

Requerimientos bioclimáticos de los grupos de cultivares de soja

I. Subperíodo siembra-floración¹

A. J. PASCALE Y A. ESCALES²

(Recibido : 22 de marzo, 1971)

RESUMEN

Durante 12 años de experimentación con cultivares de soja pertenecientes a los grupos O a VIII, se estudiaron las necesidades bioclimáticas que determinan el comienzo de floración. El método de trabajo fue el de las siembras continuadas a campo, entre fines de setiembre y fines de enero.

El análisis comenzó con la determinación de la exigencia calórica del subperíodo, estimándose previamente la temperatura base a partir de la cual efectuar la suma de temperaturas residuales, para lo cual se utilizaron los métodos del menor coeficiente de variabilidad y el de la intersección de las equis. La satisfacción de las necesidades calóricas no explicó el comportamiento fenológico de las siembras de soja que debían florecer alrededor del solsticio de verano ; por ello, se incluyó en el estudio la duración del día como elemento que interacciona con la temperatura. Así, mediante las unidades fototérmicas, fue posible caracterizar el requerimiento bioclimático que determina la floración de las plantas en los diferentes cultivares de soja en el ambiente de Buenos Aires.

SUMMARY

During 12 years of experiment with soybean cultivars belonging to the O to VIII groups, bioclimatic requirements to reach flowering have been determined. From the end of September to the end of January outdoor continuous sowings were used as working method.

Variability coefficient and x interception methods were used to determine the base of residual temperatures summation needed for sub-period completion. Caloric requirement satisfaction did not explain phenological behaviour of soybean sowing which had to flower around summer solstice, for that, day-length was included in the analysis as a bioclimatic element interacting with temperature. By means of photothermal units it was then possible to establish the actual requirements of different soybean cultivars to achieve flowering in Buenos Aires environmental conditions.

¹ Trabajo parcialmente realizado con subsidio de CAFPTA (Plan N° 128) y Universidad de Buenos Aires, Fondo Especial para la Investigación (Res. 993/69). Presentado a la VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia; Bogotá, Colombia, 22-28/XI/1970.

² Profesor Titular y Ayudante 1°, respectivamente, Departamento de Ecología y Biología, Orientación Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires.

INTRODUCCION

Los estudios de Bioclimatología Agrícola tienen por finalidad determinar las exigencias bioclimáticas de las distintas especies cultivadas en el bioclima de su expansión geográfica. Esta manera natural de conocer los requerimientos de las plantas cultivadas, a diferencia del método de laboratorio o de cámaras climáticas que estudia la reacción de los individuos frente a los elementos meteorológicos, solos o combinados, permite conocer el efecto de la interacción de los componentes del complejo atmosférico sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, en una sucesión de combinaciones imposible de reproducir artificialmente. Por consiguiente, el resultado que se logra, presenta aplicaciones agronómicas más positivas.

Además, en esta rama de la Agrometeorología, la técnica experimental de siembras continuadas a campo, permite utilizar tantas combinaciones meteorológicas como épocas de siembra se realicen durante el año agrícola. Esto se multiplica si el método se reproduce en lugares diferentes, lo que ha dado en llamarse ensayos geográficos de épocas de siembra.

Con este método se determinaron las exigencias bioclimáticas del trigo en su área de dispersión argentina, brasileña y uruguaya. (PASCALE y DAMARIO, 1961; PASCALE y da MOTA, 1964; BURGOS y CORSI, 1968). Desde el año 1958, se está estudiando la soja en sus posibilidades de cultivo en la Argentina, habiéndose ya obtenido resultados alentadores por el método de investigación mencionado precedentemente (PASCALE, REMUSSI y MARZO, 1963); en EE. UU. de América es una técnica experimental ampliamente difundida para caracterizar las exigencias bioclimáticas de los cultivares de soja y su correspondiente adaptación a las disponibilidades climáticas regionales. (GARNER y ALLARD, 1930; HARTWIG, 1954 y 1970).

En especies cultivadas, tales como maíz, arveja y maní, entre otras, la duración del ciclo vegetativo puede definirse por la expresión de un solo elemento —la temperatura— considerada como suma de temperaturas, de unidades térmicas, de unidades calóricas o de grados-día, denominaciones que quieren significar la cantidad de energía que necesitan esas plantas para completar el ciclo de nacimiento a cosecha. (GILMORE y ROGERS, 1958; HOLMES y ROBERTSON, 1959; EMERY, WYNNE y HEXEN, 1969). Si bien los distintos cultivares de estas

especies pueden tener otras exigencias bioclimáticas, éstas no son tan manifiestas como para enmascarar el efecto mucho más evidente que tiene la temperatura en los subperíodos del cultivo. En cambio, en soja no sólo no es posible precisar exigencias térmicas generales de la especie durante su ciclo vegetativo, sino que sus cultivares reaccionan en cada ambiente a la interacción termofotoperiódica de una manera particular, que ha llevado a clasificarlos en 10 grupos de maduración, desde superprecoces hasta muy tardíos, según las exigencias que tengan en temperatura y duración del día para completar el ciclo (SCOTT y ALDRICH, 1970).

En un trabajo anterior (PASCALE, REMUSSI y MARZO, 1963), se establecieron las exigencias de determinados grupos varietales en el ambiente de Buenos Aires, separando las necesidades bioclimáticas de cada subperíodo del cultivo.

El análisis de la acción del ambiente sobre más cultivares estudiados y en un mayor número de años de experimentación, ha permitido la realización de este trabajo, en el que solamente se encara la influencia de la temperatura y la duración del día en el subperíodo siembra-comienzo de floración.

