base a lo sugerido por las experiencias, el grupo científico del Puy-de-Dôme ha hecho contribuciones de interés en Física de Nubes. Por ejemplo, los estudios experimentales de Dessens sobre el mecanismo de formación del granizo y sus trabajos fotogramétricos, en combinación con las experiencias de Lafargue —confirmadas por Bigg en Inglaterra— hacen suponer a este grupo que la zona productora del pedrisco se encontraría en los Cb entre las isoterms de 0°C y -15°C, requiriéndose gotas en sobrefusión de $r > 100 \mu$, formadas ya sea por coalescencia o por la presencia de grandes núcleos higroscópicos.

Por otra parte, utilizándose una cámara frigorífica original, en la cual, mediante el empleo de mezclas eutécticas, se logran temperaturas prácticamente constantes, se ha podido evidenciar la existencia de otro tipo de inactivación de los núcleos de AgI, debida en este caso a procesos de sublimación o de humidificación. Este hecho parece tener relación con la observación según la cual, aparentemente, los núcleos cristalógenos de esta sal muestran una eficacia relativa diferente cuando penetran en la nube a temperaturas positivas o, directamente, por la zona en sobrefusión.

Finalmente, realizanse también estudios sobre la influencia probable de las brisas de valle y del microrrelieve sobre la formación de las tormentas graníceras. — FÉLIX ALBANI.

Perspectivas de aprovechamiento de la energía solar e información básica meteorológica necesaria. — Hoy día, en que se busca activamente la economía de energía, la utilización cada vez mayor de las fuentes energéticas permanentes —sean ellas la energía hidráulica o eólica, el oleaje, las mareas, la diferencia térmica entre superficie y fondo del mar, o la radiación

solar— asume gran interés público, ya que de un adecuado aprovechamiento del potencial energético total se derivan siempre beneficios incalculables para la comunidad.

La energía solar, como la del viento, es ubicua, gratuita e inagotable. Es, por otra parte, de baja densidad, discontinua y variable a ciclos periódicos, y su intensidad está limitada por la nubosidad y turbiedad

atmosférica. Las zonas óptimas para su utilización son aquellas en que la radiación solar aparece como la única fuente natural energética abundante, y donde los transportes de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos suelen ser caros, peligrosos y aun imposibles en ciertas épocas. El uso de la energía solar puede ser así una solución racional en todos aquellos casos en que las circunstancias geográfico-económicas la señalen como fuente energética principal o complementaria. Eventualmente, la posibilidad de su concentración y sus características específicas hacen que su aprovechamiento potencial pueda extenderse a otras regiones menos favorables desde el punto de vista climático, pero donde su empleo concurre a solucionar un determinado problema energético de índole industrial o doméstico.

A pesar de que cálculos preliminares pueden indicar que a los costos actuales y en condiciones normales no parece ser comercialmente ventajosa la utilización de la energía solar para generación de potencia, calefacción o aun para calentamiento de agua para uso doméstico, su uso oportuno puede ser la solución adecuada para ciertos lugares y para problemas especiales técnicos o de investigación de la agricultura y de la industria. Un ejemplo de ello es el horno solar actualmente en funcionamiento en Mont-Louis, Francia. Por otra parte, como ha sucedido en los EE. UU., en cualquier momento la energía solar puede llegar a competir con otras fuentes energéticas de uso común, por variaciones en precio o utilización de materiales y diseños más ventajosos. Además, siendo su conversión a potencia posible en cualquier momento, su disponibilidad es una garantía de que no debe contemplarse un cese de la actividad industrial por falta de otras fuentes de energía.

Estas consideraciones sugieren la conveniencia de estudiar las diversas posibilidades de utilización de esta fuente energética, y su disponibilidad cuantitativa en espacio y tiempo, con el fin de propender a su empleo progresivo si resultare aconsejable, y estar preparados en todo caso para su uso en pequeña o gran escala en cualquier momento. Para ello, es importante conocer, asimismo, cuáles son los datos básicos necesarios para los estudios de aplicación a emprenderse.

Algunas posibilidades de aprovechamiento de la energía solar. — A pesar de que sólo en los últimos tiempos se ha pensado en la utilización directa de la energía solar como fuente de potencia, el hombre ha hecho uso continuo de ella desde los primeros tiempos, aprovechándola en forma indirecta a través de alimentos y combustibles.

La fotosíntesis clorofiliana es el proceso por el cual las plantas verdes, a la temperatura y presión normales, son capaces de combinar el CO_2 del aire con el agua para la síntesis de carbohidratos, utilizándose alrededor de 112 Kcal de energía solar por mol. Resulta inesperado constatar que este proceso, que involucra foto y termo-reacciones, es de un rendimiento extremadamente bajo. Un cultivo común de maíz convierte alrededor del 1 % de la radiación posible en materia orgánica durante su ciclo vegetativo, lo que significa un rendimiento anual de 0,3 % (5).

Si imaginamos condiciones óptimas de humedad, nutrición mineral y temperatura, podemos calcular el máximo rendimiento teórico a esperarse. Contrariamente a lo que se creía, sólo alrededor del 20 % de la energía solar absorbida puede ser utilizada por la clorofila para su función fotosintética. Como, además, es absorbida únicamente cerca de la mitad de la energía contenida en todo el espectro, y el cultivo ocupa el terreno aproximadamente $\frac{1}{3}$ del año, nos queda la posibilidad de alcanzar un rendimiento teórico del 3,3 %. Podremos aproximarnos a esta eficiencia ideal imaginando, como dijimos, que todos los demás factores que influyen sobre el rendimiento se encuentran en su grado óptimo al alcance de la planta. Para dar una idea de lo que significa ese margen del 3 % teórico, tomemos, por ejemplo, la masa de energía que puede recibir anualmente una hectárea en las cercanías de Buenos Aires: 15×10^9 Kcal. El 3 % de esta cantidad alcanza a 45×10^7 Kcal, lo que es groseramente equivalente a 123 Ton de maíz en grano o a 40 Ton de petróleo.

Es interesante puntualizar aquí que el rendimiento máximo teórico para la producción de alimentos no pasaría así de un 10 % anual.

