

PRESIDENCIA DE LA NACION
MINISTERIO DE ASUNTOS TECNICOS

METEOROS

SUMARIO

EDITORIAL	3
EMILIO L. DIAZ.—El efecto dinámico de la Cordillera de los Andes y el aislamiento de la acción perturbadora regional y superior	7
G. DEDEBANT, R. DI MAIO y E. A. M. MACHADO.—Los números aleatorios y su aplicación a la Meteorología	31
VLADIMIR MICHAJLIKOV y GUILLERMO A. JUÁREZ.—Tres años de experiencias de temple contra la sequía en trigo y en maíz	54
NÉSTOR RENÉ LEDESMA.—Registro fitofenológico integral	81
ANTONIO JUAN PASCALE.—Comportamiento fotoperiódico de algunos trigos argentinos	97
NOTAS Y COMENTARIOS: W. SCHWERDTFEGER. - Comprobación directa de la influencia de procesos solares sobre la circulación atmosférica y la evolución del tiempo, 113. — G. DEDEBANT. - Sobre la turbulencia de los fluidos compresibles, 114. — W. SCHWERDTFEGER. - "Notos", nueva revista meteorológica sudafricana, 116. — F. J. PROHASKA. - "El problema de la previsión del tiempo", por Werner Schwerdtfeger	117
ACTUALIDADES	119
RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS	121

|| Año III, N.º 1 || METEOROS Enero-Marzo 1953 ||

DIRECCION GENERAL

DEL

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

PASEO COLON 317 — BUENOS AIRES

(REPUBLICA ARGENTINA)

Precio

del ejemplar:

10 pesos m/n

PALUMBO
BS. AIRES

REVISTA DE METEOROLOGIA Y GEOFISICA

PUBLICADA POR EL

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

BUENOS AIRES — (REPUBLICA ARGENTINA)

AÑO III

ENERO-MARZO, 1953

N.º 1

*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 III N.º 1

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 III

ENERO-MARZO, 1953

Nº. 1

PAPEL DE LA INTELIGENCIA

ENTRE las exigencias que el Segundo Plan Quinquenal formula al argentino de hoy se halla la que afecta a una función muy singular del intelecto: la investigación científica pura y aplicada. Digamos desde ya que esta exigencia, al descontar la conexión íntima que hermana a las ramas científicas, no se detiene en ninguna de ellas en particular, porque tan importante es para el investigador moderno poseer la verdad, por ejemplo, respecto a la tensión superficial de una aparentemente simple pompa de jabón, como para el sociólogo y el estadista conocer el origen, régimen y variantes aleatorias de las dramáticas tensiones sociales que marcan jalones en la historia del mundo. Y este llamado a la inteligencia en sus funciones intuitiva y reflexiva, que le permite conocer lo ignorado y precisar el grado de certeza de lo ya sabido, nos lleva a recordar lo dicho a través de los tiempos por tantos preclaros sondeadores del ser humano y de sus posibilidades cognoscitivas. En particular, nos inclina a reflexionar sobre lo pequeño que es el hombre en su tamaño material y la inmensidad de extrapolación que suponen sus recursos cognoscentes. Ejemplo típico de ello es ese salirse de la Tierra para indagar el ordenamiento y la estructura del Cosmos que ha

dato origen a la Astronomía y a la Astrofísica, hoy tan vinculadas a la Geofísica y a la Meteorología.

El último medio siglo, en efecto, sorprende por la conquista del espacio cósmico, por el establecimiento de una auténtica tensión entre la humana actividad del intelecto y el contorno sidéreo que lo atrae como apasionante objeto de conocimiento.

Fundamos nuestro aserto en la génesis del progreso realizado en el último medio siglo por las ciencias cósmicas, refirmado en un reciente Congreso mundial, donde, entre otras expresiones, se ha dicho: El siglo pasado ya había sido testigo de las primeras laboriosas tentativas de exploración de las profundidades del espacio, cuando Bessel, Struve y Henderson midieron las primeras paralajes trigonométricas: de manera que, al declinar el siglo, se podían registrar con seguridad las distancias de más de medio centenar de estrellas situadas entre 30 y 40 años-luz de nuestro sol. Ya en nuestro siglo, en 1912, un nuevo método, de eficacia mayor, estaba destinado a llevar la vista del hombre aún mucho más lejos. En un determinado tipo de estrellas variables, las Cefeidas, Miss Leavitt descubrió una relación entre el período de la variación de la luz y su luminosidad. Y siempre que en el cielo se descubría una Cefeide, por el período de la variación de su luz se podía llegar a su luminosidad absoluta y, comparando ésta con la luminosidad aparente, con facilidad podía calcularse su distancia. El primer gran paso más allá de las estrellas cercanas fué dado por el astrónomo Shapley con sus investigaciones, que resultaron clásicas, sobre la distribución de las masas globulares en el espacio; investigaciones que traían como consecuencia una completa transformación en el modo de concebir la estructura del sistema galáctico. Mientras tanto otras investigaciones, como, por ejemplo, las relativas a los movimientos estelares y a la disminución de la luz cuando pasa a través de la materia oscura en el espacio interestelar, perfeccionaron la nueva concepción. Se tuvo, por lo tanto, la certeza de que la Vía Láctea de los antiguos, inspiradora de mitos ingenuos, es una inmensa acumulación de alrededor de 100 mil millones de estrellas, algunas más grandes, otras más pequeñas que nuestro sol, interpenetrada por extensas nubes de gas y de polvillo cósmico. Nosotros, con nuestro sistema solar, no estamos, como antes se creía, en el centro de esta inconmen-

surable masa de astros, sino a unos 30 mil años-luz de distancia. Con legítimo orgullo la ciencia astronómica de nuestro siglo se ha adjudicado el mérito de la conquista del sistema galáctico. Este primer y feliz salto debía, al poco tiempo, ser seguido por otro, que llevaría al conocimiento humano aún más allá de la Vía Láctea, en la inmensidad del espacio. La ciencia óptica aplicada a los gigantescos telescopios de Lick, de Yerkes y del Monte Wilson facilitó la tentativa. Finalmente, las investigaciones espectrográficas de Humason condujeron al descubrimiento de una ley insospechada: el desplazamiento de las líneas espectrales hacia el rojo aumenta proporcionalmente con la distancia de la nebulosa, de manera que por el valor de este desplazamiento se puede certificar la distancia misma, por más débil que sea la luz que llegue a nosotros, con tal que sea suficiente para producir un espectro mensurable. Como resultado, en el espacio a que alcanza el telescopio del Monte Wilson, se calculan unos 100 millones de islas de estrellas distribuidas en una esfera de alrededor de mil millones de estrellas similares a nuestro sol.

Podríamos seguir extractando datos de las fuentes especializadas. El recordar lo dicho basta, sin embargo, para que ante la inmensidad concreta del Cosmos volvamos a nuestra pequeña Tierra, que con la mole de sus cadenas montañosas, con la extensión de sus océanos y de sus desiertos, con la violencia de sus huracanes, de sus precipitaciones intensas, de sus erupciones volcánicas y de sus movimientos sísmicos, nos parece a veces tan enorme y potente. No nos engañemos. Enormes y potentes son, frente a la exigüidad material del ser humano nuestro globo y su sol, centro éste inmediato de energía y preocupación de la dinámica meteorológica. Pero frente a ellos, como frente a la concreta inmensidad del Cosmos, el espíritu del hombre — la inteligencia humana — se perfila como de un orden esencialmente diferente y superior al de la materia, a la cual es capaz de situar en el tiempo y la distancia y penetrar en sus notas constitutivas. Y si el ser inteligente ha podido llegar a conocer notas esenciales de cuerpos situados a millones de años-luz de nuestro pequeño y maravilloso refugio celeste, para nosotros ha de surgir espontánea la pregunta que es, a la vez, un aspecto del programa argentino de la hora: ¿Qué no reserva para los científicos de la atmósfera — esa, diríamos, hermosa y versátil pompa de jabón multicolor que nos rodea — la convocatoria del capítulo VI del Segundo

Plan Quinquenal? ¿Qué fecundas tensiones mentales, realmente científicas, no crea su sola enunciación?

Es, por de pronto, este plan de investigaciones, un signo de fe en la capacidad del intelecto argentino y en su facultad de poder desenvolverse provechosamente con autonomía absoluta, así como en colaboración e intercambio con mentalidades extranjeras afectas a nuestra comunidad o radicadas en otros lugares del orbe. Y finalmente, digamos que el programa planteado, aunque ambicioso, es posible, porque la inteligencia humana tiene el raro privilegio de no ser, en sus grados más altos, algo común y abundante, pero, por otra parte, goza de la singularidad de presentarse en la Historia y en el vivir contemporáneo como uno de los bienes mejor repartidos del mundo, y ninguna nación por poderosa que sea, ninguna raza ni clase social pueden pretender detentar su monopolio.

551.542.1 (238): 551.513.1

EL EFECTO DINÁMICO DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES Y EL AISLAMIENTO DE LA ACCIÓN PERTURBADORA REGIONAL Y SUPERIOR¹

Por EMILIO L. DIAZ *

Resumen. — Discusión y cálculo cuantitativo de la propagación de las perturbaciones barométricas del Pacífico, del efecto dinámico de la Cordillera de los Andes sobre la circulación y la presión en el lado oriental, y del efecto de persistencia de las anomalías de la presión. Llegase a las siguientes conclusiones: que un aumento de la circulación produce una vaguada al este de los Andes; que el 50 % de las variaciones de la presión en la Argentina son controladas por los efectos de propagación y dinámico; y que aproximadamente el 55 % de las magnitudes de las anomalías puede ser atribuido a los tres factores mencionados al principio. Aparentemente la función que liga el gradiente barométrico latitudinal del Pacífico con las anomalías de la presión del lado oriental es de tipo exponencial, con un límite para las anomalías cuando el gradiente aumenta. Una vez formada la vaguada dinámica, se convierte en migratoria, amortiguándose rápidamente. Cuando el gradiente del Pacífico disminuye en razón de un descenso de la presión en la parte norte, se produce un efecto anticiclogénico al este de las montañas. En el trabajo que sigue se dan y discuten diferentes tipos de ecuaciones, entre ellas lineales, gráficas e hiperboloideas. Los efectos regionales y de la circulación superior sobre la presión pueden detectarse restando de los valores observados de las anomalías de la presión los efectos de persistencia, dinámico y de propagación.

Summary. — Propagation of barometric perturbations from the Pacific, dynamic effects of Andes range on circulation and pressure on the eastern side, and persistence of pressure anomalies, are discussed and calculated quantitatively. Conclusions arrived are: an increased circulation means a dynamic through east of the Andes; 50 % of pressure variations in Argentina are controlled by propagation and dynamic effect; around 55 % of anomaly values can be accounted for using the three factors above mentioned. It appears that the function linking Pacific latitudinal gradient of pressure and anomalies on the eastern side is of the exponential type, with a limit for pressure anomalies as the gradient increases. Once formed the dynamic through becomes migratory but dies out quickly. A diminished Pacific gradient because of lowering of pressure on the northern side, has as a result an anticlogenetic action east of the mountains. Linear, graphic and hiperboloideic regression equations are given and also a discussion on different types of equation. Regional and upper air circulation effects on pressure anomalies can be detected by subtracting persistence, dynamic and propagation effects, from actual anomaly values.

INTRODUCCION

El campo barométrico argentino está sometido a diversos factores perturbadores que, en primera aproximación, podríamos clasificar así:

- 1) Perturbaciones que tienen origen en el territorio argentino:

* Capitán de Navío de la Marina de Guerra Argentina, Jefe del Departamento Operaciones del Estado Mayor General Naval.

¹ Trabajo presentado el 22 de septiembre de 1952.

- 2) Perturbaciones que tienen origen en sectores al oriente del territorio argentino;
- 3) Perturbaciones que provienen del Pacífico;
- 4) Efecto dinámico de la Cordillera de los Andes; y
- 5) Perturbaciones de la circulación en altura que no se manifiestan en las mediciones de presión realizadas en superficie, en el Pacífico.

De los cinco agentes perturbadores citados, el segundo, las perturbaciones que tienen origen al este del territorio nacional, son las menos frecuentes. Si es posible eliminar las perturbaciones que provienen del Pacífico y el efecto dinámico de la Cordillera, tendremos un medio para aislar y estudiar las acciones que resultan de los factores perturbadores regionales y de la circulación atmosférica superior. Puede estimarse que este conocimiento significará una ayuda considerable para el pronosticador, al permitirle conocer en forma cuantitativa la suma de las acciones locales y superiores (en cuanto estas últimas se manifiestan en el barómetro), que modifican las perturbaciones que provienen del Pacífico, ya sea intensificándolas, debilitándolas, modificando la índole del efecto que originalmente representaban, o bien generando otras nuevas. El proceso que aquí utilizamos permitió:

- a) Calcular el efecto, por propagación, de las variaciones de la presión que se registran en el Pacífico;
- b) Calcular el efecto dinámico ocasionado por la barrera que los Andes interponen a la circulación del oeste;
- c) Calcular el efecto de persistencia de las anomalías en el campo barométrico.

Si luego se hace la diferencia entre la anomalía observada y la anomalía calculada que resulta de tener en cuenta los tres efectos anteriores, queda evidenciada, en milibares, la acción del complejo perturbaciones locales más perturbaciones con origen en altura.

EL EFECTO DE PROPAGACION

Tomando la isla Guafo como estación piloto y determinadas las variaciones, día a día, de la presión en dicho lugar, es posible, mediante el cálculo de correlación, determinar para diferentes intervalos de tiempo las ecuaciones de regresión con respecto a las variaciones que se observan subsiguientemente en otras estaciones. En otras palabras, calcular la ecuación

$$X' = a \cdot X'_i(G)$$

donde

X' : variación de la presión en 24 horas en el lugar considerado.

$X'_i(G)$: variación de la presión en 24 horas, en isla Guafo, registrada con i días de anticipación.

a : coeficiente de regresión.

Para el cálculo se emplearon las observaciones diarias de los siguientes meses: abril de 1947, julio de 1948, agosto de 1949 y enero de 1950. Las estaciones utilizadas fueron las que se indican en el Cuadro

I, en el cual se dan los valores del coeficiente a y del coeficiente de determinación (r^2) para diferentes intervalos de tiempo (i) en días.

Puede verse que hay simultaneidad en la propagación de las variaciones de la presión, en la zona oeste y sur del país. Un día después las oscilaciones se han propagado hacia el noreste y el dominio perturbador ocupa la región mediterránea, el norte y el este de la República. Dos días después, en el sur y oeste, se registra la aparición de un dominio de signo contrario al del día 0.

Los valores medios de r^2 para el territorio argentino, menos Malvinas, resultan los siguientes:

para $i = 0$ días	$r_m^2 = 0.25$
para $i = -1$ día	$r_m^2 = 0.23$
para $i = -2$ días	$r_m^2 = 0.06$

lo cual indicaría que el intervalo medio de propagación entre I. Guafo y el territorio nacional (menos Malvinas) es de unas 12 horas.

Sin embargo, dado que las variaciones de gradiente barométrico entre Valparaíso y Guafo se deben principalmente a las variaciones de la presión que ocurren en I. Guafo (las variaciones en Guafo son responsables del 86 % de las variaciones del gradiente), los resultados del Cuadro I no sólo representan la propagación de las oscilaciones sino que en él está incluido el efecto dinámico que la Cordillera ocasiona sobre la circulación atmosférica.

EL EFECTO DINAMICO DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES

El teorema de vorticidad de ROSSBY establece que

$$\frac{f + \xi}{D} = \text{const.}$$

donde:

ξ : vorticidad relativa.

f : vorticidad absoluta.

D : diferencia de presión entre los niveles inferior y superior de la capa de aire considerada.

La Cordillera de los Andes, en la zona templada austral, se interpone como una barrera de orientación N-S a la circulación planetaria del oeste. Entre las latitudes de Guafo y Valparaíso, la altura media de la Cordillera sube de 2.000 a los 4.000 metros aproximadamente.

Las masas de aire que fluyen desde el oeste son obligadas a ascender al encontrar las montañas. Como consecuencia D disminuirá y, en la fórmula anterior, para mantener la igualdad, será necesario que ξ disminuya. En otras palabras, al decrecer la vorticidad relativa, las isobaras, consideradas como líneas de corriente, tienden a curvarse anticiclónicamente en la zona de ascenso.

A la inversa, al oriente de las montañas se producirá un descenso del aire, con lo cual D aumentará y ξ deberá crecer para mantener la igualdad que la fórmula define; por lo tanto, se registrará una curvación ciclónica de las isobaras.

CUADRO I ($X' = a \cdot X_i'(G)$)

Estaciones	$i = 0$		$i = -1$		$i = -2$	
	a	r^2	a	r^2	a	r^2
Corrientes	+ 0.01	0.00	+ 0.50	0.45	+ 0.04	0.00
Tucumán	+ 0.15	0.03	+ 0.65	0.49	- 0.17	0.03
Valparaíso	+ 0.19	0.27	- 0.03	0.01	- 0.13	0.12
V. Mercedes	+ 0.38	0.19	+ 0.45	0.27	- 0.28	0.10
Mar del Plata	- 0.09	0.01	+ 0.48	0.37	+ 0.05	0.00
Bariloche	+ 0.63	0.72	+ 0.05	0.00	- 0.29	0.16
Trelew	+ 0.73	0.45	+ 0.19	0.01	- 0.35	0.10
Río Gallegos	+ 0.76	0.35	- 0.05	0.00	- 0.31	0.06
Malvinas	+ 0.52	0.06	+ 0.29	0.05	- 0.39	0.09

CUADRO II ($X' = b \cdot X_i'(grad.)$)

Estaciones	$i = 0$		$i = -1$	
	b	r^2	b	r^2
Corrientes	- 0.07	0.01	- 0.47	0.52
Tucumán	- 0.17	0.03	- 0.61	0.52
Valparaíso	- 0.07	0.02	0.00	0.00
Villa Mercedes	- 0.40	0.15	- 0.42	0.18
Mar del Plata	+ 0.04	0.00	- 0.54	0.36
Bariloche	- 0.68	0.65	- 0.01	0.00
Trelew	- 0.87	0.49	- 0.18	0.02
Río Gallegos	- 0.86	0.34	+ 0.10	0.00
Malvinas	- 0.56	0.06	- 0.30	0.04

La correlación lineal entre las variaciones del gradiente latitudinal Valparaíso-Guafo con las variaciones en las estaciones citadas en el Cuadro I arroja los resultados consignados en el Cuadro II. La ecuación de regresión fué:

$$X' = b \cdot X_i'(grad.)$$

donde:

- X' : variación de la presión en 24 horas en la estación considerada.
- $X_i'(grad.)$: variación del gradiente Valparaíso-Guafo, en 24 horas, con i días de anticipación.
- b : coeficiente de regresión.

El cuadro muestra la variación negativa de la presión en las estaciones al este de la Cordillera, que acompaña a los aumentos de gradiente barométrico a lo largo de la costa del Pacífico (intensificación de la circulación del oeste) y viceversa. Los valores de b para un día después señalan la aparente propagación de las perturbaciones dinámicas hacia el noreste.

Sin embargo, aquí también está mezclado, en los resultados de la correlación, la propagación de las variaciones barométricas del Pacífico Sur, que son las principales responsables de las oscilaciones del gradiente en la costa que da a dicho océano.

CUADRO III. ($X' = a \cdot X_i'(G) + b \cdot X_i'(grad.)$)

Estaciones	$i(G) = 0$		$i(G) = -1$		$i(grad.) = 0$			$i(G) = -1$			$i(grad.) = -1$			$i(G) = -2$			
	a	b	r_a^2	r_b^2	r_c^2	r_a^2	r_b^2	r_c^2	r_a^2	r_b^2	r_c^2	r_a^2	r_b^2	r_c^2	r_a^2	r_b^2	r_c^2
Corrientes	- 0.23	- 0.34	0.00	0.02	0.02	0.47	0.01	0.48	+ 0.84	+ 0.43	0.77	0.77	- 0.28	0.49			
Tucumán	+ 0.07	- 0.10	0.01	0.01	0.03	0.52	0.04	0.56	+ 1.14	+ 0.61	0.86	0.86	- 0.32	0.53			
Valparaíso	+ 0.98	+ 0.99	1.38	- 0.38	1.00	0.02	0.02	0.05	+ 0.21	- 0.22	0.05	0.05	- 0.01	0.04			
Villa Mercedes	+ 0.41	+ 0.05	0.20	- 0.02	0.18	0.50	0.19	0.49	+ 0.76	+ 0.38	0.45	0.45	- 0.16	0.29			
Mar del Plata	- 0.42	- 0.41	0.06	- 0.02	0.04	0.57	0.00	0.57	+ 0.31	- 0.20	0.21	0.21	- 0.15	0.38			
Bariloche	+ 0.59	- 0.05	0.68	0.04	0.72	0.01	0.01	0.68	+ 0.17	+ 0.17	0.01	0.01	0.00	0.01			
Trelew	+ 0.20	- 0.63	0.13	0.36	0.49	0.05	0.52	0.56	+ 0.51	+ 0.15	0.05	0.05	- 0.02	0.05			
Río Gallegos	+ 0.52	- 0.30	0.24	0.12	0.36	0.00	0.34	0.54	+ 0.34	+ 0.31	0.01	0.01	- 0.01	0.01			
Malvinas	+ 0.26	- 0.07	0.05	0.01	0.06	0.06	0.07	0.13	+ 0.54	+ 0.06	0.06	0.06	- 0.01	0.05			

r_a^2 : contribución del término en a al r^2
 r_b^2 : " " " " " b " r^2
 r_c^2 : coeficiente de determinación total.

A los efectos de determinar la parte de las variaciones de la presión en las estaciones argentinas debidas a la propagación de las variaciones que provienen del Pacífico, y la correspondiente al efecto dinámico de la Cordillera, se practicó un cálculo de correlación múltiple, según la ecuación

$$X' = a \cdot X_i' (G) + b \cdot X_i' (\text{grd.})$$

donde el significado de los coeficientes y variables es el mismo que para los cómputos anteriores.

En el Cuadro III se indican dichos resultados. Puede verse allí que algunos r_i^2 parciales son negativos (coeficientes de correlación imaginarios). Ello resulta así porque el cálculo determina los coeficientes de regresión de manera tal que el r_i^2 sea el más elevado posible para el tipo de ecuación empleado. A tal efecto cabe recordar que

$$r_i^2 = \frac{\sum (X_c)^2}{\sum X^2}$$

donde

X_c : valores computados por la ecuación de regresión.
 X : valores observados.

Además, en una ecuación lineal

$$\sum (X_c)^2 = a \cdot \sum X_1 X + b \cdot \sum X_2 X + \dots + m \cdot \sum X_i X$$

donde

X_1, X_2, \dots, X_i son las variables independientes. Por tanto

$$r_i^2 = \frac{\sum (X_c)^2}{\sum X^2} = \frac{a \cdot \sum X_1 X}{\sum X^2} + \frac{b \cdot \sum X_2 X}{\sum X^2} + \dots + \frac{m \cdot \sum X_i X}{\sum X^2}$$

o también

$$r_i^2 = r_a^2 + r_b^2 + \dots + r_m^2$$

donde $r_a^2, r_b^2, \dots, r_m^2$ son los coeficientes de determinación parciales.

Volviendo al Cuadro III, podemos ver que los mejores ajustes para el territorio argentino se obtienen cuando se adopta 1 día como intervalo de propagación para las variaciones de la presión en I. Guafo y simultaneidad para el efecto dinámico. El promedio de los r_i^2 de todas las estaciones, menos Valparaíso y Malvinas, arroja los siguientes resultados:

para $i(G) = 0$	$i(\text{grd.}) = 0$	$r^2 = 0.26$
para $i(G) = -1$	$i(\text{grd.}) = 0$	$r^2 = 0.50$
para $i(G) = -1$	$i(\text{grd.}) = -1$	$r^2 = 0.25$

Si se grafican en una carta los valores de r_a^2 (efecto de propagación de las variaciones barométricas) se verá que el día 0 está centrado, como es lógico, en la estación elegida como estación-piloto, I. Guafo, y al día siguiente aparece con su núcleo de máximo sobre Santiago del Estero y provincias adyacentes (Fig. 1).

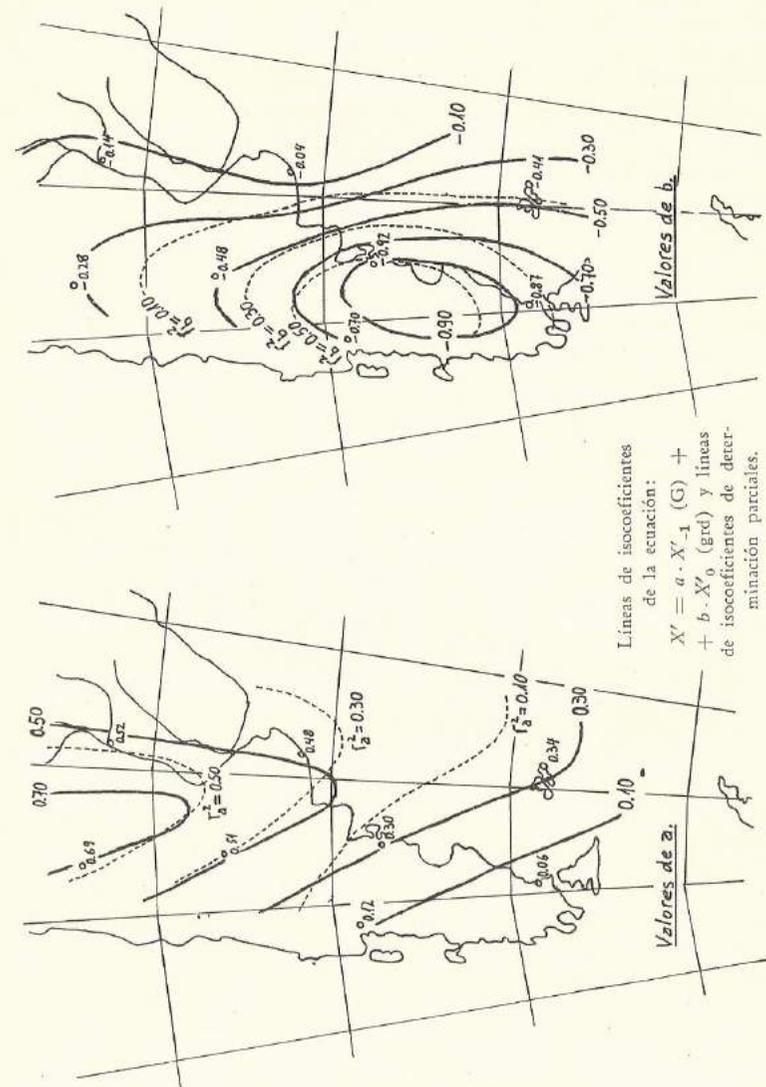


Fig. 1.

Con respecto a la aparente propagación hacia el noreste de la perturbación dinámica, encontrada cuando se analizó la ecuación

$$X' = b \cdot X'_i \text{ (grd.)}$$

el examen del cuadro parece mostrar que no existe, en razón de los r^2 negativos que aparecen cuando se toma $i(G) = -1$ e $i(\text{grd.}) = -1$. La única excepción es Mar del Plata que en ese caso tiene un $r_b^2 = 0,13$, con un signo de b de acuerdo a la teoría.

De dichos resultados se desprendería, en consecuencia, que las perturbaciones dinámicas producidas por la Cordillera se convertirían en migratorias hacia el este, amortiguándose rápidamente.

Visualizando el proceso y teniendo en cuenta que las variaciones de la presión en Guafo son la principal causa de las variaciones del gradiente Valparaíso-Guafo, llegaríamos a concluir que las perturbaciones barométricas del día anterior (según las detecta Guafo) viajarían en territorio argentino sobre un campo isobárico deformado por la acción dinámica de la Cordillera, correspondiente a las variaciones del gradiente del día de la fecha. Es decir que toda variación de presión en Guafo ejerce un doble efecto, uno dinámico el día en que ocurre y otro por propagación al día siguiente.

Otro resultado interesante se obtiene del hecho que, en término medio, el 50 % de las variaciones de la presión en territorio argentino es atribuible a la llegada de las variaciones desde el Pacífico más el efecto dinámico que las acompaña. El otro 50 % es atribuible a factores regionales y agentes no tenidos en cuenta en estos cálculos.

Si volvemos a la ecuación de regresión empleada, podrá verse que se hizo la suposición implícita que el efecto dinámico tenía un carácter lineal.

A objeto de verificar si este era realmente el caso, se tomaron las observaciones de Villa Mercedes, Mar del Plata y Trelew, corrigiéndolas por el efecto de propagación ($a \cdot X'_{-1}(G)$) y se las distribuyó en cuatro grupos de $X'(\text{grd.})$:

- igual o mayor que + 5;
- de + 4 a 0;
- de - 1 a - 4; y
- igual o menor que - 5.

Los resultados medios de $X' - a \cdot X'_{-1}(G)$ se indican en el cuadro a continuación:

V. Mercedes		Trelew		Mar del Plata	
$X'(\text{grd.})$	$X'_{\text{rem.}}$	$X'(\text{grd.})$	$X'_{\text{rem.}}$	$X'(\text{grd.})$	$X'_{\text{rem.}}$
+ 8.4	- 4.9	+ 8.4	- 8.0	+ 8.4	- 0.2
+ 1.7	- 0.6	+ 1.7	- 1.4	+ 1.7	+ 0.5
- 2.4	+ 0.5	- 2.4	+ 2.2	- 2.4	- 0.7
- 9.4	+ 4.7	- 9.4	+ 9.5	- 9.4	- 0.1

El examen del cuadro anterior y la graficación de los valores, muestra una ligazón, entre las variaciones remanentes y las variaciones del gradiente Valparaíso-Guafo, de carácter aproximadamente lineal. Así:

$$X'(\text{V. M.}) (\text{reman.}) = -0.2 - 0.49 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(\text{Tr.}) (\text{reman.}) = 0.1 - 0.96 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(\text{M. P.}) (\text{reman.}) = -0.01 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

cuyos coeficientes en $X'_0'(\text{grd.})$ coinciden bien con los obtenidos por correlación múltiple y que se indican en el Cuadro III.

En la figura 1 se han dibujado las líneas de isocoficientes correspondientes a la ecuación de intervalos $i(G) = -1$ e $i(\text{grd.}) = 0$. El máximo de efecto dinámico (expresado por los r_b^2) se halla sobre la meseta central del Chubut, a unos 250 ó 300 kilómetros de distancia, hacia el este, de los Andes. El efecto disminuye hacia el sur (en Río Gallegos $r_b^2 = 0,34$) y hacia el norte (en V. Mercedes $r_b^2 = 0,19$ y en Tucumán $r_b^2 = 0,04$).

El estudio de las ecuaciones en $i(G) = -1$ e $i(\text{grd.}) = 0$, cuya expresión es:

$$X'(C) = 0.52 \cdot X'_{-1}(G) - 0.14 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(T) = 0.69 \cdot X'_{-1}(G) - 0.28 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(VM) = 0.51 \cdot X'_{-1}(G) - 0.48 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(MP) = 0.48 \cdot X'_{-1}(G) - 0.04 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(B) = 0.12 \cdot X'_{-1}(G) - 0.70 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(\text{Tr}) = 0.30 \cdot X'_{-1}(G) - 0.92 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(\text{RG}) = 0.06 \cdot X'_{-1}(G) - 0.87 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

$$X'(M) = 0.34 \cdot X'_{-1}(G) - 0.41 \cdot X'_0' (\text{grd.})$$

sugiere que cuando con variaciones casi nulas en I. Guafo (presión aproximadamente constante) el gradiente disminuye, esto es, la presión en Valparaíso baja, debe registrarse una acción anticiclogénica (variaciones positivas de la presión) al oriente de la Cordillera.

Para verificar lo anterior se hizo una búsqueda de casos de esa índole en las cartas del tiempo de diversos meses de 1947, 1948, 1949, 1950 y 1951. En el Cuadro IV se resumen los valores medios de las variaciones registradas, obtenidos para un conjunto de 12 casos, correspondientes a las siguientes estaciones: Tucumán, V. Mercedes, Mar del Plata, Bariloche, Trelew y R. Gallegos.

CUADRO IV. — Variaciones de la presión al oriente de los Andes ligadas a una inversión del gradiente Valparaíso-Guafo, con barómetro aproximadamente constante en I. Guafo. (Promedios de 12 casos)

Días	$X'(V)$	$X'(G)$	$X'(\text{grd.})$	$X'(T)$	$X'(VM)$	$X'(MP)$	$X'(B)$	$X'(\text{Tr.})$	$X'(\text{RG})$
- 2	+ 0.2	+ 3.0	- 2.8	+ 3.3	+ 3.3	+ 0.7	+ 2.7	+ 2.5	- 3.2
- 1	- 0.2	- 0.8	+ 0.6	- 0.2	- 3.6	- 0.4	- 3.2	- 3.8	- 1.1
0	- 3.2	+ 1.3	- 4.5	+ 0.6	+ 1.2	- 0.4	+ 2.8	+ 5.3	+ 2.5
1	+ 1.4	- 2.1	+ 3.5	- 1.7	- 1.7	+ 1.2	- 1.5	- 5.2	- 5.3

Presiones medias y gradientes asociados

Días	PP (V)	PP (G)	Grd.	X (grd.)	PP (VM)	PP (Tr.)
-3	18.0	12.6	+5.4	+4.1	14.1	10.2
-2	18.2	15.6	+2.6	+1.5	17.4	12.5
-1	18.0	14.8	+3.2	+1.9	13.8	08.7
0	14.8	16.1	-1.3	-2.6	15.0	14.0
1	16.2	14.0	+2.2	+0.9	13.3	08.8

Puede verse que la inversión del gradiente circulatorio que tiene lugar el día 0, más que el aumento de la presión en I. Guafo (+1,3), se debe a la disminución de la presión en Valparaíso (-3,2 mb.). Esa inversión del gradiente en la costa del Pacífico va acompañada por un área de alza al oriente de los Andes, que se extiende desde Tucumán hasta más al sur de Río Gallegos y que tiene un centro de máxima en las proximidades de Trelew ($X'_0(\text{Tr}) = +5,3$ mb.).

La aplicación de las ecuaciones de regresión del Cuadro III a Villa Mercedes y Trelew, da los siguientes resultados:

$$X'(\text{VM}) = 0.51(-0.8) - 0.48(-4.5) = -0.4 + 2.2 = +1.8$$

$$X'(\text{Tr}) = 0.30(-0.8) - 0.92(-4.5) = -0.2 + 4.1 = +3.9$$

lo que arroja un buen acuerdo con los valores medios del Cuadro IV (día 0).

El mismo Cuadro IV revela una circunstancia interesante, las variaciones negativas del día -1, sobre territorio argentino, no provienen de perturbaciones del Pacífico y aparentemente son el resultado ya sea de agentes locales o de fenómenos de la circulación del aire en altura, que no se manifiestan sobre la presión en superficie de I. Guafo y Valparaíso.

La comparación entre los resultados, para el día -1, que se obtienen con la fórmula de regresión y los valores observados, se dan a continuación para V. Mercedes y Trelew:

	Calcul.	Observ.
Villa Mercedes $0.51(3.0) - 0.48(0.6) = \dots$	+1.2	-3.6
Trelew $0.30(3.0) - 0.92(0.6) = \dots$	+0.3	-3.8

EL EFECTO DE PERSISTENCIA

En ausencia de perturbaciones, las anomalías de la presión tienden a persistir por lo menos en cuanto al signo se refiere. Se trató de determinar cuantitativamente este efecto, para lo cual se utilizaron las anomalías diarias con respecto a la media de cada uno de los meses empleados para el cálculo (abril de 1947, julio de 1948, agosto de 1949 y enero de 1950), de las siguientes estaciones: Tucumán, Corrientes, V. Mercedes, Mar del Plata, Bariloche, Trelew y Malvinas.

Se eligió la siguiente ecuación de regresión:

$$X = c \cdot X_{-1}$$

donde:

X: anomalía de la presión al día de la fecha, a 0900 horas.

X_{-1} : anomalía de la presión el día anterior, a 0900 horas.

c: coeficiente de regresión.

Los resultados se consignan en el Cuadro V, el cual también da el coeficiente de determinación (r^2) para cada estación.

CUADRO V ($X = c \cdot X_{-1}$)
El efecto de persistencia

Estaciones	c	r^2
Tucumán	+0.46	0.22
Corrientes	+0.50	0.25
Villa Mercedes	+0.39	0.15
Mar del Plata	+0.52	0.27
Bariloche	+0.41	0.17
Trelew	+0.32	0.10
Malvinas	+0.37	0.14

Puede verse que el efecto de persistencia, traducido por los r^2 , es máximo para las estaciones subtropicales (Tucumán y Corrientes) y en la situada en el borde sudoeste del anticiclón del Atlántico (Mar del Plata).

Si se estudian los coeficientes b de las ecuaciones de los X' , se notará que esas tres estaciones citadas son precisamente las de b menores (-0,28, -0,14 y -0,04 respectivamente). A la inversa, las estaciones en las cuales el efecto de persistencia es menor son aquellas cuyos coeficientes b son mayores (Bariloche y Trelew). Esto parecería indicar que la menor persistencia es atribuible a la acción dinámica de la Cordillera.

AISLAMIENTO DE LA ACCION PERTURBADORA REGIONAL Y SUPERIOR

En primera aproximación puede expresarse que la anomalía de la presión en una estación (del lado argentino) es la resultante de: el efecto de persistencia de la anomalía del día anterior, del efecto dinámico de la Cordillera deformador del campo isobárico, de la propagación de las variaciones de la presión desde el Pacífico, de la acción perturbadora local y de efectos superiores no revelados por las observaciones de superficie en la costa occidental de Sur América. Formularmente podría expresarse:

$$X = f(X_{-1}) + f(X(\text{grd})) + f(X'_{-1}(\text{G})) + f(1) + f(s)$$

donde

$f(X_{-1})$: acción de persistencia.

$f(X(\text{grd}))$: efecto deformador por anomalía del gradiente Valparaíso-Guafo.

$f(X'_{-1}(\text{G}))$: efecto de propagación de la variación del día anterior en I. Guafo.

$f(1)$: acción perturbadora local (regional).

$f(s)$: acción perturbadora de la circulación superior.

En la suposición que mediante un cálculo de correlación, tomando como variables independientes X_{-1} , $X_0(\text{grd})$ y $X'_{-1}(\text{G})$, en regresión lineal, la parte computada de X dada por la ecuación y restada de la anomalía X observada representara la suma $f(1) + f(s)$, se calcularon las siguientes ecuaciones de regresión, en base a las observaciones de los cuatro meses utilizados para los cálculos anteriores:

Tucumán	$X(\text{T}) = 0.64.X_{-1}(\text{T}) - 0.21.X_0(\text{grd.}) + 0.50.X'_{-1}(\text{G})$
Villa Mercedes	$X(\text{VM}) = 0.59.X_{-1}(\text{VM}) - 0.57.X_0(\text{grd.}) + 0.52.X'_{-1}(\text{G})$
Mar del Plata	$X(\text{MP}) = 0.71.X_{-1}(\text{MP}) - 0.19.X_0(\text{grd.}) + 0.54.X'_{-1}(\text{G})$
Bariloche	$X(\text{B}) = 0.11.X_{-1}(\text{B}) - 0.59.X_0(\text{grd.}) + 0.10.X'_{-1}(\text{G})$
Trelew	$X(\text{Tr}) = 0.15.X_{-1}(\text{Tr}) - 0.75.X_0(\text{grd.}) + 0.14.X'_{-1}(\text{G})$
Malvinas	$X(\text{M}) = 0.38.X_{-1}(\text{M}) - 0.55.X_0(\text{grd.}) + 0.19.X'_{-1}(\text{G})$

Los coeficientes de determinación parciales, contribución de cada término al coeficiente de determinación total, se indican a continuación:

Términos en:

Estaciones	X_{-1}	$X_0(\text{grd.})$	$X'_{-1}(\text{G})$	r^2 total
Tucumán	0.296	0.077	0.254	0.627
Villa Mercedes	0.153	0.208	0.196	0.557
Mar del Plata	0.367	0.060	0.082	0.509
Bariloche	0.046	0.607	0.064	0.717
Trelew	0.046	0.538	0.065	0.647
Malvinas	0.141	0.078	0.042	0.261

Haciendo el promedio de los r^2 totales, menos Malvinas, se tiene para el territorio continental:

$$r_m^2 = 0.611$$

es decir que, en término medio, el 61 % de las magnitudes de las anomalías de la presión observadas fué ocasionado por la suma de: efecto de persistencia, deformación del campo bórico por acción dinámica y propagación de las variaciones barométricas del Pacífico. El 39 % restante es atribuible a efectos locales y provenientes de la circulación de altura.

