

Régimen de horas de frío durante el invierno en Buenos Aires

POR

ANTONIO J. PASCALE (*) y CELESTINO ASPIAZÚ (**)

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la necesidad que presentan ciertas especies agrícolas perennes de satisfacer un determinado enfriamiento durante el período de descanso, para que el subsiguiente proceso vegetativo se cumpla sin anomalías fenológicas ni se presenten variaciones en la productividad. Ese enfriamiento comienza a computarse como acumulación de horas de frío cuando la temperatura del aire desciende de un nivel térmico establecido en los 7°C.

La intensidad de la fase negativa del termoperíodo anual que caracteriza a la mayoría de las regiones del hemisferio norte dedicadas a la explotación de frutales de hojas caducas, permite que las plantas concluyan su período de descanso con un exceso de horas de frío. En cambio, la típica oceanidad del hemisferio sur, determina que los inviernos de la mayoría de sus zonas frutícolas no alcancen a cubrir los requerimientos mínimos de los frutales criófilos; así es que las especies más exigentes, como lo son los manzanos y los perales, deben ser ubicadas en latitudes altas o en lugares situados a mayor altura sobre el nivel del mar, allí donde el régimen térmico invernal permite el enfriamiento más conveniente, pero que en primavera ofrecen el peligro de las heladas tardías; las zonas con inviernos más suaves son reservadas para especies menos exigentes, como ser almendros, damascos, cerezos, ciruelos y hasta para durazneros.

(*) y (**) Ingenieros Agrónomos, Profesor Asociado y Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, respectivamente.

La falta de temperaturas suficientemente bajas para el normal descanso de las especies criófilas, ha sido señalada en distintas regiones, aun del hemisferio norte, pero los casos más frecuentes se presentan en el hemisferio sur. A modo de ejemplo se citan los estudios efectuados en Argentina, Brasil e Israel. (BURGOS Y LEDESMA, 1942) (DA MOTA, 1957) y (BARAK, 1964).

En este trabajo se estudia el régimen de horas de frío de Buenos Aires con los valores de la Estación Meteorológica de Villa Ortúzar que se encuentra en el ámbito del campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Por el mismo, los investigadores que realizan estudios en la Facultad podrán comprobar la forma en que cumplen los inviernos las especies experimentadas a campo, así como podrá servir para que la metodología utilizada pueda usarse para otras regiones del país donde estudios análogos serían importantes. El aspecto climático se complementa con una aplicación bioclimática, utilizando a tal fin el comportamiento de variedades de ciruelo del monte frutal de la Facultad con relación a la diferente intensidad de los inviernos de Buenos Aires.

MATERIAL Y MÉTODO DE TRABAJO

La caracterización del régimen de horas de frío se efectuó a partir de los valores horarios de temperatura del Observatorio Meteorológico de Villa Ortúzar (latitud: 34° 35' S; longitud: 58° 29' W de G; altura: 25 m) para el período 1911-1963, los que fueron extraídos del Archivo Nacional del Servicio Meteorológico Nacional. El número de horas inferiores a 7° C, se computó para todos los meses del termoperíodo anual y para cada uno de ellos se aplicó el tratamiento estadístico adecuado a la dispersión de valores analizados.

La eficiencia de las horas de frío durante el período de descanso de las plantas es variable según el termoperíodo diario, es decir, según como se presenta la termofase positiva diaria en relación al descenso térmico nocturno precedente. Un determinado número de horas de frío puede ser bioclimáticamente ineficaz si se corresponde con temperaturas diarias elevadas que producen un efecto devernalizante (PURVIS and GREGORY, 1945). Por tal motivo, para un período de 25 años (1939-1963) se computó el número de horas ocurridas teniendo en cuenta los niveles de: inferiores a 7°C, entre 7° y 14°C, entre 14° y 21°C y superiores a 21°C. Estos valores elevados a porcentaje sirvieron para calcular la incidencia de las temperaturas de cada nivel en los diferentes meses de la termofase negativa anual.

Para poder ajustar una relación entre el número de horas de frío y el valor de la temperatura media mensual se calculó el coeficiente de correlación existente entre esas dos variables en cada mes y con las rectas de regresión correspondientes se verificó el ajuste del pronóstico para el año 1964.

En el aspecto bioclimático se calculó el número de horas de frío del período normal de descanso de los ciruelos, entre el 1º de abril y el 31 de agosto, efectuándose la correlación con la temperatura media de cada mes y luego se verificó el ajuste del pronóstico utilizándose el caso particular del invierno de Buenos Aires de 1964, en relación a la floración primaveral de los ciruelos del monte frutal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (1).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1) *Variación anual de la temperatura*

Por ser la temperatura un fenómeno continuo, en las latitudes extratropicales la variación estacional de la misma queda perfectamente fijada por una senoide, tanto más evidente cuanto más avancemos en latitud o en continentalidad. Para Buenos Aires, con la utilización de las temperaturas medias mensuales, promedio de 50 años (SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, 1958), se confeccionó la variación mensual de la temperatura a través del año (fig. 1). La línea de la temperatura media anual separa las dos fases de variación anual de la temperatura. La termofase negativa, que es el motivo de este trabajo posee la particularidad de ser 11 días más larga que la termofase positiva. Además, es interesante consignar que en una amplitud térmica anual de 13,5°C, la termofase negativa es 0,5° C menos intensa que la termofase positiva. Estos valores pueden comprobarse a través de la figura 1.

2) *Distribución mensual de las horas de frío*

La intensidad de la termofase negativa anual de una localidad puede estudiarse de distintas formas. Climáticamente puede hacerse por la intensidad y frecuencia de los valores mínimos, y bioclimáticamente, según la frecuencia de los distintos niveles térmicos que interesen al individuo considerado, ya sea en su incidencia sobre el crecimiento, desarrollo o confortabilidad. Para el caso de las especies agrícolas crió-

(1) Los autores agradecen al Ing. Agr. Oscar H. Bordarampé, profesor de Cálculo Estadístico y Biometría, la revisión efectuada al tratamiento estadístico aplicado a este trabajo.