El aprovechamiento directo de la energía solar en una de sus formas más simples es el calentamiento de agua para uso doméstico, que en California y Florida (EE. UU.) se lleva a cabo utilizando desde el simple tanque expuesto pintado de negro, hasta el más elaborado sistema de serpentines colectores en un cajón negro cubierto de vidrios (1 ó 2), y el tanque-termo separado. En California, un tanque de 120 litros, cilíndrico, pintado de negro y montado casi verticalmente sobre un tablero inclinado para una mejor recepción de los sayos solares, da suficiente agua para dos o tres duchas a eso de las 4 de la tarde en días cálidos y calmos (4), y en Florida, las empresas que explotan el ramo calculan que para una familia de 6 personas es suficiente un tanque-termo de 400 litros alimentado por un colector de 5.61 m². A pesar de que algunos colectores están cons-

trufidos con marcos de aluminio y llevan tubería de cobre, la energía solar compite ya en este campo con la energía eléctrica y el gas natural, aun a los bajos costos de estos últimos. En EE. UU., estos calefones solares se pagan íntegramente en un lapso de 11 a 14 años con el dinero ahorrado anualmente en combustible. Las unidades pueden trabajar como autosuficientes o combinadas con otro sistema de calentamiento, para compensar los posibles lapsos en que la radiación solar se reduzca demasiado (nublados anormales u otras causas).

Este tipo de colector plano ha sido estudiado en el Massachusetts Institute of Technology (6) y en California (4) en forma detallada, de modo que se sabe cómo debe variar la inclinación de la superficie receptora y el número de planchas de vidrio en función de la latitud, turbiedad atmosférica, temperatura exterior y temperatura de trabajo requerida. El rendimiento de estos receptores puede predecirse para cualquier localidad de la cual se disponga de datos piranográficos. Como es lógico, el número de vidrios necesarios aumentará cuando se requiera una temperatura de trabajo mayor o cuando la intensidad de la radiación solar sea menor. Mediante un tratamiento especial, que podría no ser muy caro, puede reducirse la reflectividad media ponderada para todo el espectro del 4 al 2 %, lo que permite doblar el número de vidrios sin cambiar la intensidad de la radiación solar, mientras las pérdidas calóricas son reducidas a la mitad o la diferencia de temperatura con el aire exterior se duplica.

Como fuente de potencia, el colector plano parece estar todavía lejos de poder competir con el fuel-oil u otros combustibles comunes, aun utilizándose vidrios de alta transmisividad, salvo casos muy especiales. Una buena estima (7) da una potencia probable de 30-50 HP por hectárea, según los lugares, o sea un orden de magnitud de 0.015 HP por metro cuadrado de colector. Es que estos colectores solares, si bien son capaces de alta eficiencia térmica, acusan por otra parte un bajo rendimiento termodinámico para producción de potencia.

Aun utilizándose dispositivos más eficaces de concentración, como espejos parabólicos en movimiento paraláctico, sólo se alcanza una potencia de alrededor de 150 HP por hectárea, y el encarecimiento de las instalaciones es considerable. El diseño más perfeccionado que se conoce en este tipo es el del Dr. Abbott (1), en el cual un líquido de alto punto de ebullición circula por un tubo colocado en el foco de un espejo parabólico cilíndrico. El tubo, de cobre pintado de negro, va incluido en

una camisa de vidrio donde se ha hecho el vacío. Con este aparato se obtiene una eficiencia de colección del 60 %, y un porcentaje de conversión de la energía solar a potencia del 15 %.

La característica discontinuidad astronómica de la energía solar, y su circunstancial discontinuidad por acción de las nubes, la hacen adecuada para aquellos servicios que no requieren necesariamente actividad continuada, como sería, por ejemplo, una planta bombeadora para riego. En Egipto se han utilizado reflectores parabólicos cilíndricos para generar vapor destinados a una planta de esta naturaleza, capaz de producir 12 libras de vapor por hora cada 100 pies cuadrados de área receptora.

El uso de los espejos parabólicos con dispositivo paraláctico permite alcanzar niveles térmicos considerables. En el horno experimental del Laboratorio de Energía Solar de Mont-Louis (Francia), un espejo plano paraláctico refleja los rayos solares sobre un concentrador paraboloide de 90 m², el que en su foco, a unos 6 m, permite alcanzar temperaturas de alrededor de 3000° C en 30 segundos. Este horno solar semiindustrial, concebido como prototipo de instalaciones mucho más poderosas, que serían fácilmente realizables siguiendo los mismos principios, permite la fusión de masas importantes de materiales ultrarrefractarios, y la fusión del hierro a razón de 60 Kg/h, es decir, media tonelada por día (11).

Se ha pensado también en utilizar las termocuplas como generador termoelectrónico, y en este campo se ha avanzado extraordinariamente, ya que en las termocuplas comunes, con una diferencia de 400° C, sólo se logra una conversión a energía eléctrica del 0.75 %, mientras que con elementos de cinc-antimonio y pequeñas cantidades de estaño o plata, en cupla con galena más un exceso de plomo, se logran rendimientos del 7 %. Estas termocuplas producen de 330 a 390 $\mu\text{v}/^{\circ}\text{C}$, lo que es extraordinario comparado con la potencia de 76 $\mu\text{v}/^{\circ}\text{C}$ de la termocupla de cromo-constantán (8). Para alcanzar el nivel de 400° C se requiere, sin embargo, el dispositivo concentrador paraláctico.

Las superficies de agua pueden ser tratadas con el objeto de favorecer el almacenaje de calor mediante soluciones estables a la luz, de baja tensión de vapor, alta opacidad y bajo poder emisivo para las ondas largas. Diversos cloruros y acetatos, el tiocianato de calcio y el perclorato de cobre son activos en este sentido. Se ha estimado que con estos tratamientos es posible lograr diferencias entre el líquido y la temperatura exterior de 30 a 60° C, lo que puede utilizarse para dispositivos de precalentamiento de agua o gases o

para generación de energía mecánica. En Arizona funcionó durante un tiempo una planta de energía solar que utilizaba el calentamiento de agua en una laguna de poca profundidad a la que se le había ennegrecido el fondo artificialmente. El calor allí acumulado se aprovechaba para mover una máquina a anhídrido sulfuroso, el cual era enfriado también por evaporación de agua.