REGRESIONES DE TIPO NO LINEAL

El empleo de una ecuación de regresión lineal implica:

- que cada variable modifica a la variable dependiente con independencia de los valores que toman las otras dos.
- que, por definición, los efectos son proporcionales.

Si no fuera ese el caso, es posible que con el empleo de una ecuación de regresión de tipo más apropiado se obtuvieran coeficientes de determinación mayores.

A objeto de verificar esto se volcaron las observaciones de tres estaciones, V. Mercedes, Mar del Plata y Trelew, en casilleros que resultan

de las siguientes combinaciones de valores de las variables independientes:

$$\begin{array}{lll} X_{-1} \leq +5 & X_0(\text{grd}) \leq +5 & X'_{-1}(\text{G}) \leq +5 \\ +4 \leq X_{-1} \leq -4 & +4 \leq X_0(\text{grd}) \leq -4 & +4 \leq X'_{-1}(\text{G}) \leq -4 \\ X_{-1} \geq -5 & X_0(\text{grd}) \geq -5 & X'_{-1}(\text{G}) \geq -5 \end{array}$$

El significado de las anotaciones es el mismo que el utilizado en los cómputos anteriores, es decir:

X_{-1} : anomalía de la presión en la estación considerada, a 0900 horas del día anterior.

$X_0(\text{grd})$: anomalía del gradiente Valparaíso-Guafo, a 0900 horas del día de la fecha.

$X'_{-1}(\text{G})$: variación de la presión en I. Guafo, en 24 horas, a 0900 horas del día anterior.

En el Cuadro VI se indican los valores medios de las variables para cada casilla. X_0 es la media aritmética de los valores X observados que caen en cada casilla.

El primer análisis parece indicar que las magnitudes de las otras dos variables independientes afecta la influencia de la tercera sobre X_0 . En efecto, tomemos por ejemplo en V. Mercedes el caso de X_{-1} aproximadamente igual a 0 y consideremos dos instancias de $X_0(\text{grd})$:

$$X_{-1} \approx 0 \quad X_0(\text{grd}) \approx 0 \quad \frac{\Delta X_0}{\Delta X'_{-1}(\text{G})} = \frac{2.4 - (-0.4)}{6.9 - (+0.5)} = \frac{2.8}{6.4} = 0.44$$

$$X_{-1} \approx 0 \quad X_0(\text{grd}) \approx -5 \quad \frac{\Delta X_0}{\Delta X'_{-1}(\text{G})} = \frac{11.0 - 2.2}{13.8 - (-1.0)} = \frac{8.8}{14.8} = 0.59$$

y cuando $X_{-1} \approx -5$

$$X_{-1} \approx -5 \quad X_0(\text{grd}) \approx 0 \quad \frac{\Delta X_0}{\Delta X'_{-1}(\text{G})} = \frac{6.5 - (-7.0)}{17.3 - (+0.9)} = \frac{13.5}{16.4} = 0.81$$

$$X_{-1} \approx -5 \quad X_0(\text{grd}) \approx -5 \quad \frac{\Delta X_0}{\Delta X'_{-1}(\text{G})} = \frac{6.5 - (+1.3)}{14.5 - (+0.7)} = \frac{5.2}{13.8} = 0.38$$

Es evidente que el reducido número de observaciones en las casillas constituye un inconveniente en cuanto a la determinación de los valores medios de las variables, en especial de X_0 .

Ecuación hiperboloidea. — Si se supone que cuando dos de las variables independientes permanecen constantes, X_0 es función lineal de la tercera, es decir

$$z = a + by$$

se tendrá una familia de ecuaciones en las cuales a y b serán función de las otras dos variables independientes. Si suponemos que cuando mantenemos a una de estas constante, a y b son funciones lineales de la otra, obtendremos los coeficientes y constantes c , e , d y f . Siguiendo el procedimiento puede hacerse lo mismo respecto de la última variable independiente.

CUADRO VI.—Tabla de correlación (valores medios de las variables)

Villa Mercedes				Mar del Plata				Trelew						
X_{-1}	X_0 (grd.)	X'_{-1} (G)	X_0	X_{-1}	X_0 (grd.)	X'_{-1} (G)	X_0	X_{-1}	X_0 (grd.)	X'_{-1} (G)	X_0	X_{-1}	X_0	N
+	9.0	+12.0	+	1.5	+	8.0	+	5.5	+	8.7	+	14.0	+	5
+	8.5	-15.0	+	1.0	+	11.8	-	6.6	+	7.8	-	1.5	+	1
+	7.0	+8.5	+	6.0	+	0.2	+	4.0	+	8.1	+	0.5	+	6
+	6.8	+0.2	+	0.3	+	7.4	+	8.9	+	8.8	+	0.3	+	9
+	9.7	-7.3	+	0.2	+	9.6	-	8.9	+	9.2	+	12.4	+	6
+	15.7	-0.5	+	11.0	+	11.5	+	0.5	+	13.6	-	10.2	+	5
+	10.0	+8.5	+	3.5	-	11.5	+	8.5	+	0.0	+	11.0	+	1
-	0.0	+12.8	+	1.8	+	13.5	+	9.0	+	0.4	+	7.6	-	2
+	2.2	-2.4	-	2.0	+	7.3	-	2.0	-	1.0	+	10.2	-	5
+	0.8	+11.4	+	4.9	+	9.2	+	11.8	+	1.0	+	0.8	+	5
+	0.0	+6.9	+	2.4	+	0.8	+	8.2	+	0.0	+	0.5	+	5
-	2.2	+0.2	+	0.4	+	2.0	+	0.2	+	0.0	+	2.2	-	15
+	0.3	-9.4	-	6.4	+	0.7	+	9.9	+	1.2	+	2.2	+	5
+	1.0	+13.8	+	11.0	+	10.0	+	10.0	+	1.2	+	9.0	+	4
+	0.5	-1.0	+	2.2	+	9.2	-	0.5	+	1.5	-	8.0	+	2
-	6.0	-2.0	-	5.5	+	8.0	+	12.0	+	8.5	+	7.0	-	1
-	9.0	+13.0	+	6.5	+	7.0	+	1.5	-	8.5	+	10.4	+	2
-	7.7	+17.3	+	6.5	-	0.5	-	10.4	-	7.0	+	0.8	+	5
-	9.7	+1.6	+	7.0	+	8.9	+	0.6	+	7.5	+	0.5	+	4
-	8.0	-12.0	+	5.0	+	10.0	+	9.0	+	13.5	+	1.0	+	10
-	8.5	+14.5	+	6.5	+	12.8	+	18.8	+	9.0	+	10.5	+	6
-	8.7	-0.7	+	1.3	+	10.3	-	1.0	+	8.5	+	9.5	+	2
-	8.7	-10.0	+	1.3	-	10.3	-	1.0	+	8.5	+	9.2	+	4

En definitiva, se obtuvieron y calcularon las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 X_{0c} &= a + b \cdot X_{-1} \\
 a &= c + d \cdot X'_{-1} (G) \\
 b &= e + f \cdot X'_{-1} (G) \\
 c &= g + h \cdot X_0 \text{ (grd)} \\
 d &= i + j \cdot X_0 \text{ (grd)} \\
 e &= k + l \cdot X_0 \text{ (grd)} \\
 f &= m + n \cdot X_0 \text{ (grd)}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo se obtiene una ecuación que representa una hipersuperficie en un espacio cuatridimensional (que denominamos hiperboloidea por analogía con el espacio tridimensional), del tipo:

$$\begin{aligned}
 X_{0c} &= g + k \cdot X_{-1} + h \cdot X_0 \text{ (grd)} + i \cdot X'_{-1} (G) + l \cdot X_{-1} \cdot X_0 \text{ (grd)} \\
 &+ m \cdot X_{-1} \cdot X'_{-1} (G) + j \cdot X_0 \text{ (grd)} \cdot X'_{-1} (G) + n \cdot X_{-1} \cdot X_0 \text{ (grd)} \cdot X_{-1} (G)
 \end{aligned}$$

X_{0c} : valor de X_0 computado por la ecuación.

Se efectuaron los cálculos para las tres estaciones, V. Mercedes, Mar del Plata y Trelew, las que se dan en el Cuadro VII, así como los coeficientes de determinación obtenidos en base a las observaciones de septiembre de 1950, junio y diciembre de 1951, no utilizadas para la determinación de las fórmulas. A los fines de comparación, en el mismo cuadro se consignan las ecuaciones de regresión lineal y los correspondientes valores del coeficiente de determinación para los meses nombrados.

Método parabólico con función correctora.—El hecho de que al graficar los valores X_0 del Cuadro VI en función de una de las variables y manteniendo las otras dos constantes, aquéllos no se dispongan según una recta, sugirió la posibilidad de que quizás se obtendrían mejores ajustes si se utilizaran arcos de parábola. Mediante el método de las diferencias numéricas se calcularon tres parábolas para V. Mercedes:

cuando $X_0 \text{ (grd)} \approx 0$ y $X'_{-1} (G) \approx 0$

$$X_{0c} = 0.4 + 0.30 \cdot X_{-1} + 0.044 (X_{-1})^2$$

cuando $X_{-1} \approx 0$ y $X'_{-1} (G) \approx 0$

$$X_{0c} = -0.4 - 0.26 \cdot X_0 \text{ (grd)} + 0.004 (X_0 \text{ (grd)})^2$$

cuando $X_{-1} \approx 0$ y $X_0 \text{ (grd)} \approx 0$

$$X_{0c} = -0.4 + 0.52 \cdot X'_{-1} (G) - 0.017 (X'_{-1} (G))^2$$

Como el Cuadro VI sugiere que los efectos de una variable son modificados por las magnitudes de las otras dos, no puede tomarse (como los ensayos efectuados lo mostraron) la suma de los X_{0c} de las tres ecuaciones anteriores como el mejor valor de X_0 computado. A tal efecto se consideraron los casos en que dos o más variables son marcadamente diferentes de 0, estableciéndose los remanentes entre los X_0 observados y los X_0 calculados con las fórmulas anteriores. En base a esos remanentes se determinó una función correctora.

El procedimiento resultó satisfactorio en tanto las magnitudes de las variables se conservaban próximas a los valores utilizados para el cálculo pero, al apartarse de esos márgenes, la ecuación da X_{oe} divergentes con respecto a los observados en la realidad. La ecuación empleada además de no ser suficientemente exacta era de cómputo engorroso.

Método semigráfico. — Una variante del método anterior, más exacta y más cómoda, puede obtenerse si se hacen los promedios de los valores de las variables independientes para cada instancia y se supone que cada valor de X_0 del Cuadro VI corresponde a las diferentes combinaciones de los promedios anteriores. De esta manera se obtiene la siguiente tabla (V. Mercedes):

Villa Mercedes

X_{-1}	X_0 (grd.) = + 12			X_0 (grd.) = 0			X_0 (grd.) = - 10		
	X'_{-1} (G) =			X'_{-1} (G) =			X'_{-1} (G) =		
	+ 12	0	- 9	+ 12	0	- 9	+ 12	0	- 9
+ 10	+ 1,4	(- 3)	- 1,0	+ 6,0	+ 0,5	+ 0,2	(+ 11)	+ 11,0	+ 3,5
0	- 1,8	- 2,0	- 4,9	+ 2,4	- 0,4	- 6,4	+ 11,0	+ 2,2	(- 1)
- 8	(+ 6)	- 3,5	- 6,5	+ 6,5	- 7,0	- 5,0	+ 6,5	+ 1,3	(+ 3)

Nota: Los números entre paréntesis han sido calculados en base a los datos conocidos, suponiendo constantes las diferencias segundas y haciendo el promedio de los diversos resultados.

Si en el cuadro anterior se supone una ligazón parabólica entre X_0 y X_0 (grd) cuando X_{-1} y X'_{-1} (G) se mantienen constantes, es posible calcular una familia de nueve parábolas.

Dichos coeficientes y constantes fueron volcados en tres ábacos, en función de X_{-1} y X'_{-1} (G). De esta manera puede computarse X_{oe} , extrayendo primero los valores de a , b y c de los ábacos e introduciendo luego X_0 (grd.) en la ecuación.

$$X_{oe} = a \cdot (X_0 \text{ (grd)})^2 + b \cdot X_0 \text{ (grd)} + c$$

El procedimiento, si bien ofrecía buenos ajustes entre los X_0 computados y los X_0 observados, resultaba de uso poco cómodo.

Método gráfico a corrección. — El proceso consiste en trazar ábacos para X_0 (Cuadro VI), en función de X_{-1} y X'_{-1} (G), uno para X_0 (grd) ≈ 10 , otro para X_0 (grd) ≈ 0 y el tercero para X_0 (grd) $\approx - 10$.

Para cada combinación de X_{-1} y X'_{-1} (G), se supone que X_0 varía linealmente con X_0 (grd), en diferente proporción según sea este positivo o negativo. Formularment la expresión es:

$$X_{oe} = f(X_{-1}, X'_{-1} \text{ (G)}) + a \cdot X_0 \text{ (grd)}$$

donde:

a : un coeficiente que depende del signo de X_0 (grd) y de los valores de X_{-1} y X'_{-1} (G).

En definitiva, se dispone de un ábaco para determinar $f(X_{-1}, X'_{-1} \text{ (G)})$ y otros dos para calcular a , uno cuando X_0 (grd) es positivo y un segundo cuando es negativo.

La aplicación de este método a los valores de las anomalías de la presión de junio y diciembre de 1951 en V. Mercedes, comparado con la regresión lineal, arrojó los siguientes coeficientes de determinación:

ecuación de regresión lineal	$r^2 = 0.359$
método gráfico de corrección	$r^2 = 0.352$

es decir que, en cuanto a precisión, ambos procedimientos son equivalentes, con la ventaja, para el procedimiento que aquí tratamos, de ser de uso más simple.

Método gráfico a función base. — Si se examinan las curvas de X_0 (Cuadro VI) en función de una de las variables, cuando se mantienen las otras dos constantes, podrá notarse que presentan un cierto parecido entre sí. El análisis efectuado para:

- $X_0 = f(X_{-1})$ cuando X_0 (grd.) = const. y X'_{-1} (G) = const.
- $X_0 = f(X_0 \text{ (grd.)})$ cuando X_{-1} = const. y X'_{-1} (G) = const.
- $X_0 = f(X'_{-1} \text{ (G)})$ cuando X_{-1} = const. y X_0 (grd.) = const.

permitió comprobar que la dispersión de los puntos y la heteromorfo-logía de las curvas es mínima para:

$$X_0 = f(X_0 \text{ (grd)}) \text{ con } X_{-1} \text{ y } X'_{-1} \text{ (G) constantes.}$$

Surge de ello que la función base más conveniente es $f(X_0 \text{ (grd)})$.

Todos los valores de X_0 del cuadro VI fueron volcados en un gráfico en función de X_0 (grd), uniendo entre sí los puntos correspondientes a cada par de magnitudes de X_{-1} y X'_{-1} (G). Se obtuvieron así una serie de curvas, utilizando las cuales se trazó la curva media que representa la función base $f(X_0 \text{ (grd)})$. (ver "Discusión").

Haciendo luego las diferencias

$$X_0 - f(X_0 \text{ (grd)})$$

se las distribuyó en un ábaco en función de X_{-1} y X'_{-1} (G), trazándose después las curvas de isodiferencias (isocorrecciones a la función base). En definitiva se tiene que:

$$X_{oe} = f(X_0 \text{ (grd)}) + f(X_{-1}, X'_{-1} \text{ (G)})$$

Con el ábaco así construido se confeccionan las tablas que se dan en el cuadro VIII, determinadas para V. Mercedes, Mar del Plata y Trelew. Dichas tablas permiten calcular rápidamente las anomalías de la presión, en tanto ellas dependen del efecto de persistencia, del efecto dinámico de la Cordillera sobre la circulación del aire y de la propagación de perturbaciones barométricas que provienen del Pacífico. En el cuadro VII se indican los coeficientes de determinación obtenidos para septiembre de 1950 y junio y diciembre de 1951, meses no utilizados para el cálculo de las tablas.

CUADRO VII. — Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación para algunas estaciones

Villa Mercedes

Regresión lineal, $r^2 = 0.441$
 $X = 0.39.X_{-1} - 0.57.X_0(\text{grd.}) + 0.32.X'_{-1}(G)$
 Regresión hiperboloidea: $r^2 = 0.419$
 $X = 0.4 + 0.36.X_{-1} - 0.55.X_0(\text{grd.}) + 0.53.X'_{-1}(G) - 0.002.X_{-1}.X_0(\text{grd.}) +$
 $+ 0.007.X_{-1}.X'_{-1}(G) - 0.018.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G) + 0.0012.X_{-1}.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G)$
 Regresión gráfica a función base, $r^2 = 0.441$
 $X = f(X_0(\text{grd.})) + f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$

Mar del Plata

Regresión lineal, $r^2 = 0.516$
 $X = 0.71.X_{-1} - 0.19.X_0(\text{grd.}) + 0.54.X'_{-1}(G)$
 Regresión hiperboloidea, $r^2 = 0.415$
 $X = 0.3 + 0.44.X_{-1} - 0.24.X_0(\text{grd.}) + 0.25.X'_{-1}(G) - 0.031.X_{-1}.X_0(\text{grd.}) +$
 $- 0.025.X_{-1}.X'_{-1}(G) + 0.002.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G) - 0.0024.X_{-1}.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G)$
 Regresión gráfica a función base, $r^2 = 0.495$
 $X = f(X_0(\text{grd.})) + f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$

Trelew

Regresión lineal, $r^2 = 0.612$
 $X = 0.15.X_{-1} - 0.75.X_0(\text{grd.}) + 0.14.X'_{-1}(G)$
 Regresión hiperboloidea, $r^2 = 0.577$
 $X = 0.5 + 0.19.X_{-1} - 0.51.X_0(\text{grd.}) + 0.28.X'_{-1}(G) + 0.002.X_{-1}.X_0(\text{grd.}) +$
 $- 0.021.X_{-1}.X'_{-1}(G) - 0.015.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G) - 0.0029.X_{-1}.X_0(\text{grd.}).X'_{-1}(G)$
 Regresión gráfica a función base, $r^2 = 0.584$
 $X = f(X_0(\text{grd.})) + f(X_{-1}, X'(G))$

Nota: Las ecuaciones de regresión y la regresión gráfica han sido calculadas en base a las observaciones de abril de 1947, julio de 1948, agosto de 1949 y enero de 1950. Los coeficientes de determinación (r^2) fueron computados con las observaciones de septiembre de 1950, junio y diciembre de 1951, no utilizadas para determinar las ecuaciones ni la gráfica.

DISCUSION

El estudio de los r^2 del cuadro VII permite comprobar que el mejor ajuste es el proporcionado por las ecuaciones lineales de regresión. La media de los coeficientes de determinación de las tres estaciones es:

regresión lineal $r^2 = 0.523$
 regresión hiperboloidea $r^2 = 0.470$
 regresión básica a función base $r^2 = 0.507$

Es decir, que con la ecuación lineal podemos determinar cuantitativamente el 52 % de las magnitudes de las anomalías de la presión en territorio argentino; con el método de regresión gráfica obtenemos un 51 %. Dado que la diferencia de precisión es pequeña, a los efectos prácticos resulta preferible el procedimiento gráfico por ser más rápido y más cómodo.

El examen de la función base

$$X = f(X_0(\text{grd}))$$

sugiere una ligazón de carácter exponencial entre las variables, del tipo

$$X = c + a \cdot e^{b \cdot X(\text{grd.})}$$

El cálculo efectuado, que ofrece un buen ajuste con la curva experimental (Fig. 2), dió las siguientes funciones (utilizadas para computar $f(X_0(\text{grd}))$ en el cuadro VIII).

Villa Mercedes $X = -14.7 + 14.75 e^{-0.0310 \cdot X(\text{grd.})}$
 Mar del Plata $X = -9.4 + 9.78 e^{-0.0267 \cdot X(\text{grd.})}$
 Trelew $X = -34.4 + 34.2 e^{-0.0256 \cdot X(\text{grd.})}$

CUADRO VIII. — Regresión gráfica a función base
 $X = f(X_0(\text{grd})) + f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$

Villa Mercedes							
$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$f(X_0(\text{grd.}))$	
-20	+12.7	-6	+3.3	+8	-3.1		
-18	+11.2	-4	+2.2	+10	-3.9		
-16	+9.8	-2	+1.2	+12	-4.5		
-14	+8.5	0	+0.1	+14	-5.1		
-12	+6.9	+2	-0.7	+16	-5.6		
-10	+5.4	+4	-1.5	+18	-6.2		
-8	+4.3	+6	-2.3	+20	-6.8		
$X'_{-1}(G)$	$f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$						
	-18	-12	-6	0	+6	+12	+18
X_{-1}	+18	+12	+6	0	-6	-12	-18
+18	+1.0	+1.8	+3.2	+4.8	+6.0	+8.0	+9.0
+12	-0.2	-0.2	+1.1	+2.8	+4.5	+6.1	+7.7
+6	-1.5	-2.1	-1.2	+0.8	+2.8	+4.7	+6.5
0	-2.5	-3.7	-3.5	-1.5	+0.8	+3.0	+5.5
-6	-3.5	-4.2	-4.2	-3.4	-0.9	+1.7	+4.5
-12	-4.0	-4.3	-4.5	-4.8	-2.3	+0.9	+3.7
-18	-4.2	-4.5	-4.9	-5.4	-3.0	+0.2	+3.2
Mar del Plata							
$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$X_0(\text{grd.})$	$f(X_0(\text{grd.}))$	$f(X_0(\text{grd.}))$	
-20	+7.3	-6	+2.2	+8	-1.4		
-18	+6.5	-4	+1.6	+10	-1.9		
-16	+5.7	-2	+1.0	+12	-2.3		
-14	+5.0	0	+0.4	+14	-2.6		
-12	+4.2	+2	-0.1	+16	-3.0		
-10	+3.4	+4	-0.5	+18	-3.3		
-8	+2.8	+6	-1.0	+20	-3.7		
$X'_{-1}(G)$	$f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$						
	-18	-12	-6	0	+6	+12	+18
X_{-1}	+18	+12	+6	0	-6	-12	-18
+18	+5.5	+8.0	+10.4	+11.5	+12.5	+10.5	+8.0
+12	+2.7	+4.4	+6.8	+9.2	+10.2	+8.7	+5.7
+6	0.0	+0.6	+2.0	+4.0	+6.3	+5.9	+3.3
0	-2.7	-3.3	-3.3	-1.5	+1.0	+2.8	+0.8
-6	-5.3	-6.7	-7.3	-4.5	-1.3	+0.0	-1.0
-12	-7.4	-9.5	-10.1	-6.8	-3.7	-2.2	-4.0
-18	-7.7	-11.0	-11.0	-8.5	-5.8	-5.0	-6.2

CUADRO VIII (Continuación)

Trelew					
X_0 (grd.)	$f(X_0$ (grd.))	X_0 (grd.)	$f(X_0$ (grd.))	X_0 (grd.)	$f(X_0$ (grd.))
-20	+20.4	-6	+5.3	+8	-6.0
-18	+18.1	-4	+3.4	+10	-7.4
-16	+15.8	-2	+1.6	+12	-8.5
-14	+13.5	0	-0.2	+14	-9.7
-12	+11.2	+2	-1.6	+16	-10.8
-10	+8.9	+4	-3.1	+18	-12.0
-8	+7.1	+6	-4.5	+20	-13.1

X_{-1}	$f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$						
	-18	-12	-6	0	+6	+12	+18
+18	-0.4	+0.1	+0.6	+0.9	+0.8	+0.5	+0.3
+12	-1.0	-0.3	+0.6	+0.9	+0.9	+0.8	+0.5
+6	-2.0	-1.5	+0.3	+1.8	+1.7	+1.2	+0.9
0	-3.2	-2.9	-0.8	+2.1	+2.2	+1.7	+1.1
-6	-4.2	-4.1	-2.7	-0.8	+0.1	+0.8	+0.7
-12	-4.7	-4.7	-4.1	-2.0	-0.0	+0.1	+0.4
-18	-5.0	-5.0	-4.1	-2.5	-1.5	-0.4	+0.2

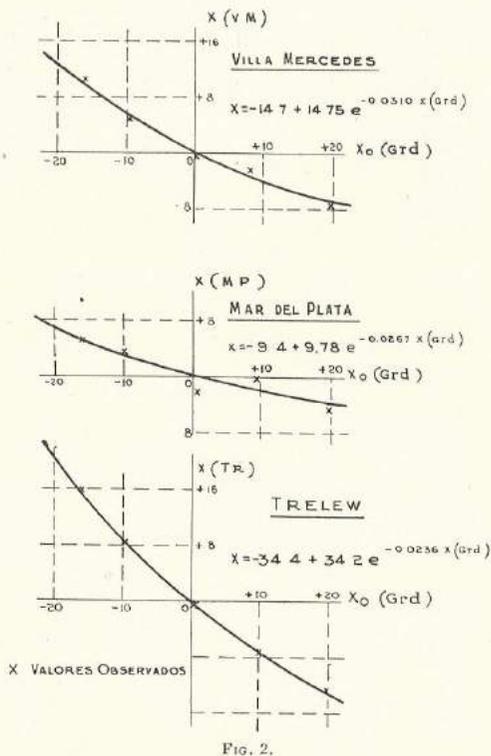


FIG. 2.

Si en las ecuaciones anteriores X (grd) tiende a $+\infty$, los valores de X tienden a $-14,7$, $-9,4$ y $-34,4$, en V. Mercedes, Mar del Plata y Trelew respectivamente, lo que parece sugerir que el efecto dinámico al oriente de la Cordillera tiene un límite y que al crecer indefinidamente el gradiente barométrico Valparaíso-Guafo no ocurre lo mismo con el efecto sobre las anomalías de la presión. A objeto de verificar esto se hizo un promedio de 7 casos de X (grd) $\geq +15$ que, corregido por $f(X_{-1}, X'_{-1}(G))$, arrojó los siguientes resultados (X (grd) $_m = +19,6$):

Villa Mercedes	$X = -7.2$
Mar del Plata	$X = -4.6$
Trelew	$X = -12.9$

Las anomalías del gradiente entre Valparaíso y Guafo pocas veces exceden de ± 20 mb. Las curvas de las curvas exponenciales entre X (grd) ± 20 y -20 , tienen las siguientes pendientes, en comparación con las halladas para $X' - a.X'_{-1}(G) = c + b.X'$ (grd) (ver acápite "El efecto dinámico de la Cordillera de los Andes"):

	Pendiente entre X (grd.) $= +20$ y X (grd.) $= -20$	Cofic. b de la recta $c + b.X'$ (grd.)
Villa Mercedes	-0.49	-0.49
Mar del Plata	-0.27	-0.01
Trelew	-0.84	-0.96

lo que, salvo para el caso de Mar del Plata, muestra una buena coincidencia.

Para verificar el grado de certidumbre del efecto de las variaciones del gradiente del Pacífico, sobre las variaciones simultáneas de la presión al oriente de las montañas, se practicó un cálculo de correlación entre los efectos medios observados en dos períodos de tiempo, el primero correspondiente a abril de 1947, julio de 1948, agosto de 1949 y enero de 1950, y el segundo correspondiente a septiembre de 1950, y junio y diciembre de 1951. Las variaciones de gradiente fueron clasificadas en cinco instancias: $\geq +6$, de $+5$ a $+2$, de $+1$ a -1 , de -2 a -5 e ≤ -6 .

En el cuadro que sigue se resumen los resultados; el subíndice 1 indica el primer período de observaciones y el subíndice 2 el segundo. Los X' rem son las variaciones medias de la presión corregidas por el efecto de propagación.

Efectos medios de las variaciones de gradiente en la costa occidental de Sud América sobre la presión de estaciones argentinas

X' (grd.) ₁	X' (grd.) ₂	V. Mercedes		Mar del Plata		Trelew	
		X' rem ₁	X' rem ₂	X' rem ₁	X' rem ₂	X' rem ₁	X' rem ₂
+9.6	+9.3	-6.3	-3.8	+0.2	0.0	-9.4	-7.5
+3.7	+3.6	-2.0	-2.2	-0.3	+0.3	-1.5	-1.8
+0.1	-0.1	+1.6	-0.9	+0.5	+0.1	-1.3	-1.8
-3.4	-3.4	+1.2	-0.1	-0.7	+0.2	+2.6	+1.1
-10.4	-9.9	+4.5	+4.7	0.0	+0.4	+10.3	+8.2

Los coeficientes de correlación entre los X'_{rem_1} y X'_{rem_2} de las estaciones utilizadas, son los siguientes:

Villa Mercedes	$r = 0.896$
Mar del Plata	$r = -0.552$
Trelew	$r = 0.777$

cosa que indica que en Mar del Plata, para esas magnitudes de X' (grd), no se registran efectos sobre la presión producidos por variaciones del gradiente del Pacífico.

Si se hace el promedio de los X'_{rem_1} y X'_{rem_2} y se calculan las ecuaciones de regresión lineal con respecto a X' (grd), se obtienen las siguientes (que corresponden a siete meses de observaciones):

Villa Mercedes	$X'_{rem} = -0.4 - 0.462 X'$ (grd.)
Trelew	$X'_{rem} = -0.2 - 0.790 X'$ (grd.)

Cuando se seleccionan los X' (grd) iguales o mayores de + 15 mb, o iguales o menores de - 15 mb, los valores medios X'_{rem} resultantes, cuya comparación con los que dan las rectas de regresión se indica en la tabla, son los siguientes:

X' (grd.)	V. Mercedes		M. del Plata		T r e l e w	
	X'_{rem}	recta	X'_{rem}	recta	X'_{rem}	recta
+ 18.0	- 8.2	- 8.7	- 4.8	0.0	- 11.5	- 14.4
- 18.5	+ 9.6	+ 8.2	+ 1.1	0.0	+ 11.1	+ 14.4

En dicha tabla puede verse que para Villa Mercedes, la recta arroja resultados satisfactorios para variaciones extremas del gradiente del Pacífico. En Mar del Plata se registran efectos en las variaciones de la presión, cuando se trata de grandes oscilaciones del gradiente del Pacífico, con una pendiente de -0,16 que tiende a coincidir con la deducida de la función exponencial, que liga las anomalías de la presión con las anomalías del gradiente.

Para el caso de Trelew, la recta proporciona variaciones de la presión de magnitud excesiva, con respecto a las observadas, cuando las variaciones del gradiente son muy grandes, sugiriendo que el efecto de esas variaciones tiene un límite, es decir que, al crecer indefinidamente las variaciones del gradiente, no sucede lo mismo con las variaciones de la presión en Trelew.

Otro de los efectos de esas variaciones del gradiente barométrico de Pacífico, ha sido ya analizado en una parte anterior de este trabajo: se refiere al efecto anticiclónico sobre territorio argentino, que acompaña a un descenso del gradiente producido por una baja de la presión en la región de Valparaíso, con barómetro aproximadamente constante en Isla Guafo.

Debe también tenerse en cuenta, cuando se utilizan las fórmulas

$$X' = a \cdot X'_{-1}(G) + b \cdot X'_0(\text{grd})$$

que en el término en b está incluida aquella parte del efecto de propagación de las perturbaciones del Pacífico, que se manifiestan con intervalo menor de 12 horas sobre territorio argentino. Ello es aplicable especialmente a Bariloche y Río Gallegos y en grado algo menor a Trelew. El análisis de los coeficientes de determinación r_a^2 y r_b^2 del cuadro III, indica que:

a) cuando se consideran intervalos $i(G)$ e $i(\text{grd})$ iguales a 0:

en Bariloche	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.68
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.04
en Gallegos	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.24
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.12

b) cuando se consideran intervalos $i(G) = -1$ e $i(\text{grd}) = 0$

en Bariloche	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.01
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.67
en Gallegos	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.00
	r_b^2 (elec) dinámico) = 0.54

Esto indica, teniendo en cuenta que el 87 % de las variaciones del gradiente se deben a variaciones de la presión en Guafo, que en el r^2 cuyo $i = 0$ están incluidos ambos efectos, propagación y dinámico.

A la inversa, en estaciones sobre el eje de la vaguada dinámica, pero cuya distancia a Isla Guafo hace que el intervalo de propagación sea próximo a un día, como Villa Mercedes y Tucumán, se tiene que:

c) cuando se consideran intervalos $i(G) = 0$ e $i(\text{grd}) = 0$.

En Villa Mercedes ..	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.20
	r_b^2 (efecto dinámico) = -0.02
en Tucumán	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.01
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.01

d) cuando se toma $i(G) = -1$ e $i(\text{grd}) = 0$,

en Villa Mercedes ..	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.50
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.19
en Tucumán ..	r_a^2 (efecto de propagación) = 0.52
	r_b^2 (efecto dinámico) = 0.04

CONCLUSION

El estudio presente revela:

1º) Que las alteraciones del gradiente barométrico latitudinal en superficie, en la costa del Pacífico, se traduce en variaciones de la presión del lado oriental de los Andes. Un aumento de gradiente produce un descenso de la presión y, a la inversa, una disminución de gradiente un ascenso.

2º) Que teniendo en cuenta, junto con el efecto anterior, la propagación de las perturbaciones barométricas (regresión lineal), puede determinarse cuantitativamente el 50 % de las variaciones de la presión sobre territorio argentino (término medio).

3º) Que una disminución de gradiente en la costa del Pacífico, debida a un descenso de la presión en la parte norte, tiene un efecto anticiclónico sobre la región al este de la Cordillera.

4°) Que la vaguada dinámica (por aumento del gradiente del Pacífico) tiende a hacerse migratoria una vez formada, pero se amortigua rápidamente.

5°) Que el efecto de persistencia de las anomalías de la presión es mayor en las estaciones subtropicales o próximas al anticiclón permanente del Atlántico (alrededor de un 25 %), que en las estaciones sometidas más directamente al efecto dinámico de la Cordillera (un 15 %).

6°) Que la ligazón entre las anomalías de la presión y las anomalías del gradiente es aparentemente del tipo exponencial. Al crecer indefinidamente el gradiente, las anomalías de la presión no crecen de la misma manera, sino que tienden a un límite que puede calcularse.

7°) Que el efecto de propagación, el dinámico y el de persistencia, sumados, son responsables de entre el 52 % al 61 % de los valores de las anomalías de la presión sobre territorio continental argentino. El resto, un 45 % aproximadamente, es atribuible a agentes regionales o de la circulación de altura.

8°) Que para el cálculo anterior puede utilizarse, ya sea una ecuación de regresión lineal o bien una regresión gráfica; el orden de precisión de ambas es similar, pero la segunda es de empleo más cómodo. La ecuación de regresión de tipo hiperboloideo también arroja resultados satisfactorios, aunque ligeramente inferiores a los de las dos primeras.

9°) Que haciendo la diferencia entre las anomalías observadas y la suma de los efectos del Pacífico (propagación y dinámico) más el de persistencia, puede traerse a luz la acción perturbadora regional de la Argentina y de la circulación superior.

519.272 : 551.5

LOS NÚMEROS ALEATORIOS Y SU APLICACIÓN A LA METEOROLOGÍA

Por G. DEDEBANT*, R. DI MAIO** y E. A. M. MACHADO***

Resumen.— Con la finalidad de expresar mejor el significado de las aplicaciones del Cálculo Aleatorio que han sido publicadas por esta revista, los autores exponen bajo una forma nueva el concepto de número aleatorio (llamado ordinariamente "variable aléatoire", en francés, y "variate", en inglés). Exponen, entre otras, la noción de covariancia, las reglas del cálculo débilmente aleatorio, la teoría de la regresión, etc. Citan algunas aplicaciones al estudio de la estructura vertical de la atmósfera sobre datos de sondeos efectivos. Esta exposición no se refiere en forma alguna a las nociones del azar y de la probabilidad.

Résumé.— En vue de mieux expliquer le sens des applications qui ont été publiées dans cette même revue, du Calcul Aléatoire, les auteurs exposent sous une forme nouvelle le concept de nombre aléatoire (appelé ordinairement "variable aléatoire" en français, et "variate", en anglais). Ils exposent, entre autres, la notion de covariance, les règles de calcul faiblement aléatoire, la théorie de la régression, etc. Ils citent des applications à l'étude de la structure verticale de l'atmosphère, à partir des données des sondages. On notera que cet exposé ne fait à aucun moment appel aux notions de hasard et de probabilité.

INTRODUCCION

Bajo las denominaciones de Calcul Aléatoire y de Fonctions Aléatoires, en idioma francés, y las de Stochastic Processes y Random Functions, en lengua inglesa, viene desarrollándose desde hace una quincena de años una nueva rama de la Estadística Matemática que tiende a organizarse progresivamente en un cuerpo de doctrina autónomo. Este nuevo y trascendente instrumento matemático ocupa un plano análogo al del cálculo diferencial e integral —del que en ciertos aspectos es una extensión— y se aplica a todos los dominios de la ciencia donde se presentan fenómenos caprichosos, en apariencia desordenados y en perpetuo cambio.

Innecesario es recordar que el Cálculo de Probabilidades lleva también a describir y legalizar este género de fenómenos, pero originado en los juegos de azar, se concreta al caso del azar puro, que no es sino uno de los dos límites extremos del cálculo aleatorio, siendo el otro, en un sentido totalmente opuesto, el determinismo puro, que ha dominado la Fisicomatemática del siglo último. A principios del siglo XX se ha notado una reacción excesiva en sentido inverso con la introducción

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

** Doctor en Física. Universidad de Pavia. 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.

del Cálculo de Probabilidades por las vías de la Teoría Cinética de los Gases y de la Mecánica Estadística de los sistemas. Más tarde aparecen las Nuevas Mecánicas (Ondulatoria, Cuántica, de Dirac), cuyo aspecto y métodos eran francamente aleatorios, pero cuyos autores aceptaban el papel de la Estadística únicamente en la interpretación de los resultados, desechando admitirla en los fundamentos.

El cálculo aleatorio se ha situado, pues, en medio de esa corriente del pensamiento, como una *tercera posición*, y en la hora actual puede afirmarse que su campo de acción se abre a casi todas las ciencias. Entre sus dominios, hoy efectivos, se hallan la Termodinámica, la Física atómica, la Física nuclear (comprendida en ella la radiación cósmica), la Mecánica de los flúidos, la Meteorología, la Biometría, la Demografía, la Economía política, la Historia, la Filosofía (Dialéctica).