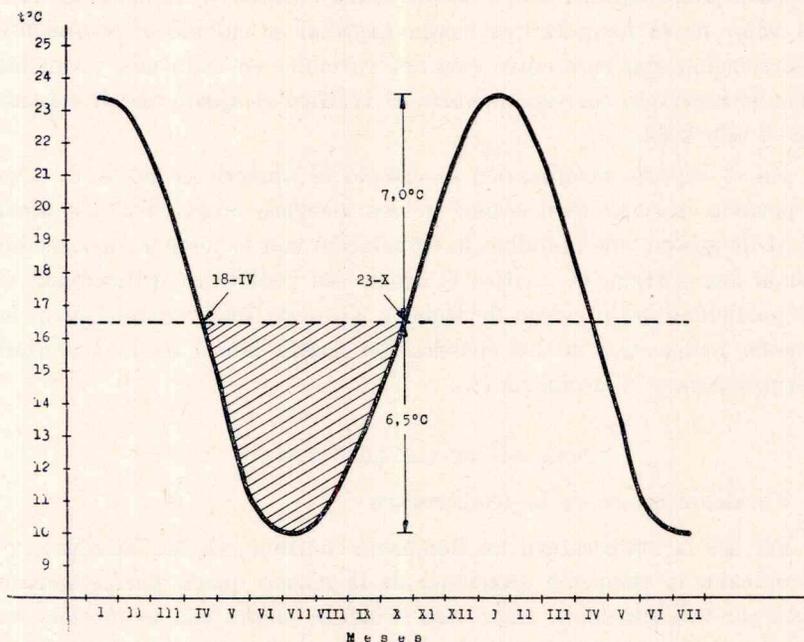


Fig. 1 — Variación mensual de la temperatura del aire a través del año en Buenos Aires.

filas importa estudiar el régimen de las temperaturas durante el período de descanso de esos vegetales, pues de la forma que superen este período de inactividad fenológica dependerá la cantidad y calidad de la producción del año agrícola siguiente. La temperatura de 7°C (NIGHTINGALE and BLACK, 1934 —a y b—), se considera que es la que limita la actividad de crecimiento de los frutales criófilos, por lo cual al número de horas que la temperatura está por debajo de ese nivel se lo denomina “horas de frío” y sirve de patrón de comparación de la intensidad con que esos vegetales superan el período de descanso o inactividad vegetativa.

En la figura 2 se ha representado el valor medio mensual de las horas de frío computado para el período 1911-1963. Surgió de la misma que en una curva ligeramente anormal la mayor intensidad se encuentra en el mes de julio y que antes y después de ese mes la ocurrencia del fenómeno es distinta. La intensidad es mayor en los meses anteriores que en los posteriores a julio, pero en cambio en estos últimos, la producción de horas de frío es algo más dilatada, llegando la extemporaneidad hasta el mes de diciembre. Las advecciones de aire frío tan

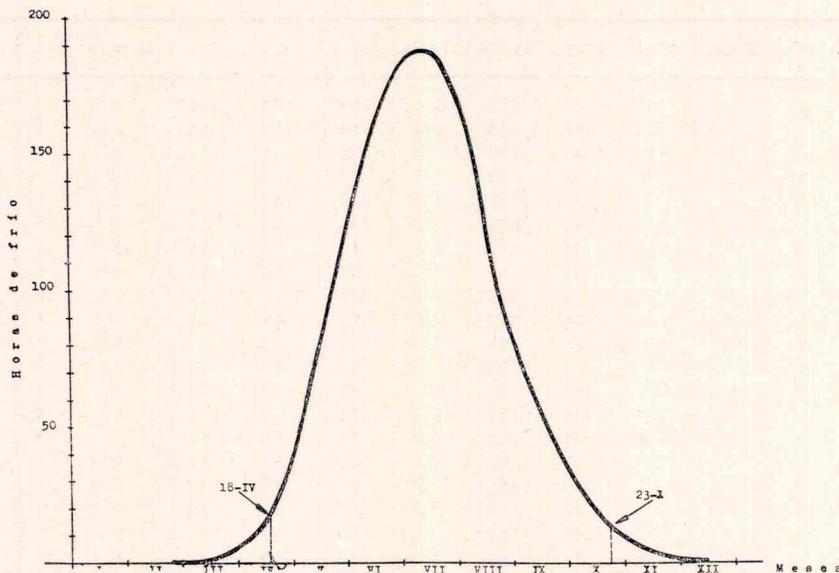


Fig. 2 — Valor medio mensual de las horas de frío registradas en Buenos Aires (período 1911-1963).

comunes en nuestro país son las responsables de que solamente el mes de enero no tenga en ningún momento temperaturas inferiores a 7°C . En la serie analizada, el mes de febrero de 1914 registró la ocurrencia de 8 horas de frío, lo que determina que aun en forma muy espaciada en ese mes puedan producirse temperaturas inferiores al nivel considerado (Cuadro I).

Efectuado el análisis de la distribución de frecuencias de las cantidades de horas de frío mensuales, surge que el valor medio sólo es representativo para los meses de mayor intensidad, es decir, junio, julio y agosto, pues tanto en los anteriores como en los posteriores existe una marcada asimetría hacia los valores menores a la media. Para los meses de junio, julio y agosto, la cantidad de horas de frío en la serie de 53 años presenta una distribución ligeramente asimétrica que no llega a ser significativa, pudiéndose suponer que si el número de años hubiera sido mayor, la curva tendería a la normalidad. Por ello, puede calcularse para esos 3 meses la probabilidad de ocurrencia de distintas cantidades de horas inferiores a 7°C tal como se muestra en el cuadro II.