MATERIALES Y METODOS

En el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires (34°35' S; 58°29' W; 25 m) desde el año 1958 se vienen realizando siembras continuadas con soja. El número de cultivares sembrados anualmente fue en aumento desde 8 hasta 156, cantidad utilizada en la campaña 1969/70.

Para este estudio los cultivares de soja se ordenaron en grupos, según la escala de maduración

CUADRO 1. — *Cultivares de cada grupo de maduración, utilizados para obtener los promedios fenológicos y bioclimáticos.* (REMUSSI y GUTIÉRREZ, 1968).

Grupos	Cultivares utilizados
0.....	Mandarín, Comet y Merit.
I.....	Chipewa, Blackhaw y Renville.
II.....	Hawkeye, Harosoy 63 y Harman.
III.....	Shelby, Ross y Ford.
IV.....	Scott, Clark y Bethel.
V.....	Dorman, Hill y Haberlandt.
VI.....	Lee, Odgen y Hood.
VII.....	Jackson, Hale 7 y CNS.
VIII.....	J. E. W. 45, Bienville e Improved Pelikan.

norteamericana. Se seleccionaron tres cultivares de cada uno y se promediaron los valores fenológicos para el análisis. No se presentan valores del grupo superprecoz 00 pues se contó solamente con datos de la variedad Acme. El cuadro 1 indica la lista de cultivares utilizados.

Las fechas de siembras en los 6 primeros años, 1958/59 a 1963/64, cubrieron el período desde fines de setiembre hasta fines de enero; en los siguientes, hasta 1969/70, se realizaron 2 ó 3 épocas, entre noviembre y diciembre, por ser los dos meses de siembra más segura para el lugar del ensayo.

Dada esta circunstancia y el número de cultivares, diferentes cada año, los promedios fenológicos que se obtuvieron corresponden a 8 años en los casos más numerosos, si bien las siembras continuadas se efectuaron durante 12 años. Los promedios menores son de tres casos en las siembras de enero, donde los resultados son tan evidentes que pueden considerarse representativos. Como queda dicho, entre fines de setiembre y fines de enero, cada 20 días aproximadamente, se ubicaron las fechas de siembras promedio.

Para este tipo de estudio bioclimático importan las observaciones biológicas de pasaje de un subperíodo a otro, por la observación de las fases del cultivo, realizadas en este caso en microparcels de número y longitud de surcos variables cada año según las disponibilidades de semilla. La repetición de las parcelas en cada época de siembra es evidentemente conveniente, pero hubiera aumentado la superficie a sembrar sin mejorar sensiblemente los resultados (PASCALE, 1959).

Las observaciones fenológicas realizadas fueron: nacimiento, comienzo y plenitud de floración, comienzo y fin de fructificación, cambio de color y caída de follaje, y maduración de los frutos. Para esta primera parte del estudio bioclimático de la especie se consideró solamente el subperíodo hasta floración, que se subdividió a su vez de siembra a nacimiento y de nacimiento a floración.

Para determinar el cero vital de crecimiento se siguieron dos métodos: la determinación del menor coeficiente de variabilidad de las sumas de temperaturas sobre los niveles de 0°, 5°, 10° y 15° C. (NUTTONSON, 1955), y para el subperíodo nacimiento-floración, también el método de intersección de las equis. Este último sistema exige la determinación previa de la velocidad de desarrollo (I_d) en

función de la temperatura media ($\bar{t}$) del subperíodo considerado. Para este estudio

$$I_d = \frac{100}{n^{\circ} \text{ de días subperíodo nacimiento-floración}}$$

Resolviendo la ecuación que relaciona a I_d con las $\bar{t}$, cuando $y = 0$, la línea corta las abscisas y queda determinado el cero vital de crecimiento; de allí la denominación del método (ARNOLD, 1959).

RESULTADOS

I. Observaciones fenológicas

La parte del período vegetativo en estudio fue desde siembra hasta que las plantas de soja comenzaron a florecer. Pareció apropiada una subdivisión de este lapso, en los subperíodos: siembra-nacimiento y nacimiento-floración. El cuadro 2 muestra la variación del número de días desde siembra hasta nacimiento según fecha de siembra, sin una tendencia definida.

CUADRO 2. — Duración del subperíodo siembra-nacimiento y desviación típica en días según fecha de siembra. (Período 1958/59-1969/70).

	Fechas medias de siembras							
	30/9	21/10	9/11	24/11	8/12	22/12	9/1	31/1
Media	11,2	9,0	7,8	7,8	8,1	6,8	11,1	9,6
σ	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 1,3$	$\pm 2,0$	$\pm 2,6$

El cuadro 3 indica la distinta duración del subperíodo nacimiento-floración según la fecha media de nacimiento y según el grupo de cultivar considerado. De la observación del mismo, surge evidente que cualquiera fuera la fecha de nacimiento, las duraciones aumentaron desde el grupo 0 al grupo VIII, y que el número de días para florecer disminuyó desde la primera a la última época de siembra. Sin embargo, las duraciones subrayadas son mayores que algunas de las siembras que les precedieron.