Convencidos de la universalidad de la aplicación de las funciones aleatorias, hemos decidido hacer de ella una exposición que evidentemente no tiene la pretensión de reemplazar la lectura de las memorias originales¹, exposición que ha sido orientada por las consideraciones que siguen sugeridas con motivo de la aplicación hecha por uno de los autores².

En primer término: exponer el Cálculo Aleatorio partiendo de las operaciones de cómputos que sirven para aplicarlo prácticamente. Este camino es inverso del que *realmente* se siguió en la Creación del cálculo aleatorio, pero será más fácil de reconocer y facilitará el trabajo de asimilación y de comprensión de quienes quieran estudiar este tipo de cálculo por vía axiomática. Como segundo paso: disminuir rápidamente la generalidad del sujeto para limitarse al caso aplicable —por el momento y a nuestro juicio a la Meteorología Sinóptica— el de las funciones aleatorias *analíticas estacionarias*.

De manera que, progresivamente, se llegará a hablar casi con exclusividad de Meteorología. Pero quienes se interesen en otras ciencias no deben olvidar que la Meteorología no es sino uno de los campos del cálculo aleatorio, y que todo lo expuesto puede traducirse a otros dominios.

El trabajo se ha concebido en cuatro partes: 1) Exposición teórica; 2) Descripción de los procedimientos de cálculo; 3) Estudio teórico de las funciones aleatorias espacio-temporales; 4) Resultados de su aplicación a la circulación general del aire en la República Argentina.

PRIMERA PARTE. NUMERO ALEATORIO Y FUNCION ALEATORIA

1) MEDIDA - PRUEBA - CONJUNTO DE MEDIDAS - NÚMERO ALEATORIO.

El resultado de la medida de una magnitud física (por ejemplo: la presión barométrica) es un número X (racional por otra parte). Una

¹ G. DEDEBANT et PH. WEHRLÉ. — "Calcul aléatoire" et "Mécanique aléatoire". *Portuguese Física*, 1944-45. Lisboa.
J. E. MOYAL. — "Stochastic processes and Statistical Physics". *Journal of the Royal Statistical Society*, 1949.

Conocemos, además, la próxima aparición de dos trabajos exhaustivos sobre el tema, uno de DOOB, a editarse por Chapman y Hall, y otro de BLANC-LAPIERRE y FORTET, que editará Masson et Cie (Diciembre de 1952).

² G. DEDEBANT. — "Estudio de la circulación general de la atmósfera en la República Argentina", que se publica en la presente edición de *Meteoros*.

medida aislada no nos informa sino muy imperfectamente sobre la magnitud física estudiada; a lo sumo es un *sondeo* entre los valores posibles de la magnitud. En consecuencia, diremos que esa medida aislada es una *prueba*.

Entonces, para conocer mejor una magnitud física, hay que repetir las medidas de esa magnitud, vale decir, hay que efectuar una serie de pruebas.

Se llega así, finalmente, a representar una magnitud física no por un número único, sino por un conjunto de números:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

siendo n un número entero.

Diremos que este conjunto constituye un número *aleatorio* X .

Cada uno de los elementos de este conjunto es el resultado de una prueba efectuada sobre el número aleatorio X .

2) SOSTÉN DEL NÚMERO ALEATORIO. QUANTUM DE INTERVALO.

Un número aleatorio se apoya en un conjunto de números enteros *sucesivos*:

$$1, 2, \dots, N$$

que llamaremos su *sostén*.

El sostén más *extenso* de un número aleatorio es el conjunto \mathcal{E} —infinito numerable— de los números enteros.

Cuando ordenamos una serie de medidas según un criterio cualquiera (por ejemplo, por orden de magnitud, por orden cronológico, etc.), establecemos una *correspondencia* entre un conjunto de números racionales (las medidas) y un subconjunto $\{1, 2, \dots, N\}$ del conjunto \mathcal{E} de los números enteros. Así se creará, hablando matemáticamente, un *número aleatorio*.

Al intervalo de una unidad entera que separa dos números enteros sucesivos $(n-1, n)$ corresponde según nuestro criterio de ordenación, un *intervalo físico* ε . Por ejemplo, si ordenamos las presiones barométricas por orden de magnitud, ε podrá ser $1/30$ mm de mercurio, o $1/10$ de milibar, ó 1 mm ó 1 milibar, ó 5 mm, ó 5 milibares, etc.

Si los ordenamos cronológicamente, ε podrá ser 1 hora, 6 horas, 24 horas, 48 horas, etc.

El intervalo físico ε que corresponde al intervalo unidad de la sucesión de los números enteros se llamará *quantum de intervalo*. Su valor depende a la vez de la precisión de las medidas y de las aplicaciones que se tengan en vista; en una palabra, de nuestra *escala de trabajo*.

3) INTERVALO DE BASE.

Supongamos, para fijar ideas, que nuestro criterio de ordenación sea el orden cronológico. Prácticamente dispondremos de un número finito N de medidas que corresponden a un intervalo (físico) de tiempo de N quanta, es decir, $N\varepsilon = H$. Este intervalo de tiempo H se llamará *intervalo*, de base sobre el que está definido el número aleatorio X , que

representa el conjunto de realizaciones sobre las N pruebas efectuadas:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$$

4) NÚMERO CIERTO.

Un caso particular importante de número aleatorio es aquel en que todas las realizaciones x_i son iguales a un mismo número a .

Se dice, entonces, que el número aleatorio X , que corresponde al conjunto:

$$\{a, a, \dots, a\}$$

resulta el *número cierto* a .

Los números ciertos son los que estudia el álgebra elemental. Aquí los vemos aparecer como un caso particular (límite) de los números aleatorios.

Eligiendo convenientemente la unidad de medida, siempre se puede reducir la medida a la unidad entera 1. Se obtiene así la *unidad cierta*.

$$1 = \{1, 1, \dots, 1\}$$

Las *constantes físicas* como la velocidad de la luz, el equivalente mecánico de la caloría, el número de AVOGADRO, el quantum de acción de PLANCK, la constante de BOLTZMANN, etc., son ejemplos de *magnitudes ciertas*. No son aleatorios más que cuando se tienen en cuenta los *errores de medición*. En rigor, dado el límite de precisión de los instrumentos y los métodos, prácticamente no existen en física números ciertos, sino números cuasi-ciertos.

5) OPERACIONES ALGEBRAICAS CON NÚMEROS ALEATORIOS.

Los números aleatorios son susceptibles de intervenir en dos operaciones algebraicas en sentido ordinario:

1º) *La multiplicación (de un número aleatorio) por un número cierto*. — El número aleatorio

$$aX$$

es el conjunto

$$\{ax_1, ax_2, \dots, ax_n\}$$

Esta definición se vuelve absolutamente intuitiva si se considera que la multiplicación por el número cierto a no es sino un cambio de la unidad de medida.

2º) *Suma de dos números aleatorios*. — El número aleatorio

$$X + Y$$

es el conjunto

$$\{x_1 + y_1, x_2 + y_2, \dots, x_n + y_n\}$$

Aquí se impone una observación. Desde el punto de vista puramente matemático, siempre se pueden sumar números (aunque sean aleatorios) sin tener la menor consideración por la dimensión física de las magnitudes que representan, ni por las unidades de medida. Pero se sobren-

tiende que en Física no se podrán sumar más que números que representen magnitudes de la misma dimensión, con la misma unidad. Ejemplo: La regla de la suma de números aleatorios resulta intuitiva en los casos siguientes:

X es el peso en milibares de la columna de aire por encima de 1000 metros de altura; Y es el peso en milibares de la columna de aire desde 0 hasta mil metros de altura. Luego, $(X + Y)$ será el peso en milibares de la atmósfera. Las componentes $(x_i + y_i)$ se obtienen sumando las mediciones simultáneas.

6) EQUIVALENCIA DE NÚMEROS ALEATORIOS Y DE VECTORES.

El hecho de que los números aleatorios sigan las dos reglas de operaciones algebraicas precedentes basta para identificarlos como *vectores* en un espacio de N dimensiones.

Son, en cierto modo, *vectores físicos*, siendo los números ciertos *esca- tares físicos*.

Luego, todo lo que se aplica a los vectores se aplicará también a los números aleatorios.

7) PRODUCTO CIERTO DE DOS NÚMEROS ALEATORIOS.

La operación que corresponde al producto de dos vectores, es el *producto escalar* (o producto interior):

$$x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n$$

También se puede definir para los números aleatorios un producto llamado *cierto*, de la manera siguiente:

El producto cierto de X por Y se designa por \overline{XY} (XY , con un trazo encima) y es igual a:

$$\frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n}{N}$$

y gozará ipso facto de todas las propiedades del producto escalar de dos vectores (en particular, es *conmutativa*).

8) VALOR PROBABLE DE UN NÚMERO ALEATORIO.

Si, en particular, haciendo el producto cierto del número aleatorio

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

por la unidad cierta

$$1 = \{1, 1, \dots, 1\}$$

obtenemos

$$\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$$

esta magnitud, que designaremos simplemente con \overline{X} , se llama valor probable del número aleatorio X . Observemos que un número cierto es

igual a su valor probable. En efecto si

$$a = \{ \overbrace{a, a, \dots, a}^{n \text{ veces}} \}$$

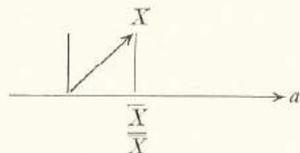
entonces

$$\bar{a} = \frac{a + a + \dots + a}{N} = a$$

Por consiguiente, se puede decir que el operador "trazo" ($\bar{\quad}$) es un operador de *proyección*, puesto que:

$$\overline{\bar{X}} = \bar{X}$$

Esta definición se comprende fácilmente representándosela geométricamente porque si se proyecta el vector X sobre el eje de los números ciertos su proyección es \bar{X} ; después, si se proyecta de nuevo \bar{X} sobre el mismo eje a se obtendrá siempre \bar{X} .



9) NÚMERO PURAMENTE ALEATORIO:

Siguiendo la regla de adición (o de sustracción) de los números aleatorios, formemos el nuevo número aleatorio:

$$X' = X - \bar{X}$$

cuyas componentes son:

$$x_1' = x_1 - \bar{X}$$

$$x_2' = x_2 - \bar{X}$$

Este nuevo número aleatorio X' se llama parte (o componente) *puramente aleatoria* de X .

Por oposición es natural llamar al valor probable \bar{X} , parte (o componente) *cierta* de X .

Se tienen evidentemente: $\overline{X'} = 0$.

En lenguaje geométrico se ve fácilmente que el *eje cierto* (es decir, la recta orientada, sostén de los números ciertos) no es sino la N sectriz de los ejes coordenados ⁽¹⁾. El valor probable \bar{X} es la proyección del número aleatorio X sobre el eje cierto. En cuanto a los números puramente aleatorios X' , forman un espacio de $(N-1)$ dimensiones debido

¹La N -sectriz es la extensión al espacio de N dimensiones, de la bisectriz para el espacio de dos dimensiones.

a la relación existente entre las componentes de todo X' que expresa la anulación de su componente cierta:

$$x_1' + x_2' + \dots + x_n' = 0$$

relación que reduce en una unidad los grados de libertad de las x' .

10) COVARIANCIA DE DOS NÚMEROS ALEATORIOS.

Sea ahora, en lugar de *un solo* número aleatorio, *dos* números aleatorios X e Y .

Tomemos de ellos las partes puramente aleatorias

$$X' = X - \bar{X} \text{ e } Y' = Y - \bar{Y}$$

Se llama *covariancia* de dos números aleatorios X e Y y se designa por μ_{XY} , el producto cierto de los números aleatorios X e Y .

$$\mu_{XY} = \overline{X'Y'} = \frac{x_1' y_1' + x_2' y_2' + \dots + x_n' y_n'}{N}$$

La covariancia de un número aleatorio y de un número cierto es *nula* (porque si Y es cierto, es $Y' = 0$).

11) VARIANCIA DE UN NÚMERO ALEATORIO.

Nada impide considerar en particular, el caso en que el segundo número aleatorio Y es el mismo X . En tal caso la covariancia de X consigo mismo resulta la *variancia* de X . Es pues:

$$\mu_{XX} = \overline{X'^2} = \frac{x_1'^2 + x_2'^2 + \dots + x_n'^2}{N}$$

La raíz cuadrada de la variancia de X o sea $\sqrt{\overline{X'^2}}$, se designa por σ_X y recibió el nombre de *desvío tipo* del número aleatorio X .

La variancia de un número cierto es evidentemente *nula*.

12) DESIGUALDAD DE SCHWARZ.

Siendo X e Y dos números aleatorios y λ un número cierto, la combinación lineal $X + \lambda Y$ es un número aleatorio.

Así se tiene la desigualdad evidente:

$$(X + \lambda Y)^2 \geq 0$$

que desarrollada da

$$\bar{X}^2 + 2\lambda \bar{X}\bar{Y} + \lambda^2 \bar{Y}^2 \geq 0$$

El primer miembro de la desigualdad es una forma cuadrática en λ . Para que esta forma sea no negativa, cualquiera sea λ debe ser:

$$(\bar{X}\bar{Y})^2 \leq \bar{X}^2 \bar{Y}^2$$

que expresa que el discriminante de la forma cuadrática es negativo o nulo.

Esta es la *desigualdad de Schwarz* que invocaremos a menudo en el desarrollo de esta teoría.

En lenguaje geométrico, expresa que el producto escalar de dos vectores es a lo sumo igual al producto de sus módulos.

Caso particular: Si λ es el número cierto 1, se tiene la desigualdad:

$$\bar{X}^2 \leq \bar{X}^2$$

13) COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE DOS NÚMEROS ALEATORIOS.

El cociente

$$r_{XY} = \frac{\mu_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\bar{X}'Y'}{\sqrt{\bar{X}'^2} \sqrt{\bar{Y}'^2}}$$

de la covariancia de dos números aleatorios por el producto de sus desvíos tipo, se llama coeficiente de correlación de los dos números aleatorios X e Y .

El coeficiente de correlación es un número cierto, comprendido entre -1 y $+1$. Esto resulta de la desigualdad de Schwarz aplicada a los números puramente aleatorios X' e Y' .

$$(\bar{X}'Y')^2 \leq \bar{X}'^2 \bar{Y}'^2$$

Si el coeficiente de correlación entre X e Y es igual a ± 1 resulta que X' e Y' están ligados por una *relación cierta* (y además lineal)

$$X' = a Y'$$

siendo a un número cierto determinado).

Geoméricamente esto quiere decir que los vectores X' e Y' tienen la misma recta sostén.

Si el coeficiente de correlación es *nulo* se dice que X e Y son no correlacionados (o independientes); geoméricamente los vectores son pues *ortogonales*.

El interés del coeficiente de correlación se halla en que representa la medida de una relación *intrínseca* entre las magnitudes físicas que corresponden a los números aleatorios X e Y . En efecto:

1º) Su valor no depende de los valores probables \bar{X} e \bar{Y} , es decir del *nivel* de las magnitudes físicas o del *origen* de la escala de medida. Por ejemplo, si X es la temperatura, poco importa que se trate de la temperatura absoluta o de la temperatura centígrada.

Si Y es una altura, no interesa si se la mide a partir del nivel del mar o de cualquier otro nivel de referencia. Además si X e Y se miden con instrumentos que presenten errores instrumentales constantes (aunque sean desconocidos), éstos se eliminan.

2º) El valor de r_{XY} no depende tampoco de la *intensidad* de los fenómenos, expresada por la amplitud de las fluctuaciones. Por ejemplo: una misma perturbación de la presión que afecta a una estación de llanura y a otra de montaña, se traducirá para la estación de montaña por una amplitud mucho más débil. Sin embargo, esta circunstancia

no afectará los coeficientes de correlación con un segundo elemento (por ejemplo, la temperatura) que podrá ser el mismo en las dos estaciones (si hay una relación causal entre la presión y la temperatura), a pesar de la reducción de amplitud sufrida por la perturbación de la presión en la estación de montaña.

3º) r_{XY} no depende tampoco de las *unidades elegidas*. Es un número puro sin dimensión física.

El conjunto de estas propiedades permite decir, pues, que el coeficiente de correlación es realmente la expresión numérica de las relaciones intrínsecas que pueden existir entre dos magnitudes físicas; dicho de otra manera: la expresión, *por excelencia*, de las leyes físicas.

El empleo del coeficiente de correlación en estadística aplicada, ha dado lugar, por parte de los teóricos, a muchas precauciones: cálculo del error cometido en su "estimación", si el número de mediciones no es muy grande, criterio para juzgar la realidad *causal* de las relaciones que pone en evidencia.

No entraremos aquí en estas cuestiones opinando que es difícil decir algo general sobre este asunto y que es necesario que cada aplicación constituya por sí misma su prueba, por su éxito. Además, ningún método matemático podrá ser aplicado correctamente a un dominio de la ciencia si el autor no es un especialista en ese dominio.

En meteorología tenemos un criterio sobre la realidad del sentido del coeficiente de correlación, muy superior a los criterios estadísticos: es el de la armonía y continuidad *sinóptica*, es decir, la coherencia de los números obtenidos para una *red* de estaciones y para una gama de intervalos de tiempo (red espacio-temporal).

Para terminar, observemos que el coeficiente de correlación de un número aleatorio con un número cierto es indeterminado (forma $\frac{0}{0}$ puesto que μ_{xy} y σ_y son nulos).

Esta indeterminación no podrá evitarse a menos que el número cierto no sea tal sino *cuasi-cierto*, lo que prácticamente es siempre así (y entonces se puede aplicar un método análogo a la regla de L'HÔPITAL, del análisis cierto).

14) NÚMEROS ALEATORIOS REDUCIDOS.

Partiendo de un número aleatorio X , extraigamos su parte puramente aleatoria X' y dividámosla por su desvío tipo σ_x . Obtenemos así el *número aleatorio reducido*

$$U = \frac{X'}{\sigma_x} = \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{(X - \bar{X})^2}}$$

que no tiene dimensiones físicas.

U posee dos propiedades:

- 1º) Su valor probable es nulo $\bar{U} = 0$.
- 2º) Su desvío tipo es igual a la unidad $\sigma_U = 1$.

Un número aleatorio reducido puede llamarse *unidad aleatoria*.

Pero, mientras que no hay más que una sola unidad cierta, evidentemente hay una *infinidad* de unidades aleatorias.

15) OBSERVACIÓN SOBRE EL ORDEN DE LAS PRUEBAS.

Mientras no se trate más que de un número aleatorio considerado *solo*, la ordenación de las pruebas no tiene ninguna importancia para el cálculo de sus parámetros estadísticos (en este caso, el valor probable \bar{X} y la variancia σ_x^2). En efecto, estos parámetros son indiferentes a toda permutación de las pruebas.

Distintamente ocurre cuando se trata de examinar las correlaciones de un número aleatorio X , con otros números aleatorios: Y, Z, \dots , pues para el cálculo de la covariancia, los pares deben estar asociados según el mismo criterio de sucesión. Evidentemente:

$$\rho_{XY} = \frac{x_1' y_1' + x_2' y_2' + \dots + x_n' y_n'}{N}$$

no es indiferente a una permutación que se hiciera en el orden de las y sin hacerla al mismo tiempo en el orden de las x .

16) NÚMEROS DÉBILMENTE ALEATORIOS.

Se llama *número débilmente aleatorio* a un número aleatorio cuya parte puramente aleatoria es *débil* con respecto a la parte cierta, lo que puede expresarse matemáticamente por:

$$\sigma_x \ll \bar{X}$$

donde \ll significa mucho menor.

Los números cuasi ciertos son números débilmente aleatorios, excepto si son próximos a cero (\bar{X} muy pequeño).

Ejemplos de números débilmente aleatorios son, entre otros, la presión barométrica y la temperatura absoluta del aire a un nivel fijo, pues las variaciones de estas dos magnitudes (en el nivel considerado) son débiles con respecto a su valor absoluto, así como la velocidad fina de la vena flúida en el túnel aerodinámico, cuyas fluctuaciones no son más que del orden de algunos centésimos de la velocidad media.

17) PRINCIPIOS DEL CÁLCULO DÉBILMENTE ALEATORIO.

El cálculo con números débilmente aleatorios se presta a simplificaciones que interesa conocer y que vamos a indicar.

Se ve de inmediato que, puesto que:

$$X = \bar{X} + X'$$

siendo X' débil con respecto a \bar{X} , el cálculo débilmente aleatorio va a seguir las mismas reglas que el cálculo diferencial, desempeñando la parte cierta (\bar{X}) el papel del valor de la variable, y la parte puramente aleatoria X' el del incremento (infinitésimo) de la variable.

En consecuencia, estableceremos las convenciones siguientes:

1º) X' será despreciable con respecto a \bar{X} ; 2º) X' (o $X'Y'$, si hay dos números aleatorios, será despreciable con respecto a \bar{X} (o a $\bar{X}\bar{Y}$); 3º) En general, toda potencia será despreciable con respecto a una potencia inferior.

18) REGLAS DEL CÁLCULO DÉBILMENTE ALEATORIO.

A) Consideremos ahora una función cierta

$$U = f(X)$$

Esto quiere decir que tomamos una función derivable cierta de x (por ejemplo: $f(x) = x^2$, o e^x , o $\cos x, \dots$) y sustituimos la variable cierta x por el número aleatorio X .

Entonces U es un número aleatorio, función cierta del número aleatorio X . A cada realización x de X en una prueba, corresponde *ciertamente* una realización u de U , por la fórmula:

$$u = f(x)$$

Nos proponemos determinar primero la parte cierta y la parte puramente aleatoria de U . Para eso desarrollamos, en serie de TAYLOR:

$$f(X) = f(\bar{X} + X')$$

Resulta, de acuerdo con las convenciones anteriores:

$$f(X) = f(\bar{X}) + \frac{df(\bar{X})}{d\bar{X}} X'$$

siempre que

$$\frac{df(\bar{X})}{d\bar{X}} \neq 0$$

Luego:

1º) parte cierta de $f(x)$:

$$\overline{f(X)} = f(\bar{X}) = \bar{U}$$

2º) parte puramente aleatoria de $f(X)$:

$$[f(X)]' = \frac{df(\bar{X})}{d\bar{X}} X' = U'$$

El desvío de $U = f(X)$ será entonces:

$$\sigma_U = \frac{df(\bar{X})}{d\bar{X}} \sigma_X = \frac{d\bar{U}}{d\bar{X}} \sigma_X$$

Nota: Si $\frac{df(\bar{X})}{d\bar{X}}$ fuera nula (\bar{X} igual a un extremo de la función cierta $f(X)$) se tendrá:

1º) $\bar{U} = f(\bar{X})$ como antes:

2º) Pero

$$U' = \frac{1}{2} \frac{d^2 f(\bar{X})}{d\bar{X}^2} X'^2$$

y por consiguiente:

$$\sigma_{U'} = \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{U}}{d\bar{X}^2} \sqrt{\bar{X}'^4}$$

El desvío tipo σ_X no basta para calcular $\sigma_{U'}$; es necesario conocer el momento de 4º orden \bar{X}'^4 . Sin embargo, muchas veces se podrá admitir que el número aleatorio X' sigue la ley *normal* (o la ley de GAUSS, del Cálculo de Probabilidades), en cuyo caso se tiene:

$$\bar{X}'^4 = 3 \bar{X}'^2 = 3 \sigma_X^4$$

con lo cual se logra la fórmula:

$$\sigma_{U'} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{d^2 \bar{U}}{d\bar{X}^2} \sigma_X^2$$

En lo sucesivo dejaremos de lado estos casos singulares, cuyo estudio, por otra parte, no presenta ninguna dificultad especial.

B) Sean X e Y dos números aleatorios y

$$U = f(X) ; V = g(Y)$$

dos funciones ciertas de estos números aleatorios. La covariancia de U y de V será:

$$\bar{U}' V' = \frac{d\bar{U}}{dX} \frac{d\bar{V}}{dY} \bar{X}' Y'$$

y el coeficiente de correlación:

$$r_{UV} = \frac{\bar{X}' Y'}{\sigma_X \sigma_Y} = r_{XY}$$

Así, para números débilmente aleatorios, el coeficiente de correlación no es alterado por una sustitución funcional efectuada sobre los números aleatorios. En términos físicos, esto significa que el coeficiente de correlación no depende, en este caso, de la graduación de la escala de los instrumentos (por ejemplo, para el viento no muy turbulento, es indiferente medir el cuadrado de la velocidad con un anemómetro a presión o la velocidad con un anemómetro a molinete).

C) Sea ahora una función cierta de dos números aleatorios X e Y

$$U = f(X, Y)$$

Descompongamos X e Y en $\bar{X} + Y'$ e $\bar{Y} + Y''$ y efectuemos un desarrollo de TAYLOR. Resulta:

$$U = f(X, Y) = f(\bar{X}, \bar{Y}) + \frac{\partial f(\bar{X}, \bar{Y})}{\partial \bar{X}} X' + \frac{\partial f(\bar{X}, \bar{Y})}{\partial \bar{Y}} Y''$$

De donde se obtiene:

$$\bar{U} = f(\bar{X}, \bar{Y}) = f(\bar{X}, \bar{Y})$$

$$U' = \frac{\partial \bar{U}}{\partial \bar{X}} X' + \frac{\partial \bar{U}}{\partial \bar{Y}} Y''$$

De aquí se deduce:

$$\sigma_{U'}^2 = \bar{U}'^2 = \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial \bar{X}} \right)^2 \sigma_{X'}^2 + 2 \frac{\partial \bar{U}}{\partial \bar{X}} r_{XY} \sigma_X \sigma_Y + \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial \bar{Y}} \right)^2 \sigma_Y^2$$

D) Como casos particulares se pueden considerar las reglas de aleatorización de una suma, un producto, un cociente, que van a ser las mismas que las reglas correspondientes de diferenciación.

1º) Si

$$f(X, Y) = X + Y$$

se tiene

$$\bar{X} + \bar{Y} = \bar{X} + \bar{Y}$$

y

$$(X + Y)' = X' + Y''$$

Debe notarse que en el caso de la suma, y solamente en este caso, las reglas de cálculo permanecen válidas, aun cuando X e Y no sean débilmente aleatorios [carácter lineal de los operadores — (trazo) y (prima)].

2º) Si

$$f(X, Y) = XY$$

se tiene

$$\bar{X} \bar{Y} = \bar{X} \bar{Y}$$

y

$$(XY)' = \bar{X} Y'' + \bar{Y} X'$$

3º) Si

$$f(X, Y) = \frac{Y}{X}$$

se tiene

$$\left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \right) = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}$$

y

$$\left(\frac{Y}{X} \right)' = \frac{\bar{X} Y'' - \bar{Y} X'}{\bar{X}^2}$$

19) EJEMPLO DE APLICACIÓN A UN PROBLEMA METEOROLÓGICO.

En los sondeos meteorológicos se miden *directamente* la presión y la temperatura del aire, pero no la densidad del aire. Ésta se deduce de la ecuación de los gases perfectos (supuesta verificada en cada prueba)

$$P = RT\rho$$

P = presión; T = temperatura absoluta; σ = densidad; R = constante de los gases perfectos).

Desde el punto de vista *cierto*, consiste en calcular ρ para todo par de medidas (P, T), mediante la fórmula

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Desde el punto de vista *aleatorio*, el problema se presenta de una manera completamente diferente.

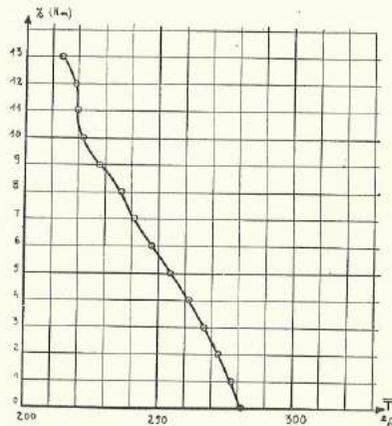


FIG. 1.—Curva de la temperatura media T , en función de la altitud Z .

Los datos relativos al par de magnitudes (P, T), se resumen por los parámetros estadísticos:

$$\bar{P}, \bar{T}, \sigma_P, \sigma_T \text{ y } r_{PT}$$

que resultan de calcular los sondeos de la presión y temperatura, y se trata de deducir los parámetros estadísticos (desconocidos) relativos a ρ y sus relaciones con (P, T). Son:

$$\bar{\rho}, \sigma_\rho, r_{P\rho} \text{ y } r_{T\rho}$$

El cálculo débilmente aleatorio se aplica exactamente a este problema.

Se obtiene:

$$\begin{aligned} \bar{\rho} &= \frac{1}{R} \frac{\bar{P}}{\bar{T}} \\ \frac{\sigma_\rho^2}{\bar{\rho}^2} &= \frac{\sigma_P^2}{\bar{P}^2} - 2r_{PT} \frac{\sigma_T}{\bar{T}} \frac{\sigma_P}{\bar{P}} + \frac{\sigma_T^2}{\bar{T}^2} \\ r_{P\rho} &= \frac{\bar{\rho}}{\sigma_\rho} \left[\frac{\sigma_P}{\bar{P}} - \frac{\sigma_T}{\bar{T}} r_{PT} \right] \\ r_{T\rho} &= \frac{\sigma_\rho}{\bar{\rho}} \left[\frac{\sigma_P}{\bar{P}} r_{PT} - \frac{\sigma_T}{\bar{T}} \right] \end{aligned}$$

Ejemplo: Aplicación del cálculo débilmente aleatorio *al estudio de la estructura vertical de la atmósfera*.

Nuestro conocimiento de la estructura vertical de la atmósfera en las latitudes templadas, hasta los 13 Km, puede resumirse por el momento en el Cuadro I, formando a tenor de los datos examinados por W. H. DINES (Figs. 1, 2, 3 y 4).

CUADRO I

Z Km	\bar{T} °A	\bar{P} mbs	σ_T °C	σ_P mbs	r_{PT}
0	282	1014	4.0	10.8	0.11
1	278	900	4.8	10.5	0.42
2	275	795	5.5	10.5	0.66
3	268	699	5.5	10.8	0.77
4	262	615	5.7	10.9	0.84
5	255	538	6.1	11.4	0.85
6	248	469	6.5	11.5	0.86
7	241	407	6.2	11.4	0.86
8	236	352	5.7	11.0	0.86
9	228	303	4.6	10.4	0.71
10	222	261	4.0	9.6	0.32
11	220	224	4.4	8.0	-0.19
12	219	192	5.5	6.7	-0.36
13	219	164	5.6	5.6	-0.28

Leyenda:

z = altura en Km.

\bar{T} = valor probable de la temperatura absoluta.

\bar{P} = valor probable de la presión en milibares.

σ_T = desvío tipo de la temperatura, en °C.

σ_P = desvío tipo de la presión en milibares.

r_{PT} = coeficiente de correlación entre la presión y la temperatura.

Según las fórmulas del § 19, se puede agregar la densidad del aire ρ (que no se mide directamente), a estos datos, de acuerdo con el cuadro II* (Figs. 5, 6).

* Esta aplicación no se da más que con carácter de *ejercicio* y sin sacar las consecuencias que comporta' las cuales suponen aplicar la teoría de la regresión, que será más adelante.

CUADRO II

z Km	$\bar{\rho}$ gr/m ³	σ_{ρ} gr/m ³	$r_{P\rho}$	$r_{T\rho}$
0	1253	20.5	0.54	-1.00
1	1128	18.4	0.27	-0.86
2	1014	15.3	0.01	-0.84
3	909	11.9	0.05	-0.83
4	819	9.7	0.05	-0.80
5	735	9.3	0.07	-0.68
6	658	8.9	0.15	-0.51
7	589	8.5	0.41	-0.25
8	524	8.4	0.64	-0.19
9	465	11.5	0.82	-0.01
10	409	14.5	0.88	-0.35
11	365	15.7	0.90	-0.46
12	305	15.2	0.88	-0.98
13	261	12.5	0.86	-0.98

Notación:

- $\bar{\rho}$ = valor probable de la densidad en gr/m³.
- σ_{ρ} = desvío tipo de la densidad en gr/m³.
- $r_{P\rho}$ = coeficiente de correlación entre presión y densidad.
- $r_{T\rho}$ = coeficiente de correlación entre temperatura y densidad.

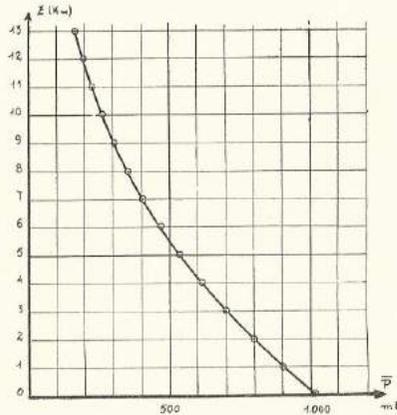


FIG. 2.—Curva de la presión media \bar{P} en función de la altitud Z.

20) TEORÍA DE LA REGRESIÓN ⁽¹⁾.

Sean dos números aleatorios X e Y. Si están ligados por una relación funcional

$$Y = f(X)$$

podemos para cada prueba calcular uno cuando conocemos el otro.

¹ El término regresión, proveniente de la primera aplicación que el inglés Galton hizo de esta teoría al campo de la Biometría, ha quedado incorporado, análogicamente, al léxico estadístico.

También podemos calcular los parámetros estadísticos del uno cuando conocemos los del otro, mediante el cálculo débilmente aleatorio.

En cuanto al coeficiente de correlación r_{XY} (siempre en el caso débilmente aleatorio) es igual a ± 1 .

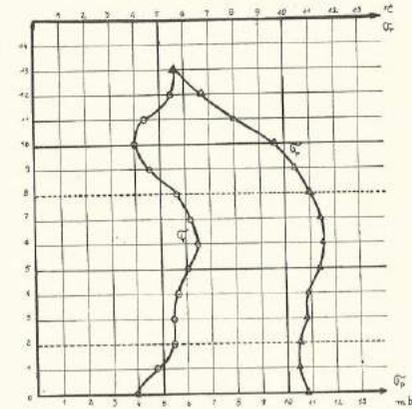


FIG. 3.—Curvas de los desvíos tipo de la temperatura σ_T y de la presión σ_{ρ} en función de la altitud Z. Obsérvese la casi constancia en la región central de la troposfera (2-8 Km).

Pero ante los datos experimentales relativos a X e Y, no sabemos a priori si X e Y están ligados por una relación funcional.

Por el contrario, lo que se trata de buscar es si existe una relación funcional semejante y si hay posibilidad de determinar su forma.

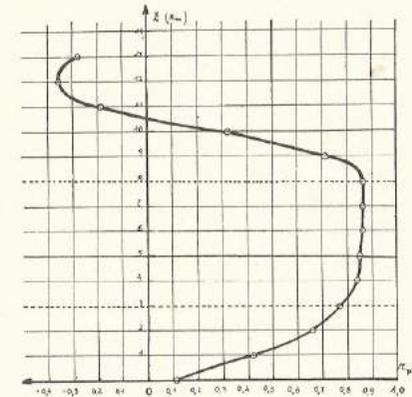


FIG. 4.—Curva del coeficiente de correlación r_{PT} entre la temperatura y la presión. Obsérvese cómo entre 3-8 Km, se verifica que r_{PT} se mantiene constante y fuerte, produciéndose luego un crecimiento rápido hasta los 12 Km.

Este es el objeto de la teoría de la regresión.

Dado que en el caso de una relación funcional se tiene:

$$Y' = \frac{d\bar{Y}}{d\bar{X}} X'$$

debemos investigar si existe un número cierto a_{XY} llamado coeficiente de regresión de Y con respecto a X tal que:

$$Y' = a_{YX} X'$$

Este coeficiente de regresión representará el papel de la *derivada*. Si la regresión precedente existe, el número aleatorio

$$Z' = (Y' - a_{YX} X')$$

será el número cierto *cero*; es decir, en lenguaje estadístico, el cuadrado de su desvío tipo será cero, a saber:

$$\overline{Z'^2} = \overline{(Y' - a_{YX} X')^2} = 0$$

Si éste no es exactamente el caso, los datos experimentales pueden aproximarse, sin embargo, a este caso límite. Entonces el mejor valor a adoptar para a_{YX} será el que hace *mínimo* $\overline{Z'^2}$. Se cae en el método de los *cuadros mínimos* de GAUSS.

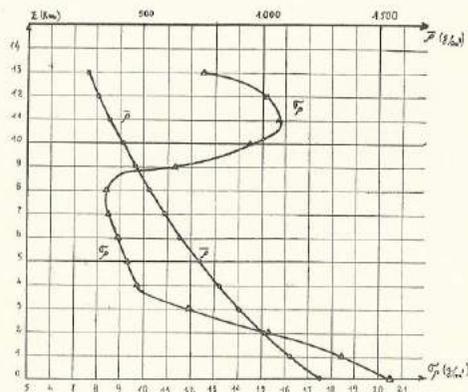


FIG. 5. — Curvas del valor medio de la densidad $\bar{\rho}$ y del desvío tipo σ_p en función de la altitud Z . Obsérvese cómo entre 3 - 8 Km σ_p es de valor mínimo y aproximadamente constante en todo este intervalo.

Desarrollemos Z'^2 . Se obtiene:

$$\overline{Z'^2} = \sigma_Y^2 - 2 a_{YX} \sigma_X \sigma_Y r_{XY} + a_{YX}^2 \sigma_X^2$$

La condición de mínimo es (anulación de la derivada con respecto a a_{YX})

$$- r_{XY} \sigma_X \sigma_Y + a_{YX} \sigma_X^2 = 0$$

de donde

$$a_{YX} = r_{XY} \frac{\sigma_Y}{\sigma_X}$$

El valor de $\overline{Z'^2}$ correspondiente a este mínimo es:

$$(\overline{Z'^2})_{\min} = \sigma_Y^2 (1 - r_{XY}^2)$$

Mide el error que se puede esperar en el valor de Y deducido de la observación de X .

El problema inverso (calcular X por medio de Y) se resuelve de la misma manera. Se tiene un coeficiente de regresión de X con respecto a Y .

$$a_{XY} = r_{XY} \frac{\sigma_X}{\sigma_Y}$$

Se observará que

$$a_{XY} \cdot a_{YX} = r_{XY}^2$$

Cuando $r_{XY} = \pm 1$, los coeficientes de regresión son inversos entre sí, como las derivadas

$$\frac{dY}{dX} \text{ y } \frac{dX}{dY}$$

Adviértese que si los números aleatorios X e Y son reducidos, los dos coeficientes de regresión son iguales, e iguales al coeficiente de correlación.

21) CRITERIO SINÓPTICO DE LA REGRESIÓN.

Del mismo modo que hay motivos para que se pueda discutir la realidad de la relación puesta en evidencia por el coeficiente de correlación, hay fundamentos para apreciar el valor del coeficiente de regresión en cuanto a expresión mínima de la relación. La estadística matemática se encarga de establecer criterios propios que no expondremos aquí porque bien sabemos que no podrán reemplazar jamás al sentido físico que el investigador debe tener de su dominio de operación, y porque vamos a indicar un criterio más convincente: *el criterio sinóptico*.

Expongámoslo con un ejemplo. Supongamos que X sea la presión atmosférica e Y la temperatura absoluta, en un nivel dado de altura z . Si entre X e Y hay una relación funcional, se debe tener (cálculo débilmente aleatorio):

$$Y' = \frac{d\bar{Y}}{d\bar{X}} X'$$

Luego, el coeficiente de regresión a_{YX} se identifica con la derivada del valor probable \bar{Y} con respecto al valor probable de X , ambas funciones de la altura z . O, también, es el cociente de los gradientes verticales

$$\beta = - \frac{d\bar{Y}}{dz} ; \quad \alpha = - \frac{d\bar{X}}{dz}$$

Por consiguiente, es necesario que

$$r_{XY} \frac{\sigma_Y}{\sigma_X} = \frac{\beta}{\alpha}$$

y esta relación debe verificarse para todo valor de la altura z (por lo menos en un cierto intervalo de z).