Del mismo modo puede inferirse que si bien junio y julio tienen mayor cantidad media de horas de frío, agosto presenta una mayor

CUADRO I

Número de horas inferiores a 7°C registradas durante el período 1911-1963 en la
Estación Meteorológica Villa Ortúzar (Bs. As.)
(Latitud: 34° 35' S; longitud: 58° 29' W de G; altura: 25 metros)

Años	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1911	0	0	20	82	318	208	194	149	102	0	0	1073
1912	0	0	22	115	162	245	184	81	16	0	0	825
1913	0	0	2	49	194	64	135	60	11	0	1	516
1914	8	0	1	28	63	47	70	59	14	12	0	302
1915	0	2	7	66	377	209	120	21	7	2	0	811
1916	0	2	0	61	438	372	111	69	33	8	0	1094
1917	0	0	8	134	169	226	249	59	14	20	0	879
1918	0	0	8	145	200	281	208	110	49	0	0	1001
1919	0	0	10	5	151	147	224	76	9	13	0	635
1920	0	1	0	70	237	310	195	55	33	0	0	901
1921	0	2	15	66	360	244	174	19	0	19	0	899
1922	0	0	39	78	158	33	57	34	21	3	0	423
1923	0	0	28	144	108	307	108	37	25	0	4	761
1924	0	0	29	206	185	255	231	75	35	5	0	1021
1925	0	0	16	151	338	300	88	74	39	0	0	997
1926	0	0	12	97	102	231	62	67	36	6	0	613
1927	0	0	4	110	171	155	95	110	25	5	0	675
1928	0	0	19	35	268	167	169	94	10	2	0	764
1929	0	3	12	140	150	165	131	29	31	8	0	639
1930	0	0	0	17	36	270	197	89	27	2	0	638
1931	0	0	7	186	243	270	115	123	7	14	0	965
1932	0	0	0	153	127	26	131	40	15	0	0	492
1933	0	0	2	24	211	316	92	62	22	8	0	737
1934	0	0	47	112	112	161	111	37	23	3	0	606
1935	0	0	48	24	113	227	130	99	41	1	0	683
1936	0	0	0	31	108	67	187	68	12	0	0	473
1937	0	3	9	138	66	240	113	54	19	12	0	654
1938	0	0	13	16	151	181	178	51	17	0	3	610
1939	0	0	42	23	43	110	78	5	5	8	7	321
1940	0	0	19	35	70	54	150	57	17	3	0	405
1941	0	0	18	99	142	88	63	133	21	3	0	567
1942	0	2	17	115	241	338	79	42	20	0	0	854
1943	0	1	5	39	44	107	206	47	6	2	0	457
1944	0	0	24	47	110	137	89	25	11	0	0	443
1945	0	0	18	68	221	195	65	30	0	0	0	597
1946	0	0	8	46	137	171	85	32	33	0	1	513
1947	0	0	7	80	50	241	193	54	19	2	3	649
1948	0	0	1	103	55	146	249	27	9	8	0	598
1949	0	0	20	75	125	181	139	72	35	2	0	649
1950	0	0	16	40	89	194	145	77	22	1	1	585
1951	0	0	18	35	132	86	95	86	34	0	0	486
1952	0	0	22	7	257	129	116	49	12	17	0	609
1953	0	0	26	27	80	334	53	7	21	0	0	548
1954	0	0	21	118	108	220	123	40	15	0	0	645
1955	0	1	26	63	169	352	148	62	26	3	0	850
1956	0	0	36	213	125	170	116	52	1	0	0	713
1957	0	0	0	15	160	269	126	24	11	0	0	605
1958	0	0	10	97	85	0	154	58	11	0	0	415
1959	0	0	35	94	118	74	115	48	12	0	0	496
1960	0	0	5	67	132	181	80	47	4	5	0	521
1961	0	0	15	29	192	151	22	44	0	3	0	456
1962	0	0	23	95	133	263	117	23	17	0	0	671
1963	0	6	0	67	101	68	112	40	3	0	0	397
Media	0,15	0,43	15,28	78,87	159,15	188,36	131,64	58,15	19,79	3,77	0,38	655,98
1964	0	19	4	16	255	177	106	52	23	0	0	652

probabilidad de ocurrencia alrededor de su valor medio, pues los correspondientes coeficientes de variabilidad son 55,3 - 48,9 y 40,2 % para junio, julio y agosto, respectivamente. Además, la probabilidad de que en uno de esos meses no se produzcan horas de frío es de 1:28,6 años; 1:50 años y 1:133,3 años, respectivamente, lo que también muestra la menor variabilidad de agosto.

Algo similar a lo que ocurre con la variación de los valores mensuales, acontece con la cantidad total anual de las horas de frío, como

CUADRO II

Probabilidad de ocurrencia calculada en porciento de distintas cantidades de horas de frío durante el invierno en Buenos Aires.

<i>Horas de frío</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>
50 ó más	89	94	94
100 " "	75	83	73
132 " " (\bar{X} de agosto)	62	72	50
150 ó más	54	66	37
159 " " (\bar{X} de junio)	50	63	30
188 ó más (\bar{X} de julio)	37	50	15
200 ó más	32	39	10
250 " "	15	25	1
300 " "	6	12	<1
350 " "	2	4	<0,1
400 " "	<1	1	—

se desprende del cuadro I. La curva de distribución anual es asimétrica aunque su apartamiento de la simetría no llega a ser significativo, pudiéndose establecer que con una serie de más años que la analizada, los valores se ajustarán a una distribución gaussiana. Por tal motivo, como en el caso de los valores mensuales, puede calcularse la probabilidad de ocurrencia anual de horas de frío; por el mismo se determinó que las cantidades extremas de horas con temperaturas inferiores a 7° C, es decir 300 y 1100 que se produjeron en los años 1914 y 1916 de la serie de 53 analizados, tienen una probabilidad de ocurrencia de 1:50 y 1:200 años, respectivamente, lo que estaría indican-

do la mayor posibilidad de la producción de horas de frío con tendencia a los valores más bajos, presunción que será corroborada en un análisis posterior. Además, el valor medio de las horas de frío anuales tiene una desviación típica de 173 horas lo que determina un coeficiente de variabilidad de algo más del 26 % que indica una ocurrencia anual bastante variable.

3) *Incidencia de la termofase positiva diaria*

Desde el punto de vista bioclimático es importante consignar la forma en que se producen las horas de frío. Es muy distinta su acción sobre los vegetales criófilos cuando ocurren masivamente, es decir, en una sucesión de días fríos sin la alternancia con temperaturas máximas diarias elevadas, que cuando son acompañadas por estas últimas, pues un determinado número de horas de frío puede perder su efecto bioclimático favorable al incidir a continuación temperaturas máximas que ejerzan una acción devernalizante. En estudios anteriores en el mismo ambiente de Buenos Aires, se ha comprobado una diferente reacción de variedades de ciruelo según la distinta alternancia de temperaturas diarias bajas y altas durante el período de descanso de las plantas (PASCALE y RUGGIERO, 1963).