Las duraciones mayor y menor para el grupo 0 fueron 34 y 22 días, mientras que para el grupo VIII fueron 112 y 43, lo que representa disminuciones de 12 y 69 días, respectivamente. Los otros

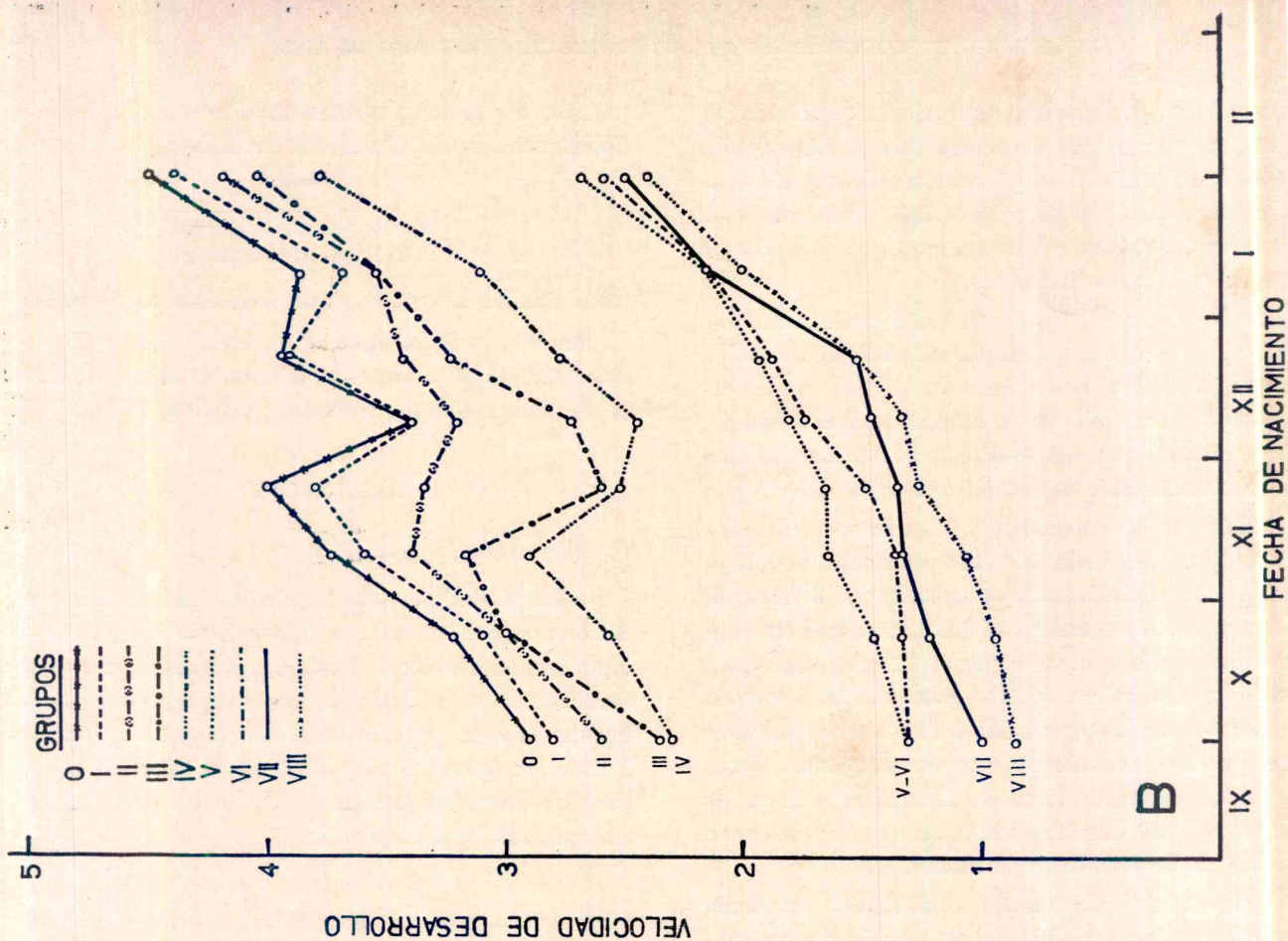
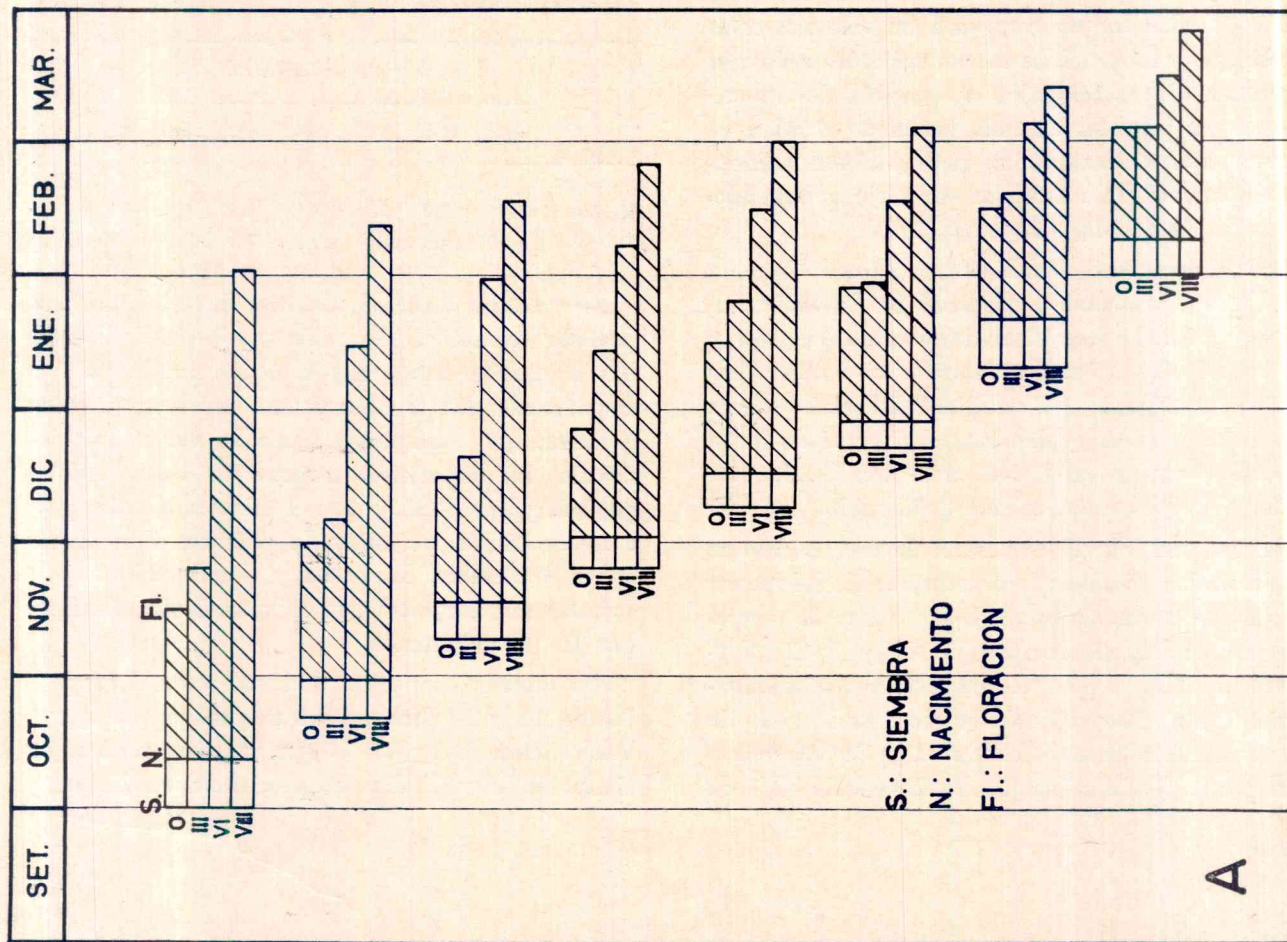