Empleando colorantes solubles de alta absorptividad para la radiación de onda corta, como el verde 2-naftol, la compañía extractora de sales de potasio «Potash Co.», en Israel, logró acrecentar el rendimiento de sus evaporadores en un 40 %.

La destilación de agua para uso industrial y laboratorio, y para bebida en zonas de escasa agua potable, puede también efectuarse haciendo uso de la energía solar. De hecho, en la marina norteamericana se han utilizado destiladores simples de agua de mar, consistentes en una chapa ennegrecida capaz de contener una delgada capa de agua, recubierta en forma de globo por un plástico (vinylite) transparente. El agua condensada en la pared interna del plástico se recoge en un recipiente en el fondo.

Se han propuesto modelos diversos para los destiladores solares, pero en esencia constan de un cajón hermético, una superficie negra absorbente cubierta por una delgada capa de agua, una o dos planchas de vidrio para recepción y acumulación de la energía solar, y el condensador, que puede estar separado o ser otra plancha de vidrio que mira al cielo frío. En modelos más simples, el mismo vidrio receptor sirve de condensador, pero la eficiencia es lógicamente menor. Estos aparatos pueden producir de 5 a 10 litros de agua destilada por m² de superficie receptora y por día. Pueden hacerse, asimismo, paralácticos.

Sistemas similares, pero adaptados no para destilación sino para simple fusión, pueden ser de gran utilidad en aquellos lugares donde la nieve es la única fuente de agua. En tales casos, un simple cajón con vidrios que cubra un tanque de buena superficie absorbente puede dar buen rendimiento.

Los llamados heliosecaadores se fundan en el mismo sistema que los destiladores y se adecuan actualmente a todos los procesos de desecación industrial. En el secado de frutos y granos, los heliosecaadores pueden economizar obra de mano, tiempo y superficie, para el caso de los secadores comunes al aire libre, y combustible en los de otro tipo. Aun sin recurrir a instalaciones especiales, la adecuación racional de estos sistemas de desecación a los principios físicos que gobiernan la radiación y su absorción mejora notablemente el ren-

dimiento y disminuye así su costo. En Davis, California, una planta deshidratadora disminuye su costo de calentamiento haciendo simplemente circular su aire de reposición a través de 60 m de un caño de riego en desuso de 8 pulgadas, pintado de negro y expuesto al sol. No pocas iniciativas de esta índole pueden mejorar en buen grado los rendimientos.

La calefacción doméstica solar, si bien es posible en muchos lugares, conviene más a aquellas regiones donde los valores de la heliofanía son altos y la deficiencia térmica no es muy grande. Esta última, también llamada «carga calórica» (*heat load*), es considerada proporcional a la diferencia térmica media diaria por debajo de los 18° C. Relacionando este valor con la heliofanía efectiva obtenemos una magnitud que representa, aproximadamente, el número de días-grados que tendrían que ser compensados por una hora de insolación. Una relación alta indica lógicamente la necesidad de un mayor o más elaborado sistema de calefacción solar. Más exacto sería relacionar el número de días-grados con los datos piranográficos, pero la mayor disponibilidad de registros heliofanográficos permite llegar a una solución práctica bastante aceptable.

Cerca de Boston (Mass.), a la latitud de 4° N, y con una relación días-grados/horas de sol igual a 8, se han construido dos casas experimentales con calefacción solar. La primera (Dover house) (10) utiliza colectores verticales en su fachada, y el calor es almacenado como calor de fusión de una sal hidratada de bajo costo (sal de Glauber), adicionada de pequeñas cantidades de un catalizador para facilitar la recristalización. La segunda (M. I. T. house) tiene instalado un colector plano en el techo y almacena el calor solar aprovechando el calor específico del agua. En ambas casas es posible llegar a una eficiencia de colección del 35 al 40 % de la energía solar media invernal, y en días claros puede alcanzar hasta el 50-60 %.

La M. I. T. house ha logrado mantenerse a una temperatura media de 22.2° C durante todo el invierno, a pesar de que el clima de New England es muy frío (3). El colector ofrece una superficie de 37 m², y el tanque almacenador es de casi 5000 litros de capacidad. La secuencia promedio de días sin sol en el área es de dos, con un máximo de 6. Los días nublados no significan necesariamente que el colector no trabaja, ya que se ha dado el caso de personas que han llegado a quemarse los dedos tocando los caños del colector en días de heliofanía efectiva nula. Con todo, la capacidad del tanque debe ser proporcional a la magnitud de la secuencia de días nublados, y aunque el costo del agua

es despreciable, el precio de tanques termos de tal tamaño es excesivo.

La utilización de otros materiales de alta capacidad calorífica, como ladrillos, chatarra y rocas, requiere asimismo grandes volúmenes. En cambio, el uso de substancias de bajo punto de fusión hace posible almacenar la máxima cantidad de calor en un volumen limitado. El costo de las sales es bajo, y diseños más adecuados de los recipientes donde están contenidas pueden reducirlo aún más.

En cuanto al colector, la Dra. Telkes estima que su costo puede ser muy disminuído o hasta eliminado si se diseña para reemplazar todo el muro o el techo.

Mediante buena orientación, grandes ventanales y control solar pueden lograrse resultados muy interesantes en el aprovechamiento del sol para calefacción (3). Un adecuado emplazamiento de la casa, aleros calculados para sombra en verano y pleno sol en invierno, complementados con distribución estratégica de arbustos y árboles de hojas caducas frente a los amplios ventanales, si no determinan que se cubra plenamente la demanda térmica, al menos importan un gran mejoramiento de las condiciones de confort y disminuyen los gastos de combustible. El manejo conveniente de las cortinas interiores es un factor importante en la economía calórica, ya que impiden excesiva pérdida de calor durante la noche en invierno, y su entrada exagerada durante el día en verano.

La calefacción solar, desde sus formas más simples hasta las más elaboradas, necesariamente tendrá que desarrollarse con el tiempo. Muchos expertos opinan que en los próximos diez años, casas solares de alta eficiencia se hallarán disponibles en el mercado a un costo similar al de las viviendas ordinarias.