Ante este conocimiento, resultó interesante analizar la forma en que se distribuyen mensualmente las horas de frío según niveles térmicos que pueden tener distinta acción bioclimática durante el período de descanso de los vegetales. Para ello se computaron los 25 años (1939-1963) de los valores mensuales de cantidad de horas que se produjeron según los niveles de inferiores a 7°C, entre 7° y 14°C, entre 14° y 21°C y superiores a 21° C. A un mayor número de horas con temperaturas elevadas, deberá corresponder un menor efecto vernalizante del número de horas de frío. En el cuadro III y figura 3 se resume el valor medio de las horas mensuales según los niveles considerados y el porcentaje de cada uno de ellos en los diferentes meses de la termofase negativa anual de Buenos Aires.

Agrupados los niveles de hasta 14° C y superiores a 14° C separadamente, considerando que en el primer caso las temperaturas incluídas favorecen el descanso vegetativo o no llegan a tener efectos devernalizantes, y en el segundo que se trata de temperaturas de crecimiento o de efecto contrario a la acumulación de frío, surge que los meses más efectivos para el cumplimiento del descanso vegetativo de las especies criófilas en Buenos Aires son junio y julio, con aproxima-

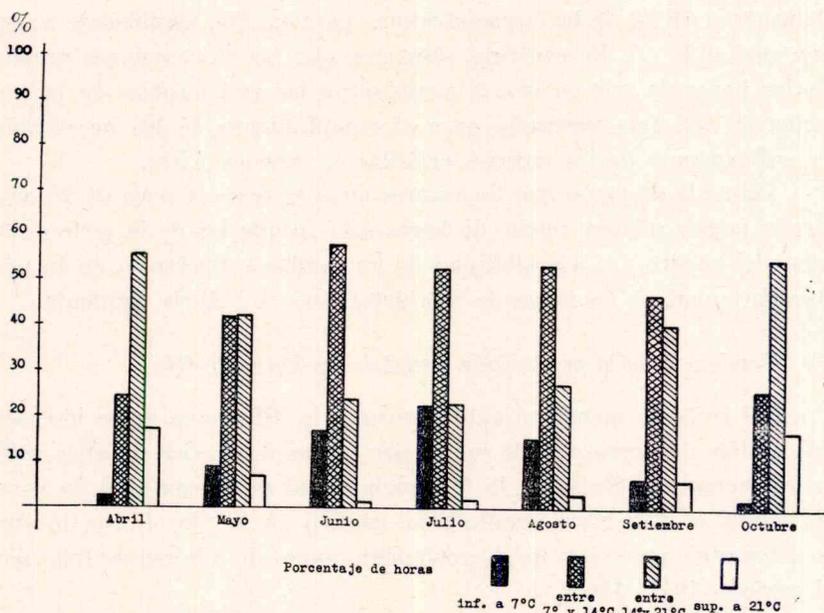


Fig. 3 — Distribución porcentual de las temperaturas horarias diarias según niveles de interés bioclimático durante la termofase negativa de Buenos Aires (período 1939-1963).

CUADRO III

Distribución porcentual de las temperaturas horarias diarias según niveles de interés bioclimático durante la termofase negativa de Buenos Aires (período 1939 - 1963)

Meses	Número de horas							
	Inf. a 7° C		Entre 7 - 14°		Entre 14 - 21°		Sup. a 21°	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Abril	17,4	2,4	176,6	24,5	401,4	55,8	124,6	17,2
Mayo	67,9	9,1	311,4	41,8	313,8	42,2	50,9	6,8
Junio	123,2	17,0	416,0	57,8	171,6	23,8	9,2	1,2
Julio	168,0	22,6	392,9	52,8	169,1	22,8	14,0	1,8
Agosto	115,9	15,6	399,8	53,6	204,5	27,5	23,8	3,1
Setiembre	46,2	6,4	339,7	47,1	290,2	40,4	43,9	6,1
Octubre	14,9	2,0	194,6	26,2	408,6	55,0	125,9	16,9

damente el 75 % de las horas efectivas para tal fin, siguiéndole agosto con casi el 70 %. Es evidente, entonces, que las fluctuaciones anuales de las horas de frío en esos 3 meses serán las responsables de la acumulación del frío necesario para el cumplimiento de las necesidades de enfriamiento de las especies criófilas en Buenos Aires.

Llama la atención que los valores mensuales de la serie de 25 años tienen menor número medio de horas de frío que los de la serie de 53 años del cuadro I. La posibilidad de un cambio o tendencia en la producción anual de las horas de frío determinó el análisis siguiente.

4) *Tendencia en la producción anual de las horas de frío*

Tal como se mencionó anteriormente, la diferencia entre los valores medios de horas de frío mensuales de las dos series de años utilizadas motivó el cálculo de la tendencia anual de la cantidad de horas inferiores a 7°C, cuyo resultado se graficó en la fig. 4, con lo cual se demuestra que existe un decrecimiento anual de 6 horas de frío para el período 1911 - 1963.

Esta disminución de las horas de frío se debe a un aumento en la temperatura media mensual que para los 53 años de la serie da una tendencia (T) positiva en los meses invernales, con los siguientes valores:

$$\text{Junio: } T = 10,5 + 0,0457 x$$

$$\text{Julio: } T = 10,2 + 0,0265 x$$

$$\text{Agosto: } T = 11,2 + 0,0303 x$$

Este calentamiento progresivo podría deberse a que el Observatorio de Villa Ortúzar se fue cubriendo en sus horizontes libres con edificación y vegetación cada vez más altas, determinándose que ese lugar no representaría el mismo ambiente térmico de hace 50 años. Sin embargo, efectuado un estudio con la serie similar de años para la estación meteorológica ubicada en el Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger de La Estanzuela, Uruguay (latitud: 34° 20' S; longitud: 57° 44' W; altura, 82 m) que tiene temperaturas medias mensuales casi idénticas a las de Villa Ortúzar pero con alrededores no modificados desde su instalación, se comprobó que existe la misma tendencia positiva en los valores térmicos mensuales⁽¹⁾.