Si es así, se puede decir que en la capa atmosférica correspondiente existe una relación funcional entre la presión y la temperatura. En otras palabras, se da una ley de barotropía, expresiva de la termodinámica de las transformaciones de la partícula de aire atmosférica en un nivel dado.

Para aumentar aun más la seguridad de la conclusión, se pueden repetir los cálculos para diversos lugares de la superficie de la Tierra, especialmente los situados en diferentes latitudes (regiones polares, tropicales, ecuatoriales, del hemisferio norte, del hemisferio sud, etc.).

Si la concordancia se mantiene, surgirá la certeza de haber puesto en evidencia una verdadera *ley física*, que hubiera sido difícil descubrir estudiando los casos individuales.

Y entonces, los coeficientes de regresión expresarán numéricamente la ley física.

Por este método puede ponerse de manifiesto la ley *isostérica* (a densidad constante) de las transformaciones de la troposfera en un nivel fijo.

Ejemplo: Se propone investigar si en las transformaciones de las partículas de aire atmosférico (en su evolución local y en sus movimientos horizontales) existe una ley de *barotropía* (es decir, una relación funcional entre la presión P y la temperatura T).

Se va a investigar esta ley en la forma de ley *politrópica*, esto es, de la forma:

$$T = C_{te} P^s$$

donde:

$$\kappa = \frac{c_p - c_v}{c_p - \xi}$$

siendo c_p y c_v los calores específicos del aire, y ξ un calor específico aparente $\xi = \frac{dQ}{dT}$, cociente entre la cantidad de calor recibida por la partícula y su variación de temperatura.

Aplicando a la ecuación [1] el cálculo débilmente aleatorio, se obtiene:

$$T' = \left(\kappa \frac{\bar{T}}{\bar{P}} \right) P'$$

Por otra parte, aplicando la teoría de la regresión a la relación que buscamos entre T y P , se tiene:

$$T' = \left(r_{PT} \frac{\sigma_T}{\sigma_P} \right) P'$$

De donde nace la posibilidad de calcular el parámetro termodinámico κ (o ξ) por medio de los parámetros estadísticos que definen el par de números aleatorios (T, P) . Resulta:

$$\kappa = r_{PT} \frac{\sigma_T}{\sigma_P} \frac{\bar{P}}{\bar{T}}$$

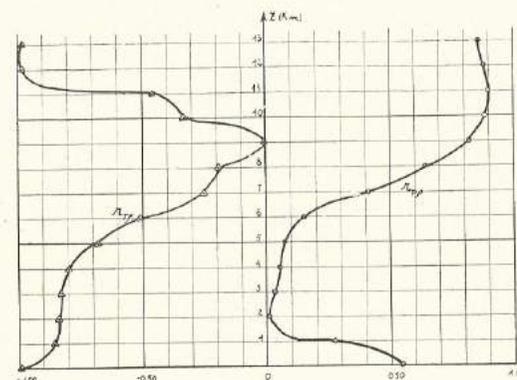


FIG. 6.—Curvas de correlación entre temperatura y densidad $r_{T\rho}$ y entre presión y densidad $r_{P\rho}$ en función de la altura Z .

Utilizando los datos de W. H. DINES, reproducidos en el ejemplo precedente, se obtienen estos resultados (Figs. 5, 6 y 7):

Z/Km	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ξ/c_p	-1,3	0,74	1	1	1	0,98	0,97	0,91	0,80	0,45	-1,3	5	3	3,2

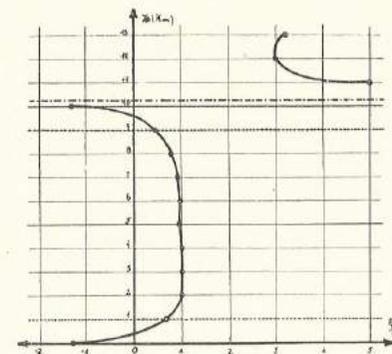


FIG. 7.—Curva de la razón ξ/c_p en función de la altura Z . Nótese que entre 1-9 Km el valor de ξ/c_p se mantiene casi constante y prácticamente igual a 1. Además para $Z \approx 10,2$ dicha razón pasa de $-\infty$ a $+\infty$.

Lo que pone claramente en evidencia que existe una ley barotrópica (troposférica), de 2 a 7-8 Km), en la que a un valor de ξ/c_v próximo a 1, corresponden transformaciones isostéricas, es decir, a densidad o volumen constante.

22) REGRESIÓN PARA DOS VARIABLES.

La teoría de la regresión se extiende sin dificultad a un número cualquiera de variables. Vamos a tratar el caso de dos.

Sea calcular el número aleatorio desconocido \mathcal{G} mediante los números aleatorios (conocidos) X e Y . Supongamos todos los números aleatorios reducidos. Los datos estadísticos del problema serán los coeficientes de correlación de \mathcal{G} , X e Y , tomados dos a dos, y que designaremos con

$$r_{12} = r_{XY} \quad r_{1X} = r_{X\mathcal{G}} \quad r_{2X} = r_{Y\mathcal{G}}$$

Es necesario comprender que deben conocerse los coeficientes de correlación entre los datos y la incógnitas (r_{1X} y r_{2X}).

Se obtienen de las observaciones ya hechas y van a servir para prever el resultado de las observaciones futuras.

Deberá calcularse el mínimo de

$$\begin{aligned} \overline{Z^2} &= (\overline{\mathcal{G}}' - a_1 X' - a_2 Y')^2 \\ &= 1 + a_1^2 + a_2^2 - 2 a_1 r_{1X} - 2 a_2 r_{2X} + 2 a_1 a_2 r_{12} \end{aligned}$$

donde se trabaja con números aleatorios reducidos.

Esto conduce a un sistema de dos ecuaciones lineales (en las cuales las dos incógnitas son los coeficientes de regresión $a_1 = a_{X1}$ de \mathcal{G} con respecto a X , y $a_2 = a_{X2}$ de \mathcal{G} con respecto a Y):

$$\begin{cases} a_1 + r_{12} a_2 = r_{1X} \\ r_{12} a_1 + a_2 = r_{2X} \end{cases}$$

cuya solución es:

$$a_1 = \frac{r_{1X} - r_{12} r_{2X}}{1 - r_{12}^2} \quad a_2 = \frac{r_{2X} - r_{12} r_{1X}}{1 - r_{12}^2}$$

El valor de $\overline{Z^2}$ que corresponde al mínimo mide la rigidez de la relación que se obtiene reemplazando los valores a_1 y a_2 en la expresión de $\overline{Z^2}$.

$$(\overline{Z^2})_{\min} = \frac{1 - r_{12}^2 - r_{1X}^2 - r_{2X}^2 + 2 r_{12} r_{1X} r_{2X}}{1 - r_{12}^2}$$

y que puede escribirse en forma de determinantes.

$$(\overline{Z^2})_{\min} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & r_{1X} & r_{2X} \\ r_{1X} & 1 & r_{12} \\ r_{2X} & r_{12} & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{12} & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\Delta_{12X}}{\Delta_{12}}$$

La cantidad

$$\mathcal{R}^2 = 1 - (\overline{Z^2})_{\min} = 1 - \frac{\Delta_{12X}}{\Delta_{12}}$$

mide también la rigidez de la relación. \mathcal{R} tiene las propiedades de un coeficiente de correlación. Se lo llama coeficiente de correlación múltiple.

Si $\mathcal{R}^2 = 1$, la relación de \mathcal{G} con X e Y es funcional, y aun lineal, ya que así se ha planteado el problema de mínimo.

En este caso los coeficientes de regresión son idénticos a las derivadas parciales (de los valores probables):

$$\frac{\partial \overline{\mathcal{G}}}{\partial X} \quad \text{y} \quad \frac{\partial \overline{\mathcal{G}}}{\partial Y}$$

551.577.62 : 551.586 : 633.1

TRES AÑOS DE EXPERIENCIAS DE TEMPLE CONTRA LA SEQUÍA EN TRIGO Y EN MAÍZ

Por VLADIMIR MICHAJLIKOV * y GUILLERMO A. JUAREZ **

Resumen. — Se presenta en este trabajo el resultado de tres años consecutivos de experiencias llevadas a cabo en el Observatorio Agrometeorológico de Castelar y en la Estación Agrometeorológica de Guatraché, sobre la aplicación del método de temple contra la sequía en cultivos de trigo y maíz. Se ha encontrado que la influencia de los tratamientos está supeditada a un carácter varietal, y que es particularmente notable en los años de sequía. Por la magnitud de los resultados obtenidos en los numerosos ensayos, se aconseja la experimentación en gran cultivo en las regiones castigadas con frecuencia por la sequía.

Summary. — The results from three consecutive years of experiments, carried out in the "Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar" and the "Estación Agrometeorológica de Guatraché", concerned the applying of temper method against drought in wheat and corn fields are here described. It is found that the influence of these treatments depends upon a varietal character, which is particularly noticeable in drought years. Owing the magnitude of the results obtained through numerous trials, on regions frequently injured by drought, experiments on a large-scale are advised.

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

En el mundo vegetal encontramos dos tipos de plantas diferentes en lo que respecta a una resistencia congénita contra la acción de la sequía: *a*) plantas que resisten activamente en forma directa (xerófitas) y *b*) plantas que se defienden en forma indirecta finalizando su ciclo antes de que se presenten las sequías (efímeras). Entre estos dos tipos extremos existe una cantidad de formas intermedias que presentan caracteres de ambos grupos; a pesar de ello existen entre los dos diferencias fisiológicas netas.

Así, las xerófitas se adaptan perfectamente a condiciones de sequía edáfica y atmosférica, lo cual se ve favorecido por particularidades fisiológicas, anatómicas y morfológicas que surgen del proceso de selección natural. No obstante, se puede observar que el grado de resistencia a la sequía entre las plantas xerófitas y los procesos fisiológicos relacionados con el mismo varían notablemente, de acuerdo con la fase del desarrollo en que se encuentra y las condiciones del medio ambiente en que ellas se desarrollan.

Las demás formas vegetales que no presentan una manifiesta resistencia congénita a la sequía, como las mesófitas e hidrófitas, especialmente las primeras, entre las que se encuentran muchas de nuestras plantas cultivadas, poseen medios circunstanciales para resistir a la sequía temporalmente, que muchos autores han tratado de establecer y definir.

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

MAXIMOV (1938) llama resistencia a la sequía a la capacidad que tiene la planta para soportar los efectos de la misma y restablecerse, después de haber experimentado una marchitez prolongada, sufriendo el menor daño y disminuyendo escasamente su rendimiento.

Entre los autores que han contribuido a establecer el mecanismo y el concepto de la resistencia a la sequía podemos citar a TIMIRIAZEV (1896): "es conocido que a menudo el factor que provoca cierta adaptación defensiva es el mismo que motiva la influencia perniciosa, la cual es evitada por el organismo mediante su transformación. Por ejemplo, la sequía motiva la aparición de una serie de adaptaciones que defienden la planta de su acción perniciosa. La migración de los vegetales desde el agua a la tierra fué debida posiblemente a la acción del oxígeno del aire, el cual, al actuar sobre las paredes de las células vegetales, las hizo impermeables al agua".

Según HENKEL (1946) la resistencia a la sequía deriva de la capacidad que tiene la planta durante el proceso de ontogénesis de resistir y adaptarse a la acción del fenómeno, sin sufrir un daño notable ni transmitir ninguna manifestación adversa a la descendencia. Esta adaptación sólo es posible cuando el fenómeno actúa sobre las partes más "plásticas" de la planta y únicamente bajo determinadas condiciones. La "plasticidad" de la planta para reaccionar ante estímulos ambientales se encuentra en su máximo cuando el embrión inicia su proceso de crecimiento. Cuando se efectúa la vernalización antes de la siembra, se hace actuar sobre el embrión un complejo determinado de condiciones. La planta en ese momento es muy sensible y se adapta bien a las influencias desfavorables de determinados factores exteriores. Esta adaptación se efectúa en cualquier sentido, hallándose íntimamente relacionada al factor activo principal, y se manifiesta en una serie de particularidades fisiológicas, anatómicas y morfológicas del organismo.

Las semillas, al iniciar su proceso de germinación, se adaptan fácilmente a las influencias desfavorables del medio exterior y soportan bien estas condiciones adversas, merced a ciertas particularidades de los coloides del protoplasma, aumento de intensidad en el intercambio funcional, presión osmótica, etc., las cuales se manifiestan plenamente durante ese período. En ese momento la mayoría de las influencias dejan una profunda huella que perdura durante todo el desarrollo posterior de la planta, manifestándose en una serie de fenómenos irreversibles.

En base a los conceptos teóricos citados, HENKEL (1946) elaboró el método de temple contra la sequía, que le permitió aumentar artificialmente la resistencia de las plantas contra esta adversidad. Además, al realizar el temple antes de la siembra se produce en la planta una profunda reconstrucción fisiológica, que trae aparejada no sólo una mayor resistencia a la sequía sino también un aumento parcial de la resistencia a las heladas. Diversos autores corroboran esto último: WALDRON (1931) en un estudio sobre cinco variedades de trigo ensayadas bajo condiciones semiáridas afirma: "existe una relación positiva entre resistencia a la sequía y resistencia a las heladas". TYSDAL (1933) encontró que las plantas marchitadas severamente durante 10 a 14 días fueron más resistentes al frío que las sometidas a riegos regulares. SCHRÖ-

DER (1909), SAVAGE y JACOBSON (1935) y VASSILIEV (1936) establecen que las plantas resistentes a la sequía tienen las mismas características generales que las resistentes al frío.

El método del temple contra la sequía consiste en provocar un lento crecimiento del embrión para someterlo luego a condiciones desfavorables; es decir, ausencia de humedad y temperatura relativamente elevada. En ese estado la planta se adapta fácilmente a la acción del frío o del calor. Esta adaptación sólo es posible cuando las partes más plásticas de la planta, durante su desarrollo, aun no han sido afectadas por el proceso de senectud o por otros fenómenos previos que conducen a ella. Si algún órgano llegara a formarse, la aparición de nuevas adaptaciones podría producirse sólo en forma muy limitada.

En el presente trabajo comunicamos los resultados hallados con la aplicación del método de HENKEL en la República Argentina, en dos cultivos de gran desarrollo en nuestro país y en experiencias conducidas en tres años consecutivos en escala de ensayos corrientes.

Los resultados obtenidos hasta la fecha, que probablemente podrán mejorarse en el futuro con un perfeccionamiento del método seguido en que nos hallamos empeñados, nos permiten suponer que el mismo puede constituir un recurso valioso para nuestra agricultura práctica. Efectivamente, toda nuestra estepa pampeana se halla sometida a un régimen climático muy variable y, en gran parte de ella, a un régimen hídrico deficitario debido a que el invierno es una estación de consumo y no de reserva de agua, como ha sido demostrado por BURGOS y VIDAL (1951). En estas condiciones es frecuente que grandes áreas de la misma se encuentren afectadas por la sequía, y que ésta comprometa seriamente su producción agrícola. Con este método se podrían evitar parcialmente estos daños en los años secos y en las regiones semiáridas. Por otra parte, cuando las condiciones meteorológicas del año fueran óptimas, los gastos originados por los tratamientos podrían compensarse, debido a que las plantas sometidas al tratamiento del temple dan un rendimiento que siempre es algo mayor que el normal.

II. METODO UTILIZADO

El método de temple consiste en humedecer las semillas a tratar mediante una adecuada cantidad de agua, para provocar así una germinación incipiente, y luego detener ese proceso con temperaturas algo elevadas y ambiente seco durante un tiempo relativamente corto. Este tratamiento, en algunos casos, puede repetirse hasta tres veces consecutivas con el objeto de aumentar su efecto, pero ello está condicionado a la tolerancia de las distintas especies y variedades.

El humedecimiento se efectúa en cajones de madera preparados "ad-hoc", de acuerdo con la cantidad de semilla a tratar y la desecación en ambientes adecuados, en los cuales se provoca una disminución de la humedad relativa del aire mediante la elevación de su temperatura.

En el cuadro I hemos incluido los valores promedio del porcentaje de agua agregada en los distintos tratamientos en el caso del trigo. Esos valores no son absolutos, por cuanto en cada caso es necesario ajustarlos a las distintas condiciones de temperatura y humedad ambiente.

La cantidad de agua indicada en el cuadro I se refiere al peso seco de la semilla a tratar, es decir, incluye el contenido normal de agua del grano. Es necesario destacar que la cantidad de agua indicada en el cuadro no se aplicó en una sola vez sino en dos oportunidades, con un intervalo de 10-12 horas.

CUADRO I. — Porcentaje de agua necesaria para los tratamientos de temple de diferentes variedades de trigo

Tratamientos	Var. duras	Var. semiduras
Un tratamiento	45 %	35 %
Dos tratamientos	45-30 %	35-30 %
Tres tratamientos	40-30-35 %	30-30-30 %

Aproximadamente al cabo de 24 horas de iniciado el tratamiento, se observa que comienza la ruptura del tegumento de la semilla sobre el embrión, apareciendo la primera porción de la radícula en forma de una pequeña mancha blanca apenas perceptible a simple vista. Cuando este fenómeno se generaliza, lo que acontece entre las 26 y 30 horas de iniciado el tratamiento, debe comenzarse inmediatamente el proceso de desecación. Para ello, en nuestro caso, simplemente se elevó la temperatura del local a 25°C mediante una estufa eléctrica, colocándose las semillas húmedas en capas de poco espesor sobre papel absorbente. Con el fin de obtener una desecación homogénea se removieron a cortos intervalos.

El período de desecamiento duró entre 72 y 100 horas, según la variedad y el número de tratamientos a que se sometió la semilla.

Aparentemente el humedecimiento de la semilla es una operación sencilla pero su ejecución exige mucho cuidado, pues si durante el humedecimiento se utilizan algunos centímetros cúbicos de agua más de los convenientes, el proceso de germinación se acentúa hasta hacer imposible el dominio sobre el desarrollo del embrión, lo cual ocasiona un gasto excesivo de materias de reserva que más tarde compromete el poder germinativo de estas semillas.

Por el contrario, si la cantidad de agua es menor que la adecuada el proceso de germinación no es uniforme y parte del material queda sin recibir el tratamiento. Idénticas consideraciones se pueden hacer con respecto a la temperatura.

El maíz, igualmente que el trigo, es susceptible de reaccionar favorablemente al ser sometido al temple, aunque debemos destacar que el proceso es más delicado aún. En su aspecto práctico se procedió en la misma forma que con el trigo, es decir, se humedecieron las semillas en cajones hasta conseguir el punto considerado como óptimo, para luego proceder a su posterior desecamiento. La cantidad de agua es distinta, como así también los intervalos de humedecimiento y desecamiento, y la duración de ambos procesos.

En términos generales, se debe dar de 45 a 50 % de agua repartida en 6 humedecimientos y de acuerdo a la cantidad de agua susceptible de ser absorbida por la semilla. La duración del período de humedecimiento varía entre 42 y 48 horas.

Hemos encontrado que el proceso de germinación no es uniforme debido a la acción de múltiples factores: distinto contenido de reservas del grano, humedad, tamaño, etc.: siendo necesario extremar las precauciones para evitar un excesivo crecimiento del material.

III. ENSAYOS REALIZADOS DURANTE EL AÑO 1949

Trigo: Durante el año 1949 se iniciaron los ensayos de temple en el Observatorio Agrometeorológico Principal (Castelar) en una época muy avanzada, utilizándose para ello variedades precoces: Sinvalocho, Klein Éxito, entre las del tipo duro y Benvenuto Inca y Klein Alberti entre las semiduras.

El ensayo se realizó en parcelas distribuidas al azar en tres repeticiones, utilizándose el tamaño de parcelas usual de 5,50 m por 1,40 m. La distribución de los tratamientos y testigos se hizo al azar para evitar la influencia del factor suelo. La siembra se efectuó el 27 de setiembre en hileras a chorrillo, constando cada parcela de 7 hileras.

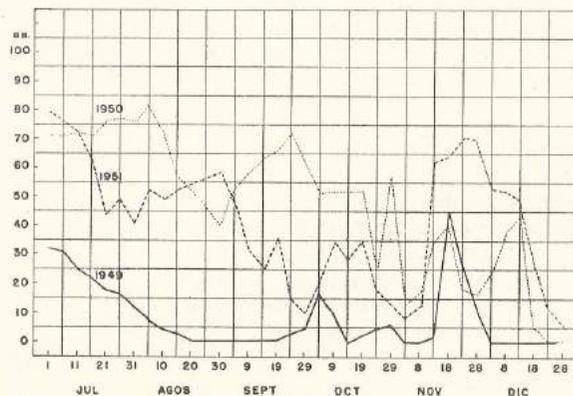


FIG. 1.—Gráfico de valores de humedad del suelo según determinaciones efectuadas en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar (provincia de Buenos Aires) durante los años 1949, 50 y 51.

Durante el transcurso del cultivo se tomaron las observaciones fenológicas comunes: nacimiento, macollaje, espigazón, etc.; no observándose mayores diferencias entre los tratamientos del temple y los testigos.

El estado del tiempo desde la siembra hasta el momento de la cosecha fué completamente anormal, presentándose una sequía atmosférica y edáfica de carácter excepcional.

Los valores de la humedad del suelo útil (milímetros de espesor de la lámina de agua sobre el coeficiente de marchitez en un metro de profundidad de suelo), que se muestra en el gráfico de la Fig. 1, indican elocuentemente la intensidad de la sequía estival de ese año.

En su culminación (28/1/50) la humedad a un metro de profundidad estaba próxima a la humedad higroscópica; es decir, que la humedad remanente era retenida a una tensión superior a 1000 atmósferas.

En este sentido podemos destacar que durante el período de espigazón, primera quincena de diciembre, no se produjeron precipitaciones, y el contenido de humedad del suelo fué cercano al punto de marchitez (desde el día 22 de noviembre hasta el 25 de diciembre sólo cayeron 10,6 mm repartidos en lluvias aisladas).

La cosecha se realizó a mano, eliminándose las hileras laterales y 25 centímetros en las cabeceras de cada parcela, con lo cual se cosecharon 5 metros cuadrados por parcela. Con las plantas provenientes de cada hilera se confeccionaron gavillas, y sobre ese material se hicieron las siguientes determinaciones: Altura de planta, largo de espiga, número de macollos y rendimiento. En el cuadro II se pueden apreciar los datos obtenidos.

CUADRO II.—Análisis de la cosecha de tres variedades de trigo sometidas a tres tratamientos de temple, realizado en el Observatorio Agrometeorológico Central (Castelar) durante el año 1949

Variedad Sinvalocho

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	66.6 ¹	6.4	3.2	639 gr ²	100 %
Un tratamiento	75.5	7.1	3.0	808 »	126 »
Dos tratamientos	77.5	6.9	3.1	891 »	139 »
Tres tratamientos	76.6	7.2	2.3	862 »	135 »

Variedad Klein Éxito

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	57.6 ¹	4.7	1.7	387 gr	100 %
Un tratamiento	60.1	4.8	1.8	494 »	127 »
Dos tratamientos	58.9	4.9	1.4	432 »	111 »
Tres tratamientos	58.8	5.0	1.6	444 »	114 »

Variedad Benvenuto Inca

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	62.4	5.8	2.5	587 gr	100 %
Un tratamiento	62.9	5.7	2.1	689 »	117 »
Dos tratamientos	63.0	5.7	1.9	715 »	121 »
Tres tratamientos	62.7	5.8	2.0	669 »	114 »

¹ Promedio de 150 mediciones.

² Con el objeto de cuantificar el aumento de rendimiento se dió al testigo el valor 100 %.

Al observar los datos del cuadro II surge claramente que, en general, hay un aumento apreciable en la altura, longitud de espiga y rendimiento en los trigos sometidos a tratamientos, mientras que la cantidad de macollos fructíferos parece ir en proporción inversa.

Las figuras nos. 2, 3 y 4 muestran gavillas provenientes del primero, segundo y tercer tablón, siendo el orden de colocación el siguiente, de

izquierda a derecha: testigo, un tratamiento, dos tratamientos y tres tratamientos.

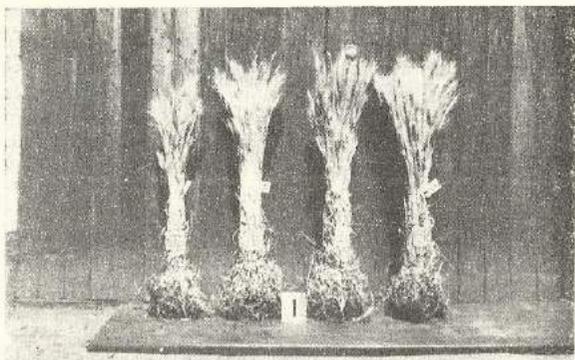


FIG. 2.—Gavillas provenientes de la cosecha de trigo Sinalocho correspondiente al primer tablón. De izquierda a derecha sin tratamiento, sometidas a un tratamiento, dos tratamientos y tres tratamientos de temple, respectivamente.

Se puede observar en las fotografías las diferencias de altura puestas anteriormente de manifiesto en el cuadro II. Otro detalle de interés es el mayor desarrollo del sistema radical en las gavillas correspondientes a los tratamientos.

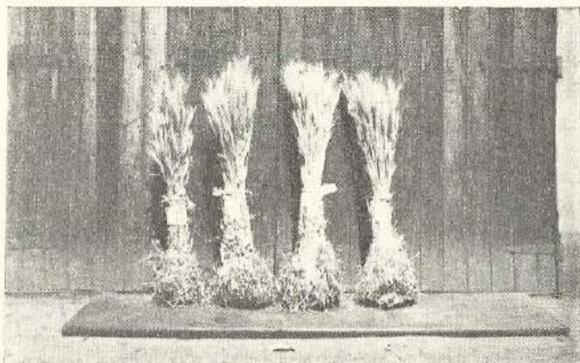


FIG. 3.—Gavillas de trigo Sinalocho correspondientes al segundo tablón.

Con los datos de rendimiento correspondiente a cada parcela, hemos efectuado el análisis de la variancia cuyos resultados se pueden apreciar en el cuadro III.

CUADRO III.—Análisis de la variancia de los rendimientos de tres tratamientos de temple y testigo

Variedad Sinalocho

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	Suma
Un tratamiento	242 gr	262 gr	304 gr	808 gr
Dos tratamientos	299 »	249 »	345 »	891 »
Tres tratamientos	281 »	307 »	274 »	862 »
Testigo	192 »	205 »	242 »	639 »
Suma	1014 gr	1023 gr	1163 gr	3200 gr

Análisis de la Variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	2	4.215	2.107	6.09 *
Variedades	3	12.703	4.234	
Error	6	4.163	693	
Total	11	21.081		

Variedad Klein Exido

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	Suma
Un tratamiento	156 gr	236 gr	122 gr	494 gr
Dos tratamientos	120 »	204 »	108 »	432 »
Tres tratamientos	126 »	195 »	125 »	444 »
Testigo	105 »	189 »	93 »	387 »
Suma	487 gr	822 gr	448 gr	1757 gr

Análisis de la Variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	2	21.155	10.567	110.07 **
Tratamientos	3	1.934	644	6.70 *
Error	6	578	96	
Total	11	23.647		

Variedad Bensenuto Inca

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	Suma
Un tratamiento	184 gr	239 gr	266 gr	689 gr
Dos tratamientos	189 »	228 »	298 »	715 »
Tres tratamientos	194 »	203 »	272 »	669 »
Testigo	169 »	187 »	231 »	587 »
Suma	736 gr	857 gr	1067 gr	2660 gr

Análisis de la Variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	2	14.025	7.012	33.8 **
Tratamientos	3	5.059	1.019	4.9 *
Error	6	1.245	207	
Total	11	18.329		

Para comparar los cuadrados medios de tratamientos con el error se utilizó la tabla de "F" publicada por SNEDECOR en 1940.

Los valores señalados * son "significativos"; es decir, se encuentran comprendidos entre los puntos del 95 % y 99 % de seguridad, mientras que los señalados con ** son "altamente significativos", puesto que el valor de "F" encontrado excede del 99 % de seguridad.

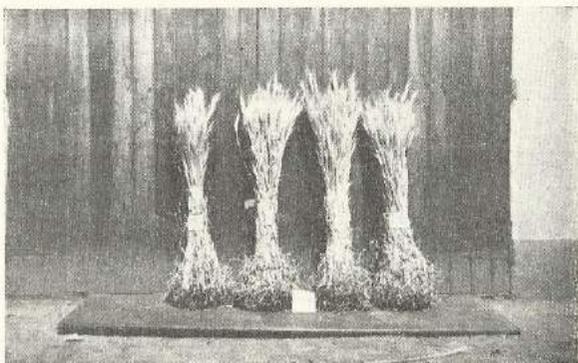


FIG. 4. — Gavillas de trigo Sinvalochó correspondientes al tercer tablón.

Al examinar el cuadro III es posible establecer que, evidentemente, el aumento de rendimiento observado en el cuadro II en favor de los tratamientos de temple es debido exclusivamente a la acción de los tratamientos, no obstante la enorme importancia que tuvo el factor suelo, cuyos valores resultaron en la mayoría de los casos "altamente significativos". Este hecho puso de manifiesto la necesidad de efectuar tales ensayos con mayor número de repeticiones y, de ser posible, en extensiones mayores que las empleadas en estos pequeños ensayos experimentales.

Maíz: Se utilizaron dos variedades: Colorado Cuarentón Klein y Colorado Klein, efectuándose el ensayo en seis repeticiones. Las parcelas fueron de 5 m de ancho por 14 m de largo y la distancia entre surcos de 0,80 m.

La siembra se realizó el día 2 de noviembre en condiciones muy malas, encontrándose el suelo seco, sin un contenido de humedad adecuado para asegurar una buena germinación (obsérvese el gráfico nº 1). Esta circunstancia motivó una considerable demora en la aparición de las plantitas, como así también una gran pérdida de las mismas.

Durante el mes de enero de 1950 el tiempo continuó extremadamente seco, siendo el registro pluviométrico de tan sólo 11 mm.

Esta aguda escasez de lluvias perjudicó grandemente a los maizales, a tal punto que cultivos vecinos se perdieron por completo. El ensayo, no obstante, resistió mejor la falta de humedad, resistencia que se evidenció plenamente en las plantas tratadas. Estas, por lo general, no presentaron sus hojas tan fuertemente acartuchadas como las plantas testigo.

La figura nº 5 muestra claramente este hecho, siendo la primera hilera de la derecha la correspondiente a la bordura y las tres hileras siguientes plantas testigo. A la izquierda alcanzan a verse las plantas

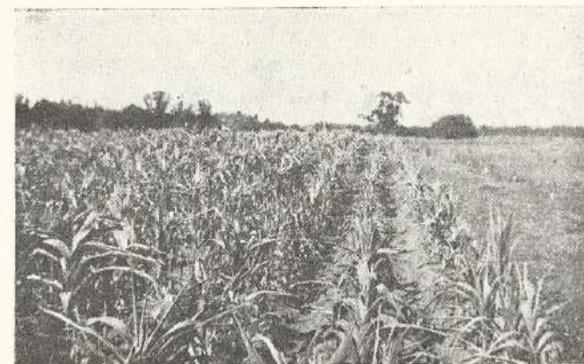


FIG. 5. — Plantas de maíz no sometidas a tratamientos de temple, presentando las hojas fuertemente acartuchadas como consecuencia de la gran sequía existente en ese momento.

sometidas a un tratamiento de temple, no observándose el fuerte acartuchamiento de las hojas. Esto se ve con mayor claridad en las figuras nºs 6 y 7, correspondientes a un tratamiento y tres tratamientos de temple, respectivamente.

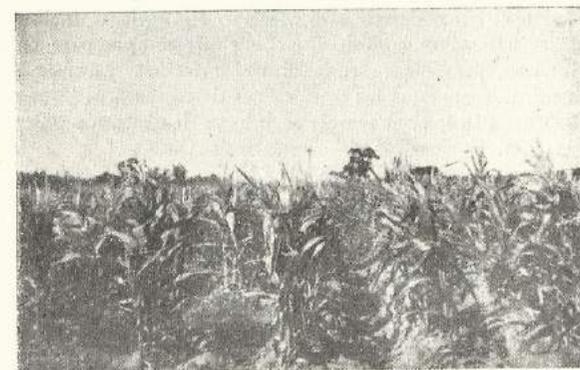


FIG. 6. — Las plantas sometidas a un tratamiento de temple resisten mucho mejor la acción de la sequía.

A pesar de haberse observado estas diferencias tan interesantes, el rendimiento no fué normal, debido quizás también al hecho de haber sembrado muy tarde. Es por este motivo que no se consignan los datos de rendimiento ni se llega a ninguna clase de conclusión, limitándose

solamente a la presentación de los hechos por considerarlos de evidente interés.



FIG. 7.—Las plantas sometidas a tres tratamientos de temple presentan un aspecto muy distinto al testigo; al no encontrarse sus hojas tan fuertemente acartuchadas.

IV. ENSAYOS REALIZADOS DURANTE EL AÑO 1950

Luego de haber obtenido resultados tan interesantes en el año 1949, se planearon para el año 1950 ensayos más completos con trigo y maíz, a fin de cuantificar debidamente las notorias diferencias de rendimiento observadas en favor del método de temple.

Trigo: En el curso de este año se creyó conveniente incluir un breve ensayo de vernalización combinado con el de temple para comparar el proceso interno que desencadenan ambos métodos, ya que, a pesar de ser en los mismos opuestas las condiciones de temperatura que se aplican, según HENKEL (1946), el temple se basa en los mismos postulados que la vernalización.

La vernalización, según LYSENKO (1949), debe efectuarse solamente reproduciendo en forma artificial las condiciones ambientales a que se encuentran sometidas normalmente las distintas variedades, en la forma más exacta posible. Con ese objeto se sometieron a la vernalización diferentes variedades de trigo, para lo cual se utilizaron directamente las temperaturas ambientales, pues hubiera sido muy difícil reproducir artificialmente esas temperaturas, debido a la gran variabilidad que las caracteriza. Es preciso recalcar que nuestros trigos cumplen el estadio de vernalización en forma muy distinta a la de otros países. En Europa los trigos pasan el estadio de vernalización bajo una temperatura más constante, debido a que la capa de nieve que cubre la superficie del suelo evita las bruscas fluctuaciones de temperaturas, tan características de nuestro país, como se mencionara anteriormente.

Los cajones en los cuales se humedeció la semilla estuvieron expuestos a la acción de la temperatura y humedad ambiental durante 38 días en

los meses de junio y julio, luego de lo cual, parte de ese material se sometió al tratamiento de temple como se describió anteriormente. En esta forma se procedió a la siembra de los trigos templados, vernalizados y templados simultáneamente, vernalizados solamente y testigos sin tratar.

No todas las variedades reaccionaron igual a la vernalización; así 38 M. A. y Benvenuto Inca mostraron los mayores efectos de vernalización. Las figuras nº 8 y 9 dan una idea bien clara de las diferencias observadas. La figura nº 8 corresponde a la variedad Benvenuto Inca,



FIG. 8.—Efecto de la vernalización sobre plantas de trigo. A la izquierda, tipo B, Inca sometido a vernalización artificial; a la derecha, la misma variedad sin vernalizar.

siendo la maceta de la izquierda marcada "V" la correspondiente a las plantas vernalizadas, y la de la derecha "T" la testigo. Obsérvese la gran diferencia en altura, vigor y cantidad de espigas de las plantas. La figura nº 9 corresponde a la variedad 38 M. A. El primer plano a la derecha es el trigo vernalizado, el cual se encuentra perfectamente encañado. A la izquierda, también en primer plano, el testigo, el cual aún no ha comenzado a encañar.

En lo que respecta a rendimiento, se encontró que los trigos vernalizados eran superiores a los no vernalizados.

La figura nº 10 ilustra otro aspecto de las diferencias observadas en plantas sometidas a la vernalización y al temple. A la derecha de la estaca

se observa la variedad 38 M. A. vernalizada y luego templada, que se encuentra en plenitud de espigazón; inmediatamente a la izquierda de la estaca la misma variedad, vernalizada solamente, en el mismo estado del desarrollo fásico; luego, hacia la izquierda, se ven hileras de la misma variedad templada solamente, que se encuentra con un atraso de dos semanas aproximadamente, y en el mismo estado del testigo. Con ello hemos comprobado que el proceso de temple afecta el vigor y el rendimiento de las plantas tratadas, pero no su desarrollo fásico; que el proceso de temple es compatible con el de vernalización no anulándose mutuamente, y que el proceso de vernalización en nuestras variedades de trigo puede cumplirse normalmente con las temperaturas ambientales.



FIG. 9.— Efecto de vernalización: plantas de trigo 38 M. A. vernalizado, a la derecha, perfectamente cucañado; a la izquierda, trigo sin vernalizar (testigo).

Durante el año 1950 se ampliaron los ensayos de temple realizándose tres experiencias en distintas épocas y con diferentes variedades. Las variedades utilizadas fueron, de siembra temprana: 38 M. A. Bahiense y entre las de siembra tardía: Sinvalocho y Benvenuto Inca.

Se tuvo especial cuidado en preparar la tierra con la debida anticipación para asegurar así un medio óptimo, lo cual es necesario para que se manifieste plenamente el mayor vigor y desarrollo radicular de los trigos tratados. Los ensayos se hicieron utilizando parcelas normales en los dos primeros y medias parcelas normales en los restantes. La distribución

de los tratamientos y de los testigos en el campo se hizo al azar en cinco repeticiones.

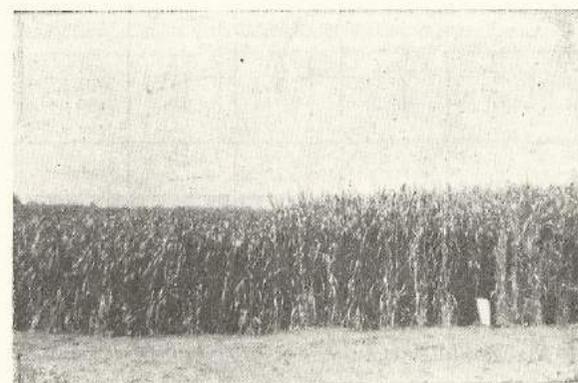


FIG. 10.— Plantas de trigo sometido a vernalización, vernalización y temple y sin vernalizar mostrando diferencias notables en la espigazón

El año, contrariamente al anterior, fué extremadamente húmedo, no habiéndose notado deficiencia de precipitaciones durante el período vegetativo del cultivo. (Consúltese el gráfico nº 1). Como factor adverso se deben mencionar los daños causados por varias tormentas de viento y fuertes precipitaciones ocurridas durante el momento de espigazón, motivo por el cual el porcentaje de grano chuzo fué elevado y el rendimiento inferior a lo esperado.

CUADRO IV.— Análisis de la cosecha de cuatro variedades de trigo sometidas a tratamiento de temple. Ensayo realizado en el Observatorio Agrometeorológico Principal (Castelar), durante el año 1950

Variedad Bahiense

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	124.4 ¹	7.9	4.6	1.721 gr	100 %
Un tratamiento	125.0	8.7	4.6	2.265 >	130.4 >
Dos tratamientos	126.8	8.5	5.0	2.341 >	136 >

Variedad 38 M. A.

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	102.6	8.1	2.0	1.769 gr	100 %
Un tratamiento	112.0	8.5	2.5	2.082 >	117.6 >
Dos tratamientos	115.8	8.5	2.8	1.946 >	110 >

¹ Significativo.

CUADRO IV. — (Continuación).