Fig. 1. — (A), Datos fenológicos medios para el subperíodo siembra-floración. (B), Velocidad de desarrollo del subperíodo nacimiento-floración. Valores según época de siembra y grupo de cultivos en Buenos Aires, período 1958/59-1969/70

CUADRO 3. — Duración en días del subperíodo nacimiento-floración según fecha de nacimiento en Buenos Aires (Período 1958/59-1969/70).

Grupo	Fechas medias de nacimiento							
	11/10	30/10	17/11	2/12	16/12	27/12	20/1	8/2
0	34	31	27	25	30	28	26	22
I	36	32	30	27	30	28	28	22
II	38	33	30	31	32	30	29	22
III	43	34	32	39	37	32	29	22
IV	43	40	35	41	41	34	33	27
V	76	70	62	61	55	52	46	37
VI	75	76	74	67	61	53	44	34
VII	100	90	86	80	68	66	45	38
VIII	112	105	92	86	73	64	61	43

grupos tuvieron disminuciones intermedias. Porcentualmente con relación al número de días del subperíodo, la aceleración de la floración fue mayor cuanto más grande el número del grupo, 38 % y 62 % para los grupos 0 y VIII, respectivamente.

Las diferencias de las fechas de floración de los grupos varietales para las distintas épocas de siembra fueron semejantes a través de los años. Las desviaciones típicas mayores fueron entre 5 y 8 días, las que se correspondieron con desviaciones típicas de las fechas de siembras de 3 a 5 días. A partir de la siembra media del 8 de diciembre, la variación en las fechas de floración fue de 3 a 5 días, similar a las desviaciones típicas de las fechas de siembras.

La fig. 1 (A), muestra las variaciones fenológicas medias del subperíodo siembra-floración, de acuerdo con las fechas de siembra en Buenos Aires para los grupos extremos y dos intermedios.

II. Requerimientos bioclimáticos

Para intentar la determinación del nivel de temperaturas a partir del cual comienza la activación del crecimiento en soja, se calcularon, entre siembra y nacimiento, las sumas de temperaturas sobre diferentes niveles, cuyos coeficientes de variabilidad se muestran en el cuadro 4, realizado con las siembras del mes de noviembre, que conjuga las menores duraciones y menores desviaciones típicas en el subperíodo siembra-nacimiento. Se observa que el menor coeficiente de variabilidad correspondió a las sumas de temperaturas sobre el nivel de 5° C, tanto individualmente como en el promedio de todos los grupos.

CUADRO 4. — Coeficiente de variabilidad (%) de la suma de temperaturas necesaria para completar el subperíodo siembra-nacimiento en Buenos Aires, promedio de dos épocas de siembra del mes de noviembre y 9 grupos de cultivares de soja. (Período 1962/63-1969/70).

Grupo	Suma de temperaturas sobre			
	0°	5°	10°	15°
0	10,57	9,72	10,82	20,99
I	10,06	8,68	8,98	18,16
II	10,56	9,94	10,83	20,79
III	10,77	10,92	13,27	24,24
IV	10,09	9,62	10,66	20,50
V	7,72	7,12	9,68	20,93
VI	7,88	6,23	6,32	16,98
VII	8,96	8,65	10,56	20,70
VIII	10,10	8,12	8,59	18,08
Promedio	9,63	8,78	9,97	20,15

La marcada diferencia en el número de días para el cumplimiento del subperíodo nacimiento-floración, tanto debido a la variación de la época de siembra como a los distintos grupos de cultivares considerados, motivó el análisis de las sumas de temperaturas y de la duración del día, para interpretar la influencia de cada uno de esos dos elementos bioclimáticos, y su interacción en la floración de la planta de soja.

La fig. 1 (B), muestra la velocidad de desarrollo en cada uno de los grupos de cultivares de soja, a través de las 8 épocas de siembra. Se observa que la dificultad en florecer en los meses de mayor duración del día se corresponde con las duraciones subrayadas (cuadro 3) del subperíodo nacimiento-floración que no seguían la tendencia decreciente.