(1) Las tendencias de las temperaturas medias mensuales de La Estanzuela fueron calculadas por personal del referido Centro de Investigaciones Agrícolas y obtenidas por intermedio del Ing. Agr. J. J. Burgos.

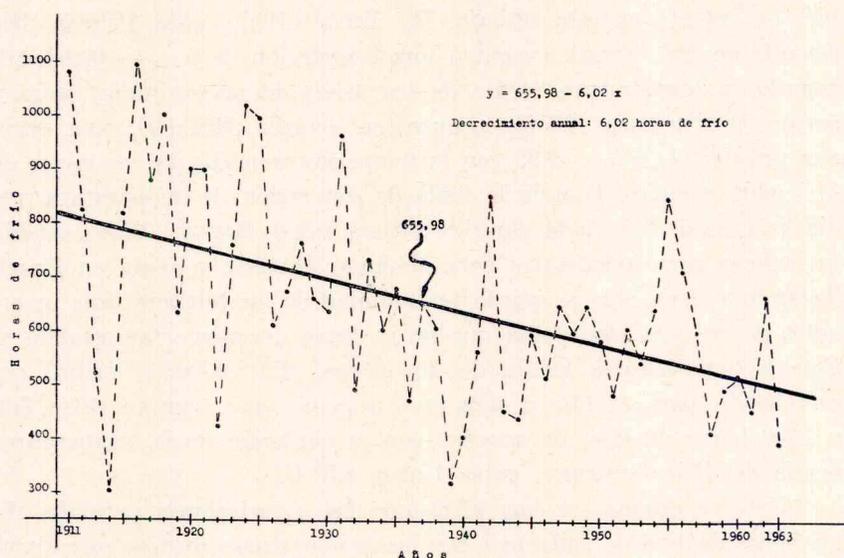


Fig. 4 — Tendencia anual en el registro de horas inferiores a 7°C en Buenos Aires para el período 1911-1963.

Se comprueba así la existencia de un aumento de la temperatura invernal de esta zona que por la reducida cantidad de años disponible para el análisis no sería conveniente aseverar que se debe a un cambio climático, sino probablemente a fluctuaciones naturales o anomalías climáticas que pueden prevalecer sobre determinadas regiones por períodos similares a los de las series estudiadas. Se llega a esta conclusión por estudios semejantes efectuados en otras regiones de la Argentina, como la Patagonia, donde con períodos de alrededor de 60 años las diferentes estaciones meteorológicas analizadas tienen tendencias seculares prácticamente horizontales, es decir, que el régimen térmico no ha sufrido modificaciones (GALMARINI y RAFFO DEL CAMPO, 1965).

5) *Correlación entre horas de frío y temperatura media mensual*

Si bien el cómputo de horas de frío no es una tarea difícil, requiere contar con las observaciones horarias, ya sea tomadas directamente o a través de la curva termográfica respectiva. Por ello, si se encuentra un índice climático de la temperatura de fácil obtención que esté altamente correlacionado con la duración del enfriamiento por debajo de 7°C, ello representaría una simplificación en los cálculos. Esta tarea ya se realizó en otros países con señalado éxito, por lo cual tam-

bién se intentó en este trabajo. DA MOTA (1957) para Pelotas, Río Grande do Sul, Brasil, encontró una correlación de $r = -0,864$ utilizando la temperatura media de los meses de mayo, junio, julio y agosto. WEINBERGER (1956) encontró en Georgia, EE. UU., una estrecha relación de $r = -0,95$ con la temperatura media de los meses de diciembre y enero. Usando la tabla de conversión de temperatura media a horas de frío dada por este último autor, BARAK (1964) calculó los valores correspondientes para Mishmar Haemez y Jenin en Israel, llegando a la conclusión que la variabilidad de las temperaturas invernales de ese país determina que no se logre un ajuste tan grande al usar la temperatura media de dos meses. Sin embargo, utilizó esa correlación para dividir el país en 7 regiones que cuentan entre 300 y 1050 horas de frío, de acuerdo con la variación de la temperatura media de diciembre-enero entre $15,3$ y $8,5^{\circ}\text{C}$.

En este trabajo se han efectuado las correlaciones parciales de las horas de frío de cada mes con las temperaturas medias correspondientes a los 53 años de la serie analizada. También se efectuaron combinaciones de temperaturas medias de 2, 3 y 4 meses con sus horas de frío respectivas, pero no se consignan los resultados de estas últimas correlaciones pues se estima que ese método podría ser útil en regímenes térmicos invernales estables, pero no en el nuestro donde en muchos años la temperatura media del mes que normalmente debe ser el más frío, es más elevada que la correspondiente al anterior o posterior, o existe una alternancia en los diferentes meses que no indica una variación bien definida sino a través de un valor medio de varios años. Por ello, a los efectos del pronóstico de horas de frío es mucho mejor trabajar con cada mes individualmente y luego sumar los parciales obtenidos para el período invernal fijado.

Los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro IV del que surge claramente que los meses con mayor cantidad de horas de frío poseen la correlación más elevada. En la fig. 5 se ha graficado la distribución de valores correspondientes al mes de julio con el ajuste respectivo, habiéndose obtenido que cada vez que se efectúa una determinación en base a la ecuación de la línea recta consignada, se cometerá un error de 28 horas en más o en menos en el 68,27 % de los casos.