<i>Variedad Benvenuto Inca</i>					
Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	97.7	7.0	2.0	625 gr ²	100 %
Un tratamiento	98.7	7.3	2.1	701 >	112.1 >
Dos tratamientos	100.2	7.2	2.2	690 >	109.9 >
<i>Variedad Sivalocho</i>					
Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	105.7	7.0	1.9	1.321	100 %
Un tratamiento	108.1	7.3	2.1	1.405	106.3 >
Dos tratamientos	109.7	7.4	2.3	1.437	108.7 >

¹ Promedio de 150 mediciones.² Corresponde a «media parcela standard».

CUADRO V. — Análisis de la variancia de los rendimientos de temple y testigo

<i>Variedad Bahiense</i>				
Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	Suma
Testigo	571 gr	525 gr	625 gr	1.721 gr
Un tratamiento	620 >	795 >	850 >	2.265 >
Dos tratamientos	778 >	768 >	795 >	2.341 >
Sumas	1.969 gr	2.088 gr	2.270 gr	6.327 gr

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	2	15.554	7.777	8,2 ¹
Tratamientos	2	76.235	38.117	
Error	4	18.679	4.664	
Total	8	110.468		

Variedad 38 M. A.

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	Suma
Testigo	611 gr	586 gr	572 gr	1.769 gr
Un tratamiento	667 >	724 >	691 >	2.082 >
Dos tratamientos	660 >	621 >	665 >	1.946 >
Sumas	1.938 gr	1.931 gr	1.928 gr	5.797 gr

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	2	17	8.5	9.22 ¹
Tratamientos	2	16.421	8.210	
Error	4	3.560	890	
Total	8	19.998		

CUADRO V. — (Continuación).

<i>Variedad Benvenuto Inca</i>						
Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma
Testigo	150	118	120	130	127	625
Un tratamiento	143	145	144	134	155	701
Dos tratamientos	135	141	136	141	137	690
Sumas	408	404	400	405	399	2.016

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	18	4.5	10.92 ²
Tratamientos	2	675	337.5	
Error	8	247	30.9	
Total	14	940		

Variedad Sivalocho

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma
Testigo	276	277	251	264	255	1.321
Un tratamiento	281	294	284	270	276	1.405
Dos tratamientos	305	302	285	285	262	1.457
Sumas	862	873	818	819	791	4.165

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	1.540	385	6.3 ¹
Tratamientos	2	1.234	617	
Error	8	780	97	
Total	14	3.554		

¹ Significativo.² Altamente significativo.

La cosecha se realizó a mano en la misma forma que el año anterior, efectuándose también las mismas determinaciones. Seguidamente se transcriben los cuadros de altura de planta, largo de espiga, número de macollos, rendimiento y análisis de la variancia.

Durante este año, a pesar de no haber sido seco, se observó un aumento apreciable de los rendimientos, sobre todo en las variedades Bahiense y 38 M. A. (36,0 % y 17,6 %, respectivamente). En el cuadro IV, se encuentra una diferencia notoria en la reacción de las distintas variedades, lo cual pone de manifiesto la importancia que reviste el factor variedad para esta clase de tratamientos.

Al analizar el cuadro V es dable comprobar que todos los valores "F" obtenidos son "significativos", destacándose una vez más la exactitud de los valores obtenidos.

Maíz: Durante este año se realizaron dos siembras en seis repeticiones utilizándose una sola variedad: Colorado Klein. El año, según se deduce del gráfico n° 1, fué muy húmedo, desarrollándose el cultivo en óptimas condiciones.

Al analizar la cosecha no se encontraron diferencias entre el maíz templado y los testigos. Este hecho no es extraño y comprueba las afirmaciones de varios autores, siendo debido a la presencia de condiciones climáticas muy benignas.

Por otra parte, el maíz es muy delicado en lo referente a la cantidad de agua adecuada para conseguir un correcto humedecimiento, pudiendo haber sido éste el factor que no permitió diferenciar en forma evidente a los tratamientos.

Es obvio que la provisión hídrica de la zona en que se realizaron los ensayos raramente deja de ser adecuada para el cultivo del maíz, pero los ensayos se llevaron a cabo para adquirir cierta experiencia en la ejecución de los tratamientos.

Se abriga el propósito de poder realizar, en el futuro, nuevos ensayos en zonas bien caracterizadas por la presencia de frecuentes sequías, pues únicamente así será posible comprobar plenamente la eficacia del método de temple en esta especie.

V. ENSAYOS REALIZADOS EN LA ESTACION AGROMETEOROLOGICA DE GUATRACHE (PROVINCIA EVA PERON)

Se remitieron semillas tratadas de dos variedades: Klein Cometa y Benvenuto Inca, para efectuar así el ensayo en una zona donde la sequía es a menudo un factor limitante del cultivo. El año, en su aspecto meteorológico, fué adecuado a las necesidades del cultivo, lográndose una

CUADRO VI.— *Análisis de la cosecha de dos variedades de trigo sometidas a tratamiento de temple. Ensayo realizado en la Estación Agrometeorológica de Guatraché (provincia de Eva Perón) durante el año 1950*

Variedad Klein Cometa

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	51 cm	5.1	1.7	1.495 gr	100 %
Un tratamiento	60 »	5.6	2.2	1.752 »	115.8 »
Dos tratamientos	664 »	5.5	2.3	1.620 »	108.5 »

Variedad Benvenuto Inca

Tratamiento	Altura planta	Largo de espiga	Número de macollos	Rendimiento	% referido al testigo
Testigo	65	7.3	2.1	1.745 gr	100 %
Un tratamiento	66	7.6	1.9	1.855 »	106.5 »
Dos tratamientos	69	7.5	1.7	1.910 »	109.4 »

buena cosecha en toda la zona. Obsérvese la humedad del suelo correspondiente al año 1950, en el gráfico de la figura 11.

El ensayo se hizo utilizando parcelas distribuidas al azar en cinco repeticiones, sembrándose en la época adecuada. En los cuadros VI y VII se presentan los resultados obtenidos.

CUADRO VII.— *Análisis de la variancia de los rendimientos de tratamientos de temple y testigo*

Variedad Klein Cometa

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% ref.
Testigo	316	290	296	290	303	1495	
Un tratamiento	329	306	312	390	395	1732	115,8 %
Dos tratamientos	342	305	319	333	321	1620	108,5 »
Sumas	987	901	927	1013	1019		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	3.716	929	4.55 ¹
Tratamientos	2	5.622	2.811	
Error	8	4.942	617	
Total	14	14.280		

Variedad Benvenuto Inca

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% ref. al test.
Testigo	346	299	360	365	375	1745	
Un tratamiento	386	307	364	365	433	1855	106.5 %
Dos tratamientos	381	321	377	407	424	1910	109.4 »
Sumas	1113	927	1101	1137	1232		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	16.291	4.072	4.71 ¹
Tratamientos	2	2.424	1.212	
Error	8	2.057	257	
Total	14	20.772		

Al efectuar un ligero estudio de los datos compilados en los cuadros VI y VII se llega a la conclusión de que los trigos templados, en los años benignos, también dan un cierto aumento de rendimiento que puede compensar ampliamente los gastos originados en la ejecución de los tratamientos.

VI. ENSAYOS REALIZADOS DURANTE EL AÑO 1951

Durante este año se volvieron a repetir los tratamientos de temple, utilizándose las siguientes variedades: Sinvalocho, Benvenuto Inca, 38 M. A. y Bahiense; estas dos últimas de siembra temprana.

CUADRO VIII. — *Análisis de la variancia de los rendimientos de tratamientos de temple y testigo**Variedad Sinvalocho*

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	385	395	392	383	372	1927	100 %
Un tratamiento	423	410	380	430	420	2063	107 %
Dos tratamientos	405	420	432	425	410	2092	108,5 %
Sumas	1213	1225	1204	1238	1202		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	504		
Tratamientos	2	3.104	1.552	6.11 ¹
Error	8	2.034	254	
Total	14	5.442		

CUADRO IX. — *Análisis de la variancia de los rendimientos de tratamientos de temple y testigo**Variedad Benvenuto Inca*

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	250	214	240	250	226	1140	100 %
Un tratamiento	246	240	245	229	238	1198	105 %
Dos tratamientos	250	245	265	260	230	1250	109,6 %
Sumas	726	699	750	719	694		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	676	169	
Tratamientos	2	1.211	605	7.9 ¹
Error	8	612	76	
Total	14	2.499		

El año, en su aspecto climático, resultó adecuado para las necesidades del cultivo, y en ningún momento el contenido de humedad del suelo dejó de ser el más provechoso para la planta. Nuevamente fué posible obser-

var el distinto comportamiento de las variedades en lo concerniente a su reacción al temple. Sin embargo, los resultados obtenidos confirman que el temple siempre permite obtener un leve aumento de rendimiento, a pesar de no presentarse la sequía. Los cuadros VIII, IX, X y XI ilustran claramente sobre lo expuesto.

CUADRO X
Variedad 38 M. A.

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	275	269	265	270	250	1327	100 %
Un tratamiento	280	287	315	295	320	1497	112,8 %
Dos tratamientos	282	284	319	320	300	1505	113,4 %
Sumas	835	840	899	885	870		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	1.054		
Tratamientos	2	4.045	2.021	8.7 %
Error	8	1.849	231	
Total	14	6.926		

CUADRO XI. — *Análisis de la variancia de los rendimientos de tratamiento de temple y testigo**Variedad Bahiense*

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	5º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	217	203	191	214	205	1030	100 %
Un tratamiento	228	257	238	222	240	1185	115 %
Dos tratamientos	245	242	225	215	245	1170	113,5 %
Sumas	690	702	652	651	690		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	4	755		
Tratamientos	2	2.926	1.463	10.4 ¹
Error	8	1.127	140	
Total	14	4.808		

Maíz. — Por razones ajenas al planeamiento de la experiencia sólo fué posible trabajar con una sola variedad: Colorado Klein, la cual se sometió al tratamiento de temple en la forma descrita anteriormente, habiéndose tomado precauciones especiales para evitar un excesivo crecimiento del embrión.

El ensayo se efectuó en cinco repeticiones sembrándose el día 9 de noviembre. El cultivo se desarrolló normalmente, viéndose favorecido en su desarrollo inicial por las abundantes precipitaciones de los meses de noviembre y diciembre. El maíz templado dió 23 % más de rendimiento que el testigo. La relación marlo-grano en el testigo fué: marlo 31 %, grano 69 %. En el maíz templado: marlo 24 % y grano 76 %.

CUADRO XII. — Análisis de la variancia de los rendimientos de maíces sometidos a un tratamiento de temple y testigo

Variedad Colorado Klein

Tratamiento	1° rep.	2° rep.	3° rep.	4° rep.	5° rep.	Suma	% referido al testigo
Testigo	16 Kg	14	28	20	29	107	100 %
Tratado	19 "	21	33	29	30	132	123 %

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Repeticiones	4	314	78	15.0 ¹
Tratamientos	1	62	62	11.9 ¹
Error	4	21	5.2	
Total	9	397		

En el cuadro XII se pueden apreciar las diferencias existentes entre las parcelas con maíz tratado y la testigo. El análisis de la variancia confirma la exactitud de los datos obtenidos y pone de manifiesto la enorme importancia del factor suelo, que en este caso resultó también significativo.

VII. ENSAYOS REALIZADOS EN LA ESTACION AGROMETEOROLOGICA DE GUATRACHE (PROVINCIA EVA PERON)

Durante el año 1951 se realizó solamente una siembra utilizando las siguientes variedades: Benvenuto Inca, ya ensayada con buenos resultados el año anterior, y Eureka y Klein Orgullo.

Las condiciones ambientales, en la zona, no fueron óptimas, obteniéndose rendimientos muy bajos. La precipitación caída fué la siguiente: julio: 34,5 mm; agosto: 5,6 mm; septiembre: 20,4 mm; octubre: 11,7 mm; noviembre: 26,5 mm. Total de lluvia caída: 98,7 mm. La humedad del suelo puede verse en la figura 11.

Los datos de rendimiento muestran claramente una vez más la diferencia existente entre las variedades en lo referente a su reacción al temple; así, mientras Benvenuto Inca dió un máximo de 24,4 % con un solo tratamiento, Eureka y Klein Orgullo dieron 8,5 y 9,6 %, respectivamente. También es notorio que algunas variedades parecen tolerar perfectamente dos tratamientos mientras que otras no. Este hecho está significando que es necesario estudiar y experimentar nuevas variedades para encontrar, así, el tratamiento óptimo para cada variedad.

HUMEDAD DEL SUELO EN GUATRACHE (PCIA. EVA PERÓN)
AÑOS 1950-1951.

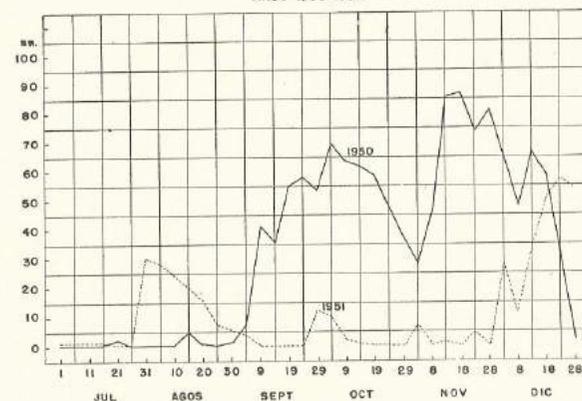


FIG. 11. — Gráfico de valores de humedad (útil) del suelo correspondiente a Guatraché (provincia de Eva Perón) para los años 1950 y 1951.

En el cuadro XIII se presentan los rendimientos de las distintas parcelas, siendo muy visibles las grandes diferencias existentes entre parcelas y entre tablones. Este hecho es común para la zona, pues es frecuente encontrar manchones de suelo de contenido mineral muy diverso, que influyen notoriamente sobre el rendimiento de las distintas parcelas.

El análisis de la variancia expuesto en el cuadro XIII pone de manifiesto la enorme importancia de esas diferencias, pues al no encontrarse valores significativos no es posible efectuar una afirmación categórica

CUADRO XIII. — Análisis de la variancia de los rendimientos de tratamientos de temple y testigo, Ensayo realizado en Guatraché durante el año 1951

Variedad Benvenuto Inca

Tratamiento	1er. tablón	2° tablón	3er. tablón	4° tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	215 ¹	210	175	300	900	100 %
Un tratamiento	285	255	255	345	1120	124.4 %
Dos tratamientos	275	300	195	250	1020	113.5 %
Sumas	775	745	625	895		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	3	12.300		
Tratamientos	2	6.067	3.033	2.1
Error	6	9.100	1.416	
Total	11	27.467		

¹ Corresponde a peso de espiga.

CUADRO XIII. — (Continuación)

Variedad Eureka						
Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	190	250	250	250	940	
Un tratamiento	190	260	275	295	1020	
Dos tratamientos	185	240	245	275	945	
Sumas	565	750	770	820		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	3	2.423	502	0.28
Tratamientos	2	1.004		
Error	6	10.746		
Total	11	14.173		

Variedad Klein Orgullo

Tratamiento	1er. tablón	2º tablón	3er. tablón	4º tablón	Suma	% referido al testigo
Testigo	240	195	215	285	955	100 %
Un tratamiento	170	280	250	250	950	101.6 %
Dos tratamientos	180	305	205	335	1025	109.6 %
Sumas	590	780	670	870		

Análisis de la variancia

Variación debida a	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Blocks	3	15.091	5.156	2.5
Tratamientos	2	6.312		
Error	6	7.972		
Total	11	29.375		

acerca del patrimonio de las diferencias observadas. Sin embargo, en el caso de la variedad Benvenuto Inca, la ventaja promedio del 124,4 % sobre el testigo estaría respaldada por una seguridad del 85 %.

Con el fin de aclarar aún más las diferencias que se observan en los análisis de variancia individuales, incluimos para las variedades B, Inca y Sinvalocho el análisis de la variancia realizado en forma más detallada, con el objeto de comparar el efecto de varios factores simultáneamente.

El ensayo se realizó solamente con dos variedades y durante tres años consecutivos: 1949-1950-1951 y en tres repeticiones. Las variantes fueron: sometidas a un tratamiento de temple, a dos tratamientos y sin tratamiento (testigo). En el cuadro XIV se dan los rendimientos obte-

nidos para los distintos tratamientos durante los tres años. Esos valores corresponden a gramos por parcela de 5 metros cuadrados útiles.

CUADRO XIV

Año	Tratamiento	Tablón	Variedades		Suma tablones
			Sinvalocho	B. Inca	
1949	1	1	242	184	426
		2	262	239	501
		3	304	266	570
		Suma varied. .	808	689	1497
	2	1	299	189	488
		2	249	228	477
3		343	298	641	
	Suma	891	715	1606	
Testigo	1	192	169	361	
	2	205	187	392	
	3	242	231	473	
	Suma	639	587	1226	
1950	1	1	562	286	848
		2	588	290	878
		3	568	288	856
		Suma	1718	864	2582
	2	1	610	270	880
		2	604	282	886
3		566	272	838	
	Suma	1780	824	2604	
Testigo	1	552	260	812	
	2	554	236	790	
	3	502	240	742	
	Suma	1608	736	2344	
1951	1	1	846	492	1338
		2	830	480	1300
		3	760	490	1250
		Suma	2426	1462	3888
	2	1	810	500	1310
		2	840	490	1330
3		864	530	1394	
	Suma	2514	1520	4034	
Testigo	1	770	460	1230	
	2	790	428	1218	
	3	784	480	1264	
	Suma	2344	1368	3712	

Al realizar el análisis de la variancia, se llega a los resultados del cuadro XV.

CUADRO XV. — Resultado del análisis de la variancia

Causas de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Significancia
Variedades	1	658.469	658.469	1609	xx
Años	2	1.489.856	744.928	1821	xx
Tratamientos	2	27.248	13.624	35	xx
Blocks	2	3.407	1.703	4	x
<i>Interacciones</i>					
Variedad × años	2	226.289	113.144	276	xx
Varied. × tratamientos ..	2	1.633	816	10	xx
Años × blocks	4	13.551	3.387	8	xx
Años × tratamientos	4	1.109	277	0.67	No signif.
Tratamientos × blocks ..	4	1.663	415	1.01	No signif.
Variedad × años × tratamientos	4	507	126	0.50	No signif.
Blocks × tratamientos × años	8	4.964	620	1.51	No signif.
<i>Error</i>					
Blocks × variedades	2	7.371	4.09		
Blocks × variedades × tratamientos	4				
Blocks × varied. × años	4				
Blocks × variedades × años × tratamientos ..	8				
	18				

xx Altamente significativo.
x Significativo.

VIII. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los tratamientos dieron cifras altamente significativas, lo cual indica que el aumento de rendimiento observado en los trigos sometidos a tratamientos de temple ha sido debido, exclusivamente, a la acción favorable del método de temple.

Las cifras altamente significativas correspondientes a variedades indican, en forma evidente, que éstas reaccionan en distinta forma a los tratamientos de temple.

Al valor de F obtenido para "años" demuestra que los rendimientos son distintos según los años.

El valor de F para blocks resultó significativo, demostrándose plenamente la necesidad de efectuar estos ensayos en un número mayor de repeticiones, para evitar en parte la influencia del factor suelo.

La interacción, variedades por años, ha dado cifras altamente significativas, índice de que las dos variedades analizadas en esta forma se han comportado en forma distinta, según el año.

La interacción, variedades por tratamientos, ha dado cifras altamente significativas, lo que demuestra que los tratamientos de temple han influido positivamente sobre los rendimientos puesto que siempre, en todas las variedades, hubo un aumento de rendimiento debido exclusivamente a la acción del proceso de temple sobre las semillas.

La interacción de años por tratamientos no ha sido significativa, demostrándose así que siempre los tratamientos, a pesar de los diferentes años,

actúan en forma positiva, acción que se manifiesta en un aumento de rendimiento.

IX. CONCLUSIONES

Después de tres años de experiencias en la aplicación práctica del método del temple contra la sequía para nuestras variedades, se comprobó que bajo la influencia del temple se produce un notable cambio fisiológico en las plantas que se manifiesta en un aumento de la resistencia a la misma sequía.

Esta reacción al tratamiento es varietal, y durante un año de sequía (1949) se tradujo en los siguientes resultados: la variedad Sinvalocho dió 39 % más de rendimiento que el testigo; Klein Exito: 27 % y Benvenuto Inca 21 %.

Durante 1950, año lluvioso, los mejores resultados los dieron las siguientes variedades: Bahiense: 36 %; 38 M. A.: 17,6 %; Benvenuto Inca: 12,7 % y Sinvalocho: 8,7 %.

Los trigos sembrados en la Estación Agrometeorológica de Guatraché (Provincia Eva Perón) durante 1950 también dieron un aumento apreciable de rendimiento, a pesar del año benigno: Klein Cometa, 15,8 % y Benvenuto Inca, 9,4 %.

La diferencia en favor de los trigos templados durante los años lluviosos indica la conveniencia del método, pues el mismo siempre compensa con el leve aumento de rendimiento los gastos originados en su ejecución. De esta manera el temple resulta un seguro gratuito para los años de sequía.

La circunstancia de haber efectuado estos ensayos durante dos años de características totalmente opuestas, permite llegar a conclusiones suficientemente valederas, como para recomendar la aplicación práctica y económica de este método en las zonas afectadas frecuentemente por la sequía.

El método de temple, una vez lograda su aplicación práctica, ha de tener importancia para aquellas zonas de nuestro país donde las precipitaciones alcanzan a los 300-400 mm anuales, y donde la sequía ha dado al cultivo el carácter de aleatorio.

Se considera del mayor interés y utilidad verificar el método estudiado bajo las condiciones de gran cultivo. Para ello se proyecta disponer de 15-20 hectáreas con material templado, en una zona bien caracterizada por los efectos de la sequía. Si se confirman los resultados obtenidos se tendrá, así, un método útil para contribuir a estabilizar la producción cerealera en zonas afectadas por la sequía, y un recurso más para activar económicamente las regiones semiáridas de nuestro país.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ingº Agrº Juan J. Burgos la colaboración prestada en la compilación del trabajo; al Ingº Agrº Laureano Alvarez Herlein la conducción durante dos años de los ensayos de temple en la Estación Agrometeorológica de Cuatraché; al Ingº Agrº Roberto Ruggiero y al señor Enzo Oscar Mauri, la ayuda prestada en los ensayos de campo y cómputo.

tos estadísticos. Asimismo, hacemos presente nuestro particular reconocimiento al Servicio de Intercambio Científico del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, de Turrialba, por el envío de material bibliográfico en micropelícula.

BIBLIOGRAFÍA

- BURGOS, J. J. y VIDAL, A. L. 1951. — « Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite ». *Meteoros*. Año I, (1): 3-32.
- GRISWALD, S. M. 1936. — « Effect of alternate moistening and drying on germination of seed of western range plants ». *Botanical Gazette*. Vol. 98, n° 2.
- HENKEL, P. 1947. — (« Resistencia de las plantas a la sequía »). Ed. Akad. Nauk. URSS. Moskwa-Leningrad. 238 págs.
- LYSENKO, T. 1949. — (« Agrobiología »). Ed. Gozud. Isdad. Selsk. Lit. Moskwa. 405 págs.
- MALHOTRA, R. C. 1934. — « The effect of inversion in water and dessication on the germination of Sea Mays seeds ». *Biol. General*. Vol. 10.
- MAXIMOV, N. A. 1946. — « Fisiología Vegetal ». Bs. As., Acme Agency, 433 págs.
- MILLER, E. C. 1938. — « Plant Physiology ». Mc. Graw-Hill Book Company, New-York and London, 1201 págs.
- MILTHORPE, F. L. 1950. — « Changes in the drought resistance of wheat seedlings during germinations ». *Annals of Botany*. Vol. XIV, n° 53. January.
- REMUSI, Carlos. 1958. — « Aplicación del análisis de la variancia a los ensayos comparativos de rendimiento ». *Rev. Argentina de Agronomía*, n° 4.
- SAVAGE, D. A., y L. A. JACOBSON. 1935. — « The killing effect of heat and drought on Buffalo Grass and Blue Grama Grass at Hays, Kansas ». *J. Amer. Soc. Agron.* 27: 566-583.
- SCHRÖDER, D. 1909. — « Ueber den Verlauf des Welkens und die Lebensfähigkeit der Laubblätter ». diss., Göttingen, 110 págs.
- SNEDECOR, G. W. 1948. — « Métodos de Estadística ». Bs. Aires, Acme Agency, 577 págs.
- TIMIRIAZEV, K. A. 1896. — (« La Lucha de las plantas contra la acción de la sequía »). (*Zw. Zemled y Fisiol. Rast.*), Moskwa.
- TYSDAL, H. M. 1933. — « Influence of light, temperature and soil moisture on the hardening process in alfalfa ». *J. Agron. Res.* 46: 483-515.
- VASSILIEV, I. M. 1929. — (« Investigaciones sobre la resistencia de los trigos a la sequía »). (*Botánica y Genética aplicada*), tomo XXII.
- VASSILIEV, I. M., y M. G. VASSILIEV. 1936. — « Changes in carbohydrate content of wheat plants during the process of hardening for drought resistance ». *Plant. Physiol.* 11: 115-125.
- WALDRON, L. R. 1931. — « Frost injury to spring wheat with a consideration of drought resistance ». *J. Amer. Soc. Agron.* 23: 625-638.

551.501 : 551.506.8

REGISTRO FITOFENOLÓGICO INTEGRAL ¹

POR NÉSTOR RENÉ LEDESMA *

Resumen. — Método de observación para el registro simultáneo del desarrollo de los procesos fenológicos en todos los órganos de la planta, mediante observaciones a intervalos muy cortos. Los símbolos son puntos, guiones y guiones ondulados, trazados sobre los lados de un rectángulo. La actividad de los órganos es medida en cinco intensidades, representativas de un 20 % de la mayor intensidad. El registro propuesto se adapta especialmente a las especies vegetales perennes.

Summary. — The author explains an observation method, recording simultaneously the development of phenologic processes in all the plant organs, through the observations made in very short lapses. Points, dashes and undulated dashes drawn on the sides of a rectangle are the symbols used. The activity of the organs is measured in five intensities, each one representing a 20 % of the highest intensity. The proposed registry specially fits to the perennial plant species.

INTRODUCCIÓN

El registro del comportamiento fenológico proporciona una valiosa fuente documental de los procesos biológicos en los seres vivos.

Las manifestaciones visibles de la actividad funcional, tales como aparición, transformación y desaparición de los diversos órganos en los vegetales, expresan las reacciones orgánicas ante el estímulo de las variaciones del ambiente meteorológico.

Dichos fenómenos constituyen los objetos de que se vale la observación fenológica para investigar las profundas relaciones entre el desarrollo de los procesos del tiempo y las reacciones orgánicas que éstos determinan en los seres vivos.

Las variaciones observadas conducen al conocimiento de los mecanismos biológicos y ponen a la luz las leyes de la bioclimatología. Los seres vivos actúan como verdaderos aparatos meteorológicos, mediante sus reacciones, que si bien son más complejas y difíciles de valorar que las de los mecanismos puramente físicos, es posible servirse de ellas en el estudio de las leyes que rigen los procesos del tiempo y del clima.

El registro deberá reproducir con la mayor exactitud y fidelidad la época en que se producen y las características que presentan los fenómenos, pues representa el material básico para todos los estudios que se realizan en el campo de la fenología.

Debe poner en manos del estudioso un elemento que le permita seguir la marcha de los procesos de cada órgano, la interrelación entre el desarrollo de los diversos órganos y debe posibilitar la interpretación estadística de los valores fenológicos.

¹ Un resumen del presente trabajo fué presentado al 2º Congreso Sudamericano de Botánica realizado en Tucumán en octubre de 1948 y publicado en las actas del mismo.

* Ingeniero Agrónomo, 2º Jefe del Departamento de Agrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional.

Este trabajo tiene por objeto proponer un método de observación fenológica que trata de reunir las condiciones enunciadas, adaptado para la observación de especies vegetales perennes.

DIVERSOS MÉTODOS DE OBSERVACIONES FENOLÓGICAS

El registro de las observaciones fenológicas se ha realizado con criterio muy diverso como consecuencia de la multiplicidad de sus aplicaciones, pudiéndose reducir a tres los sistemas principales adoptados por los diversos países que conducen observaciones fenológicas en sus Servicios Meteorológicos y por algunos investigadores que se han ocupado de la materia.

1) MÉTODO BASADO EN EL REGISTRO DE UN SOLO "MOMENTO" DE CADA FASE. — Este método, adecuado para la fenología meteorológica, es el que adopta el Comité Ejecutivo de Fenología ("Phenological Executive Committee")⁽¹⁵⁾ de la Real Sociedad Meteorológica de Inglaterra, que observa solamente "comienzo de floración" en una amplia colección de especies: "comienzo de foliación", "comienzo de amarilleo de hojas", "maduración del fruto" y "fin de defoliación" en *Aesculus hippocastaneum*.

Bailey⁽⁴⁾ en sus clásicas "instrucciones para tomar observaciones fenológicas" basándose en el Plan de Hoffman, que es esencialmente el propuesto por Linneo, anota: a) superficie superior de la primera hoja visible o abierta, b) primer pimpollo abierto, c) primer fruto maduro y d) todas las hojas o más de la mitad coloreadas.

Angot⁽²⁾ al establecer las normas para la Oficina Central Meteorológica de Francia ("Bureau Central Météorologique") y la Comisión Catalana de Meteorología ("Comissió Catalana de Meteorologia Agrícola") del Servicio Meteorológico de Cataluña⁽⁶⁾ registraban: Aparición de las primeras hojas, primera flor, maduración del fruto y caída de hojas.

Rosenkranz, F.⁽¹²⁾ en sus Bases de la Fenología, aunque no describe en detalle el método de observaciones utilizado, se advierte que los datos considerados se refieren a "comienzo" de la actividad de cada uno de los órganos.

2) MÉTODOS BASADOS EN LA DELIMITACIÓN DE ALGUNAS FASES Y SUBPERÍODOS. — El registro de varios momentos característicos permite la delimitación de las fases y aun de algún índice del desarrollo de las mismas. Este método se ha utilizado en Ecología Agrícola para establecer las fases y subperíodos que permitan estudiar las exigencias meteorológicas de las especies cultivadas.

Azzi⁽³⁾ delimitó los subperíodos mediante el registro de "algunos momentos fenológicos" semejante al utilizado por Angot.

Los Institutos de Investigaciones Agrícolas de la República de Checoslovaquia⁽¹⁰⁾ ("Zyzkumnych Ustavu Zemedelskich CSR") registraban en árboles forestales: primeras flores, primeros brotes, primeras hojas, plena foliación y pleno amarilleo; en vid comienzo y fin de brotación.

Mikesell, en su registro publicado por Smith⁽¹⁴⁾ observó los siguientes momentos: "primer movimiento de las yemas, primera hoja plena-

mente formada, plena foliación"; "en floración, maduración del fruto"; "pleno amarilleo del follaje, fin de defoliación"; "yemas en pleno descanso".

Lamb⁽⁹⁾ registró: "hinchamiento de las yemas, apertura de las yemas, comienzo de foliación, plena foliación"; "amarilleo de las hojas"; "comienzo de la semilla, plena maduración de la semilla"; "comienzo de defoliación, fin de defoliación".

El Instituto Nacional de Meteorología de Polonia⁽⁸⁾ ("Panstwowy Instytut Meteorologiczny"), por medio de su División Meteorología Agrícola, registraba la fase floración por medio de tres momentos: "comienzo de floración, plena floración y fin de floración", aunque registraba foliación, maduración del fruto, amarilleo de las hojas y caída de las hojas por medio de un solo momento.

El Servicio de Fenología⁽¹³⁾ del Servicio Meteorológico Nacional (Argentina) Departamento de Agrometeorología, en su red de observadores honorarios, delimita las fases de foliación, floración, maduración del fruto, amarilleo o cambio de color de las hojas y caída de las hojas por medio de tres momentos: comienzo, plenitud y fin.

Illichewsky⁽⁷⁾ amplía aún más la observación elevando a cinco los momentos para las mismas fases mencionadas y registra: aparición de primeros órganos. Este sistema ha sido adoptado por el Servicio de Fenología⁽¹³⁾ de nuestro país para la red de Estaciones Agrometeorológicas.

3) MÉTODOS BASADOS EN LA OBSERVACIÓN DEL DESARROLLO DE LOS PROCESOS FENOLÓGICOS POR REGISTRO A INTERVALOS BREVES. — De Fina y Clos⁽⁵⁾ al conducir un registro fenológico de observaciones semanales sobre especies perennes cultivadas en un radio de 70 Km alrededor de la ciudad de Buenos Aires, adoptaron un registro para apreciar la marcha de las fases floración, maduración del fruto y caída del follaje, anotando separadamente cada una de ellas. Estas observaciones les permitieron más tarde⁽⁵⁾ llegar a interesantes conclusiones sobre las mencionadas plantas.

Smirnov, en una visita que realizara a nuestras oficinas durante el año 1949, nos comunicó que él utilizaba un sistema parecido al que aquí se describe. No pudimos conocer en detalle el mismo, dado que el Dr. Smirnov no hablaba castellano, circunstancia que no permitía una conversación tan amplia como hubiera sido de desear.

REGISTRO FITOFENOLÓGICO INTEGRAL

El sistema que se describe en el presente trabajo consiste en el registro del estado fenológico de todos los órganos visibles del sujeto en el momento de la observación.

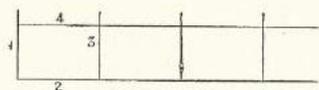
La repetición de la misma operación, con suficiente frecuencia, permite conocer el proceso de los fenómenos en cada uno y en la totalidad de los órganos.

El registro de las observaciones se hace sobre rectángulos de 12 a 15 mm por 8 a 10 mm, que se colocan uno al lado del otro. Las barras de sepa-

* Este sistema inédito ha llegado a mi conocimiento gracias a la cortesía de sus autores.

ración sobresalen un milímetro en la parte superior, para permitir la colocación de la fecha.

Para mayor comprensión nombraremos a cada uno de los lados del rectángulo con un número: lado 1 el de la izquierda, 2 el inferior, 3 el de la derecha y 4 el superior.



Los fenómenos observados se registran por medio de símbolos. Los símbolos usados son: el punto (.) para fenómenos en preparación o parcialmente cumplidos; el guión (-) para todos los órganos menos el fruto; el guión ondulado (≈) para fruto; además de estos signos se adoptan las letras (v) para registrar fruto verde, (m) para fruto maduro y cero (0) para descanso.

El número de signos "mide" la intensidad con que desarrolla el fenómeno en el momento de la observación. La intensidad mencionada puede oscilar entre inactividad fenológica registrada con (0) cero y actividad plena o máxima con 5 signos.

Sobre el lado 1 se registra floración con guiones, y maduración del fruto con guiones ondulados; sobre el lado 2 se registra brotación con guiones; sobre el lado 3 se registra amarilleo o cambio de color del follaje con guiones, y cambio de color del fruto (fruto pintón) con guiones ondulados; sobre el lado 4 se registra caída del follaje con guiones, y caída del fruto con guiones ondulados.

El descanso fenológico, si afecta a todos los órganos de la planta, se registra por medio de un (0) colocado en el centro del rectángulo; en caso de que el descanso afecte a un solo órgano se coloca un (0) de menor tamaño en el lado correspondiente. Fruto verde o maduro adherido al árbol se registra poniendo junto al lado 1 las letras (v) o (m) respectivamente según el caso.

Con el fin de fijar algunos momentos fenológicos representativos de la biología y comúnmente utilizados con fines bioclimáticos, consideramos que esos momentos se pueden definir en la siguiente forma:

a) *primeros órganos*: presencia de los primeros órganos visibles (flores, hojas, frutos maduros, hojas amarillas, caída de hojas, etc.) que se presentan aisladamente antes del comienzo definido de la fase respectiva. El registro se realiza por medio de puntos (de uno a cinco) sobre el lado correspondiente.

b) *comienzo de la fase*: presencia de los primeros órganos en varios lugares de la copa del árbol o del cultivo, que se suceden con otros, sin interrupción y en aumento, determinando así la iniciación de la fase. El registro se realiza por medio de un guión, recto u ondulado, según el órgano que corresponda y sobre el lado respectivo.

c) *plenitud de la fase*: momento en que se produce el fenómeno con la mayor intensidad, que se puede definir también por el mayor número de órganos (flores, brotes, frutos madurando, etc.) iniciando el proceso respectivo.

d) *fin de la fase*: últimos órganos en actividad, sin interrumpir la continuidad del proceso respectivo.

e) *últimos órganos*: aparición de órganos aislados cumpliendo el proceso respectivo, después de concluido el proceso definido de la fase.

Un registro de observaciones fenológicas, para satisfacer las exigencias del registro integral, de acuerdo a las presentes normas debe constar de dos partes: en la primera se registran los momentos fenológicos de comienzo, plenitud y fin agregando o no primeros o últimos órganos, y en la segunda se hace el registro integral en la forma indicada anteriormente mediante una serie de rectángulos.

	PROCESOS PREPARATORIOS	PRIMEROS ORGANOS AISLADOS	COMIENZO DE LA FASE	PLENA INTENSIDAD	FIN DE LA FASE	ULTIMOS ORGANOS AISLADOS	ORGANOS EN DESCANSO
BROTACION	0
FLORACION	0
MADURACION DEL FRUTO	v	0
AMARILLEO O CAMBIO DE COLOR DEL FOLLAJE	0
CAIDA DEL FOLLAJE	0
CAIDA DEL FRUTO	0

FIG. 1.

REGISTRO DE ALGUNAS ALTERNATIVAS COMUNES

En la práctica de las observaciones sobre un gran número de especies perennes, con modalidades biológicas diversas, en varias partes de la República Argentina, aunque principalmente en la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, hemos recogido alguna experiencia en la aplicación de este método, de la cual tomaremos algunos ejemplos.

Para facilitar la exposición se considerarán separadamente las modalidades observadas en el registro de órganos vegetativos, tales como tallo y hoja y en los reproductivos, flor y fruto.

a) *Órganos vegetativos*: al terminar el descanso invernal, que se produce en casi todas las especies vegetales, tanto de follaje persistente como de follaje caduco, el registro debe iniciarse con el "despertar" de las yemas, que se manifiesta por su engrosamiento y crecimiento posterior. Este fenómeno, que manifiesta el primer síntoma de la actividad y determina el comienzo de un período vegetativo, debe ser anotado con preferencia.

Desde el "despertar" de las yemas más adelantadas hasta el primer síntoma de elongación del tallo, el registro se hace con puntos colocados sobre el lado 2 del rectángulo progresando de izquierda a derecha; ejemplo:



el 15 de agosto yemas en actividad, intensidad de (2).

Cuando la yema empieza a crecer en longitud en algunas, aisladamente se coloca el primer guión sobre el primer punto de la izquierda y, cuando el fenómeno se hace general, se remplazan los cinco puntos por guiones en forma progresiva siempre de izquierda a derecha, de manera tal que el registro de plena brotación o comienzo de crecimiento de las futuras ramitas, con la máxima intensidad, debe registrarse en la siguiente forma:



significa comienzo pleno de brotación.

Lo más frecuente es que todas las ramitas o una proporción muy alta de las mismas continúen en el crecimiento por un tiempo largo; el registro se mantiene durante ese tiempo con cinco guiones.

Cuando, por cualquier razón, algunas yemas detienen el crecimiento, el número de guiones que valoran la intensidad del mismo decrece proporcionalmente, esta vez de derecha a izquierda.