Otra perspectiva teórica interesante en el aprovechamiento de la energía solar se halla en los fenómenos fotoeléctricos y fotoquímicos, que si bien hasta ahora son de muy bajo rendimiento, tienen la ventaja inicial de no estar limitados por el 2º principio de la termodinámica. El uso de sensibilizadores y catalíticos podría llevar a resultados no despreciables de almacenamiento de energía, como podría ser la utilización del hidrógeno producido en la descomposición del agua (7).

Información básica necesaria. — El panorama expuesto, demasiado conciso tal vez y con seguridad incompleto, plantea sin embargo horizontes muy promisorios para la ciencia y la técnica. Recordemos que a pesar de ser escasa la cantidad de hombres de ciencia que se dedican a investigar los posibles usos directos de la energía solar, los progresos alcanzados han sido

notables y alentadores, y nada autoriza a pensar que, a medida que el interés se acrecienta y se disponga de mayores fondos, los desarrollos futuros no sean extraordinarios.

La importancia de estos estudios, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, ha sido comprendida en varios países, entre los cuales se distingue Francia con su « Laboratoire d'Energie Solaire », de Mont-Louis (Pirineos Orientales), y su futuro « Institut pour l'Etude de l'Energie Solaire » de Dakar, bajo la dirección del Prof. Masson. El Comité Consultivo de la UNESCO para investigaciones en las zonas áridas y semiáridas (UNESCO's Advisory Committee on Arid Zone Research) ha colocado a las investigaciones sobre el aprovechamiento de la energía solar entre las actividades de su mayor interés, y ha hecho suya la invitación del Prof. Gorinda Rao, de la Universidad de Bangalore, para una reunión sobre energía eólica y solar que, con el alto auspicio del Gobierno de la India, se celebraría en esa localidad durante el verano de 1954.

Entre tanto, y mientras los diversos países organicen sus institutos de investigación relativos al aprovechamiento de la energía solar, es importante que los diversos servicios meteorológicos del mundo estén preparados para suministrar los datos básicos necesarios al estudio y la experimentación, así como a las aplicaciones inmediatas a intentarse. Tal información debería contener:

a) Datos típicos por zona de cantidad total de energía solar recibida por mes y por año, y en días claros y cubiertos, en $\text{gcal/cm}^2 \text{ min.}$ sobre una superficie horizontal. Promedios y extremos, y desviación actual de los promedios en % mensual y anual. Para estas mediciones bastan los piranógrafos de Robitzsch, que dan una aproximación adecuada para estos fines, en red lo bastante densa como para permitir una caracterización adecuada de las diversas regiones en cuanto al clima solar. Estos datos básicos deberán complementarse con:

b) Datos heliofanográficos, en heliofanía efectiva y relativa, por mes y por año. Promedios y extremos, y desviación actual de los promedios en % mensual y anual.

c) Secuencia promedia y extrema de días cubiertos y parcialmente cubiertos, y desviación actual de los promedios en % mensual y anual.

d) Días-grados para cada mes, o sea la diferencia de temperatura diaria por debajo de un standard térmico de confort, que podría ser 18°C . Promedios, extremos y desviaciones mensuales y anuales.

e) Temperatura del aire correspondiente al arco diurno, en promedios mensual y

anual. Extremos, y desviación actual de los promedios en % mensual y anual.

f) Velocidad media del viento, en datos mensuales y anual, y desviación actual de los promedios en % mensual y anual.

Sería muy interesante, además, que se efectuaran observaciones de insolación sobre superficies verticales, especialmente sobre las orientadas al N en el H.S. y al S en el H.N., como también sobre las orientadas al E y W. No se requieren en general para estas observaciones registros extensos, ya que una vez conocida la relación vertical/horizontal para cada orientación durante un período prudencial, se puede, con mucha aproximación, efectuar la correlación para todo el registro horizontal, siempre que los albedos del terreno y cuerpos cercanos hayan sido sensiblemente los mismos. Los cálculos teóricos para convertir la radiación recibida sobre una superficie horizontal a una vertical son sólo aplicables para la insolación directa, pero no pueden integrar exactamente la radiación celeste ni la reflexión del terreno y cuerpos cercanos.

En el problema de la caracterización de los climas de radiación es importante no olvidar que, mediante una fórmula propuesta por Ångström (2, 9), es posible extender los, en general, cortos registros piranográficos de un lugar a la longitud de las series heliofanográficas, y aun calcular, en base a estas últimas series, con las debidas precauciones, la radiación global para estaciones de igual latitud y altura que la estación de referencia.

En todo momento conviene tener presentes los errores involucrados en el uso de los aparatos de medida. Para el caso de utilizarse heliofanógrafos Campbell-Stokes y piranógrafos Robitzsch, la distinta sensibilidad calorimétrica y el conocido umbral crítico de medida de los primeros no parece

ser tan importante como los métodos de contraste, de observación y de elaboración de los datos utilizados para los segundos.