6) *Cálculo de las horas de frío correspondientes al invierno de 1964*

En el capítulo anterior se encontró la correlación existente entre el número de horas inferiores a 7°C y la temperatura media de cada

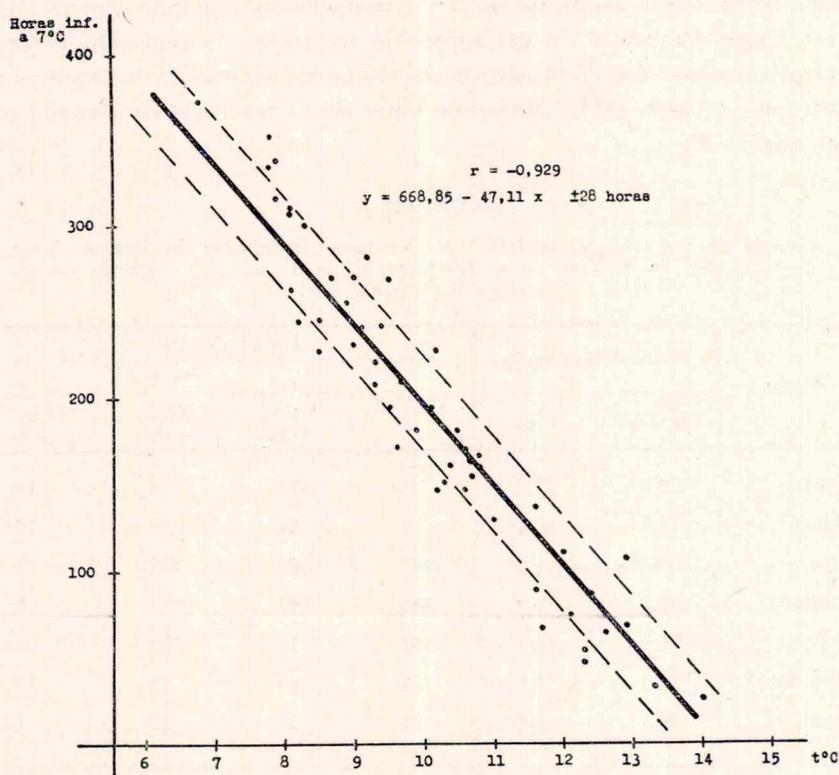


Fig. 5 — Correlación entre las horas de frío y la temperatura media del mes de julio en Buenos Aires (período 1911-1963).

CUADRO IV

Correlación entre las horas de frío y las temperaturas medias de los meses del invierno de Buenos Aires. Período 1911-1963

Meses	r	Rectas de regresión	Sy
Abril	-0,220	$y = 56,17 - 2,43 x$	± 12
Mayo	-0,873	$y = 456,41 - 27,90 x$	± 24
Junio	-0,934	$y = 677,70 - 49,18 x$	± 29
Julio	-0,929	$y = 668,85 - 47,11 x$	± 28
Agosto	-0,866	$y = 562,78 - 38,32 x$	± 26
Setiembre	-0,676	$y = 344,63 - 21,45 x$	± 26
Octubre	-0,508	$y = 126,23 - 6,62 x$	± 14

mes de la termofase negativa del termoperíodo anual de Buenos Aires. Como comprobación del ajuste de las rectas de regresión correspondientes, se efectuó el cálculo de las horas de frío de los meses invernales del año 1964, habiéndose obtenido el resultado consignado en el cuadro V.

CUADRO V

Cálculo de las "horas de frío" de los meses invernales de Buenos Aires durante 1964 en función de la temperatura media mensual. (Rectas de regresión del Cuadro IV)

Meses	Temperatura media		Horas de frío			
	1911/63	1964	1911/63	1964		
				Calculadas	Registradas	Diferencia
Abril	16,8	17,2	15	14	4	+ 10
Mayo	13,5	15,2	79	32	16	+ 16
Junio	10,5	9,2	159	225	255	- 30
Julio	10,2	10,6	188	169	177	- 8
Agosto	11,2	11,8	132	111	106	+ 5
Setiembre	13,4	14,1	58	42	52	- 10
Octubre	16,1	15,4	20	24	23	+ 1
		Total	651	617	633	- 16

Las diferencias mensuales del número calculado de horas inferiores a 7°C con relación al registrado, están dentro de la variabilidad correspondiente a una vez el error típico de estimación de cada recta de regresión y en el total invernal se cometió un error de sólo 16 horas en menos, que es ciertamente insignificante en la cantidad de 633 horas para 1964.

7) *Importancia de la temperatura invernal en el descanso vegetativo de los frutales criófilos*

Son numerosas las experiencias demostrativas que los vegetales con descanso vegetativo desprovisto de hojas durante el invierno, deben satisfacer una cierta cantidad de enfriamiento por debajo del límite térmico de crecimiento, para que sus funciones en el despertar vegetativo se cumplan satisfactoriamente.

Entre los frutales criófilos las deficiencias anotadas como consecuencia de la falta de frío invernal, son: caída de yemas, atraso de brotación, atraso y aumento en la duración de la floración, desuniformidad de tamaño y calidad de fruto, disminución de rendimiento y del vigor de la planta, etc.

Existe toda una gradación de exigencia en frío por parte de los frutales de hojas caducas, admitiéndose un orden decreciente de exigencia desde el manzano hasta el almendro, pasando por el peral, duraznero, ciruelo europeo, ciruelo japonés, cerezo y damasco. Se admite que los extremos de la escala requieren 1000 y 200 horas de temperaturas inferiores a 7° C respectivamente, pero dejando aclarado que estos son valores medios generales pues las distintas variedades poseen exigencias muy diferentes.

El ambiente de Buenos Aires con sus 650 horas promedio de frío invernal es apto para satisfacer las exigencias de los ciruelos europeos y japoneses sobre la base de las determinaciones realizadas (PASCALE y RUGGIERO, 1958) y estando en el límite de las necesidades del duraznero que es una especie muy sensible a las deficiencias de este factor bioclimático (LEDESMA, 1951).

Debido a las variaciones que se suceden anualmente en el régimen de producción de horas de frío durante el invierno de Buenos Aires, las especies del monte frutal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria sufren las consecuencias bioclimáticas apuntadas anteriormente y del registro fenológico que conduce la Sección Fenología del Servicio Meteorológico Nacional, se pueden extraer conclusiones interesantes del comportamiento de las distintas variedades respecto a la diferente incidencia termofásica invernal.

En los estudios mencionados anteriormente (PASCALE y RUGGIERO, 1958 y 1963) se determinó la correlación existente entre el número de horas de frío y el comienzo de floración de una amplia colección de variedades de ciruelo, demostrándose la dependencia existente. En esta oportunidad se han correlacionado las horas de frío ocurridas durante el descanso de los ciruelos, entre el 1° de abril y el 31 de agosto, con las diferentes temperaturas medias mensuales del período. La correlación más alta se obtuvo con el mes de julio ($r = - 0,75$).