El período anual de crecimiento del tallo es variable según la especie; en algunas es muy breve, como algunas especies de género *Abies* en las que apenas se prolonga por un mes, después del cual entra en "descanso"; otras crecen durante toda la estación de primavera, deteniéndose al llegar el verano; ejemplo: duraznero. Las hay que crecen en primavera y verano y algunas, entre las que se citan particularmente a las tropicales, detienen su crecimiento, en estas latitudes, cuando la temperatura invernal es muy baja; ejemplo: *Croton urucurana*. Otras especies presentan varias brotaciones y detenciones de crecimiento alternadas, en un mismo período vegetativo; ejemplo: naranjo.

El registro de "crecimiento apical del tallo" suele ser el de mayores alternativas y conviene hacerlo con cuidado, porque permitirá medir la intensidad del ritmo vegetativo. La intensidad de crecimiento apical del tallo, se aprecia por la actividad de las yemas terminales, en toda la copa del árbol. Algunas ramitas detienen el crecimiento al disminuir la intensidad vegetativa, reemplazándose cada guión por un punto, progresivamente de izquierda a derecha cuando se estime que la disminución equivale a un 20 % de la actividad máxima. Cuando la detención del crecimiento apical se ha generalizado y llega al fin de la curva descendente, se registra con un guión sobre el lado 1, en la extremidad derecha; los otros

cuatro lugares son ocupados por puntos:



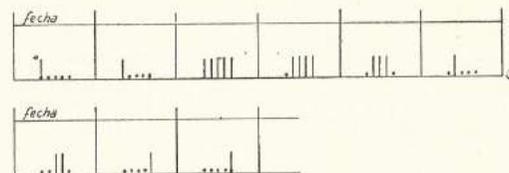
Cuando la actividad de crecimiento se produce solamente en una parte de la planta, la intensidad del fenómeno se registra con el número de guiones correspondiente, aclarándose por escrito la característica observada:



El 4 de octubre había (2) de intensidad inicial de crecimiento.

La aclaración se hará 4/X, brota en la parte inferior de la copa.

A lo largo del período vegetativo es frecuente observar variaciones en la intensidad de crecimiento del tallo. El registro de estos fenómenos representa un problema que se resolverá en cada caso particular, especialmente y con respecto al número de guiones y a la ubicación de los mismos sobre el lado 2. En las plantas de larga vegetación es en las que más a menudo se presentan estos problemas: muchas veces la intensidad disminuye parcialmente antes de llegar a la plenitud, por lo cual el número de guiones no aumenta, pudiendo quedar estacionario o bien decrecer. El registro de la disminución de la intensidad hará decrecer los guiones de derecha a izquierda; si se registra un nuevo incremento vegetativo se aumenta el número de guiones hacia la derecha. Un ejemplo ilustrativo de un proceso podría ser el siguiente:



Al finalizar la actividad vegetativa anual, el crecimiento se detiene en todas las ramitas, tomando las yemas terminales aspecto de "descanso". Algunas especies tienen dos brotaciones y después de entrar en descanso en plena estación, recobran la actividad; este fenómeno se registra en la misma forma que al despertar la vegetación del descanso invernal.

Las hojas inician su actividad vegetativa simultáneamente con el tallo, de manera que el primer registro de tallo es válido para las hojas al mismo tiempo.

La apertura de las hojas se produce siempre un poco después. Casi todos los registros fenológicos incluyen "foliación", que en las especies de follaje caduco debe interpretarse como provisión de hojas al árbol que no las poseía hasta ese momento. En las especies de follaje persistente el proceso de foliación, aunque no tiene el mismo significado, se realiza en forma semejante.

La foliación, desde el punto de vista del registro, debe considerarse como la apertura de la primera hoja en cada yema que inicia su actividad. Es importante hacer esta aclaración porque las plantas continúan "foliando", es decir aumentando el número de hojas mientras prosigue el crecimiento del tallo.

Este proceso que suele desarrollarse rápida y fácilmente visible, no debe anotarse mediante símbolos, sino registrar la fecha de comienzo, plenitud y fin y, si se desea primeras y últimas, en las columnas correspondientes.

A lo largo del período vegetativo el aspecto del follaje, en cuanto a

las hojas que vegetan normalmente, no ofrece mayores variaciones, no presentando por lo tanto motivos de registro.

Al llegar el fin de cada período vegetativo, para especies de follaje caduco se produce el cambio de color en el follaje, distinto según la especie y a veces según la región: el color se transforma de verde en amarillo, rojizo o violáceo. En nuestras regiones la mayor parte de las especies tienden al color amarillo, en más altas latitudes tienden más bien al violáceo. Este fenómeno precede a la defoliación o caída del follaje, aunque en algunas oportunidades suele producirse la defoliación sin cambio previo del color.

El registro del cambio de color se hace por medio de guiones rectos sobre el lado 3 del rectángulo (lado derecho). Cuando algunas hojas inician aisladamente el cambio de color se anotan con puntos el comienzo del fenómeno; cuando las primeras hojas se ponen francamente amarillas o violáceas se registra por medio de un guión en la dirección del primer punto sin tocar el rectángulo. Se puede definir ese estado como cambio de color en algunas hojas aisladas.

El comienzo definido en el proceso de cambio de color del follaje se registra por una línea apoyada sobre el lado 3. El progreso del fenómeno es traducido por mayor número de guiones que se anotan de abajo hacia arriba hasta "plenitud", que se registra con cinco guiones. Este estado se define como: momento en que hay sobre el árbol la mayor cantidad de hojas amarillas. En adelante decrece la intensidad del amarilleo y el registro se realiza disminuyendo el número de guiones, que se reemplazan progresivamente por puntos, de abajo hacia arriba.

La dificultad principal que presenta el registro del cambio del color del follaje, para muchas especies en grandes regiones del centro y norte de nuestro país, consiste en la lentitud de su desarrollo. Se inicia con algunas hojas aisladas, cuyo número aumenta en lenta progresión, siendo difícil advertir la época en que el fenómeno comienza definitivamente. Cualquier cambio de color aún en pocas hojas debe ser anotado, por lo tanto, para asegurar el registro de la fase desde su comienzo.

En estos procesos lentos, la fase alcanza su "plenitud" mucho tiempo (aún algunos meses) después del comienzo, quedando poco follaje sobre el árbol, como consecuencia de su caída progresiva. Cuando se observa que el cambio de color afecta la masa del follaje se anotará plenitud por medio

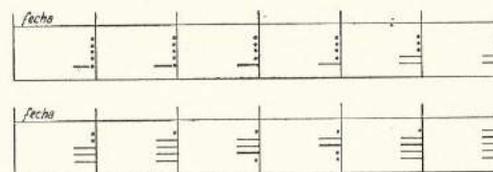
de los cinco guiones correspondientes,  aún en el caso de que el

follaje remanente sobre el árbol sea escaso, considerando que el desarrollo del fenómeno ha alcanzado su mayor intensidad.

El cambio de color que se produce aisladamente en las primeras hojas a que afecta, o en las últimas que quedan en el árbol, se registra por medio de un guión en el primer lugar o en el último respectivamente, frente al último o al primero de los cinco puntos que indican preparación o fenó-

meno cumplido, según el caso. 

Un proceso muy frecuente de amarilleo o cambio de color de follaje podría ser el siguiente:



Después de la caída de la mayor parte del follaje muchas veces se observa la persistencia de un grupo de hojas verdes, por mucho tiempo, en la extremidad de las ramitas. El cambio de color de estas hojas, fenómeno que suele producirse en pleno invierno bajo la influencia de las heladas, debe registrarse independientemente del que afecta el grueso del follaje, haciendo constar por escrito, como una observación extraordinaria, la aclaración correspondiente.

La época en que se produce la mayor intensidad del cambio de color del follaje es variable según la modalidad propia de cada especie. En las especies de follaje caduco originarias del hemisferio norte suele producirse durante el otoño o al empezar el invierno; en algunas especies subtropicales sudamericanas como *Tipuana tipu*, al finalizar el invierno.

Las especies de follaje persistente presentan por lo general el fenómeno de cambio de color del follaje como una fase bien definida, en forma semejante a las de follaje caduco. De acuerdo a las modalidades propias de cada especie, algunas se despojan cada año de las hojas del año anterior, casi simultáneamente con la nueva brotación; otras especies pierden cada año solamente la mitad o la tercera parte del follaje. El cambio de color y caída posterior de las hojas tiene características semejantes a las de follaje caduco, y el registro debe hacerse teniendo en cuenta las mismas normas. El registro de la máxima intensidad del fenómeno debe conducirse según las modalidades de cada especie, que nunca llega a afectar la totalidad del follaje.

Durante el período vegetativo se puede observar frecuentemente que se producen cambios de color seguidos de defoliaciones, que afectan solamente parte del follaje. Estos fenómenos deben ser cuidadosamente registrados porque pueden ser indicios de desequilibrios biológicos. Es frecuente atribuir estas caídas parciales de follaje a sequías, vientos, etc., y sólo un cuidadoso registro de la época en que se producen y las características que presentan, permitirá determinar su verdadero origen.

El cambio de color siempre va seguido de caída de follaje y, aunque ambos procesos no son obligatoriamente paralelos, las normas dadas para el registro de uno de ellos se pueden aplicar con poca variación al otro.

La caída de las hojas se registra con guiones verticales apoyados sobre el lado 4 (superior) del rectángulo, y el incremento en intensidad de izquierda a derecha. Siendo el cambio de color un fenómeno preparatorio a la caída del follaje, el registro de este último fenómeno se inicia directamente con guiones y no por medio de puntos.

La caída de las hojas puede presentar algunas particularidades dignas de registro. Muchas especies subtropicales de la flora autóctona argentina, al ser cultivadas en otras de clima templado, frecuentemente se defollian sin previo amarilleo, durante todo el proceso o sólo en parte del mismo; el registro de este fenómeno se hará como en cualquier caso de caída de hojas, pero en el lado 3 del rectángulo, correspondiente al ama-

rilleo, se pone (0), hasta que éste se inicie. 

En algunas especies de hojas compuestas, la caída comienza por los foliolos, desprendiéndose después los raquis secundarios y por fin los primarios: el registro debe hacerse en este caso como si se tratara de un proceso normal; se hará la aclaración correspondiente por escrito.

b) *Órganos reproductivos*: el proceso fenológico de floración a maduración del fruto, se inicia con la formación del botón floral lo cual puede ocurrir antes, simultáneamente o después de la iniciación del crecimiento del tallo. El registro de este fenómeno se hace por medio de puntos sobre el lado 1 progresivamente de abajo hacia arriba. El problema principal que se debe dilucidar es el de la relación que existe entre la cantidad y el tamaño de los botones florales, y debe resolverse considerando principalmente el tamaño, que indica la proximidad de la floración; la aparición de los primeros botones florales o pimpollos se debe anotar con un punto y su número aumenta cuando, habiendo aparecido una cantidad próxima a la normal de la especie, éstos aumentan en tamaño; el número de puntos llega a cinco cuando la floración está a punto de iniciarse.

La floración se registra por medio de guiones horizontales sobre el lado 1 (izquierda), aumentando la intensidad de abajo hacia arriba. Antes de iniciarse la fase en forma definida, se abren algunas flores aisladas cuyo registro se hace con un guión frente al primer punto:



del mismo modo se procede para registrar la presencia de las últimas flores que se abren aisladas después de la floración propiamente dicha. 

Las modalidades de la floración son muy variables según la especie: en algunas suele ser muy breve y dura apenas unos 15 días, como en el duraznero; en otras se prolonga durante muchos meses y en algunas, finalmente, se detiene sólo al llegar las heladas, tal es el caso en la *Lantana cámara*. La mayoría de las especies tiene una sola floración durante el período vegetativo, pero algunas florecen 2 ó 3 veces; las especies de una sola floración pueden, excepcionalmente, reflorcer.

La intensidad de la floración va en aumento hasta alcanzar la plenitud; después de un corto estadio de máxima intensidad desciende progresivamente hasta el fin, esto se observa principalmente en las especies de floración breve. En las de larga floración, la intensidad suele ser oscilante de acuerdo, por lo general, a las condiciones del ambiente. Cuando

la intensidad no es la máxima y no está al comienzo ni al fin de la floración, el registro debe hacerse con el número de guiones que corresponda, colocándolos en los lugares 2, 3 y 4. Algunas floraciones abarcan solamente una parte de la planta y deben ser registradas, en cuanto a intensidad, de acuerdo a las normas comunes, anotando con palabras, por separado, la característica especial que presenta el fenómeno. En las especies de larga floración es frecuente observar frutos inmaduros en varios estados y aun madurando, durante el desarrollo de la floración; al registrar el estado fenológico se debe tener en cuenta estas características mediante una letra (v) frente a los guiones que registran floración, en el

caso de fruto inmaduro  o guiones ondulados cuando se inicia

la maduración del fruto. 

Al terminar la floración debe anotarse cero (0) en el lugar correspondiente: este fenómeno debe ser siempre observado aun cuando se registrara sobre la misma línea 1 maduración de fruto, presencia de fruto inmaduro o maduro. De este modo se deja constancia de la presencia o ausencia de flores al realizar cualquier observación, con el fin de no dejar sin registro cualquier floración que se pudiera producir fuera del tiempo normal.

Entre el fin de floración y el comienzo de maduración, debe registrarse la presencia de fruto inmaduro con la letra (v) frente a la línea 1. Si se produce la caída de fruto inmaduro, fenómeno muy frecuente en algunas especies, como los citrus, se pondrá la letra (v) sobre la línea 1 y la intensidad de caída de fruto por medio de guiones ondulados sobre

el lado 4.  Si se observa la presencia de frutos inmaduros de

dos o más tamaños distintos que provienen de otras tantas floraciones se pondrá dos o más letras (v), tantas como tamaño de fruto hay: 

significa frutos inmaduros de dos tamaños distintos. La letra (v) usada para anotar fruto inmaduro es la inicial de "verde", término que se usa vulgarmente con ese fin.

Antes de iniciarse la maduración propiamente dicha, los frutos suelen cambiar de color, algunas veces mucho tiempo antes del comienzo de maduración: es lo que vulgarmente se denomina fruto "pintón". Este fenómeno se registra con guiones ondulados colocados horizontalmente sobre la línea 3.

Siendo el fenómeno indicado, preparatorio de la maduración, su progresión es siempre creciente, y cuando alcanza la máxima intensidad, que

se registra con cinco guiones  significa que está próxima la

maduración; al iniciarse esta última no hay razón, por lo general, para continuar con el registro de cambio de color en el fruto.

La maduración del fruto tiene características muy diversas según la especie; se manifiesta por cambio de color, ablandamiento, dehiscencia, caída, desecación, etc. Al registrar maduración del fruto, se tendrá en cuenta, por lo tanto, la modalidad fenológica de cada especie. Este registro se hace sobre el lado 1, con guiones ondulados colocados horizontalmente y el progreso de la fase de abajo hacia arriba; ejemplo:



significa maduración del fruto en el momento en que el fenómeno se desarrolla con la mayor intensidad.

Frecuentemente se presenta, como en los demás órganos, la maduración aislada de algunos frutos antes de iniciarse la fase propiamente tal o después de la terminación de la misma: el registro de tal fenómeno se hará con un punto y un guión ondulado, separado, frente a él, ej.:



frutos maduros aisladamente antes de la fase y



frutos

en las mismas condiciones después de ella.

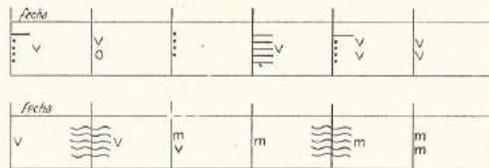
En el caso de producirse simultáneamente floración y maduración del fruto, se pondrán los signos de floración apoyados en el lado 1 y los de maduración frente a éstos hacia el centro del rectángulo; ej.:



indica plena floración y maduración inicial del fruto con 2 de intensidad.

En algunas especies se produce primero la maduración de la semilla y después la del fruto o viceversa; en tal caso se registrará cada fenómeno por separado, dejando constancia de las características especiales observadas, en la parte correspondiente a "observaciones".

Algunas de las diversas modalidades, que suele presentar la maduración del fruto, son las siguientes: 1º) breve y bien definida, ej.: duraznero; 2º) larga maduración del fruto proveniente de una larga floración, floración y maduración que se producen al mismo tiempo, ej.: *Lantana cámara*; 3º) dos floraciones con su fructificación y maduración en un mismo período vegetativo, ej.: *Jacarandá acutifolia*, cuyo registro podría ser en la siguiente forma:



4º) período de formación de fruto, mayor de un ciclo vegetativo, encontrándose sobre el árbol dos tamaños distintos de frutos inmaduros o bien uno inmaduro y otro maduro, ejemplo: Casuarina, cuyo registro

es muy semejante al anterior. La maduración del fruto podrá presentar muchas otras características, para cuyo registro podrán servir de material ilustrativo las instrucciones que anteceden y habrá que recurrir, además, al criterio técnico del observador.

Una vez maduro el fruto suele producirse su caída. Esta puede ser inmediata a la maduración y aun anterior a la completa maduración, o bien producirse después de algún tiempo variable según la especie o variedad. En algunas especies la permanencia del fruto sobre la planta es muy larga y aun se la podría considerar indefinida. El registro de caída de fruto se hace mediante el guión ondulado que se usa para fruto, apoyado sobre el lado 4 del rectángulo, verticalmente



La caída del fruto tiene importancia porque se la puede interpretar como una siembra natural, base para la reproducción y adaptación que conducen a la naturalización de las plantas. En algunas especies es preciso distinguir caída de semilla y caída de fruto, que debe ser considerada separadamente.

El registro de caída de fruto o de semilla es semejante al de caída de hojas aunque suele ser breve: se inicia en el lado izquierdo del lado 4, alcanza a 5 guiones ondulados cuando el fenómeno está en plenitud y disminuye hacia la derecha, llenando con puntos los espacios que van quedando libres.

REGISTROS DE CAMPO Y DE CÓMPUTOS POSTERIORES

Para facilitar el trabajo de campo se pueden usar cuadernos con tapa de cartón duro y encuadernación de alambre espiralado u otros procedimientos similares, que permiten abrir el cuaderno en 360º.

El rayado del registro consta de tres zonas principales: la primera destinada a la caracterización de los sujetos en observación con dos columnas, una para el número de orden y otra para la especie botánica que corresponde; la segunda donde figura la fecha en que se produjeron los momentos fenológicos más representativos y a utilizar con fines estadísticos; y la tercera por una serie de rectángulos destinados a la observación en forma sinóptica del estado fenológico integral. Las líneas de rectángulos abarcan parte de la página de la izquierda y toda una página a la derecha, debiendo haber por lo menos 52, número de las semanas de un año, en el espacio correspondiente a cada especie. A continuación de los rectángulos convendrá dejar siempre un espacio en blanco para observaciones no previstas o que se crea conveniente aclarar con palabras.

Con el fin de reunir en un solo cuerpo las observaciones correspondientes a varios años se puede usar una ficha con un rayado semejante al que se observa en el Cuadro I, igual al que se usa en el cuaderno de observaciones de campo. Esta disposición es muy ventajosa cuando se quiere analizar detalladamente el proceso fenológico de un período comparado con otros.

CUADRO I.—Ejemplo de proceso registrado en *Aesculus Hippocastanum*.
Año 1946-47. Jardín Botánico de Buenos Aires.

Fecha	Floración	Brotación	Maduración del Fruto	Cambio de color del follaje	Caída del follejo	Caída del fruto
D E S C A N S O						
12-IX-46	Inactividad	Hinch. venas foliares	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
14-IX-46	Inactividad	Brotos aislad.	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
16-IX-46	Inactividad	Comienzo	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
18-IX-46	Primeros pimpollos	Próxima plenitud	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
23-IX-46	Botones por florecer	Plenitud	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
2-X-46	Comienzo	Decrece	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
9-X-46	Proxim. a la plenitud	Fin	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
15-X-46	Plenitud	Inactividad	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
23-X-46	Plenitud	Inactividad	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
29-X-46	Decrece intensidad	Inactividad	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
6-XI-46	Fin	Inactividad	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
10-IX-46	Aisladas	Inactividad	No se produjo	No se produjo	No se produjo	No se produjo
13-XI-46	Inactividad	Inactividad	Frutos inmaduros	No se produjo	No se produjo	No se produjo
15-II-47	Inactividad	Inactividad	Frutos inmaduros	Algunas hojas	Algunas hojas	No se produjo
25-II-47	Inactividad	Inactividad	Frutos aislados	Aumenta	Aumenta	No se produjo
1-III-47	Inactividad	Inactividad	Comienzo	Aumenta	Continúa	Comienza
7-III-47	Inactividad	Inactividad	Plenitud	Continúa	Continúa	Plenitud
11-III-47	Inactividad	Inactividad	Próximo al fin	Continúa	Continúa	Plenitud
14-III-47	Inactividad	Inactividad	Fin	Continúa	Continúa	Fin de la fase
18-III-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Continúa	Continúa	Frutos aislad.
17-IV-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Detención	Detención	No se produjo
28-IV-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Reinicia	Reinicia	No se produjo
7-V-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Aumenta	Poca intensid.	No se produjo
16-V-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Plenitud	Intensa	No se produjo
4-VI-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Plenitud	Plena	No se produjo
9-VI-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Decrece	Próximo fin	No se produjo
4-VI-47	Inactividad	Inactividad	Inactividad	Fin	Fin	No se produjo
D E S C A N S O						

Las observaciones tomadas por medio del registro integral deben ser traducidas con el fin de fijar las fechas de los momentos fenológicos utilizables con fines estadísticos. Con ese objeto y con la finalidad de reunir las observaciones de varios años para promediarlas, se puede utilizar un rayado que tiene para cada momento fenológico dos columnas, una para la fecha en que se produjo el fenómeno (día y mes) y otra para el número que corresponde a esa fecha a partir del 1º de enero. Con fines prácticos se usa una sola ficha, que en el anverso lleva un rayado igual al del Cuadro I y en el reverso como el ya descrito, lo que permite reunir el proceso fenológico de varios años con todas sus características y la posibilidad de computar esos datos en una ficha muy manuable.

COLABORACIÓN RECIBIDA

Al aplicar el método de observaciones que se describe, hemos recibido inteligentes sugerencias de parte de nuestros colaboradores Guillermo H. Regueyra, Felipe Chiofalo, Francisco N. Rodríguez y Julio A. Cattaneo. Al realizar cálculos nos ha prestado, asimismo, su colaboración muy eficaz y sugerido modificaciones a los formatos de planillas la Sra. Avilina Ares de Lacava.

Las críticas y consejos técnicos recibidos de parte de nuestros colegas Juan J. Burgos, Julio C. Burgos y Antonio J. Pascale y las correcciones al original sugeridas por el profesor de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía de la ciudad Eva Perón, Ing. Agr. Armando L. De Fina, han permitido perfeccionar el método de observaciones en un grado que nos resulta satisfactorio y nos permite proponerlo a la consideración de nuestros colegas.

Expresamos nuestro agradecimiento a los nombrados por la colaboración recibida.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ABBE, C. 1905.—A first report of the relations between climates and crops. *U. S. Dept. of Agr. Weather Bureau Bull.* 36.
2. ANGOT, A. 1931.—Instructions Météorologiques, 7ª ed. (Paris).
3. AZZI, G. 1938.—Trattato di Ecologia Agraria (Turín).
4. BAILEY, L. H. 1896.—Instructions for taking phenological observations *Mo. Weath. Rev.* XXIV (9): 328-331 - Washington D. C.
5. DE FINA, A. L. y E. C. CLOS. 1941.—Comportamiento fenológico de las plantas perennes cultivadas en la región de la ciudad de Buenos Aires. Observaciones del año 1940. *Darwiniana*, 5: 279-398.
6. FONTSERE, E. y M. CAMPANY. 1936.—Primers Resultats de Conjunt de les Observacions Fenològiques a Catalunya. Servei Meteorològic de Catalunya. *Notes D'Estad.* 63 (Barcelona).
7. ILLICHEWSKY, J. 1932.—Sobre los métodos de las observaciones fenológicas. (Trans. Title). *Acta Phaenologica*, 1 (1932): 117.
8. INSTITUT METEOROLOGIQUE DE POLOGNE. 1937.—Résultats des Observations Phénologiques Exécutées en Pologne pendant L'Année 1932.
9. LAMB, G. N. 1915.—A calendar of the leafing, flowering, and seeding of the common trees of the eastern United States. *Mo Weath. Rev. Supl.* 2: 5-19. Washington. 1915.

10. PHENOLOGICKA ROČENKA ČESKOSLOVENSKÁ. — *Bulletin des Instituts des Recherches Agronomiques de la République Tchécoslovaque*. Cis 67, n° Práze. 1935.
11. ROSENKRANZ, F. 1951. — Grundzüge der Phänologie mit besonderer Berücksichtigung von Österreich. Die periodischen Erscheinungen in der belebten Natur, ihre Darstellung, Erklärung und Bedeutung für Wissenschaft und Praxis. Wien, Verlag Georg. Fromme & Co. 12 figs. y mapas. 69 pp.
12. SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. — Servicio de Fenología. Registro Fenológico para uso de los observadores ad-honorem. Buenos Aires.
13. SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. — Servicio de Fenología. Registro Fito-fenológico para uso de las Est. Agrometeorológicas. Bs. As.
14. SMITH, J. W. 1915. — Phenological dates and meteorological data recorded by Thomas Mikesell between 1873 and 1912 at Wauseon, Ohio. *Month. Weather Rev.* Supp. 2: 23-93.
15. THE PHENOLOGICAL REPORT. — *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* (Publicación anual).

551.586 : 633.1

COMPORTAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE ALGUNOS TRIGOS ARGENTINOS

Por ANTONIO JUAN PASCALE¹

Resumen. — Con los datos fenológicos obtenidos en 32 variedades de trigo, sembradas en forma continuada entre marzo y octubre de los años 1950 y 1951 en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar, se caracterizó la reacción de las referidas variedades ante las distintas longitudes lumínicas diarias. Como los años del ensayo fueron de distinta característica térmica, sirvieron también para mostrar las exigencias varietales en el termoestadio. En definitiva, se reúnen a las variedades de trigo, que se siembran en la región cerealera argentina, en tres grupos que reaccionan a distintas condiciones térmicas y a distintos fotoperíodos en el termo y en el fotoestadio, respectivamente.

Summary. — Through phenological data obtained from 32 wheat varieties sown continuously between march and october 1950 and 1951, at the "Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar", the behaviour of the reported varieties at different light lengths daily was determined. Owing to different characteristic of the 2-year test, these varieties were also suitable to show the varietal requirements in thermostadium. In conclusion, the wheat varieties cropped in the argentine cereal region made 3 groups, which answer to the different thermic conditions and to different photoperiods in the thermo and in the photostadium, respectively.

INTRODUCCION

En un trabajo inédito, PASCALE (1951), en el que se analiza el comportamiento de los trigos argentinos ante diferentes condiciones de cumplimiento del termo-estadio, se dice que en la fase de espigazón, forzosamente no se encontrarán adelantos en las plantas vernalizadas con respecto a las testigos, pues este momento del desarrollo del trigo está regido no sólo por el factor temperatura, sino también por la longitud del día, que en muchos casos es limitante para la expresión de la fase. Por este motivo, es que en el presente estudio se pretende caracterizar la reacción de los trigos argentinos, actualmente en cultivo, con respecto a la duración del día, a fin de completar el análisis antedicho y como contribución a la bioclimatología de las variedades de trigo que se siembran en el país.

Es evidente que el tema tiene importancia, con sólo considerar que las diferentes regiones trigueras del mundo gozan de una duración del día, durante el ciclo vegetativo del trigo, que puede variar entre límites muy amplios, y que lógicamente las variedades en cultivo en cada lugar están aclimatadas a ese determinado fotoperíodo. Como la región triguera argentina tiene en este aspecto una diferencia muy marcada en relación a regiones similares del hemisferio norte, una de las causas del

¹Ingeniero Agrónomo, Jefe de la División Control Funcional de Estaciones Agrometeorológicas del Departamento de Agrometeorología, del Servicio Meteorológico Nacional.

fracaso en la introducción de variedades extranjeras debe buscarse en la incidencia de un fotoperíodo inadecuado. Este es también un elemento de juicio importante a tener en cuenta al efectuar cruzamientos con variedades provenientes de lugares con longitudes del día distintas a las nuestras, pues imprimen a la descendencia la reacción característica de cada una.

Por otra parte, la reacción fotoperiódica de una determinada variedad es una importante exigencia a considerar para la determinación de la fecha adecuada de siembra, a fin de que la espigazón coincida con el fotoperíodo óptimo.

En síntesis, si bien las temperaturas que soporta el trigo durante el termoestadio son importantes para satisfacer las exigencias en frío de una determinada variedad, la duración del día durante el fotoestadio no lo es menos, pues por sí sola puede anular la etapa anterior del ciclo evolutivo.

Es claro también, que en tanto las condiciones del cumplimiento del termoestadio pueden variar anualmente con un invierno más o menos frío, las características fotoperiódicas de la región permanecen inmutables, y sólo puede modificarse algo el cumplimiento del fotoestadio por la temperatura de primavera. Por este motivo, regulando adecuadamente la fecha de siembra, es fácil hacer coincidir la espigazón con el fotoperíodo adecuado para las variedades de comportamiento bioclimático conocido.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Luego de la genial interpretación que hicieron GARNER y ALLARD (1920), sobre el verdadero significado de la longitud del día en el desarrollo de los vegetales, gran cantidad de investigadores trataron de encuadrar, dentro de los grupos en que los mencionados autores habían dividido a las plantas, a las especies cultivadas y espontáneas. El género *Triticum*, por su importancia económica, por la facilidad de cultivo y por la evidente exteriorización de la reacción ante las distintas longitudes lumínicas, fué prontamente caracterizado.

Si bien la bibliografía es extensa, en lo que respecta a la reacción de los trigos, ya sea invernales o primaverales, al aumento o a la disminución del día, se ha discriminado muy poco respecto a la exigencia de una determinada variedad, que es el problema que nos hemos propuesto. Todos los trabajos están de acuerdo en afirmar que con días largos, y aún con iluminación continua en trigos que han satisfecho su termoestadio, el desarrollo de todas las variedades se acelera respecto a las mismas sometidas a fotoperíodos cortos. Sin embargo, de las consideraciones generales de cada trabajo, se puede entresacar algún comportamiento particular respecto a las exigencias fotoperiódicas varietales.

Así, del trabajo de HURD-KARRER (1933), se puede extraer la conclusión de que la variedad *Hard Federation* puede espigar con cualquier longitud del día y con cualquier temperatura. En cambio, *Turkey* necesita días largos en la espigazón y bajas temperaturas en el período vegetativo previo, para poder cumplir el termoestadio. Este mismo autor menciona que WANSER (1922) establece la existencia de una longitud

lumínica crítica, para el pasaje de la fase vegetativa a la reproductiva en los trigos invernales, afirmación que pudo comprobarse perfectamente en nuestro estudio.

Con método de siembras continuadas, BAYLES y MARTÍN (1931), encontraron hasta qué fecha pueden sembrarse variedades invernales de trigo sin llegar a disminuir apreciablemente los rendimientos. En nuestro trabajo estudiamos un grupo de variedades que tienen elasticidad en la fecha de siembra, debido a su tolerancia a los días largos, y que son similares a las encontradas por Bayles y Martín como las que pueden sembrarse más tardíamente sin modificar mucho su rendimiento.

Muy importante es el estudio de MCKINNEY y SANDO (1933), pues trabajando con muchas variedades de trigo norteamericanas llegaron a caracterizar las exigencias de cada una, en los aspectos de temperatura y longitud del día en el termo y el fotoestadio, constatando que, dentro de ciertos límites, la temperatura y la longitud del fotoperíodo diario se compensan en su influencia sobre la precocidad, conclusión ésta de gran importancia para los estudios bioclimáticos en trigo.

En realidad, los trabajos que más se relacionan con nuestro estudio son los que analizan variedades que se siembran en nuestro país o los llevados a cabo en lugares con caracteres climáticos semejantes a los nuestros. Mencionaremos primeramente un estudio de RISSO PATRÓN (1948), quien en el Departamento de Patología Vegetal de Wisconsin comparó las variedades Lin Calel y 38 M. A. con la norteamericana *Harvest Queen*, llegando a la conclusión que Lin Calel puede espigar en condiciones de días más largos que 38 M. A., por lo que puede desarrollar, aunque pobremente, sembrada en primavera en Madison (EE. UU.), en tanto que 38 M. A. queda al estado vegetativo. Hay que tener en cuenta que la longitud del día en la primavera de Madison es mayor que la de nuestra región triguera, en la misma época.

En una serie de trabajos de BOERGER (1937), se analiza la importancia de las variedades que toleran un fotoperíodo amplio, al que se ven expuestos los trigos cuando se realizan siembras tardías, porque las condiciones invernales fueron inadecuadas, por ejemplo: inviernos muy lluviosos. A este respecto se destacan los trigos Artigas, Larrañaga, Acd 11, Centenario y Porvenir, llegando a conclusiones semejantes BECKMAN (1937), con los trigos *Fronteira* y *Centenario*, en el sur del Brasil.

BECKMAN (1936) cita las variedades *Florence* y *Mentana* como trigos que en cualquier parte del mundo son conocidos como muy precoces y espigan casi siempre en un mismo número de días, cualquiera sea la fecha de siembra. Esto demuestra evidentemente que son variedades indiferentes al fotoperíodo y sin exigencias en frío.

CANEL (1938), comprobó que la variedad *Blackhull* exige días largos para espigar y frío en el termoestadio. En cambio, 38 M. A. requiere días cortos y frío en los primeros estados de crecimiento, pero no tanto como *Blackhull*. La variedad Larrañaga se comporta indiferente a las temperaturas y al fotoestadio, espigando en todas las condiciones, aunque con días largos acorta su ciclo.

En el trabajo de CANEL y CONDE JAHN (1945) se encontró que las variedades *Riatti*, *Blackhull*, Klein 157 y Lin Calel requieren foto-

períodos largos, aunque tienen distintas exigencias en el termoestadio, pues las dos primeras, al contrario de las dos últimas, necesitan frío en la parte del ciclo vegetativo previo a la espigazón.

Las variedades 38 M. A., Litoral y Sinvalocho M. A., pueden espigar con días cortos, pero tienen distintas exigencias en frío que disminuyen de 38 M. A. a Sinvalocho M. A., siendo esta última casi fotoperiódicamente indiferente.

Finalmente, se debe mencionar el estudio realizado por CLAVER y SIVORI (1950), donde claramente se demuestra que las variedades Lin Calel y *Kanhard* son muy exigentes en días largos, en tanto que Klein 31 alarga su período vegetativo con fotoperíodos amplios. Estas consideraciones son independientes de sus exigencias en frío, pues a este respecto *Kanhard* es la más exigente y Lin Calel no necesita frío para desarrollar.

METODO DE TRABAJO Y CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LOS AÑOS DEL ENSAYO

Los datos utilizados en este estudio se obtuvieron de un ensayo de siembras continuadas con trigo, que se lleva a cabo en la red de estaciones agrometeorológicas del Servicio Meteorológico Nacional. Se emplean solamente las observaciones fenológicas que se registraron en el Observatorio Agrometeorológico Principal de Castelar, tomadas personalmente por el autor durante los años 1950 y 1951.

El material utilizado consistió en las siembras continuadas de 32 variedades de trigo, muchas de las cuales el Ministerio de Agricultura y Ganadería aconseja para la siembra en las distintas regiones del país, mientras que algunas se encontraban en vías de experimentación en la Red de Ensayos Territoriales de la referida Repartición.

Las siembras se efectuaron durante los años 1950 y 1951 cada 15 días, aproximadamente el 1º y el 15 de cada mes, desde marzo hasta comienzos de octubre, con lo que se abarcó con amplitud el período de siembras en el país, que va desde mayo a agosto en las distintas regiones y para las distintas variedades, PASCALE (1952).

Cada variedad se sembró en una parcela de 5 surcos distanciados a 20 cm y de una longitud de 2 m cada uno. Cada tablón del ensayo representaba la siembra de una época con las 32 variedades en parcelas apareadas. Caminos de 1 m separaron los 15 tablones en que sembraron otras tantas épocas.

Las labores culturales previas y posteriores a cada siembra fueron las normales para este tipo de ensayo con cereales, y las observaciones fenológicas se tomaron de dos a tres veces por semana durante todo el ciclo vegetativo de las distintas variedades, con especial referencia al nacimiento, aparición del primordio floral y espigazón: las fases que interesan en este estudio.

Al anotar el comienzo de fase, que son los valores consignados en el trabajo, se ha tenido en cuenta el criterio de LEDESMA (1949), que consiste en la anotación de la fecha en que aparecen los primeros órganos en las plantas, y que luego se suceden con otros sin interrupción y en aumento.

En el trabajo se comparan las variaciones de las fases de aparición del primordio floral y espigazón de cada variedad en los dos años y para cada fecha de siembra, que fueron idénticas o con diferencias de hasta cinco días como máximo, para los años 1950 y 1951. Esto indicaría que si el desarrollo climático en los dos años fué distinto, también lo habrá sido el proceso fásico de las distintas variedades, si es que reaccionan al complejo ambiental que determinan las características climáticas de la región donde se efectuaron las siembras. Como las características térmicas de los inviernos de los años 1950 y 1951, fueron distintas, el cumplimiento del termoestadio de cada una de las variedades no fué el mismo, por lo que podemos efectuar comparaciones con relación al comportamiento frente a la longitud del día, idéntica para los dos años.

Nos interesan las temperaturas que se produjeron en el invierno y especialmente las bajas temperaturas, pues son éstas las que determinan el cumplimiento del termoestadio en aquellas variedades que exigen frío para esta etapa previa a la espigazón. En la figura Nº 1, donde se utilizaron los valores del cuadro I, se muestra el número de horas con temperaturas inferiores a 10°C e inferiores a 4°C, que tuvieron los distintos meses de los años 1950 y 1951. Se tomaron los niveles de 10 y 4°C, por ser éstas las temperaturas que según LISENKO (1946), tienen efectos vernalizantes en las variedades poco exigentes y exigentes en frío.

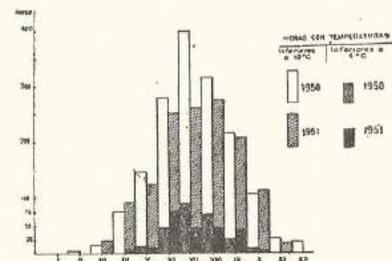


FIG. 1.—Horas de frío registradas en el Observatorio Agrometeorológico Principal Castelar durante los años 1950 y 1951.

Se puede apreciar que mientras en 1950 el número de horas de frío debajo de 10°C sigue una curva normal con un máximo en el mes de julio, durante el año 1951 se presentó un invierno más cálido, pues el punto más alto de la curva corresponde al mes de agosto, pero con valor casi idéntico al número de horas de junio y julio e inferior, en los tres meses, a los correspondientes de 1950. En síntesis, el invierno de 1950 tuvo más horas de frío debajo de 10°C que el invierno de 1951.

Referente a las horas con temperaturas inferiores a 4°C, el número total es también algo inferior en el año 1951, y con distribución anormal, pues tiene un máximo muy pronunciado en junio.

Si observamos el cuadro I se puede comprobar que las temperaturas mínimas medias invernales son más elevadas para el año 1951, lo que también es válido para las máximas medias y las medias mensuales.