Por otra parte, la presentación general de los datos elaborados deberá ser cuidadosamente elegida para que la comprensión y utilización de los mismos pueda ser inmediata y fácil. A este respecto, los mapas de isóneas y de valores zonales son los que en general suministran los datos requeridos en ciencia e ingeniería en la forma más rápida, útil y elegante, permitiendo una inteligencia fácil y exacta de los valores absolutos y relativos. — FÉLIX ALBANI.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABBOTT, C. G. — « Utilizing heat from the sun ». *Smiths. Misc. Coll.* 98: 5, 1939.
2. ÅNGSTRÖM, A. — « Report on actinometric investigations of solar and atmospheric radiations ». Report of the Intern. Conf. of Directors, Utrecht, Sept. 1923, Koninkl. Nederl. Meteorol. Inst. N° 112, 75.
3. ANONYMOUS. — « Solar heating and the solar home ». Univ. of Calif., Davis.
4. BROOKS, F. A. — « Use of solar energy for heating water ». *Smiths. Rep. for 1939*, pg. 157-181, Smiths. Inst. Washington, D. C.
5. DANIELS, F. — « Solar energy ». *Science*, January 21, 1949.
6. HOTTEL, H. C., and B. B. WOERTZ. — « The performance of flat-plate solar-heat collectors ». *Trans. Americ. Soc. Mech. Engrs.*, 64, 91-104, 1942.
7. HOTTEL, H. C. — « Artificial converters of solar energy ». *Smiths. Inst. Ann. Rep.* 1941, Washington, D. C.
8. HOTTEL, H. C. — « The engineering utilization of solar energy ». *Proc. Americ. Acad. Arts. and Sci.* 79 (4), July 1951.
9. PROHASKA, F. — « Die Globalstrahlung in Davos ». *Gerl. Beit. Geoph.* 59: 3/4: 247-275, 1943.
10. TELKES, M. — « Storing solar heat in chemicals ». Heat. and Vent. Ref. Section, November 1949.
11. TROMBE, F. — « Sur la réalisation d'un four solaire semi-industriel au laboratoire de Mont-Louis (Pyrenées Orientales). *Compt. Rend. Séanc. de l'Académie des Sciences*, 235 (14): pg. 704-705, 1952.

ACTUALIDADES

Decreto de pase del Servicio Meteorológico Nacional al Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación.— Fundándose en la nueva ley orgánica de los ministerios el Poder Ejecutivo, por Decreto 12248 del 22 de julio, dispuso que el Servicio Meteorológico Nacional, dependiente del Ministerio de Asuntos Técnicos, pasara a revistar dentro del régimen jerárquico del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación.

En los artículos segundo, tercero y cuarto del referido documento se establece que la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional tendrá la organización que prevé la ley 12945, su reglamentación y demás disposiciones vigentes a la fecha, debiendo revistar en el presupuesto general de la Nación como dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Por conducto del Ministerio de Hacienda se procederá a transferir al Ministerio de Agricultura y Ganadería los fondos que para el mantenimiento específico del citado servicio asigna el presupuesto en vigor al Ministerio de Asuntos Técnicos.

Asimismo, se dispone que el personal de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional continuará revistando con el sueldo y la categoría que tuviere a la fecha del Decreto en el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Los fondos, créditos, recursos y el patrimonio de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional serán transferidos a la jurisdicción del Ministerio de Agricultura y Ganadería, conforme se convenga con el Ministerio de Asuntos Técnicos, dándose la intervención correspondiente al Ministerio de Hacienda y a la Contaduría General de la Nación.

Por el artículo quinto, derógase el Decreto Nº 5.197 de fecha 9 de marzo de 1950 en cuanto se oponga al presente, así como toda otra disposición en contrario.

El Decreto de referencia fué refrendado por los señores Ministros Secretarios de Estado en los Departamentos de Asuntos Técnicos, Agricultura y Ganadería, y Hacienda.

Décima Asamblea General de la UGGI, en Roma.— En momentos de cerrarse la presente entrega de METEOROS regresan al país la mayoría de los miem-

bros integrantes de la delegación argentina a la reunión del epígrafe, celebrada en Roma entre los días 14 y 25 de septiembre, y cuya asistencia fué dispuesta en decretos del Superior Gobierno de la Nación fundamentados en proposiciones previas de los organismos técnicos competentes.

La representación argentina, presidida por el General de División Carlos A. Levene e integrada por los señores Capitán de Fragata (R.) Carlos Núñez Monasterio, Mayor Roberto Arredondo, Ing. Celso Papadópulos, R. P. Arturo Iriberry, Alvaro Acevedo, Capitán de Corbeta Luis Capurro, Alberto Bertone, Dr. Leónidas Slaucitajs, Ing. Angel Baldini y el Dr. José Alvarez de Toledo tuvo una destacada actuación en las distintas fases específicas que constituyeron el congreso.

En la última reunión del Consejo, presidida por el Dr. Chapman, resultó electa la Argentina como sede de la Undécima Asamblea General de la organización, a realizarse en 1957, siendo prácticamente unánime el veredicto de aprobación de los asambleístas, representantes de más de cuarenta países.

Durante el transcurso de la misma sesión se eligió Presidente de la UGGI al Prof. Kalpatri R. Ramanathan, y se designaron Vicepresidentes al General Carlos A. Levene y al Profesor Wilson.

Como uno de los aspectos protocolares del amplio programa establecido por la UGGI, el 24 de septiembre se realizó la audiencia acordada por el Sumo Pontífice en su residencia de Castelgandolfo, en ocasión de la cual Pío XII se dirigió a los delegados de las distintas naciones y a los familiares que los acompañaban —un millar de personas— en una alocución vibrante y trascendente en la que puso de relieve el innegable valor de la ciencia y del científico en el progreso técnico y moral de la humanidad.

Es propósito ulterior del Presidente del Comité Nacional argentino, General Levene, intensificar la labor preparatoria del Año Geofísico Internacional, cuya culminación se alcanzará en 1957-58 coincidentemente con la Undécima Asamblea General de la UGGI y con la última etapa del Segundo Plan Quinquenal, a efectos de lo cual propondrá en una reunión pró-

xima la organización de una serie de conferencias a dictarse en el Instituto Geográfico Militar y en otros establecimientos, destinadas a brindar una descripción del panorama y de las conclusiones adoptadas en Roma respecto de cada uno de los temas fundamentales del programa debatido.

METEOROS se hará eco en un próximo número de los tópicos tratados en Roma que interesen a la Argentina.

Primer Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología. — Con el fin de evaluar los adelantos científicos y técnicos producidos en el campo de la Física, Matemática, Meteorología y Geología, y en cuya elaboración han intervenido los investigadores y profesionales que actúan en las distintas ramas de la Universidad argentina, se reunirá en Buenos Aires el Primer Congreso Interuniversitario Nacional de esas disciplinas, conforme a las siguientes bases.

Realización. — El Congreso se llevará a cabo en la semana comprendida entre el 15 y 20 de noviembre de 1954, en Buenos Aires.