La dispersión de los 53 años de la serie se graficó en la fig. 6 comprobándose que la correlación lineal no es muy grande debido principalmente a lo dilatado del período de descanso, con lo que puede suponerse que otros factores inciden en la producción de las horas de frío, además de la dependencia con la intensidad de la termofase

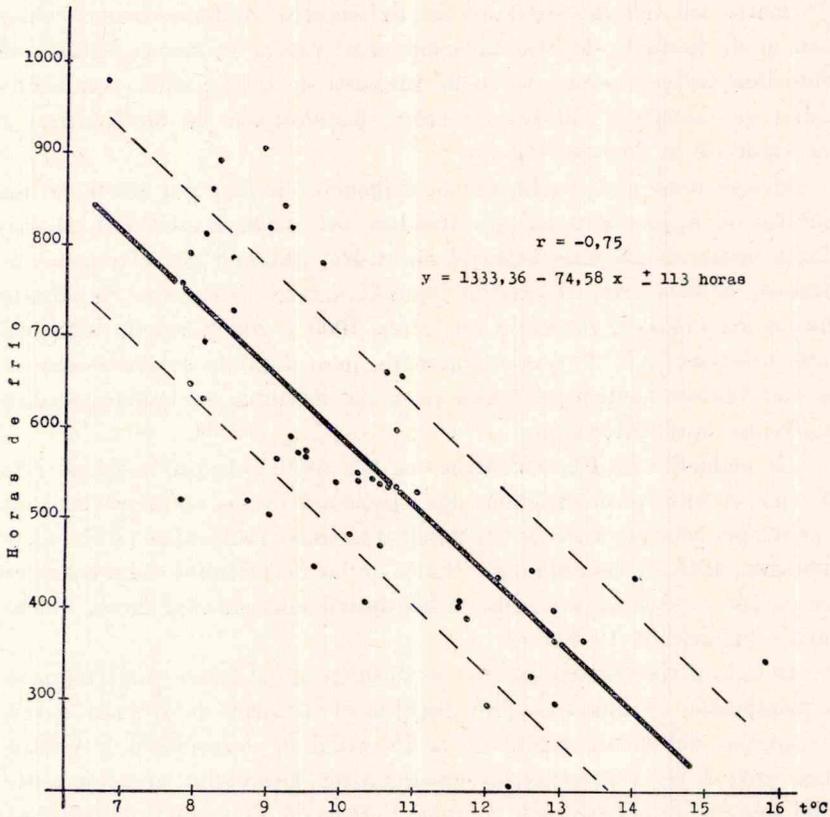


Fig. 6 — Correlación entre el número de horas de frío del período normal de descanso de los ciruelos en Buenos Aires —1º de abril a 31 de agosto— con la temperatura media del mes de julio (período 1911-1963).

invernal. No es ajena, como factor de perturbación en la correlación, la variación térmica diaria durante el extenso período de 5 meses considerado.

De cualquier forma, aplicando la recta de regresión obtenida, para el caso particular del año 1964, se obtuvieron 543 horas de frío con relación a las 558 realmente reunidas en el período 1º de abril-31 de agosto.

8) *Floración de los ciruelos durante 1964 de acuerdo con las horas de frío durante el invierno*

En el cuadro VI se ha consignado el comienzo de floración de una serie de variedades de ciruelo en dos años extremos de frío in-

CUADRO VI

Variación de la fecha de floración de algunas variedades de ciruelo —*Prunus salicina* (PS), *Prunus domestica* (PD) y *P. salicina* × *P. simonii* (PS × PSi)— en Buenos Aires, de acuerdo con las horas de frío durante el período de descanso.

Variedad	Especie	Fecha de comienzo de floración y días de adelanto (+) o atraso (—) con relación a la fecha media				Número de horas de frío			
		Fecha media de comienzo de floración 1940-1959	1 9 5 5	1 9 5 8	1 9 6 4	Media 1940-1959	1 9 5 5	1 9 5 8	1 9 6 4
October Purple	PS	26/VIII ± 8,9	29/VIII (—3)	31/VIII (—5)	30/VIII (—4)	496	755	352	558
Santa Rosa	PS	27/VIII ± 8,2	22/VIII (+5)	30/VIII (—3)	20/VIII (—7)	499	744	352	531
Burbank	PS	1/IX ± 10,6	24/VIII (+7)	10/IX (—9)	4/IX (—3)	514	747	391	551
Golden Japan	PS	3/IX ± 5,9	31/VIII (+3)	4/IX (—1)	4/IX (—1)	518	759	352	551
Noire Musquée	PD	7/IX ± 10,2	5/IX (+2)	20/IX (—13)	10/IX (—3)	529	779	398	561
Wright Early	PS	9/IX ± 11,4	1/IX (+8)	14/IX (—5)	4/IX (+5)	532	763	398	554
Agen	PD	16/IX ± 13,9	13/IX (+3)	29/IX (—13)	14/IX (+2)	548	795	398	583
Climax	PS × PSi	17/IX ± 14,2	5/IX (+12)	12/X (—25)	12/IX (+5)	549	779	409	583
Golden Drop	PD	22/IX ± 9,8	12/IX (+10)	4/X (—12)	18/IX (+4)	555	795	409	583
B. de Belgique	PD	27/IX ± 8,6	16/IX (+11)	15/X (—18)	26/IX (+1)	560	798	409	583
Reine-Claude	PD	30/IX ± 9,4	13/IX (+17)	18/X (—18)	24/IX (+6)	563	795	409	583
M e d i a		11/IX ± 10,1	26/VIII (+6,8)	25/IX (—11,1)	9/IX (+0,5)	533,1	773,5	388,8	566,4

vernal, en comparación con los ocurridos en 1964. En el año 1955 que fue frío existió adelanto en la producción de la fase y en 1958 sucedió lo contrario en correspondencia con el invierno caliente que debieron soportar las plantas. Durante 1964 se produjeron 576 horas de frío que están aproximadamente dentro del valor medio del período 1940-1959. El comportamiento de las variedades de ciruelo consignadas debía estar también dentro de los valores medios de comienzo de floración de la serie analizada, cosa que realmente ocurrió, pues las variaciones de adelanto o de atraso se produjeron dentro de la desviación típica respectiva. Además, el ligero atraso en las variedades de *Prunus salicina* era de esperar, lo mismo que el ligero adelanto en las variedades de *Prunus domestica* de acuerdo con los requerimientos bioclimáticos de ambas especies y la marcha térmica invierno-primaveral.