CUADRO I. — Temperaturas registradas y número de horas con temperaturas inferiores a 10° y 4° C, durante los años 1950 y 1951, en el Observatorio Agronómico Principal de Castelar

Meses	Año 1950				Año 1951					
	Temperatura media	Temperatura máxima media	Temperatura mínima media	Horas		Temperatura media	Temperatura máxima media	Temperatura mínima media	Horas	
				inf. 10° C	inf. 4° C				inf. 10° C	inf. 4° C
Enero	25.0	30.8	15.5	—	—	22.1	29.4	14.8	—	—
Febrero	25.2	29.6	16.9	5	—	18.8	25.8	11.9	—	—
Marzo	20.4	26.2	14.6	17	—	18.4	26.5	10.5	25	—
Abril	17.4	22.7	12.0	76	—	14.8	21.5	8.0	95	6
Mayo	14.7	19.1	10.3	149	14	14.8	19.8	9.8	124	8
Junio	10.4	15.5	5.6	281	46	12.9	18.0	7.8	255	76
Julio	8.6	14.8	2.4	400	90	12.4	18.5	6.2	261	46
Agosto	11.1	18.2	4.0	316	67	10.5	18.2	6.8	278	47
Setiembre	11.6	16.4	6.8	218	26	15.0	19.2	6.7	210	42
Octubre	14.4	20.4	8.5	106	9	14.8	21.6	9.0	110	7
Noviembre	17.4	24.5	10.5	—	—	18.9	25.5	12.5	—	—
Diciembre	20.2	27.1	13.2	—	—	20.8	28.0	15.6	—	—
Año	16.0	22.1	10.0	1567	252	16.0	21.8	9.6	1554	252

Esta es una nueva comprobación del valor relativo que tiene, en el análisis de la reacción de los vegetales a la temperatura, el valor de la temperatura media anual. En nuestro caso, en los años en estudio se registró el mismo valor, 16,0°C, aunque las temperaturas estacionales fueron distintas, como analizamos anteriormente.

Las precipitaciones fueron más normales durante 1950, pues en 1951 comenzó a insinuarse una sequía que se prolongó hasta tomar características de intensa, en la primavera y verano siguientes.

Resumiendo, las temperaturas del año 1951, durante el período de siembras continuadas de nuestro ensayo, fueron más elevadas que las correspondientes del año 1950, especialmente en los meses invernales, lo que nos interesa a los fines del cumplimiento del termoestadio de las variedades en estudio.

REACCION FOTOPERIODICA DE LOS TRIGOS ESTUDIADOS

Los estudios de MCKINNEY y SANDO (1933) y PURVIS (1934), concretaron las exigencias en temperatura y en duración del día en el desarrollo de los trigos invernales y primaverales. Así, los trigos invernales necesitan pasar por un período de bajas temperaturas y fotoperíodos cortos para entrar luego al período reproductivo con fotoperíodos amplios y temperaturas altas. Sin el pasaje por las primeras condiciones, estos trigos no pueden desarrollar, y sembrados en primavera permanecen en estado de pasto. En cambio, los trigos primaverales sembrados directamente en condiciones de altas temperaturas y larga duración del día, espigan rápidamente, es decir, no necesitan de una primera etapa de bajas temperaturas y días cortos. Al mismo tiempo, se demostró que si las distintas variedades de trigo han cumplido el termoestadio, los días largos siempre favorecen el pasaje a la etapa reproductiva, exteriorizada por la espigazón, es decir, se acorta el período vegetativo, sucediendo lo contrario, cuando se acorta la duración del día.

Estas consideraciones, se cumplen perfectamente en los ambientes donde fueron efectuadas las experiencias mencionadas anteriormente, que tienen una características particular, derivada de las condiciones climáticas propias del hemisferio norte, con inviernos mucho más fríos y definidos que los nuestros, acompañados de una primavera con fotoperíodos más largos, pues las temperaturas altas sólo se alcanzan bien entrada la estación. Además, las regiones trigueras típicas se encuentran a una latitud más alta que nuestra región pampeana.

En cambio, los trigos que se siembran en la Argentina se desarrollan perfectamente en la región pampeana que tiene la característica de invierno suaves, no encontrándose variedades muy exigentes en frío, como tampoco aquéllas que espigan sólo con días largos sin disponer previamente de bajas temperaturas, por lo que se pueden clasificar a nuestras variedades como poco invernales con tendencia a primaverales, PASCALE (1951) y (1952).

Las características de clima y suelo de Castelar, lugar donde se realizaron las experiencias, pueden representar muy bien las condiciones medias de la región dedicada a la siembra de cereales, pues allí desarrollan todas las variedades con sólo variar adecuadamente las fechas de

siembra. Por este motivo, las conclusiones varietales que se obtengan en lo que se refiere a la reacción fotoperiódica pueden aplicarse a las distintas subregiones del mapa de siembras, que publica el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por intermedio de la Red de Ensayos Territoriales, teniendo en cuenta las características de frío invernal y longitud del día de la primavera en cada una de ellas.

VARIEDADES QUE ESPIGAN CON DIAS LARGOS

En las figuras N° 2 (A) y 3 se muestra el comportamiento de estas variedades en lo referente a la aparición del "primordio floral" y a la fecha de espigazón, respectivamente, en algunas variedades típicas,

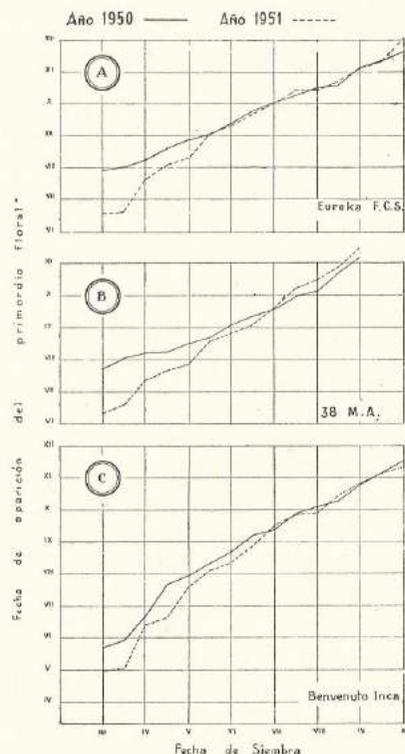


FIG. 2. — Aparición del primordio floral en relación a la fecha de siembra. A) en variedades que reaccionan a los días largos; B) en variedades que necesitan días relativamente cortos; C) en variedades de indiferencia fotoperiódica.

para las distintas épocas de siembra. Estas variedades requieren fotoperíodos largos para desarrollar, pues efectuando siembras tempranas, por ejemplo en marzo, la espigazón se produce en primavera cuando los días son decididamente largos. Lo interesante en este caso es que no se pro-

duce la espigazón en las distintas siembras hasta tanto no dispongan de la longitud del día adecuada para la expresión de la fase, no influyendo, prácticamente, las condiciones del invierno precedente en el cumplimiento del fotoestadio. Por este motivo, en presencia de dos años térmicamente distintos, la fecha de espigazón fué sensiblemente igual para cada fecha de siembra, y en la figura N° 3 las curvas de espigazón se superponen.

Respecto a la aparición del primordio floral, PASCALE (1951), se nota que durante el año más caliente, hasta la siembra de mediados de mayo, el primordio floral aparece con anticipación, esto quiere decir que la variedad, en este caso, Eureka F. C. S. que se tomó como típica, encaña más precozmente. Después de la referida siembra, como el ciclo evolutivo coincide con los días más cortos del año, el encañamiento no es acelerado por las temperaturas más elevadas del año 1951, y la aparición del primordio floral coincide prácticamente en los dos años a partir de comienzos de setiembre.

La falta de tolerancia a los fotoperíodos cortos de Eureka F. C. S. queda más marcada aún en el caso de la espigazón, de donde se puede afirmar la necesidad de un umbral lumínico, al extremo que siembras tardías de esta variedad se transforman en precoz por la aceleración que produce en su ciclo vegetativo la incidencia de fotoperíodos largos. A este respecto se tuvo un ejemplo palpable en las siembras continuadas realizadas en la Estación Agrometeorológica de Guatraché, PASCALE (1950), donde se puso de manifiesto la diferente exigencia fotoperiódica de Eureka F. C. S. y Klein Exito, que fueron dos de las variedades del ensayo. Cuando las siembras se efectuaron en épocas normales para cada una de las dos variedades, Klein Exito se comportó decididamente más precoz que Eureka F. C. S. Pero a medida que se atrasaron las siembras, con las espigazones de noviembre en adelante, Eureka F. C. S. acortó la diferencia en días para comenzar a espigar, y en siembras muy tardías fué más precoz que Klein Exito. Esto fué posible, evidentemente, por la mayor tolerancia de Eureka F. C. S. a los días largos de fin de primavera, en relación a Klein Exito.

Otra variedad de comportamiento similar a Eureka F. C. S. es Lin Calel, CLAVER y SIVORI (1950), que tampoco tiene exigencia en frío y sólo requiere días largos en el fotoestadio. Estas variedades parecen imprimir su característica a los trigos que originan por cruzamiento. Así, Babiense F. C. S. (*Sinmarq* × Eureka F. C. S.), Buck Quequén (General Urquiza × Lin Calel), Klein 157 (*Hope* × Lin Calel), reaccionan con los fotoperíodos largos acelerando el pasaje a la faz reproductiva. Sin embargo, esto no es rigurosamente exacto en todos los casos, pues, como veremos más adelante en otros ejemplos, entra en el material genético de la nueva variedad la reacción característica al fotoperíodo de la otra rama parental, que en muchos casos aumenta y en otros disminuye las exigencias fotoperiódicas originarias.

Analizando la figura N° 3, en la que se dispusieron los comportamientos de algunas variedades que necesitan días decididamente largos para espigar, se puede comprobar que salvo Eureka F. C. S. y Klein Aniversario, cuyas curvas son prácticamente idénticas para los dos años, las restantes, si bien responden al tipo general, van insinuando una

diferencia en las curvas, debido a las diferentes exigencias en frío de las mismas. Por ejemplo, Bahiense F. C. S. presenta, durante el año 1951, un atraso en la espigazón de las siembras hasta mediados de abril. Luego, y hasta las siembras de mediados de agosto, las fechas de espigazón son similares para los dos años, mientras que en las últimas épocas se nota un acentuado atraso para el año caliente. La explicación es sencilla: en las primeras siembras del año 1951, Bahiense

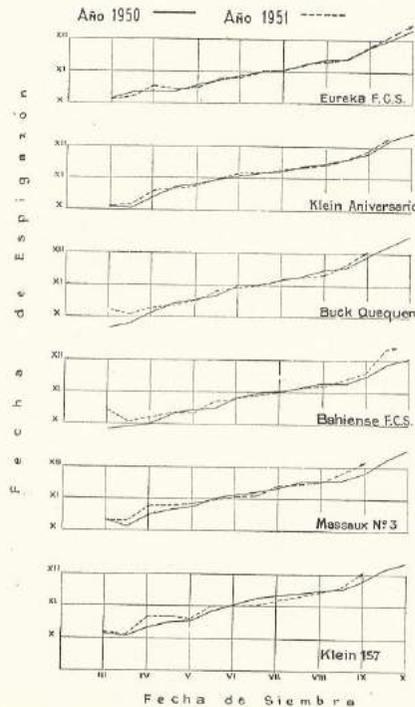


FIG. 5. — Espigazón de variedades que reaccionan a los días largos y tienen relativa exigencia en frío.

F. C. S. dispuso de temperaturas lo suficientemente elevadas como para encañar prematuramente, y es cosa ya comprobada, PASCALE (1950), que la aparición del primordio floral en forma muy anticipada produce posteriormente atrasos en la espigazón, en relación a plantas que no paralizan el crecimiento del primordio floral, como acontece con las siembras otoñales que consiguen encañar. Las siembras invernales de Bahiense F. C. S., en nuestro ejemplo, satisfacen perfectamente su relativa exigencia en frío durante los meses invernales del año caliente 1951, lo que determina fechas de espigazón análogas a las de 1950. Pero, en las últimas siembras, las temperaturas más elevadas del año 1951 no llegan a satisfacer las exigencias del termostadio de Bahiense F. C. S., produciéndose un pronunciado atraso en la espigazón.

Esto último se hace más marcado aún en variedades como Buck Quequén, Massaux N° 3 y Klein 157, que en las últimas siembras no consiguen espigar. Sus relativas exigencias en frío no alcanzan a ser satisfechas en el año más caliente de los dos del ensayo.

En síntesis, las variedades estudiadas que aceleran su desarrollo con los fotoperíodos amplios, son las siguientes: Eureka F. C. S., Klein Aniversario, Buck Quequén, Bahiense F. C. S., Klein Orgullo, Klein 157, Massaux N° 3, Buck Sarmiento, Sureño M. A., Guatraché Puelén M. A. G., Buck La Dulce, Klein Amalia Klein y Candéal sel. La Previsión. La exigencia común de todas estas variedades es la de días largos para espigar, pero algunas llegan a cumplir el fotoestadio siempre que dispongan de frío suficiente durante la primera etapa del crecimiento, o sea el termostadio. A este respecto, las variedades Buck Tandil y General Roca M. A. G., parecieron comportarse como las más exigentes en frío, además de la necesidad en días largos.

El comportamiento bioclimático de estas variedades que espigan con días decididamente largos, determina una marcada plasticidad en la época de siembra, con las ventajas que ello reporta en un país de condiciones climáticas invernales tan variables como el nuestro, pues puede atrasarse su fecha de siembra hasta conseguir condiciones ideales para la misma.

VARIETADES QUE ESPIGAN CON DIAS RELATIVAMENTE CORTOS

Las variedades incluidas en este grupo, tienen el particular comportamiento de no desarrollar cuando la longitud luminica diaria pasa de cierto límite, aunque el material utilizado haya cumplido su termostadio.

En la figura N° 2 (B) se observa la curva de aparición del primordio floral de 38 M. A., variedad típica de este grupo. Durante el año 1951, y mientras el crecimiento se producía con los días cortos, el primordio floral apareció antes que en el año 1950 que fué más frío. Pero a partir de las siembras de julio, la aparición del primordio floral se atrasa, pues las plantas no pueden cumplir el termostadio en el número de días que lo hicieron en el año 1950, cuyo invierno les permitió satisfacer sus exigencias en frío más rápidamente.

Esto mismo se vuelve a repetir en la figura N° 4, donde las cuatro variedades incluidas muestran cómo a partir de las siembras de julio se atrasan las espigaciones para el año 1951, pues las plantas tardan más tiempo en satisfacer su termostadio, y en las variedades Klein Alberti, Klein Cometa y Klein 32, las últimas siembras no consiguen espigar.

Estas variedades parecen no poder espigar con fotoperíodos decrecientes, pero tan pronto empiezan a aumentar los días en agosto la fase se puede producir, aunque la precocidad más marcada se consigue con las siembras de fines de mayo y junio, que espigan los primeros días de octubre, cuando la duración del día es de aproximadamente 13 hs 30'. Este grupo de variedades parece responder al que ALLARD (1938) designó como intermedio y que florece con fotoperíodo de 12-14 horas. Las variedades del grupo anterior, que espigan con días largos, tienen su fotoperíodo óptimo en los primeros días de noviembre con 14 hs 30', mientras que ésta es la longitud del día a partir de la cual

comienzan a declinar las espigazones de las variedades del segundo grupo.

Las variedades que estamos tratando son consideradas como primaverales, concepto que estimamos erróneo, pues no reúnen las características bioclimáticas de las variedades así clasificadas, es decir, poder espigar con días largos y sin pasar por un primer período de bajas temperaturas. Al contrario, estas variedades no pueden espigar con días decididamente largos, y siempre deben satisfacer un termostadio de bajas temperaturas, tanto que 38 M. A. es la variedad que en nuestros ensayos, PASCALE (1951), se ha mostrado como la más exigente en frío.

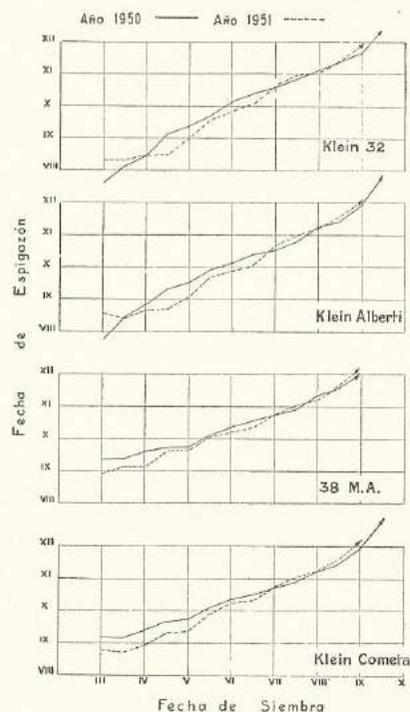


FIG. 4. — Espigazón de variedades que exigen días relativamente cortos y cierto número de horas de frío en el termostadio.

Lo correcto es clasificarlas como variedades precoces, pues cuando se las siembra en la época oportuna, de manera que puedan cumplir las exigencias del termostadio y puedan espigar cuando los días de primavera no son tan largos, sus comportamientos son semejantes a los de las variedades más precoces.

Esta característica, de requerir condiciones climáticas particulares, determina que sean variedades de fecha de siembra poco elástica. Al contrario, para cada localidad la época de siembra no puede alejarse mucho

de la normal, y especialmente no puede hacerse más tardía, pues se corre el peligro de que las plantas no espiguen.

Esto explica el porqué de la distribución de algunas variedades en la región cerealera. Así, 38 M. A. sólo se recomienda en la sub-región I y en la sub-región V, parte norte, y con siembras tempranas para que pueda disponer del frío invernal necesario, y la espigazón se produzca precozmente en primavera con los días cortos que poseen el centro-norte de Santa Fe y la provincia de Córdoba.

En este grupo, además de las de la figura N° 4, 38 M. A., Klein Cometa, Klein Alberti y Klein 32 se comportaron como poco tolerantes a los fotoperíodos largos, y exigentes en cierto frío invernal las variedades Olaeta Gorrión y Olaeta Hornero.

Aquí también las variedades que tienen material genético de 38 M. A., parecen responder a un comportamiento bioclimático semejante, tal: Klein Cometa (38 M. A. × Klein Acero) y Olaeta Gorrión (38 M. A. × *Persicum fulig.*) × (H 7 × Piave). Sin embargo, en otras como Sinvalocho M. A. (Sin Rival × 38 M. A.) y Olaeta Calandria (*Thatcher* × Sinvalocho × 38 M. A. × (38 M. A. mut. × *Florence*)), la influencia de los otros padres determina un comportamiento distinto.

VARIEDADES QUE TIENEN INDIFERENCIA FOTOPERIODICA

Las variedades de trigo ensayadas y que mostraron indiferencia fotoperiódica, fueron las que completaron el desarrollo con cualquier fotoperíodo diario en que les tocó espigar.

En efecto, ya sea en la figura N° 2 (C) como en la N° 5, el comportamiento de las variedades incluidas en este grupo demuestra que no es necesaria la incidencia de un fotoperíodo especial para que se produzca la aparición del primordio floral o las espigas. Estas fases se cumplen con la sola presencia de temperaturas moderadamente elevadas, y aún en pleno invierno, aunque la fase de espigazón tarda a veces más de un mes para completarse, es decir, se produce sin "energía".

Es interesante consignar que una vez encañada la planta, lo que sucede muy precozmente, la espigazón se produce en un número de días sensiblemente igual para cualquier fecha de siembra, confirmando que estas variedades no tienen exigencias en frío en el termostadio, y que la longitud del día no limita la expresión de la espigazón.

Es claro, que si bien no tienen exigencias específicas, poseen en cambio una fecha óptima de siembra que hace coincidir la espigazón con los días alargándose de primavera, que determinan las mejores condiciones para una ulterior cosecha económica.

El comportamiento en los dos años del ensayo muestra que, durante el más caliente, las fases que tuvieron que cumplirse en invierno fueron aceleradas por las temperaturas más altas, pero luego de las siembras de junio el encañamiento y la espigazón se produjeron sensiblemente en la misma fecha que en 1950.

Estas variedades pueden considerarse primaverales, pues admiten una siembra muy tardía al tolerar los fotoperíodos largos. A este respecto, la variedad Sinvalocho M. A. parece ser la que puede espigar más normalmente en siembras efectuadas en el mes de octubre. En cambio,

Klein Exito que también pertenece a este grupo, no admite siembras tan tardías por tolerar menos los fotoperíodos amplios y exigir el cumplimiento de un termoadaptio con cierto número de días con temperaturas vernalizantes, que no los encuentra en primavera avanzada.

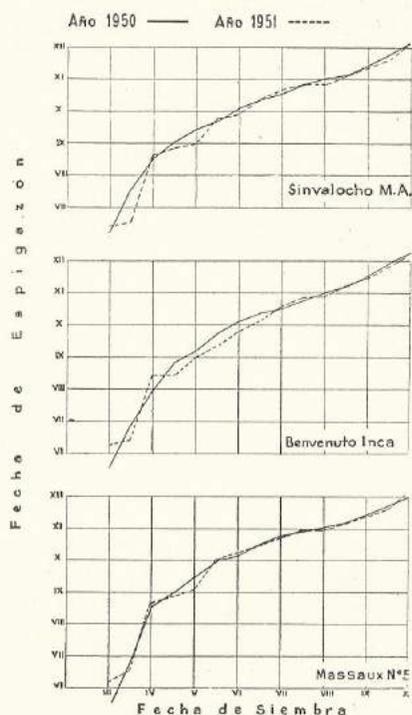


FIG. 5. — Espigazón de variedades de indiferencia fotoperiódica y sin exigencias en el termoadaptio.

Una comprobación de la indiferencia fotoperiódica de las variedades de este grupo, la da el hecho de que variedades como Benvenuto 3085 se recomienda sembrarlas en la sub-región I (centro-norte de Santa Fe) y en la sub-región IV (sudeste de Buenos Aires), donde las espigazones se producirán a fines de setiembre y principios de noviembre, respectivamente. Es claro, que los fotoperíodos en ambos casos son bien distintos, 13 hs y 14 hs 45', pero la espigazón es normal en las dos sub-regiones.

Al mismo tiempo, las temperaturas que inciden en el período vegetativo son distintas en el norte y en el sud de la región triguera, por lo que es dable admitir que Benvenuto 3085 puede prosperar cumpliendo termoadaptios distintos.

En síntesis, las variedades de este grupo no requieren fotoperíodos determinados para espigar, ni exigen bajas temperaturas en los primeros estados de crecimiento para poder desarrollar. El crecimiento y el desa-

rollo de las mismas, parecen estar regidos solamente por las temperaturas más o menos elevadas.

Además de Sinvalocho M. A., Benvenuto Inca y Massaux Nº 5, que se encuentran en la figura Nº 5, se comportan como semejantes. Olaeta Halcón, Benvenuto 3085 y Klein Exito. En el caso de la variedad Benvenuto Inca (*Mentana* × *Lin Calel*), la característica de indiferencia fotoperiódica la da *Mentana*, a pesar de tener material genético de *Lin Calel* que exige días largos.

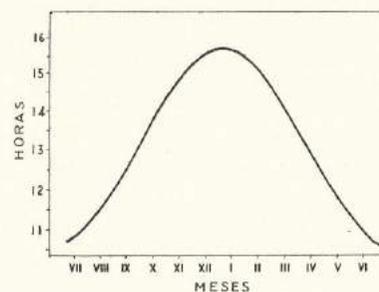


FIG. 6. — Duración del día en Castelar, lat. S. 34° 59', long. W. 58° 40', calculada incluyendo los crepúsculos civiles matutinos y vespertinos.

Las variedades Olaeta Calandria, Olaeta Aguila y Klein Cándor, tienen un comportamiento fotoperiódico intermedio, pues, si bien toleran los fotoperíodos largos, necesitan cerca de 12 horas de luz para poder comenzar a espigar.

CONCLUSIONES

Con el método utilizado en este estudio, se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

1º) Todas las variedades de trigo ensayadas, reaccionaron acelerando su desarrollo con el aumento de la longitud del día.

2º) Realmente, los trigos no reaccionan solamente a un factor, sino al complejo ambiental, siendo los más importantes para caracterizar la bioclimatología de las distintas variedades, la necesidad en frío del termoadaptio y la reacción al fotoperíodo diario en el fotoestadio.

4º) Con la interacción del frío invernal y la longitud del día en el momento de la espigazón, se pudieron reunir las variedades argentinas en tres grupos bien diferenciados:

a) Un grupo incluye aquellas variedades que exigen para espigar un fotoperíodo largo, sin la presencia del cual la planta no entra en la faz reproductiva. Las variedades que comprende y que son las de siembra más común en el país, tienen una relativa exigencia en frío. Se comportan de esta manera: Eureka F. C. S., Klein Aniversario, Buck Quequén, Bahiense F. C. S., Klein Orgullo, Klein 157, Massaux Nº 3, Buck Sarmiento, Sureño M. A., Guatraché Puelén M. A. G., Buck La Dulce, Klein Amalia Klein y Candeal sel. La Previsión.

b) El segundo grupo comprende aquellas variedades que si bien

reaccionan al día alargándose, no toleran que el fotoperiodo sea muy amplio, ya que los días decididamente largos las mantiene en estado vegetativo. Por otra parte, exigen un determinado número de horas de frío durante el termoestadio, para poder entrar en la etapa siguiente del desarrollo; se comportan de este modo: 38 M. A., Klein Cometa, Klein Alberti, Klein 32, Olaeta Gorrión y Olaeta Hornero.

c) El tercer grupo reúne las variedades de indiferencia fotoperiódica y que no tienen exigencias en el termoestadio y son: Sinvalocho M. A., Benvenuto Inca, Massaux N° 5, Olaeta Halcón, Benvenuto 3085 y Klein Exitó.

4º) Estos distintos comportamientos bioclimáticos determinan la distribución de las variedades de trigo, en las diferentes subregiones del mapa de siembras que publica el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLARD, H. A. (1938). — *Journ. Agr. Res.* 57: 775-789, 1938.
- BAYLES, B. B., and MARTIN, F. (1931). — «Growth and yield in wheat as influenced by time of seeding». *Journ. Agr. Research*. Vol. 42, N° 8, 1931.
- BECKMAN, I. (1956). — «Sobre la variación de ciclo vegetativo en trigo». *Archivo Fitológico del Uruguay*. Vol. I, entrega 3, pp. 283-307. La Estanzuela, Uruguay, 1955-56.
- BECKMAN, I. (1937). — «Los trigos Fronteira y Centenario en el ambiente sudbrasileño». *Arch. Edot. Urug.* 2: 266-271.
- BOERGER, A. (1937). — «Orientación de la selección triguera de «La Estanzuela». *Archivo Fitológico del Uruguay*. Vol. II, pp. 1-84. La Estanzuela, Uruguay, 1937.
- BOERGER, A. (1938). — «Adaptación de variedades uruguayas de *Triticum vulgare* (Vill.) a las exigencias ecológicas de un período de siembra dilatada». *Archivo Fitológico del Uruguay*. Vol. III, Entrega 1, pp. 56-68. La Estanzuela, Uruguay, 1938.
- CANEL, M. (1938). — «Las teorías de Lisenko y su aplicación en el Uruguay». *Rev. Asoc. Ing. Agr.* Año 1938, N° 1, marzo 8-16.
- CANEL, M., y CONDE JAHN, E. (1945). — «Ensayo de vernalización y fotoperiodismo». *Rev. Fac. Agr.*, N° 41, agosto 1945. Montevideo, pp. 107-113.
- CLAVER, F. K., y SIVORI, E. M. (1950). — «Estudio de la reacción al fotoperiodo y temperaturas de tres variedades de trigo». *Rev. Fac. Agr. de La Plata*. Tomo XXVIII (2ª entrega), p. 129-140. La Plata, 1950.
- GARNER, W. W., and 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». *Jour. Agr. Res.* 18: 553-606, 1920.
- HURD-KARRER, A. M. (1933). — «Comparative responses of a spring and winter wheat to day length and temperatures». *Jour. Agr. Res.* 46: 867-888, 1933.
- LEDESMA, N. R. (1949). — «Métodos de observación fenológica». Servicio Meteorológico Nacional. República Argentina. Inédito.
- LISENKO, T. (1946). — «Agrobiología». Moscú. Traducción inédita del Ing. Vladimir Michajlikov. Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires.
- MCKINNEY, E. H., and SANDO, W. J. (1935). — «Earliness and seasonal growth habit in wheat as influenced by temperature and photoperiodism». *The Journal of Heredity* V. XXIV. May 1935. N° 5.
- PASCALE, A. J. (1950). — «Comportamiento bioclimático de tres variedades de trigo en un ensayo de siembras continuadas». Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires.
- PASCALE, A. J. (1951). — «Reacción de los trigos argentinos a la vernalización». Trabajo inédito. Departamento de Agrometeorología. Servicio Meteorológico Nacional.
- PASCALE, A. J. (1952). — «Mapa fenológico del trigo en la República Argentina». *Meteoros*, N° 1-2, pp. 50-65. Bs. As.
- PURVIS, O. N. (1934). — «An analysis of the influence of temperature during germination on the subsequent development of certain winter cereals and its relation to the effect of length of day». *Ann. Bot.* 48: 919-955, 1934. Se consultó resumen en «Vernalization and Photoperiodism». A. E. Murneck and R. O. Whyte, Waltham, Mass., U. S. A., 1948.
- RISSO PATRÓN, R. (1948). — «Influencia de la temperatura y de la duración del día en el desarrollo morfológico de algunos trigos». *Rev. Fac. Agr. de La Plata*. T. XXVI, 1948.
- WANSER, H. M. (1922). — «Photoperiodism of wheat: a determining factor in acclimatization». *Science* 56: 313-315. No consultado.

NOTAS Y COMENTARIOS

Comprobación directa de la influencia de los procesos solares sobre la circulación atmosférica y la evolución del tiempo. 551.524.7: 551.590.21

Al principio del año pasado, los radio-sondeos hasta gran altura efectuados en Berlín permitieron llegar a resultados de suma importancia en general, y en particular para el problema de la previsión del tiempo. Acerca de tales mediciones se tuvo la primera noticia por una nota de R. Scherhag en la Carta del Tiempo N° 74, del 14 de marzo de 1952, de la Oficina Central del Servicio Meteorológico Alemán en la zona norteamericana, y el mismo investigador ofrece una documentación y discusión detalladas en un trabajo recientemente aparecido en un número especial de los «Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US Zone», publicado en homenaje al Profesor Doctor L. Weickmann, Jefe de ese servicio, Bad Kissingen, agosto de 1952, en el 70º aniversario de su natalicio.

Desde el mes de enero de 1951, en efecto, la estación de radiosondeos, de Berlín, dispone de globos especialmente preparados, que permiten alcanzar, casi diariamente, alturas superiores a 30.000 m y en algunos casos a 40.000 m (hasta un valor de la presión atmosférica de 4 mb), y dispone de un nuevo tipo de radiosondas norteamericanas (AN/AMT-2, véase el «Journal of Meteorology», agosto 1948), las cuales tienen un termómetro prácticamente exento del efecto de radiación, efecto que dificultó sobremanera la interpretación única de anteriores sondeos a gran altura. Con ese equipo se efectuaron los sondeos de tal manera que llegaran a su mayor altura aproximadamente a la hora de la culminación del sol. Se buscaba con ello que el calentamiento por la radiación solar favoreciera la resistencia del material del globo en las capas muy altas.

Durante los primeros meses del invierno 1951/52, en el nivel de 20 mb, la temperatura oscilaba entre -70 y -50°C, análogamente a lo que ocurría en el nivel de 10 mb. Repentinamente, entre el 26 y el 30 de enero, la temperatura en 20 mb aumentó de -56° hasta -33°, y en 10 mb, hasta -25°. Del mismo modo, después de haberse establecido valores normales alrededor de -60° en la primera quincena de febrero, el 23 de dicho mes la tempe-

ratura ascendió hasta -30° en 20 mb, y hasta -12° (doce grados bajo cero, escala Celsius) en 10 mb. Al comunicarse el dato, algunas oficinas meteorológicas de Europa y Norteamérica, llegaron a suponer que se trataba de un error de 50° en la codificación, ya que un valor de -62° parecía, prima facie, el más probable. En los dos casos, el anormal calentamiento se desplazó, durante los días siguientes, con lentitud y disminuyendo mucho de intensidad, hacia las capas subyacentes, mientras que las capas más altas volvieron, en un intervalo de 5 a 7 días, a su estado normal. Por supuesto que este gran calentamiento de capas de considerable espesor tuvo consecuencias decisivas para la circulación estratosférica, presentándose en 30 km de altura vientos fuertes del este, en marcado contraste con la situación normal para esas latitudes y época del año. Hasta aquí los hechos aerológicos.

Las variaciones interdiurnas de la temperatura en la estratosfera, de una magnitud de 10°, conocidas hasta ahora, se habían interpretado como ocasionadas por procesos de advección de masas de aire desde otras latitudes, o bien por movimientos verticales en relación con intensos sistemas béricos en troposfera y tropopausa, o finalmente en virtud de la cooperación de los dos procesos. Pero para las variaciones de la magnitud de las ocurridas en enero y febrero del 52, tal explicación parece, a primera vista, inadecuada o bien insuficiente.

Ante tales circunstancias, Scherhag llama la atención al hecho de que los dos fenómenos precipitados, como también un fenómeno análogo observado a principios de febrero de 1952 por la estación de radiosondeo de Thule, en el noroeste de Groenlandia (76° N), van seguidos por días con pronunciado aumento de la perturbación de los elementos geomagnéticos, de los cuales se conoce, por otro lado, su estrecha relación con las variaciones de la radiación solar. De esta manera, cabe interpretar las observaciones aerológicas de Berlín y de Thule como una comprobación directa de la influencia de procesos solares sobre el estado de la atmósfera terrestre, con repercusiones, como veremos en seguida, en la evolución de las situaciones sinópticas, vale decir, en el desarrollo del tiempo. La importancia de ello es tanto más grande cuanto

que ofrece un fundamento sólido a las varias exposiciones aparecidas durante los últimos años, en las cuales se insinúa la existencia de tales relaciones; mencionaremos las publicaciones conocidas de Haurwitz, Duell, Baur, Flohn, Koppe, y, asimismo, un trabajo nuevo de A. Proudhomme aparecido en la revista francesa « La Météorologie » (VII-IX-1951). Ese autor expone las relaciones entre la concurrencia de procesos solares y la de una intensificación de la componente meridional en la circulación general, la cual trae consigo, a menudo, la constitución de una barrera anticiclónica, entre las corrientes predominantes del oeste, en las latitudes templadas.

Pero, aparte de lo dicho, el trabajo de Scherhag comentado en primer término contiene otras consideraciones sumamente interesantes. Al analizar 27 casos en que existen datos más o menos fehacientes de la marcha de la temperatura en el nivel de 17 mb (26 km de altura, aproximadamente) durante varios días, antes y después de tormentas geomagnéticas, demuestra la existencia de cierto calentamiento en los días que siguen al que tiene mayor valor del número característico geomagnético. Luego este autor expone una relación estrecha entre aquel número característico y el acierto en la previsión del tiempo. Para ello, se sirve de la estadística diaria de los mapas sinópticos pronosticados (para un plazo de 24 horas), que se elaboran dos veces al día en la oficina central den Bad Kissingen. El acierto de esos mapas se determina por la diferencia entre el valor pronosticado de la presión, y el valor realmente ocurrido, siempre para muchos puntos del mapa. En la región de Islandia (zona de difícil previsión por la gran variabilidad interdiurna de la presión) tal diferencia resulta ser de unos 2 mb en los días precedentes a tormentas geomagnéticas, pero aumenta hasta 7 mb en el promedio de los días del máximo del número característico y en el de los dos siguientes, y vuelve luego a valores entre 2 y 3 mb. Esta estadística se basa en 32 distintas series de días. Y también en los cinco días subsiguientes a la perturbación geomagnética del día 24 de febrero de 1952, el acierto de los mapas pronosticados de Bad Kissingen fué mucho menor que en los demás días de ese invierno. Igualmente significativo fué el resultado análogo de los mapas pronosticados por la oficina central del Servicio Meteorológico de Inglaterra. No queda, pues, duda alguna de que los conceptos de la meteorología dinámica y sinóptica en que se basan, comúnmente, las extrapolaciones y que no tienen en cuenta, hasta la fecha, los procesos solares, resultan insuficientes o incompletos en los

días con ciertas variaciones de la radiación del sol y en los subsiguientes. Aun sin conocimientos seguros en cuanto al problema energético y a otros con él conexos, el resultado de Scherhag debe estimarse como la mejor comprobación, publicada hasta hoy día, de la importancia de las relaciones existentes entre los procesos solares y la evolución de las situaciones sinópticas, no solamente en las capas estratosféricas, como lo indican los radiosondeos de Berlín, sino también en la superficie de la tierra. Se abre así la posibilidad de analizar una de las causas de error en los pronósticos meteorológicos, y es obvia también la importancia de tales conocimientos para el problema de la previsión del tiempo a largo plazo. La necesidad de una colaboración más estrecha entre las distintas disciplinas de las ciencias naturales se presenta aquí, para la astrofísica, el magnetismo y la meteorología, con plena evidencia. — W. SCHWERDTFEGER.

Sobre la turbulencia de los fluidos compresibles *.—La importancia y novedad del trabajo de J. E. Moyal para la mecánica de los fluidos turbulentos, es decir, de los fluidos reales, y la posibilidad que se entrevé de aplicar los conceptos y el formalismo matemático de este autor a la Mecánica de la Atmósfera, nos lleva a exponer el análisis de dicho artículo en la presente entrega de METEOROS y a expresar ciertas reflexiones concordantes.

La Mecánica de los fluidos turbulentos, basada de manera principal en experiencias en el túnel aerodinámico, está limitada hasta ahora, en el dominio subsónico, a los fluidos incompresibles, limitación perfectamente justificada, por otra parte, mientras el número de Mach sea pequeño. Moyal ha examinado el papel de la compresibilidad aun para estos regímenes, y en tal aspecto su trabajo puede interesar a la Meteorología Dinámica.

Ha demostrado el autor comentado que al lado de la turbulencia vortiginosa (eddy turbulence), o turbulencia en su significado corriente, existe una turbulencia acústica (random noise). Entre estas dos especies de perturbaciones se producen, en general, intercambios de energía en un sentido u otro, gracias a la conexión expresada en las ecuaciones estadísticas del movimiento para la transformación de los términos de inercia. De suerte que, mientras la turbulencia vortiginosa en gran escala se disipa como movimientos moleculares or-

*Comentario relativo al trabajo de J. E. MOYAL, « The spectra of turbulence in a compressible fluid; eddy turbulence and random noise », publicado en *Proceedings of the Cambridge Philosophical Soc.*, vol. 48; part 2; p. 329-44, 1952.

ganizados en la escala acústica, inversamente, las perturbaciones sonoras son capaces de engendrar turbulencia en gran escala. Tal como en termodinámica, el trabajo mecánico se disipa en calor, y, a su vez, el calor es capaz (con un cierto rendimiento) de transformarse en trabajo mecánico. Es precisamente este punto el que nos ha parecido de importancia para la acción del hombre sobre la atmósfera (aclaremos que la responsabilidad de este anticipo no incumbe a J. E. Moyal), ya que muestra la posibilidad, por lo menos en ciertas circunstancias bien elegidas, de provocar perturbaciones atmosféricas en gran escala a partir de perturbaciones explosivas producidas por los medios a disposición del hombre.

Y aunque el trabajo del autor está presentado en una forma matemática avanzada y bastante dificultosa, trataremos de dar de él una idea clara y precisa. Como en todas las teorías modernas de la turbulencia, Moyal considera las magnitudes cinemáticas (velocidad, vórtice, divergencia) y físicas (presión, densidad, temperatura) que definen el movimiento y el estado de un fluido como funciones aleatorias espacio-temporales del vector de espacio \mathbf{x} y del tiempo t . Se sabe que el principio ergódico se satisface para los procesos estocásticos estacionarios, o sea, en términos prácticos, que las medias estocásticas que van a figurar en las ecuaciones aleatorias pueden ser estimadas por las medias espaciales y temporales.