Del mismo modo que para el lapso siembra-nacimiento, para esta etapa del ciclo biológico se calcularon las sumas de temperaturas sobre distintos niveles. Se promediaron las épocas cuyos nacimientos corresponden a fechas normales de siembra para el lugar. Del cuadro 5 surge que la suma de temperaturas sobre el nivel de 10° C tiene el menor coeficiente de variabilidad medio.

El método de la intersección de las equis (*x-intercept method*), dio valores diferentes los que aumentaron desde 11,5° C hasta 19,5° C, para el crecimiento nulo, desde el grupo 0 al grupo VIII. La fig. 2, muestra las curvas que se obtuvieron con los valores para los grupos 0, III y VIII.

CUADRO 5. — Coeficiente de variabilidad ($\%$) de la suma de temperaturas del subperíodo nacimiento-floración en Buenos Aires, promedio de los nacimientos 30/10, 17/11, 2/12 y 16/12. (Período 1962/63-1969/70).

Grupo	Suma de temperaturas sobre			
	0°	5°	10°	15°
0	7,89	6,96	6,06	10,64
I	10,67	9,76	8,24	9,50
II	9,19	9,00	8,65	11,24
III	9,84	10,16	8,75	8,70
IV	8,57	7,56	6,64	7,56
V	6,32	6,28	6,18	7,94
VI	6,29	6,82	7,19	8,81
VII	5,86	6,85	7,61	8,67
VIII	3,58	3,84	4,58	7,15
Promedio	7,58	7,47	7,10	8,91

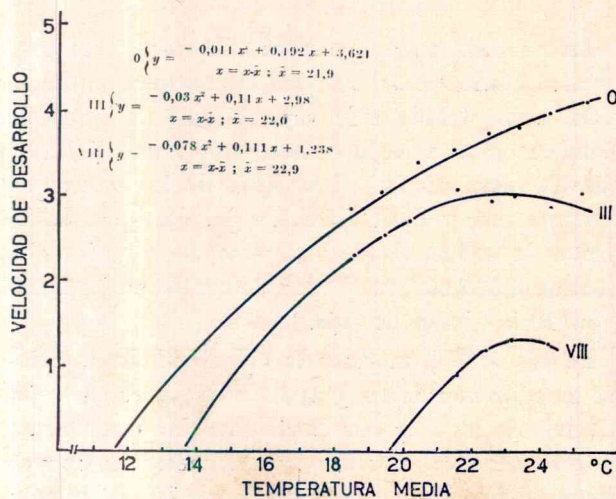


Fig. 2. — Determinación del cero de crecimiento para el subperíodo nacimiento-floración en cultivos de soja de los grupos 0, III y VIII, según el método de intersección de las equis (ARNOI D, 1959). Ecuaciones obtenidas en la Cátedra de Cálculo Estadístico y Biometría.

Admitiendo la temperatura base de 10° C para el cálculo, la fig. 4 muestra la variación de la suma de temperaturas del subperíodo siembra-floración según época de siembra y número de grupo de maduración en soja. Se comprueba que los grupos del 0 al IV en las 3 primeras épocas acumulan sumas de temperaturas similares; en las siembras del 24 de noviembre y 8 de diciembre, los valores aumentan para comenzar a decrecer desde fines de diciembre en adelante. Los grupos VII y VIII pre-

sentan la primera época de siembra con sumas de temperaturas menores que la siguiente, y a partir de ésta, el decrecimiento es constante y acentuado en las últimas fechas. El grupo VI tiene sumas de temperaturas crecientes hasta la tercera época, mientras que para las mismas siembras el grupo V tiene valores decrecientes. A partir de la cuarta época de siembra, las sumas de temperaturas de los cultivares de ambos grupos siguen la misma tendencia decreciente que los grupos VII y VIII.

El producto de las sumas de temperaturas sobre 10° C por el fotoperíodo medio del subperíodo o por el fotoperíodo en el momento de la floración, constituyen las unidades fototérmicas (NUTTONSON, 1955). Este índice bioclimático indica la acción combinada de la temperatura y el fotoperíodo en el desarrollo de las plantas. El cuadro 5 y la fig. 3 (A), correspondientes a coeficientes de variabilidad de las sumas de temperaturas y la necesidad calórica sobre 10° C para el subperíodo nacimiento-floración, según grupo de maduración en soja, presentan valores y desarrollo de curvas semejantes al cuadro 6 y fig. 3 (B), respectivamente, que incluyen las unidades fototérmicas para idéntico subperíodo.

CUADRO 6. — Coeficiente de variabilidad de suma de temperaturas y unidades fototérmicas del subperíodo nacimiento-floración en Buenos Aires, promedio de los nacimientos 30/10, 17/11, 2/12 y 16/12. (Período 1962/63-1969/70).

Grupo	Suma de temperaturas residuales mayores de 10° C	Coeficiente de variabilidad ($\%$)	
		Unidades fototérmicas sobre 10° C, obtenidas con	
		Fotoperíodo medio	Fotoperíodo de la fecha de floración
0	6,06	6,41	6,21
I	8,24	8,20	8,24
II	8,65	9,34	9,29
III	8,75	8,96	8,70
IV	6,64	6,77	6,53
V	6,18	6,26	5,87
VI	7,19	7,04	6,73
VII	7,61	7,73	7,05
VIII	4,58	4,64	4,86
Promedio	7,10	7,26	7,05