CONCLUSIONES

El tratamiento estadístico de las horas de frío registradas durante los inviernos de Buenos Aires, en el período 1911-1963, permitió evidenciar los siguientes puntos:

1) La cantidad anual de horas con temperaturas inferiores a 7° C promedia alrededor de 650, las que se distribuyen en todos los meses del año salvo enero que no registró ninguna hora de frío. El mes con mayor intensidad es julio, con aproximadamente 190 horas.

2) Existe gran variabilidad en el registro mensual de las horas de frío debido, sin duda, a las frecuentes advecciones de aire de distinta temperatura durante el invierno que barren libremente el territorio del país en la región pampeana. De allí, que el análisis del termoperíodo diario reveló que solamente junio y julio, y agosto en menor proporción, tienen temperaturas ciertamente efectivas para el cumplimiento de las exigencias en frío de especies criófilas, pues poseen el menor número de horas con temperaturas devernalizantes.

3) Se constató una tendencia decreciente de 6 horas de frío invernales por año, atribuyéndose tal calentamiento, más a posibles fluctuaciones naturales o anormalidades climáticas regionales, que a la modificación progresiva que fueron sufriendo los alrededores de la Estación Meteorológica de Villa Ortúzar desde su instalación.

4) Efectuada la correlación entre las horas de frío mensuales y las temperaturas medias mensuales, se obtuvieron altas correlaciones que alcanzaron para junio y julio $r = -0,934$ y $r = -0,929$, respectivamente. Las rectas de regresión obtenidas para todos los meses in-

vernales permitieron aplicar el cálculo de las horas de frío posibles durante el invierno de 1964 en base a las temperaturas invernales registradas con un ajuste satisfactorio.

5) La importancia de las horas de frío en el descanso de los frutales criófilos, se puso de manifiesto al estudiar la anomalía fenológica de atraso de floración de una serie de variedades de ciruelo cultivados en la Facultad de Agronomía y Veterinaria cuando las temperaturas invernales superan los valores medios. Asimismo, se determinó la correlación existente entre el número de horas de frío del período de descanso de los ciruelos y la temperatura media de julio que arrojó una correlación de $-0,75$. Aplicada la recta de regresión para el cálculo de las horas de frío del descanso de los ciruelos y la temperatura de julio, dio un ajuste satisfactorio para el año 1964. El comportamiento de la floración de las variedades estudiadas en la primavera de 1964 estuvo de acuerdo a lo previsible según las horas de frío registradas durante el invierno, siendo ésta una comprobación más de la dependencia existente entre el descenso térmico durante el período de descanso y la floración de los frutales criófilos.

SUMMARY

As it is well known how important is the fulfillment of cold requirements in deciduous fruit trees; there was performed a statistical survey on the degree-hours of cold that take place in winter at the environment of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine.

It was proved in a record of 53 years (1911-1963) that excepting January, during the rest of the year it is possible the occurrence of temperatures lower than 7°C and that in a annual average there are totalized about 650 hours under that level; taking place with a marked annual variability.

The survey is complemented with the determination of the relation between dormancy units and the monthly average temperature, that during June and July reaches its maximum correlation of $-0,93$. Besides, it is presented the phenological behaviour of a series of plum trees varieties during different years with a diverse quantity of dormancy units during the rest period and it was verified the relation between that bioclimatic factor and the flowering of plants.

BIBLIOGRAFÍA

- BARAK, D.: *Winter temperatures and deciduous fruit trees in Israel*. Israel Meteorological Service. Agrometeorological Bulletin 5/4: 1-7, Jan. 1964.
- BURGOS, J. J. y LEDESMA, N. R.: *Las anomalías fenológicas de los árboles frutales durante el año 1939*. Revista Argentina de Agronomía, 9 (4): 295-309, Dic. 1942.
- GALMARINI, A. G. y RAFFO DEL CAMPO, JOSÉ M.: *Investigación sobre la existencia de posibles cambios de clima en la Patagonia*. Consejo Nacional de Desarrollo. Proyectos Especiales, 14: 9-24, apéndices y figuras, 1965.
- LEDESMA, N. R.: *La floración del duraznero y su relación con las temperaturas de invierno y primavera*. Meteoros, 1(1): 73-90, En. 1951.
- MOTA, F. S. DA: *Os invernos de Pelotas, R. S., em relação as exigências das árvores frutíferas de folhas caducas*. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Sul Nº 18, 38 p. Maio, 1957.
- NIGHTINGALE, G. T. and M. A. BLAKE (o): *Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple tree*. N. J. Agr. Exp. Sta., Bull. 566, Apr. 1934.
- (b): *Effects of temperature on the growth and metabolism of Elberta peach trees with notes on the growth responses of other varieties*. N. J. Agr. Exp. Sta., Bull. 567. N. Brunswick, 1934.
- PASCALE, A. J. y RUGGIERO, R. A.: *Comportamiento bioclimático de una colección de ciruelos*. Congreso Frutícola Argentino de 1958, p. 23, rotaprint. Buenos Aires, 1958.
- *Exigencia en bajas temperaturas durante el período de descanso de los ciruelos cultivados en Buenos Aires*. IDIA, 184: 35-45, Abr. 1963.
- PURVIS, O. N. and F. G. GREGORY: *Devernalization by high temperature*. Nature. 155:113-4, 1945.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL: *Estadísticas climáticas 1901-1950*. Publicación B., Nº 1, 44 p. Buenos Aires, 1958.
- WEINBERGER, J. H.: *Prolonged dormancy trouble in peaches in the Southeast in relation to winter temperatures*. Proceed. of. Am. Soc. for Hort. Sc. p. 107-112, June 1956.