Miembros. — Serán miembros de este Congreso los integrantes de las diversas Facultades o Institutos de Investigación de la Universidad argentina que soliciten su designación en tal carácter y aquellas personalidades que, sin pertenecer a ella, en mérito a sus antecedentes científicos y profesionales sean invitados especialmente por la Comisión Organizadora.

Contribuciones científicas. — El plazo para la presentación de comunicaciones y ponencias vence el 30 de octubre, fecha hasta la cual se podrá enviar, igualmente, un resumen de las mismas, abarcando alrededor de 300 palabras. Los autores dispondrán de veinte minutos para exponer sus comunicaciones, destinándose otros diez minutos para su respectiva discusión. A los efectos de su clasificación se han establecido las siguientes secciones y subsecciones:

A - FÍSICA: a) Física teórica; b) Física aplicada; y c) Astrofísica. B - MATEMÁTICAS: a) Matemática pura; y b) Matemática aplicada. C - METEOROLOGÍA: a) Meteorología dinámica; b) Física de la atmósfera (teórica y experimental); c) Meteorología sinóptica; d) Climatología e hidrometeorología; y e) Meteorología aplicada (incluyendo meteorología agrícola, meteorología industrial, energía eólica, etc.). D - GEOLOGÍA: a) Mineralogía y Petrografía; b) Estratigrafía y Paleontología; c) Geomorfología; d) Geología general; e) Geología aplicada; y f) Geología económica.

Organización. — Las distintas secciones serán dirigidas por un Presidente, quien tendrá a su cargo la conducción de los debates, dando cuenta al Congreso de los trabajos y mociones aprobados por la sección correspondiente.

Correspondencia. — Toda comunicación postal debe dirigirse al Primer Congreso Interuniversitario Nacional de Matemática, Física, Meteorología y Geología, Perú 272, Buenos Aires.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS Y FASCICULOS

Ubbelohde, A. R. — *Time and Thermodynamics*. Oxford, University Press, 1947. 110 p. 536.7: 529.7.

Según el autor la termodinámica provee el único método para medir los cambios de tiempo cronológico por medios estadísticos con auxilio de la función entropía. Los primeros capítulos del libro están dedicados a dar una breve explicación de la vinculación entre las variaciones de entropía y la medición de cambios espontáneos, y posteriormente se introduce al lector en el campo del equilibrio estadístico. En los últimos capítulos se destaca que las leyes de la termodinámica se han formulado partiendo del estudio de la materia inanimada y que no estamos en condiciones de asegurar si los problemas vitales obedecen a las mismas leyes.

Sin embargo, el estudio del comportamiento « disentrópico » de los procesos concernientes al ser vivo, proporciona uno de los medios de distinguir las formas primitivas de la vida de la materia inanimada. — R. M. Q.

Israel, H. — *Das Gewitter*. Leipzig, Akad. Verlag. Geest. & Portig., 1950. 249 p. 551.515.4.

La obra constituye el volumen XXV de la serie Probleme Der Kosmischen Physik y representa el resumen de una reunión científica realizada a principio de 1948 con el concurso de once participantes. No se trata, pues, de una monografía exhaustiva, pero el director ha agregado comentarios y resúmenes, aparte de las contribuciones firmadas por cada autor individual. Estas se refieren a los siguientes temas: La Meteorología de las tormentas; corrientes convectivas en ensayos de laboratorio y en la atmósfera terrestre; ideas y apuntes a propósito de la termodinámica de la atmósfera, con lo cual termina el escueto capítulo introductorio dedicado al aspecto meteorológico del problema. Le sigue un capítulo referente a las teorías genéticas de las tormentas eléctricas, comprendiendo contribuciones sobre problemas generales de tormentas eléctricas; la génesis de la electricidad en las tormentas; la hipótesis

de E. Wall; la teoría de J. Frenkel. Sigue un capítulo sobre el rayo, las descargas y sus efectos radioeléctricos, comprendiendo entre otras cosas una reseña cualitativa de las condiciones de potencial; carga y campo propias de una descarga con rayo en una nube de tormenta; una breve contribución trata de las perturbaciones radioeléctricas originadas en la atmósfera y fuera de ella, trabajo éste que no obstante su forma sucinta contiene algunas notas de utilidad acerca de la clasificación de estos disturbios radioeléctricos. El último capítulo, bajo el título genérico de resultados experimentales recientes, agrupa estos aportes individuales; ejemplo de una tormenta convectiva desarrollada en condiciones no perturbadas; erupciones solares corpusculares en relación con la frecuencia de tormentas; la frecuencia de tormentas en Alemania; los elementos constitutivos sólidos de las nubes; los procesos eléctricos y meteorológicos en la base de las nubes de tormenta; algunas formas especiales de descarga; la magnitud de algunos cambios abruptos del campo eléctrico atmosférico, provocados por descargas, contemplada en función de la distancia. Concluye la obra una lista bibliográfica de más de 400 títulos, limitada al intervalo de 1939 hasta mediados de 1950; además, cada capítulo individual lleva su propia bibliografía. — O. S.

Curry, M. — *Bioklimatik*. München, R. Oldenbourg, 1946. 2 v. 551.586.

Dos grandes volúmenes, en los que Manfred Curry incluye sus estudios, experiencias y deducciones (que han producido gran controversia entre los especialistas en la materia) sobre la influencia de los elementos atmosféricos sobre el hombre. Luego de efectuar numerosas experiencias estudiando el efecto de los elementos químicos del aire y en especial del amoníaco, yodo y ozono, el autor llegó a la conclusión de que el alto poder oxidante de la atmósfera se debe a un cierto agente desconocido aún y que Curry denominó « aran ». Se exponen los resultados de 200.000 mediciones en gráficos y tablas y se hacen consideraciones sobre los diversos tipos de seres los que, según su sensibilidad, se clasifican en 2 clases bien definidas y una intermedia.

Linsley, R. K.; Kohler, M. A., y Paulhus, J. J. — *Applied Hydrology*. Nueva York, Mc-Graw-Hill Book Co., 1949. 689 p. 551.49.