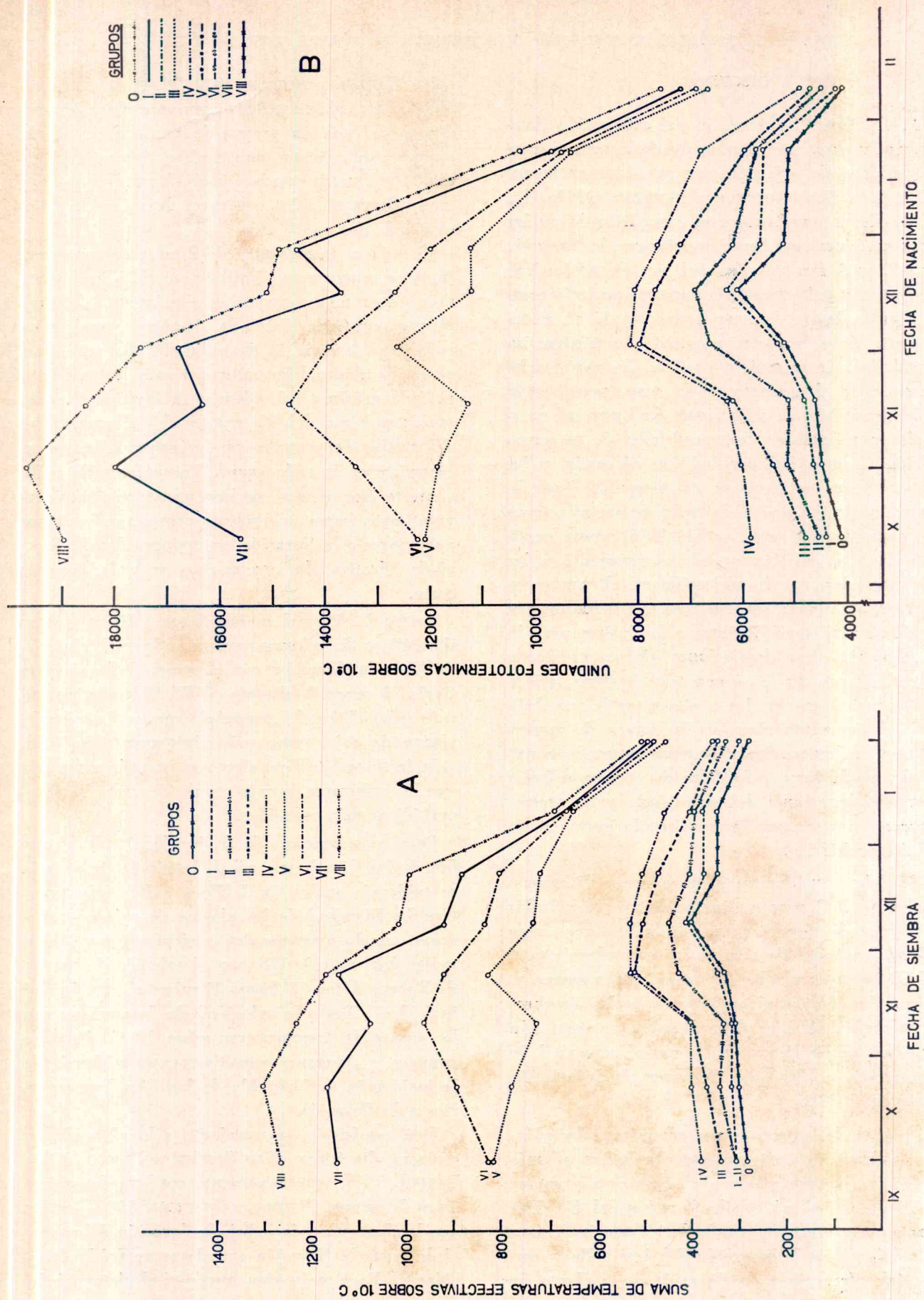


Fig. 3. — (A), Suma de temperaturas efectivas sobre 10° C y (B), Unidades fototermicas sobre 10° C (obtenidas con fotoperíodo medio), amías para el subperíodo nacimiento-floración en Buenos Aires, según grupo de cultivares y época de siembra, período 1962/63 - 1969/70

DISCUSION

Al considerar la duración del subperíodo siembra-nacimiento, con el aumento de la temperatura las semillas de soja deberían germinar en menor número de días (AQUINO y BEKENDAM, 1969). Tal efecto de la temperatura se cumplió sólo en las primeras siembras, hasta estacionarse la duración entre 7 y 8 días para las del mes de noviembre. La duración del subperíodo aumentó posteriormente a pesar de que la temperatura siguió en ascenso hasta fines de enero, momento de máxima intensidad de la termofase positiva. La razón debe buscarse en el aumento de la evapotranspiración y la disponibilidad decreciente de humedad en el suelo para satisfacer las necesidades de la germinación. Cuando la humedad fue adecuada, todos los cultivares nacieron en el mismo día; por lo tanto, la variabilidad de la fecha de nacimiento en los distintos cultivares, señaló la diferente cantidad de agua edáfica que le correspondió a las microparcels, por su ubicación en el campo experimental, cuando las siembras se efectuaron con cantidades de agua distintas a la óptima para la germinación. Las desviaciones típicas crecientes con el avance de las épocas de siembras, así lo confirman. A su vez, los coeficientes de variabilidad relativamente altos de las sumas de temperaturas, cualquiera fuera la temperatura base utilizada, se debieron a la falta de correspondencia entre las duraciones del subperíodo y las temperaturas presentes, por la mencionada interferencia del factor hídrico.

No debe considerarse como correcta la temperatura de 5° C para ser utilizada en los cálculos de sumas de temperaturas residuales, que surge del cuadro 4, debido a la no correspondencia total del efecto térmico sobre el nacimiento a campo y, porque las temperaturas del aire en las siembras consideradas del mes de noviembre no eran aún elevadas, habiéndose probado que el cero vital de crecimiento se eleva con el avance de la estación (ARNOLD, 1959).