La teoría matemática demuestra que es posible expresar las diferentes magnitudes del campo (digamos, por ejemplo, la componente $u_i(\mathbf{x}, t)$ ($i = 1, 2, 3$) de la velocidad) por un desarrollo de Fourier en el espacio, según la integral aleatoria:

$$u_i(\mathbf{x}, t) = \int e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}} dZ_i(\mathbf{k}, t) \quad (i=1, 2, 3)$$

(\mathbf{k} es el vector de onda y $\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}$ su producto escalar por el vector de espacio).

$Z_i(\mathbf{k}, t)$ es una función espectral fluctuante, de forma « patológica » en el sentido de que, siendo diferenciable con respecto a t , no lo es de ninguna manera con respecto a \mathbf{k} , lo que hace obligatorio el empleo de la integral de Stieltjes.

A partir de esta expresión de u_i , se demuestra fácilmente que el tensor de covariancia de la velocidad:

$$T_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t) = \overline{u_i(\mathbf{x}, t) u_j(\mathbf{x}', t)}$$

se expresa por un tensor espectral medio $F_{ij}(\mathbf{k}, \mathbf{k}', t)$ definido por:

$$dF_{ij}(\mathbf{k}, \mathbf{k}', t) = \overline{dZ_i^*(\mathbf{k}, t) dZ_j(\mathbf{k}', t)}$$

donde dZ_i^* designa el complejo conjugado de dZ_i , por medio de la integral:

$$T_{ij}(\mathbf{x}, \mathbf{x}', t) = \iint e^{i(\mathbf{k}'\cdot\mathbf{x}' - \mathbf{k}\cdot\mathbf{x})} dF_{ij}(\mathbf{k}, \mathbf{k}', t)$$

extendida al espacio de ondas de seis dimensiones: $(\mathbf{k}, \mathbf{k}')$.

En el caso de una turbulencia homogénea, es decir, estacionaria en el espacio (no dependiendo T_{ij} más que de la diferencia vectorial $\xi = \mathbf{x}' - \mathbf{x}$), dF_{ij} es siempre nulo, salvo en el espacio de tres dimensiones $\mathbf{k}' = \mathbf{k}$. Entonces, el tensor de covariancia T_{ij} se reduce a la integral de tres dimensiones (extendida al espacio de ondas \mathbf{k}):

$$T_{ij}(\xi, t) = \int e^{i\mathbf{k}\cdot\xi} \Phi_{ij}(\mathbf{k}, t) d\mathbf{k} \\ (d\mathbf{k} = dk_1 dk_2 dk_3)$$

La función $\Phi_{ij}(\mathbf{k}, t)$ es el tensor de densidad espectral considerado en la teoría de la turbulencia homogénea.

El problema matemático general consiste, ahora, en deducir de las ecuaciones individuales del movimiento, las ecuaciones estadísticas verificadas por las covariancias; es precisamente a esta operación a la que hemos llamado en nuestros trabajos anteriores *aleatorización*. J. E. Moyal, por su parte, establece un formalismo elegante y general para efectuar esta transformación. Su técnica conduce directamente a las ecuaciones verificadas por las funciones espectrales. Seguramente que ello constituye una ventaja para la aerodinámica (túnel), donde la experiencia provee los espectros y no las covariancias, pero no es así para la Meteorología Sinóptica, donde ocurre lo contrario. Sea ello como fuere, es fácil pasar matemáticamente de una forma de ecuaciones a la otra.

Entre las diversas aplicaciones de Moyal, contentémonos con indicar aquella susceptible de interesar a la Meteorología. El autor parte de las ecuaciones del movimiento de un fluido viscoso, de la ecuación de continuidad y de la ecuación termodinámica completa de un fluido viscoso y conductor del calor, ecuación conocida en hidrodinámica con el nombre de ecuación suplementaria (Kirchhoff, Duhem). Los coeficientes de viscosidad y conductividad corresponden a la escala molecular; se supone que el fluido sigue las leyes de los gases perfectos. Deduce de esas ecuaciones elementales, las verificadas por las funciones espectrales fluctuantes de las diversas magnitudes cinemáticas y físicas (velocidad, presión, temperatura) y obtiene el resultado siguiente: En un fluido compresible, la turbulencia puede ser analizada considerando dos componentes: 1º) una componente transversal (es decir, perpen-

dicular al vector de onda) que, en primera aproximación, es la misma que en un fluido incompresible. Es la turbulencia vortiginosa clásica (eddy turbulence), cuyo aspecto ondulatorio no es más que aparente, y que sólo se debe al efecto Doppler introducido por la velocidad de conjunto del fluido, esto es, por el pasaje ante un punto fijo (instrumento) de la sucesión de las organizaciones turbilhonarias transportadas por la corriente general. Efectivamente, se sabe que los fluidos no tienen elasticidad transversal, y, por consiguiente, no pueden tener ondas transversales verdaderas. 2º) una componente longitudinal (o sea en la dirección del vector de onda) que sólo existe en función de la compresibilidad del fluido y presenta el carácter de ondas acústicas incoherentes (*random noise*). El espectro de estas ondas se extiende ampliamente en los dominios inaudibles (infra y ultrasónicos).

Mientras que en los fluidos ilimitados (astros fluidos) la disipación de la turbulencia es debida únicamente a la viscosidad y compresibilidad internas, en los fluidos encerrados entre paredes (túnel) se agrega como causa de destrucción la absorción de energía acústica por las paredes. Esta causa suplementaria, despreciable para pequeños números de Reynolds, se hace muy importante para números de Reynolds grandes. Para esos regímenes, en los cuales los términos de inercia desempeñan un papel importante, la turbulencia vortiginosa actúa como fuente de ruidos (noise), y viceversa. Nos ha parecido que esta reciprocidad es el punto capital para las aplicaciones en la atmósfera. En la atmósfera, efectivamente, estamos en el caso en que los números de Reynolds son muy grandes y los de Mach pequeños, sin que se pueda por ello despreciar la compresibilidad del aire, en razón de los movimientos verticales y de los cambios de estado del vapor de agua.

Estas últimas consideraciones confirman la necesidad, para los estudios de la Meteorología experimental, de un dispositivo diferente del túnel aerodinámico clásico. Este dispositivo, denominado *túnel aerofluido*, ha sido proyectado por el Dr. R. Di Maio en 1950, y se espera que los resultados experimentales a obtenerse, válidos en la atmósfera libre, puedan corroborar el punto de vista teórico precedente. — G. DEDEBANT.

“Notos”, nueva revista meteorológica sudafriicana. — Han aparecido los dos primeros números de esta publicación trimestral del Servicio Meteorológico de la Unión Sudafricana, con una finalidad que merece, incluso, la atención de Sudamé-

rica. Dice la nota preliminar: « Se ha proyectado, en primera instancia, como medio de divulgación de los datos básicos coleccionados en el « Proyecto de Análisis del Hemisferio Sur » (Southern Hemisphere Analysis Project), de la Oficina Meteorológica Sudafricana. Se ha previsto también la publicación de trabajos originales relativos a la circulación atmosférica en general, así como a las notas y comentarios a que puedan dar origen tales contribuciones ».

Nadie tenía dudas, desde hace largo tiempo, de la necesidad e importancia de intensificar los estudios sobre la meteorología sinóptica de este hemisferio, pero hasta ahora todas las buenas intenciones se habían visto obstaculizadas por la falta casi completa de datos adecuados y fehacientes, en escala suficientemente grande, vale decir, hemisférica. En este sentido, el proyecto mencionado significa un ensayo y esfuerzo decisivos de llenar los vacíos existentes en la red de observaciones, de especial manera en los océanos, mediante un continuo análisis sinóptico, y la revista « Notos » da cuenta de esta labor y pone los datos más importantes a la disposición de los investigadores de todo el mundo, lo cual significa un estímulo indudablemente valioso.

En las dos primeras entregas de esta publicación se dan, para el período de enero a junio de 1951, valores diarios de la presión en el nivel del mar, en los puntos de coordenadas entre 10° y 70° Sur de 5 en 5° de latitud y de 10 en 10° de longitud, o sea unos 414 puntos en total. Hay solamente unas pocas omisiones en la zona tropical, alrededor de los 115° Este. Todas las demás series son completas. Es obvio que ello es factible sólo por interpolaciones en algunas regiones bastante extendidas, pero tiene la gran ventaja para el análisis sinóptico diario, el hecho de que la serie de datos en sí, y asimismo respecto a las vecinas, presenta una coherencia lógica, homogénea. Idea de la exactitud de esos datos se tiene de inmediato al comparar los valores publicados en « Notos » con los que figuran en los mapas sinópticos diarios del Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina, labor de contraste realizada por el suscriptor para dos puntos de coordenadas en el sector sudamericano, que abarca los tres primeros meses. Resulta, en efecto, como diferencia media de 90 datos, para un punto sobre el continente mismo (50° S, 70° W), vale decir, con datos seguros, 0.03 mb, y para un punto bastante alejado de las últimas estaciones (50° S, 80° W), 0.46 mb; comparación, sin duda, altamente satisfactoria.

Además de los valores diarios para los 414 puntos, figuran los correspondientes

promedios mensuales, estos últimos representados también por tres mapas hemisféricos, en cada una de las entregas de la revista.

Pero una originalidad que distingue al primer número de « Notos » y merece particular interés son sus mapas del promedio mensual de la topografía absoluta del nivel de 500 mb para la vasta zona de los océanos Atlántico e Índico, entre Sudamérica y 100° Este, y 80° y 20° Sud.

Estos mapas se basan en radiosondeos del sector africano, en el triángulo de las islas Marion, Heard y Amsterdam, como también en los realizados en las Islas Malvinas y por la expedición escandinavo-inglesa de Maudheim (71° Sud 11° Oeste).

En las demás partes, los mapas debieron construirse mediante extrapolaciones o hipótesis aerológicamente razonables. Naturalmente, un juicio definitivo sobre tal documentación no será posible darlo antes que se haya publicado una serie mayor, pero sin duda alguna se trata de un ensayo valioso, que facilitará el análisis acerca de las corrientes conducentes y la circulación general propiamente dicha. Muy interesantes resultan también dos mapas con las variaciones de mes a mes de la topografía absoluta de 500 mb.

Finalmente, debemos poner de relieve las contribuciones originales contenidas en « Notos »: E. VOWINCKEL: Descripción del ciclón en la región de la isla Marion, noviembre de 1951; W. SCHMITT: Explicaciones acerca de la construcción de las topografías absolutas medias; T. E. W. SCHUMANN: La red de estaciones meteorológicas en el cuarto meridional de la tierra; J. J. LE ROUSE y J. J. TALJAARD: Un ejemplo de condiciones meteorológicas poco comunes, en el invierno del Africa del Sur; E. VOWINCKEL: Dos resúmenes de la circulación hemisférica, I-III y IV-VI de 1951.

No pudiendo dedicarnos, aquí y ahora, a una estimación detallada de tales interesantes trabajos y exposiciones, podemos sintetizar nuestra impresión diciendo que « Notos » es órgano capaz de llenar un sensible vacío en la publicación de datos básicos de nuestro hemisferio, y que, al presentarse en sus demás secciones como revista científica de gran actualidad, inclina a la Meteorología sureña a considerarse satisfecha y beneficiaria del esfuerzo y acierto que representa esta obra de difusión y contribución científica mundial, debida a su Director, el Dr. T. E. W. SCHUMANN, y a sus calificados colaboradores. — W. SCHWERDTFEGGER.

“El problema de la previsión del tiempo”, por Werner Schwerdtfeger. — La literatura meteorológica en castella-

no, sobre todo la que ahonda en el difícil problema de la predicción del tiempo, suele ser traducción del inglés o del alemán y sólo circunscripta a las condiciones atmosféricas del hemisferio norte. Pero aun los textos escritos originariamente en español dan ejemplos de aquel hemisferio con exclusión de las condiciones específicas del correspondiente al sud. Hecho comprensible, si se quiere, porque los conocimientos acerca de la circulación en el hemisferio austral, y especialmente sobre América del Sud, son escasos, en parte por la configuración del hemisferio mismo, y en parte por carencia de estudios especiales. De ahí que toda noticia interpretativa acerca del mecanismo de la circulación de nuestro hemisferio represente un aporte que se espera y recibe con interés, máxime si quien lo respalda es persona de larga experiencia y solvencia científica en problemas europeos y en realidades argentinas. Tal el caso del doctor Schwerdtfeger que nos ocupa.

No se halla lo substancial de este libro en su introducción general al análisis y la predicción del tiempo, sino en la predicción a corto plazo, donde se discuten problemas y métodos en base a típicas situaciones sinópticas de América del Sud. Compruébase así, por ejemplo, la existencia de las variaciones de la presión en la alta troposfera (variaciones primarias de von Ficker) para la zona de la cordillera de los Andes, causa a veces de sorpresas en la evolución del tiempo, puesto que se propagan con alta velocidad de oeste hacia el este. Respecto a las variaciones bariacas predominantes en las capas bajas, pone de relieve la de presión térmica habitual en el NW de la Argentina. Y al discutir los frentes cálidos con pronunciada inestabilidad en la alta troposfera, en latitudes subtropicales, así como la probable existencia de « gotas de aire frío » en la altura y de vaguadas en niveles superiores, el autor, resumiendo a la par estudios norteamericanos recientes, recuerda « cuánto se ha distanciado la meteorología moderna del conjunto de ideas e hipótesis que compusieron la teoría del frente polar, y que hoy se encuentra esquemática y bellamente ilustrada en un sinnúmero de libros científicos y de divulgación ».

En otro capítulo de este pequeño y valioso libro se destaca la importante función de la climatología en la predicción del tiempo, al evitar la formulación de pronósticos contra la probabilidad climática. Se analizan métodos estadísticos para la predicción y se confirma la incidencia que pueden tener en el pronóstico las estadísticas climáticas especialmente elaboradas para fines de previsión, sobre todo en situaciones complicadas.

Característica del autor es no eludir la discusión de las dificultades teóricas y prácticas; por el contrario, afronta los problemas existentes (la arbitrariedad del límite de azar en consideraciones meteorológicas, verbigracia). Tampoco deja de lado los errores que comete el pronosticador, así se trate de los inevitables (inherentes al pronóstico en sí o a la situación geográfica), o de los evitables (caso en que el pronosticador cuenta con investigaciones de determinadas situaciones sinópticas). Dedicó al efecto un capítulo a la metodología de verificación del pronóstico y comparó el porcentaje de aciertos de América del Norte y Europa con el logrado en Buenos Aires para un mismo período experimental.

Al tratar la pronosticación a medio plazo, no puede ya basarse el autor en ejemplos del hemisferio sud, por carencia de estudios de esta índole, y debe referirse más bien a la marcha metodológica seguida en Alemania, Estados Unidos de América y en Rusia, y citar como ejemplo el « calendario » de las situaciones sinópticas, forma en que puede aprovecharse cierto ritmo en el desarrollo del tiempo, y utilidad del cálculo de los índices de la circulación zonal, etc. Se detiene brevemente en los métodos y límites de estos pronósticos, y discute la situación en Sudamérica respecto al probable éxito de tales pronósticos, demostrando la utilidad no sólo de los índices zonales sino también de los meridionales para este continente.

En cuanto al acucador ideal del pronóstico a largo plazo, concuerda con las ideas de todos los que han estudiado a fondo este problema para decir que, en la actualidad, sólo en situaciones muy favorables es posible tal tipo de predicción, lo cual no excluye su optimismo acerca de un ulterior progreso. Recuerda que existe abun-

dante información sobre correlaciones mundiales de ciertos elementos o de combinaciones de ellos, pero afirma la dificultad de distinguir entre concomitancia de fenómenos y verdadera relación de causalidad. Previene que, al hacer extrapolaciones, vaie para ciertos ensayos tendientes a descubrir periodicidad de varios años en la marcha de ciertos elementos meteorológicos.

En la nota introductoria el autor rinde homenaje a A. Schmaus, meteorólogo germano que en el libro « Das problem der Wettervorhersage », publicado en 1925, formula ideas hoy muy difundidas acerca del sentido meteorológico del hombre y del animal, y pasa luego a analizar algunas de las reglas de origen popular que responden a realidades científicamente comprobadas, y otras que no superan la pura imaginación. La influencia de los movimientos de la Luna, por ejemplo, no deja de tener su popular y significativa intervención en este breve análisis.

Finalizan las ciento cuarenta y seis páginas del libro con una consideración general sobre la casualidad, y reflexiones acerca de la discutida producción artificial de lluvias. Y a un plano adecuado de discusión científica trae el Dr. Schwerdtfeger el interesante problema de la influencia de las variaciones de la emisión de la energía solar y las alteraciones atmosféricas, dando ejemplos de determinadas series de temperatura registradas en Buenos Aires y dejando abierto el interrogante para una investigación más sistemática.

Contribuyen a la buena presentación y a la claridad y eficacia docente de esta obra los numerosos esquemas y tablas que complementan el texto.

La edición fué confiada a la Librería del Colegio y realizada en Buenos Aires en 1952. — F. J. PROHASKA.

ACTUALIDADES

Licenciatura y Doctorado en Ciencias Meteorológicas. — Con la inauguración del año lectivo universitario, fijada para el 20 de abril, se iniciarán las clases de la Licenciatura y el Doctorado en Ciencias Meteorológicas, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

La Licenciatura se desarrolla en cinco años, conforme al siguiente plan: Análisis matemático. Álgebra. Física general. Química inorgánica. Geometría analítica. Climatología. Matemáticas especiales. Mecánica. Física especial. Meteorología dinámica. Instrumentos y métodos de observación. Mecánica de los flúidos. Meteorología sinóptica. Física de la atmósfera. Geofísica general. Oceanografía física. Laboratorio meteorológico y Seminario meteorológico. Para obtener el Doctorado se exige la aprobación de una tesis.

El ingreso está regido por el reglamento actualmente en vigencia en dicha Facultad. Los alumnos egresados de la Escuela Superior de Meteorología de la Nación (Decreto 10345/48) se inscriben directamente en el 4º año de la carrera. A los miembros de las Fuerzas Armadas se les reconocen, asimismo, determinados estudios inherentes a su especialidad.

La creación de la Licenciatura y el Doctorado, útiles tanto para la economía social argentina como para su defensa territorial, responde a legítimas necesidades de nuestro país y de las naciones hermanas integrantes de la Regional III de la Organización Meteorológica Mundial, y constituye un real aporte para el progreso de la ciencia y de la técnica previsto en el Segundo Plan Quinquenal trazado por el Excmo. señor Presidente de la República, General Perón.

Primera reunión de la Comisión Técnica de Meteorología Agrícola de la Organización Meteorológica Mundial. — En ocasión de estarse preparando la reunión del epígrafe, METEOROS ha recabado y recibido del Ing. Agr. Juan Jacinto Burgos, Presidente de la Comisión mundial, la información que en forma sintética pasa a anticipar a sus lectores.

En forma preliminar, en efecto, se estableció que entre el 2 y el 20 de noviembre del corriente año tenga lugar la primera reunión de la Comisión Técnica de Meteorología Agrícola de la Organización Meteorológica Mundial. Francia, país de vieja tradición agrícola, que ha dado hombres de la talla de R. A. F. Reaumur, A. P. de Candolle, C. de Gasparin, J. J. B. Boussingault, A. Angot, E. Delcambre, L. Chaptal, J. Sanson y otros valiosos constructores de esta moderna rama de las ciencias agrarias ha sido electa para sede de esta asamblea.

Fué precisamente en Francia donde hace cuarenta años se realizaron las primeras reuniones para constituir las bases de lo que debía ser posteriormente la Comisión de Meteorología Agrícola del Comité Internacional de Meteorología, y de la que fuera A. Angot su primer presidente. A la Argentina, país de nueva pero pujante agricultura, que ha forjado su propia técnica sobre la base de lo realizado en los países de vieja cultura, le toca el honor de presidir esta primera reunión y la responsabilidad de su preparación.

El actual momento político, social y económico del mundo, en el que se busca alcanzar la más racional explotación de los recursos naturales, coloca los trabajos de esta Comisión en un plano de relevante actualidad.

La renovación de la fauna y de la vegetación naturales explotadas por el hombre, y de la fertilidad del suelo, disminuida periódicamente por la agricultura y ganadería, así como la difusión y adaptación de especies vegetales y animales domesticadas y mejoradas por la técnica, sólo son posibles mediante la acción profunda de factores concurrentes como el tiempo y el clima.

Propender a un mejor conocimiento de sus elementos y estudiar la forma adecuada de medirlos y expresarlos, así como demostrar sus efectos cuali y cuantitativos sobre los seres vivos, constituyen sus objetivos fundamentales.

El considerar todo ello en su compleja estructura implica actualizar los conceptos expresados por A. Angot y colaboradores en aquel primer informe del año 1912, engendrados del Comité Internacional de Meteorología, como órgano técnico de la Comisión de Meteorología Agrí-

cola. Según estos precursores, el trabajo y el adelanto de la meteorología agrícola se conseguirán mediante la cooperación entre meteorólogos y biólogos, o sea, por el estudio simultáneo del medio físico en que se desarrolla la vida y la respuesta permanente, mediata o inmediata, que suscita en ella.

Sobre la base de lo resuelto y considerado por la antigua Comisión de Meteorología Agrícola de la O. M. I., ha parecido conveniente dividir el trabajo en cinco grupos principales que comprenderán los temas que pasamos a indicar:

GRUPO I. — METEOROLOGÍA FÍSICA DE APLICACIÓN A LA AGRICULTURA CIENTÍFICA Y PRÁCTICA

1º) Estaciones agrometeorológicas, descripción de su equipo, instrumental, exposición, observación, densidad, categorías, registro internacional, etc.

2º) Presentación de datos, cartas e informes agrometeorológicos. Valores medios y medidas de la dispersión, elementos e índices agroclimáticos. Clasificaciones climáticas y agroclimáticas. Informes agrometeorológicos, su frecuencia y elementos básicos.

3º) Relevamientos meso y microclimáticos. Elementos y equipos.

4º) Pronósticos agrometeorológicos a corto, medio y largo plazo. Métodos y resultados.

5º) Influencias artificiales sobre el tiempo y el clima. Lluvia artificial, lucha contra el granizo, lucha contra las heladas, etc.

6º) El clima como recurso natural directo. Utilización de la radiación solar, de la fuerza del viento y del agua así como la evaluación de estos elementos.

GRUPO II. — BIOCLIMATOLOGÍA AGRÍCOLA

1º) Observaciones biológicas en estaciones agrometeorológicas. Desarrollo y crecimiento de las plantas.

2º) Observaciones biológicas sobre campos de cultivo.

3º) Presentación de datos, cartas y descripciones fitoclimáticas. Cartas fenológicas; cartas bioclimáticas de cultivos.

Anales. Informes bioclimáticos, elementos y frecuencia.

4º) Determinación de las necesidades meteorológicas de las plantas. Métodos estadísticos de laboratorio. Análisis de homoclimas, ensayos experimentales, etc.

5º) Aclimatación inducida de las plantas cultivadas. Resistencia a la sequía y al frío.

GRUPO III. — CLIMATOLOGÍA ANIMAL

1º) Estaciones de climatología animal, emplazamiento, instrumental, exposición, observaciones, etc.

2º) Presentación de datos, cartas e informes meteorológicos y climáticos de interés para la climatología animal. Elementos simples y complejos y frecuencia de la información.

3º) Ponderación del microclima en relación al desarrollo y fisiología animales, al aire libre y en ambientes artificiales.

4º) Observaciones biológicas sobre los animales que resultan indispensables para el desarrollo de la climatología animal. Desarrollo y crecimiento en animales homeotérmicos y poikilotérmicos.

GRUPO IV. — FENOLOGÍA

1º) Metodología adaptable a estaciones agrometeorológicas y a observadores ocasionales.

2º) Listas de especies de plantas y animales para observar en una escala internacional.

3º) Atlas fenológico internacional.

4º) Datos, cartas e informes fenológicos. Elementos y frecuencias.

Sobre todos los temas expuestos se establecerá una reglamentación definitiva, teniendo en cuenta lo resuelto acerca de los mismos por la Organización Meteorológica Internacional y lo que se considere conveniente incorporar en base a los últimos adelantos de esta ciencia. Sin perjuicio de la reglamentación referida se podrán formalizar resoluciones y recomendaciones sobre diversos temas, tales como establecer una coordinación de trabajo con otros organismos internacionales, directivas sobre el intercambio bibliográfico, enseñanza, etcétera.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS Y FASCÍCULOS

American Meteorological Society. — *Compendium of Meteorology*, 1951 (Boston). 551.5 (08).

Compendia esta obra de 1.500 páginas el estado de los conocimientos actuales en el campo de la meteorología, como consecuencia de las investigaciones efectuadas durante los últimos años. Está dividida en 25 capítulos, cada uno de los cuales agrupa distintos aspectos, en los que han colaborado más de 100 especialistas de renombre universal. Comprende artículos sobre composición y física de la atmósfera, las últimas investigaciones sobre la alta atmósfera, estudios de dinámica, meteorología sinóptica, análisis muy completos sobre meteorología tropical y polar (de mucho interés para nuestro país la sección referente a la Antártida), hidrometeorología, meteorología marítima, biológica y química, contaminación atmosférica, fenómenos que interesan especialmente a la aviación, instrumental e investigaciones de laboratorio, y, por último, dos secciones que se ocupan de modernos estudios sobre radiometeorología y aplicación de los microsismos a problemas meteorológicos. Cada capítulo contiene también una nutrida bibliografía sobre el tema. Editó T. F. Malone y la preparación estuvo a cargo de un comité presidido por H. G. Houghton e integrado por H. Byers, H. Landsberg, H. Wexler, B. Haurwitz, A. Spilhaus y H. Willett. Puede considerársela como una de las obras de mayor interés aparecidas en los últimos años en el campo de la meteorología. — R. M. Q.

Scherhag, R. — *Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose*, 1948 (Berlin). 551.509 (02).

Esta importante publicación es un tratado amplio y profundo de la meteorología sinóptica moderna (estado del año 1946, más o menos), bajo consideración particular de los nuevos conocimientos y métodos desarrollados en Alemania antes y durante la guerra, basados en los datos de una extensa red de sondeos aerológicos. La primera parte del libro contiene, en forma resumida, la historia de la meteorología sinóptica, y se ocupa luego de los funda-

mentos teóricos para las exposiciones de los subsiguientes capítulos. Aquí encontramos, entre otros, el nomograma de Phillips para la determinación del viento gradiente en base a cualquier topografía absoluta, un nomograma de gran utilidad para el trabajo práctico. La segunda parte atiende a la circulación general en la troposfera y la estratosfera. Para los meses de enero y julio están representadas las topografías medias absolutas de las superficies de 500, 225, 96 y 41 mb (5,5; 11; 16,5 y 22 km de altura), y las topografías relativas correspondientes, siempre para todo el hemisferio Norte. Ya que la elaboración de estos mapas se basa en los datos aerológicos disponibles hasta la fecha, resultan en conocimientos nuevos e importantes. La vinculación con estos mapas de altura define el concepto de la «compensación normal» de la presión atmosférica y las desviaciones de la misma, probablemente causadas por la advección de masas excepcionalmente frías (o calientes) en la estratosfera. El concepto de la compensación normal puede aplicarse también en ocasión de la construcción de mapas de niveles estratosféricos, cuando el número de sondeos disponibles es escaso. La tercera parte ofrece una nueva clasificación de las masas aéreas (la cual se usa hace 4 años en el trabajo práctico en Alemania), y da una exposición detallada del análisis sinóptico. Aquí encontramos, en forma de ejemplo, una serie muy interesante de situaciones sinópticas excepcionales, es decir, en ocasión de períodos fríos de gran intensidad, gotas frías, temporales que causaron famosas catástrofes, zonas frontales ejemplares, etc. Para todo ello, se publican los mapas sinópticos y auxiliares, con los datos originales transcritos, en una excelente impresión. La cuarta parte trata, también en base a ejemplos detalladamente publicados, los métodos de la previsión a corto plazo, en particular los que aprovechan los mapas de altura. Se describe la construcción de los mapas pronosticados según el procedimiento de autor, el cual resultó de gran éxito y obtuvo reconocimiento internacional. Luego encontramos consideraciones acerca del texto y la redacción de los pronósticos de los servicios públicos. La quinta y última parte da algunas ideas y ejemplos a propósito de la elaboración

de pronósticos a medio y largo plazo, pero esto en forma menos detallada que en los capítulos anteriores. Llamamos la atención, en esta sección, las exposiciones sobre las ondas bariásicas, algunas de las cuales tienen su sede en la estratosfera, y las de un ritmo de 29 días existente en la marcha de la desviación de la compensación (antes mencionada en la parte segunda). La bibliografía del libro se ha compuesto en forma muy extensa y prolija. Se citan 897 trabajos o publicaciones de todas partes del mundo; también es esto un testimonio del cuidado y la perfección científica con que Scherhag ha elaborado este valioso libro. — W. S.

Brooks, C. E. P. — *Climate in Everday Life*, 1950 (Londres). 551.585.

El origen de este estudio, según el mismo autor, ha sido un breve folleto, «Clima y el deterioro de los materiales», al cual han sido unidos artículos climatológicos de todas las revistas científicas referentes al comercio y la industria, como también datos de los Institutos Meteorológicos. Infinidad de ejemplos citados provienen en su mayor parte de Gran Bretaña y sus dominios. El conjunto abarca un estudio completo de climatología dividido en tres partes: la vida según los climas, el clima como enemigo, y el control del clima. — C. H. J. K.

Santos, M. C. — *Régimen de heladas en Buenos Aires, Pereyra y Eva Perón*. (Apartado del *Archivo Filológico del Uruguay*, La Estanzuela, (R. O. del Uruguay, Vol. 4, 1951). 551.524.37(82.12).

Mediante un estudio estadístico de las temperaturas mínimas ocurridas en las localidades de Buenos Aires, Pereyra y Eva Perón (ex La Plata), durante 40 y más años, analiza el autor el régimen de bajas temperaturas y heladas que en la región se registran durante los meses de abril a octubre, inclusive. Considera helada, a los fines estadísticos, la temperatura de 0° C o inferior, registrada con el termómetro de mínima ubicado en casilla meteorológica a 1,50 m sobre el suelo. Determina, basándose en la desviación típica, para cada día de los meses de abril a octubre, el valor al que puede descender la temperatura mínima una vez cada 50 años y una vez cada 100 años. Calcula la temperatura media extrema que en cada quincena puede esperarse una vez cada dos años, una vez cada 10 años y una vez cada 100 años y construye una gráfica de dichos valores. Para un período uniforme de 40 años, determina, para las tres localidades, las fechas medias de la primera y la última helada anual. Calcula la última probabilidad, para cada día de otoño en que ocurra

la primera helada anual antes de una fecha cualquiera. Construye dos curvas con los valores calculados para cada una de las tres localidades. Determina los índices de peligrosidad de heladas correspondientes a cada localidad. Llega, entre otras conclusiones, a afirmar que la ciudad de Eva Perón se caracteriza por un régimen invernal menos riguroso que el de Buenos Aires, y principalmente que el de Pereyra, no obstante encontrarse estas dos últimas localidades situadas más al norte que la capital de la provincia de Buenos Aires.

Wold, H. — *Series cronológicas estacionarias*, 1951 (Madrid). 519.2.

Este folleto reproduce las conferencias desarrolladas por el autor en Madrid, en 1949, y en Lucknow (India), en 1950. Trata de las series cronológicas estacionarias, es decir, de aquellas cuyos parámetros estadísticos no varían con el tiempo. Después de dar una noción general sobre los procesos estocásticos, describe algunos procesos específicos de tipo estacionario: el proceso puramente estocástico, el proceso armónico y el proceso de medias móviles. Indica los «tests» a aplicar en los distintos esquemas y también para apreciar el grado de significación de los coeficientes de regresión calculados en series cronológicas. Uno de los capítulos trata de los procesos puntuales, es decir, de aquellos que se producen a intervalos más o menos irregulares, tales como las llamadas telefónicas en una central. La obra termina con algunos ejemplos que ilustran las teorías desarrolladas. — E. L. S.

REVISTAS

American Meteorological Society (Meteorological Monographs, Vol. I, N° 2, 1951 (Boston).

Craig, R. A. — *Atmospheric ozone and their meteorological significance*. 551.510.534

Este trabajo fue presentado originalmente con el carácter de tesis doctoral al Massachusetts Institute of Technology. En principio, el fin perseguido consistió en resumir los datos observacionales y discutir la teoría fotoquímica del ozono. Al publicarlo en forma de folleto el autor manifiesta que el propósito ulterior consiste en reunir los conocimientos actuales sobre la materia, facilitando su estudio a los interesados en este tema.

Se inicia el folleto con una breve historia del problema del ozono, se discuten las características observadas por medio del cálculo fotoquímico y en dos anexos se dan detalles sobre este cálculo y sobre

las cantidades totales y su distribución vertical. — R. M. Q.

American Meteorological Society (Meteorological Monographs, Vol. I, N° 4, 1951 (Boston).

Carter, J. H., y otros. — *On atmospheric pollution*. 551.510.42.

Sobre la base de los trabajos presentados al Symposium referentes a contaminación atmosférica realizado en ocasión del 30° Congreso de la American Meteorological Society en St. Louis, en enero de 1950, se ha preparado este folleto con la contribución de destacados especialistas en la materia. Carter, Gosline, Hewson y Landsberg encaran en cuatro breves comunicaciones algunos aspectos del problema discutidos en la reunión mencionada. G. W. Brier, del Weather Bureau, se ocupa de la teoría estadística de la difusión, tomando en consideración el coeficiente de correlación de Lagrange y el sistema euleriano. W. C. L. Hemeon, del Industrial Hygiene Foundation, examina los requerimientos exigidos a los instrumentos medidores de la contaminación. P. H. Lowry, Mazzairella y M. E. Smith, del Brookhaven National Laboratory, relatan las experiencias realizadas en dicho instituto referentes a la concentración de humo, producido por un quemador de petróleo y emitido por una chimenea de 100 metros de altura, bajo diversas condiciones atmosféricas. H. F. Poppendick se refiere a las investigaciones llevadas a cabo por la Universidad de California comparando las condiciones de turbulencia en las capas bajas de la atmósfera, sobre el desierto de Arizona y sobre Los Angeles. H. Rouse, del Iowa Institute of Hydraulic Research, describe las experiencias con modelos efectuados para estudiar la difusión de gases en el aire sobre áreas urbanas, y sugiere emplear el mismo método para investigar la difusión del humo en relación con la topografía y la velocidad del viento. R. H. Sherlock, de la Universidad de Michigan, ilustra sobre métodos gráficos representativos de la frecuencia y duración de vientos con el objeto de predecir la variación de las condiciones de concentración de gases en el aire. Por último, M. E. Smith desarrolla el método utilizado por el Brookhaven National Laboratory para pronosticar la dirección, velocidad y turbulencia del viento en los primeros 130 metros sobre el suelo, con antelación de 1 hora. Este estudio se efectuó en vinculación a operaciones con un reactor nuclear. En resumen, el folleto que reseñamos analiza en sus 55 páginas la técnica de observación y experimentación empleada actualmente en los Estados Unidos

para el estudio del problema de la contaminación atmosférica. — R. M. Q.

Sudamérica, III Jahrg, N° 1, julio-agosto 1952 (Buenos Aires).

Woelcken, K. — *Von wetter in Argentinien*. 551.582.1 (82).

Al reseñar las características meteorológicas de la Argentina, el autor destaca la diversidad de climas que existen en nuestro país. Menciona los valores medios en distinta zonas y pone de relieve los máximos y mínimos absolutos en comparación con otras regiones del planeta. Explica, con ayuda de gráficos, la formación de frentes, refiriéndose en especial a la zona de los 40° de latitud y a su desarrollo posterior. Luego se describen el origen y las características de los vientos típicos del país (nampero, sudestada, zonda). El autor hace notar que la limitación de espacio le impide referirse a otros fenómenos muy importantes que intervienen en la configuración de los climas argentinos. — R. M. Q.

Bulletin American Meteorological Society, Vol. 33, N° 5, mayo 1952 (Washington).

Gringorten, F. — *An objective aid to local forecasting*. 551.509.21.

Además de mejorar la calidad de los pronósticos, las ayudas objetivas al pronóstico local sirven como guías o indicadores para el pronosticador. Las principales ayudas son: a) cálculo numérico para determinar los futuros campos de presión y temperatura, b) operaciones estadísticas, c) una selección de casos análogos, y d) estudio de carácter histórico. Cada una tiene sus limitaciones y es necesario contar con un conjunto concertado de predictores. El autor propone una guía de este tipo bajo la forma de un registro permanente del tiempo para un lugar, conteniendo todos los casos de situación y evolución meteorológicas similares en el transcurso de varios años, formando el clasificador general con los tipos del campo bariónico en superficie. — S. T. K.

Annalen der Meteorologie, Tomo V, cuaderno 1-2, 1952 (Hamburgo).

Kruhl, H. — *Über Warmfrontwellen und zur Dynamik warmer Hochdruckgebiete*. 551.515.8.

Detallado análisis tridimensional de una situación sinóptica que permite poner de relieve las características de una onda en un frente caliente de gran extensión y las de la cuña perteneciente de alta presión. Consideración particular de aquellos fenó-

menos que interesan para la previsión de evoluciones sinópticas de ese tipo.—W. S.

La Météorologie, enero-marzo 1952 (París).

Vassy, E. — *Terminologie Concernant l'Atmosphère*, 551.510:41.316.4.

Se exponen las proposiciones de la última Asamblea General de la U. G. G. I. realizada en agosto de 1951 en Bruselas, con objeto de fijar una terminología aplicable a la alta atmósfera. Se han definido en altitud cinco grandes regiones. Se define igualmente en función de la composición química la homoesfera y la heteroesfera.—E. C. B.

Revista de Aeronáutica, Año 2, N° 141, agosto de 1952, (Madrid).

Jansa Guardiola, J. M. — *Meteorología supersónica*. 551.501.7.

El autor considera de interés introducir el número de Mach en las fórmulas termodinámicas de la atmósfera, a pesar de que reconoce que las velocidades de interés meteorológico están muy por debajo de la velocidad del sonido. Opina que con tal procedimiento se obtienen dos ventajas: vincular la aerodinámica meteorológica con la técnica y simplificar algunas de las ecuaciones clásicas. Obtiene el número de Mach para distintas alturas como relación entre la velocidad de una partícula (en función de la velocidad angular de la Tierra, la latitud y la altura) y la del sonido (en función de la temperatura). Recién para 300 km de altura o en los ciclones tropicales el número de Mach adquiere valores de cierta importancia (0.16).

Deduca luego distintos parámetros (entalpía, temperatura potencial, variación de entropía) haciendo intervenir la velocidad del sonido y estudiando la introducción de estas fórmulas en los campos cinemáticos y en las ondas de choque.—R. M. Q.

Australian Journal of Scientific Research, Serie A, Vol. 5, N° 2, junio de 1952 (Melbourne).

West, E. S. — *A study of the annual soil temperature wave*. 551.525.4.

Observaciones hechas en Griffith (Australia) durante un período de 8 años, en profundidades de 1 pulgada a 8 pies del suelo, comparándolas con las correspondientes temperaturas del aire. El autor comprueba que las fluctuaciones se ajustan exactamente a la ecuación teórica sobre propagación armónica de las ondas de temperatura en el suelo.—C. M. J. K.