Tres funcionarios del Weather Bureau, especializados en la materia, se han reunido para escribir este tratado de 690 páginas, editado por McGraw-Hill en 1949. En la introducción se historia el desarrollo de la hidrología y se fija su campo de acción; a) medición, registros y publicación de los datos básicos; b) análisis y formulación de las teorías fundamentales, y su aplicación práctica. La Asociación Internacional de Hidrología Científica ha reconocido cuatro divisiones de esta ciencia: potamología (escurrimiento superficial), hirmología (lagos), geohidrología (aguas subterráneas) y criología (hielo y nieve). Los autores sostienen que debe agregarse la hidrometeorología como una nueva e importante rama íntimamente vinculada a las anteriores. Seis capítulos se dedican al estudio de los factores meteorológicos que influyen en las características hidrológicas de una cuenca. De ellos se destaca lógicamente el dedicado a la precipitación, en el que se encara su formación, formas, medición, ajuste de datos, distribución y variabilidad. En el referente a evaporación, se incluyen los conceptos sobre intercambio turbulento (Sutton, Thornthwaite, Holzman, etc.). Se encara luego todo lo referente a hidrometría y al análisis de cuencas, recurriendo con frecuencia a métodos gráficos.

Interesa también a los autores la física de los suelos y el problema de la sedimentación, temas a los que dedican preferente atención con el auxilio matemático necesario. Opinan que el estudio del agua subterránea, por su vinculación con la geología es de carácter muy especializado. Se detalla su origen, escurrimiento y emplazamiento.

Los capítulos siguientes tratan el análisis hidrográfico, el proceso precipitación escurrimiento-evapotranspiración, las ondas de traslación y de oscilación (con el desarrollo analítico correspondiente) y algunas nociones sobre mareas. La aplicación de las teorías estudiadas mediante la adopción de soluciones aproximadas dentro de los límites de uso práctico, se desarrolla posteriormente. Se fija luego el criterio a tener en cuenta en el análisis de frecuencia de crecientes y de precipitación y en la utilización de fórmulas empíricas. De gran interés para el servicio son los conceptos sobre estudios hidrometeorológicos, dentro de los cuales incluyen la « transposición de tormentas », con miras al trazado de cartas generalizadas de precipitación. La parte final del libro está dedicada al pro-

nóstico de crecientes, a su control y al papel de los pronósticos del tiempo en estos trabajos. Se completa el volumen con tres apéndices: uno referente a la correlación gráfica, con ejemplos prácticos; otro en el que se detallan las fuentes de suministro de datos hidrológicos y meteorológicos en EE. UU., y un tercero en el que se incluyen constantes y tablas.

En resumen, se trata de un libro muy completo, que abarca en forma general los problemas de esta ciencia, indicando en cada caso la bibliografía necesaria para profundizar los diversos temas que analiza. — R. M. Q.

American Association for the Advancement of Science. — *Soviet Science*. Washington, 1952. 108 p. 5 (018).

La American Association for the Advancement of Science ha reunido en este volumen las comunicaciones de varios autores, presentadas en la reunión que efectuó dicha institución en Filadelfia en diciembre de 1951, sobre aspectos del desarrollo de la ciencia en distintas disciplinas. Este documentado informe comprende más de 100 páginas y ha sido presentado en una cuidadosa edición. — R. M. Q.

REVISTAS Y PUBLICACIONES SERIADAS

Weather, 8 (1), en. 1953 (Londres).

Whiten, A. J. — « Rheumatism and fronts ». 551.586: 616.

Para estudiar la relación entre condiciones atmosféricas y variaciones en males reumáticos, se eligieron unos pocos voluntarios, recogiendo datos con observaciones a intervalos de 6 horas, sobre un período de seis meses. Se buscaba como única información la de si la condición durante cada período era mejor, peor o sin cambio en relación con el período precedente. La conclusión a que se llega es que no es posible demostrar de estos datos algunas relaciones entre el grado de males reumáticos y movimientos frontales, ya que el pasaje de frentes no tiene efecto apreciable sobre los sujetos reumáticos. Por supuesto, que este estudio no es concluyente en sus resultados. En cambio, parece corroborar lo que ya en 1949 el autor había afirmado de que el contenido de humedad de la atmósfera parece afectar a distintos pacientes en formas diversas, sin aparecer correlación alguna con los cambios en este elemento, de manera que ciertos efectos están más bien relacionados con la persistencia de ciertas condiciones que con los cambios súbitos. — E. C. B.

La Nature, (3208), ag. 1952 (París).

« Nouveaux cratères de Métérites ». 523.53.

Lo nuevo atañe a la fecha de su descubrimiento. Después de una somera información sobre la génesis de los meteoritos, se mencionan los más importantes; en orden cronológico, son: el Cráter en Arizona (1909), el de Campo del Cielo (1926), el de Texas (1927), el de Hemburg, Australia Central (1932), el de Waban, Arabia (1933), el de Boxhole, Australia Central (1937). A continuación se citan dos precipitaciones acaecidas y observadas en nuestro siglo, ambas en Siberia: una en 1908 y otra en 1947, y dos descubrimientos de cráteres abiertos por meteoritos, el de Wolf-Creck, en Australia, y el Chubb, en Labrador. Estos dos fueron hallados con ayuda de prospección aérea. Se proporcionan amplias fotografías panorámicas y otros detalles. — M. G. O.

The Meteorological Magazine, 82 (968), feb. 1953 (Londres).

« Meteorological Office Discussion — Short Range Weather Forecasting ». 551.509.3.

Exposiciones acerca del estado actual de los métodos de previsión del tiempo a corto plazo, con inclusión de un comentario de dos artículos pertinentes aparecidos en el « Compendium of Meteorology ». Se nota cierto pesimismo respecto al éxito de los trabajos actualmente encaminados por los grandes servicios sinópticos. — W. S.

Bulletin of the American Meteorological Society, 33 (10), dic. 1952 (Lancaster).

Alpert, L. — « Global Synoptic Maps ». 551.509.2 (∞).

Siempre han reconocido los meteorólogos la necesidad de conocer mapas mundiales para el análisis sinóptico, con el fin de obtener conceptos exactos sobre la circulación general y secundaria de la atmósfera y para responder a asuntos tales como hasta qué punto las causas primarias de las anomalías en gran escala de la circulación general, dependen del mecanismo interno de esa circulación o de una actividad solar variable.