A partir del momento que emergieron las plántulas y al ponerse en contacto con la luz, además de la temperatura y humedad, comienza a actuar otro factor bioclimático: la duración del día. Muchos autores han demostrado la influencia de este último factor en la expresión del desarrollo, y con especial referencia en la floración de la planta de

soja (GARNER y ALLARD, 1920, 1930). Es bien conocida la escala norteamericana que ubica los cultivares de soja en grupos de maduración, desde superprecoces hasta muy tardíos (grupos del 00 al VIII), fundamentada principalmente en la reacción diferente de los cultivares de soja a la duración del día.

La soja es una especie de días cortos que para florecer requiere umbrales fotoperiódicos tanto más cortos cuanto mayor es el número del grupo al que pertenece. Como la siembra se realiza en primavera, cuando la duración del día va en aumento, la planta debe superar en cada lugar el fotoperíodo máximo del solsticio de verano. Esa duración máxima del día regula el ciclo vegetativo del cultivo de acuerdo con los requerimientos característicos de cada grupo. Las plantas de cultivares tardíos y muy tardíos que tienen períodos vegetativos largos no llegan a completar las etapas posteriores a la floración en regiones donde el período térmico de crecimiento es relativamente corto.

La fig. 1 (A) y el cuadro 3, son suficientemente ilustrativos de la forma como se reduce el subperíodo hasta la floración, con el atraso de la siembra desde el grupo 0 al grupo VIII. Además, cuanto más reducido es el fotoperíodo que actúa sobre la planta de soja, tanto más rápidamente es inducida la floración. Este efecto se acentúa a medida que los cultivares de soja requieren umbrales fotoperiódicos más reducidos.

Otras dos pruebas de la incidencia desfavorable de los días largos en el desarrollo de la soja se evidencia en las fig. 1 (B) y 3 (A), que muestran la dificultad de las plantas de soja para florecer cuando corresponden a siembras cuyo desarrollo debería coincidir con el solsticio de verano de Buenos Aires (15 horas 30 minutos, crepúsculos incluidos). Tanto la velocidad de desarrollo como las sumas de temperaturas sobre 10° C, disminuyeron y se elevaron, respectivamente, evidencia de la incidencia desfavorable de los días largos previos a la floración.

Esta conclusión es semejante a lo obtenido en cámaras climáticas (VAN SCHAIK y PROBST, 1958; BROWN, 1960), posteriormente confirmado en ensayos de campo (BROWN y CHAPMAN, 1960), en los que la planta de soja redujo la duración del subperíodo hasta la floración cuando se acortó la duración del día, o su inversa, aumentó el nictoperíodo.

La relación entre temperatura media del aire y la velocidad de desarrollo, considerada como el inverso del número de horas nocturnas necesarias para florecer, es de naturaleza curvilínea y BROWN las denominó "Unidades de Desarrollo de la Soja" (BROWN, 1960). Este último concepto tiene conexión con lo establecido en este estudio respecto del cero de crecimiento de la soja, que según el cuadro 5 queda indicado para el nivel de 10° C, similar a la extrapolación realizada por BROWN. Compruébase que el nivel que tuvo menor coeficiente de variabilidad para el subperíodo siembra-nacimiento se elevó, respecto del obtenido para el subperíodo nacimiento-floración, lo que está de acuerdo con lo establecido por ARNOLD (1959), por haber sido calculado cuando la temperatura del aire era mayor que en el primer caso.

El nivel de 10° C se acepta como cero de crecimiento, pues es un valor generalizado para cultivos estivales, siendo conveniente la adopción de un valor único para las comparaciones con otras especies. Sin embargo, para estudios agroclimáticos la temperatura de 10° C es inadecuada, pues si bien ese nivel corresponde al crecimiento inicial, éste es muy lento. En estas condiciones el cultivo se encuentra en desventaja frente a las malezas que a esa temperatura tienen crecimiento más activo. La siembra de la soja con temperaturas del aire a partir de 15° C acelera la emergencia de las plántulas sin los inconvenientes señalados precedentemente.

La comprobación realizada utilizando el método de intersección de las equis (fig. 2) mostró que los niveles de cero de crecimiento se modifican con los grupos, el menor es en el 0 y el mayor en el VIII, 11,5° C y 19,5° C, respectivamente. Sin duda esto es debido a las distintas temperaturas medias con que completaron los subperíodos nacimiento-floración. Por lo tanto, para continuar con un criterio uniforme que permita comprobaciones regionales, debe adoptarse una temperatura única inicial de crecimiento para el cultivo de la soja. Se considera que 15° C conforma un valor intermedio aceptable que, por otra parte, ya ha sido utilizado en estudios agroclimáticos en EE. UU. de América y en la Argentina (BROWN y CHAPMAN, 1961; PASCALE, 1969).

La comprobación que señala la relación existente entre las sumas de temperaturas y el fotoperíodo

como responsable de los requerimientos bioclimáticos del cultivo de soja para el subperíodo nacimiento-floración, la brinda también el cuadro 6 como la fig. 3 (B). El primero, señala el mismo coeficiente de variabilidad para la satisfacción de sumas de temperaturas y su combinación con la duración media del día del subperíodo o del fotoperíodo de la fecha de floración, con lo cual queda comprobado que la regularidad de los valores térmicos se debe a la influencia del fotoperíodo incluido en el índice de unidades fototérmicas. Lo mismo indica la fig. 3 (B), pues la forma de las curvas de sumas de temperaturas sobre 10° C y las unidades fototérmicas son semejantes para grupos similares de sojas.

CONCLUSIONES

1. Las siembras continuadas como método de investigación bioclimática, son eficaces para estudiar los requerimientos bioclimáticos de las especies agrícolas, pues por la reacción que manifiestan las plantas sometidas a distintos complejos ambientales, tantas como épocas de siembras, se pueden conocer los elementos bioclimáticos que determinan el cumplimiento de las fases.
2. Los datos fenológicos medios de los subperíodos siembra-nacimiento y nacimiento-floración para el período 1958/59-1969/70 en Buenos Aires, presentan las características de:
 - a) El número de días para nacer las plantas de soja resultó mínimo para las siembras del mes de noviembre, con valores mayores antes y después de ese mes. La duración del subperíodo no dependió del cultivar utilizado, sino de la época de siembra.
 - b) La duración del subperíodo nacimiento-floración dependió de la época de siembra y del tipo de soja utilizado. El número de días disminuyó con el atraso de la época de siembra y desde el grupo de soja 0 al grupo VIII. La aceleración de la floración con el atraso de la siembra, fue proporcionalmente mayor en este último grupo.

3. Las causas bioclimáticas que determinaron los comportamientos fenológicos precedentemente enunciados fueron:

- a) La temperatura en aumento aceleró el nacimiento, salvo cuando la humedad del suelo no estaba en los niveles adecuados para la germinación. En estos casos se produjeron demoras e irregularidad en la emergencia de las plántulas.
 - b) El subperíodo nacimiento-floración fue influenciado por la acumulación de temperaturas y por el fotoperíodo actuante en cada época de siembra. Se comprobó que la siembra de cultivares de soja cuyas floraciones debían coincidir con los fotoperíodos del mes de diciembre, sufrieron anomalías disminuyendo su velocidad de desarrollo, por la incidencia de duraciones de días mayores al umbral fotoperiódico determinante de la floración para los distintos grupos de cultivares. Asimismo se comprobó que el fenómeno regular de la duración del día es responsable de la pequeña variabilidad de las sumas de temperaturas necesarias para alcanzar la floración de la especie soja.
4. Se estableció que para soja los niveles de temperatura de 10° C a 15° C, pueden aceptarse como correctos para ser utilizados en los cálculos de temperaturas efectivas, cuando se realizan estudios biológicos generales o agroclimáticos, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- AQUINO, O. y BEKENDAM, J., 1969. *Influencia de la temperatura sobre la germinación en la soja* [(«*Glycine max*» (L.) Merr.)]. *Agronomía trop.* 19 (2): 107-111.
- ARNOLD, C. Y., 1959. *The determination and significance of the base temperature in a linear unit system.* *Proc. Soc. hort. Sci.* 74: 430-445.
- BROWN, D. M., 1960. *Soybean Ecology. I. Development-temperature relationships from controlled environment studies.* *Agron. J.* 52: 493-496.
- BROWN, D. M. and CHAPMAN, L. J., 1960. *Soybean Ecology.*
- II. *Development temperature moisture relationships from field studies.* *Agron. J.* 52: 496-499.
- 1961. *Soybean Ecology. III. Soybean units for zone in the Great Lakes Regions.* *Agron. J.* 53: 303-308.
- BURGOS, J. J. y CORSI, V., 1968. *Areas agroclimáticas para el trigo y características de sus variedades en Uruguay.* *Fitotecnia Latinoamericana* (Bogotá) 5 (2): 9-26.
- EMERY, D. A., WYNNE, J. C. and HEXEN, R. Q., 1969. *A heat unit index for Virginia type peanuts. I. Germination to flowering.* *Oleagineux*, 24 (7): 405-409.
- GARNER, W. and ALLARD, H. A., 1920. *Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants.* *J. agric. Res.* 18 (11): 553-606.
- 1930. *Photoperiodic response of soybean to temperature and other environment factors.* *J. agric. Res.* 41 (10): 719-735.
- GILMORE, E. C. Jr. and ROGERS, J. S., 1958. *Heat units as a method of measuring maturity in corn.* *Agron. J.* 50: 611-615.
- HARTWIG, E. E., 1954. *Factors affecting time of planting soybeans in the Southern States.* *Circ. U. S. Dep. Agric.* 943, 13 p.
- 1970. *Growth and reproductive characteristics of Soybeans* [(«*Glycine max*» (L.) Merr.) grown under short-day conditions]. *Trop. Sci.* 12 (1): 47-53.
- HOLMES, R. M. and ROBERTSON, G. M., 1959. *Heat units and crops growth.* *Publs. Dep. Agric. Can.* 1042, 31 p.
- NUTTONSON, M. Y., 1955. *Wheat-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo thermal requirements of wheat.* Washington, American Institute of Crops Ecology, 388 p.
- PASCALE, A. J., 1969. *Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina.* *Revta. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires*, 17 (3): 31-48.
- PASCALE, A. J. y DAMARIO, E. A., 1961. *Agroclimatología del cultivo del trigo en la República Argentina.* *Revta. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires*, 15 (1): 1-119.
- PASCALE, A. J., REMUSSI, C. y MARZO, L., 1963. *Reacción de distintas variedades de soja a los factores bioclimáticos de Buenos Aires.* *Revta. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires*, 15 (3): 29-54.
- PASCALE, A. J. y DA MOTA, F. S., 1964. *Aspectos bioclimáticos del cultivo de trigo en Río Grande do Sul (Brasil).* *Revta. Fac. Agron. Vet. Univ. B. Aires*, 16 (1): 95-128.
- REMUSSI, C. y GUTIÉRREZ, H. P., 1968. *Descripción de variedades de soja.* Buenos Aires, Facultad de Agronomía y Veterinaria (Publicación Interna), 20 p.
- SCOTT, W. O. and ALDRICH, S. R., 1970. *Modern Soybean Production.* The Farm Quarterly, Cincinnati, Ohio, 192 p.
- VAN SCHAİK, P. H. and PROBST, A. H., 1958. *Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency in soybeans.* *Agron. J.* 50 (4): 192-197.