Sólo recientemente ha sido posible alcanzar lo que puede considerarse un análisis verdaderamente global, mediante la combinación del análisis de mapas del hemisferio Norte y Sud, respectivamente. Un análisis sinóptico completo diario del nivel del mar, del hemisferio Sud desde el Ecuador a las costas del Continente Antártico, ha sido encargado por el U. S. Weather

Bureau M. I. T. Southern Hemisphere Map Analysis Project. Además, un análisis sinóptico diario acertado del Hemisferio Norte desde el Polo Norte al Ecuador, se obtiene en el Daily Historical Weather Maps of the Northern Hemisphere.

Sólo no es posible el análisis sobre el Continente Antártico. Se presentan mapas sinópticos de la Tierra para el 19 y 20 de marzo de 1949. — E. C. B.

Revista de Geofísica, 8 (30-31), ab.-sept. 1949 (Madrid).

Instituto Nacional de Geofísica. — « Trabajos sobre radioactividad ». 55.03 (05).

Este número de la Revista de Geofísica, editada por el Instituto Nacional de Geofísica, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, está dedicado en forma exclusiva a trabajos sobre radioactividad. Estos trabajos provienen de conferencias dictadas en un curso sobre la materia, organizado por el mencionado Instituto.

Papers in Meteorology and Geophysics, 3 (2), ag. 1952 (Tokio).

Kamiyama, K., y Moriguchi, M. — « Collection of fog particles with fine fibre and infra-red absorption of fog particles ». 551.575.1: 551.521.61.

Los autores han investigado la curva de distribución de las dimensiones de las partículas de niebla y sus variaciones. Se hacen consideraciones sobre la medida del coeficiente de absorción infrarroja de la niebla por medio de la espectrometría infrarroja. — E. C. B.

La Meteorologie, jul.-sept. 1952 (París).

Viaut, M. A. — « La météorologie et les missions lointaines ». 551.506.5 (988/99) (44).

Con motivo del Centenario de la Société Météorologique de France, en una conferencia el autor informa sobre la contribución de Francia a misiones científicas en zonas polares que se torna activa después de 1945. Entre ellas se citan: Expediciones a Groenlandia (71° N, 40° W, 1948-1951); Expediciones francesas en Terre Adélie (66° 30' Sud, 142° E, 1948, 1951); Misiones gubernamentales en las Islas Kerguelén, con una instalación provisoria desde el 2 de enero de 1950 y otra permanente iniciada en enero de 1951 y Misiones Meteorológicas Francesas en la Isla Nueva Amsterdam, informándose sobre la actividad desarrollada y material elaborado en cada una de ellas. A continua-

ción M. André-Frank Liotard, jefe de la primer expedición a Terre Adélie, presentó films polares. — E. C. B.

Transactions American Geophysical Union, 34 (1), feb. 1953 (Washington).

Sanderson, E. E., y Johnsone, O. — « Accuracy of determination of annual precipitation over a given area ». 551.577.32: 551.501.45.

Es tema de gran interés para la hidrometeorología los límites dentro de los que la precipitación total medida por un indicador particular representa la precipitación total sobre el área circundante. Los estudios analíticamente detallados se tornan imposibles por la falta de datos adecuados sobre áreas considerables. La red pluviométrica establecida durante el período de 1935 a 1940 en el Muskingum River Watershed en Ohio por el U. S. Soil Conservation Service, provee datos para estudios limitados para una superficie de 8038 millas cuadradas. Se utilizaron datos de un año completo, iniciado el 1° de octubre de 1939 (año de lluvia) para 230 estaciones pluviométricas con el fin de analizar la exactitud de la determinación de la precipitación anual para superficies en Ohio desde unas pocas millas cuadradas a 8000 millas cuadradas. — E. C. B.

Monthly Weather Review, 80 (6), jun. 1952 (Washington).

Beebe, R. G. — « The distribution of summer showers over a small area ». 551.577.

La distribución de los chaparrones estivales tanto en tiempo como en lugar sobre los Estados sudestes es tal que el informe sinóptico del tiempo no permite una apreciación exacta de la distribución de la cantidad de lluvia caída. Los objetivos de esta investigación son determinar: (1) la densidad de la red de información que sería necesaria para describir el área afectada por las lluvias en una localidad dada, y (2) la relación entre esta zona y la cantidad media de lluvias. Las localidades elegidas

para estudiar son Birmingham y Atlanta, y las áreas representativas se definen como círculos de un radio de casi 50 millas alrededor de los aeropuertos de estas localidades. Los datos de precipitación que se usan para determinar la distribución del área se tomaron de 37 estaciones cooperadoras más 3 estaciones de información de primer orden en cada una de estas áreas. Un análisis de estos datos muestra, en la mayoría de los casos por lo menos, que esta distribución de 40 estaciones suministran una buena indicación de la precipitación caída, y además que una observación de una estación o de aún las tres estaciones de primer orden no es representativa de la zona. — M. A.

Journal of Meteorology, 10 (1), feb. 1953 (Lancaster).

Wahl, E. W. — « Singularities and the general circulation ». 551.513.

Se trata la asociación de « singularidades » locales o regionales del tiempo con el estado de la circulación atmosférica general. Se considera el concepto de « singularidades primarias » que reflejan hechos característicos de la circulación general y su efecto sobre « singularidades secundarias » o locales principalmente referidas al registro diario de temperatura y precipitación de Boston. — E. C. B.

Geophysica, 4 (2), 1953 (Helsinki).

Rossi, V. — « On the accuracy of the Finish Radiosonde ». 551.508.822.

El autor expone los resultados de una serie de sondeos gemelos que se efectuaron con la finalidad de determinar la dispersión de los datos obtenidos, y de otra serie de sondeos que fueron seguidos simultáneamente por tres teodolitos, para disponer de una segura medición geométrica de las alturas alcanzadas. La desviación standard de los valores de presión resulta alrededor de los 5 mb, los de temperatura cerca de 0,7° C. No se encontraron errores sistemáticos. — W. S.

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

Precio
del ejemplar:
10 pesos m/n

PALUMBO
BS. AIRES