

HERENCIA DE UN CARACTER JUVENIL EN SOYA BAJO CONDICIONES DE FOTOPERÍODO CORTO

Dorgelis A. Villarroel* y Thomas C. Kilen**

Durante 1992 se estudió la herencia de una característica juvenil que retarda la floración en soya. Los objetivos del estudio fueron determinar: 1) con mayor precisión el número de genes que controlan este carácter, 2) si existe asociación entre la floración bajo condiciones de fotoperíodo largo y corto, y 3) si hay efecto de herencia nuclear o extranuclear en la expresión del carácter. Los cultivares Kirby y Perrin se cruzaron con la accesión PI 159925 que posee la característica juvenil. Los padres, F₁, F₂, recíprocos F₂ y F₃, se evaluaron en dos localidades, Stoneville y Starkville en un suelo franco arenoso muy fino y en un franco arenoso fino, respectivamente. Los experimentos se establecieron bajo condiciones de fotoperíodo largo (FPL > 15 h) y fotoperíodo corto (FPC < 13 h) a 33° de latitud N. Se utilizó el diseño estadístico completamente aleatorizado con dos repeticiones. Se observó el número de días a floración. Los resultados sugieren que un gen recesivo controla el carácter. No hubo influencia extranuclear en la herencia del carácter. Los coeficientes de correlación lineal indican que la floración bajo condiciones de FPL no predijo con exactitud el comportamiento del carácter cuando se expuso en condiciones de FPC.

Palabras claves adicionales: *Glycine max*, genética.

ABSTRACT

Inheritance of a long-juvenile trait in soybean under short photoperiod

Inheritance of delayed-flowering trait in soybean was studied in 1992. The objectives of this study were to: 1) determine the number of genes controlling the trait, 2) determine if there was any association between flowering under long and short photoperiod conditions and 3) determine if there was a nuclear or extranuclear inheritance of the trait. Cultivars Kirby and Perrin were crossed to a germplasm PI 159925 possessing a long-juvenile (LJ) trait. Parents, F₁ & F₂, reciprocal F₂ and F₃ were planted in the field under two photoperiod conditions at 33° N latitude. The conditions were short photoperiod (SP, photoperiod < 13 h) and long photoperiod (LP, photoperiod > 15 h). A completely randomized design with two repetitions was utilized. Days to flower were observed. Chi-square analyses performed on F₂ and F₃ populations were consistent with a 3 early: 1 late phenotypic ratios, suggesting that the LJ trait is controlled by a single recessive nuclear gene. The means of the F₂-recp plants were similar, indicating that inheritance was a nuclear one. Correlation coefficients indicated that flowering response under LP was not a good criterion to predict the performance of the LJ trait under SP conditions.

Additional key words: *Glycine max*, genetics.

INTRODUCCIÓN

El fotoperíodo influye en el desarrollo de la soya [*Glycine max* (L.) Merrill] desde el momento de la emergencia hasta la antesis (Hartwig y Edwards, 1986). Estas plantas de soya son clasificadas como fotosensibles y de día corto, separándose sus cultivares en grupos de madurez (del 000 al X) de acuerdo al tiempo requerido para su maduración en las diferentes latitudes. Los cultivares ubicados en el grupo de madurez 000 son los más tardíos y adaptados a latitudes mayores de 46° y los asignados al grupo X son los

más precoces y adaptados a las latitudes cercanas al Ecuador.

Cuando los cultivares de soya adaptados a las áreas templadas (fotoperíodo largo) son cultivadas en el trópico (fotoperíodo corto), florecen en 30 días o menos; consecuentemente, los desarrollos vegetativos y reproductivos son pobres (Carter y Hartwig, 1963). Hartwig (1970) concluyó que la soya cultivada bajo condiciones de fotoperíodo corto requiere de un mínimo de 45 días desde la emergencia hasta la floración para poder desarrollar suficiente biomasa para una producción adecuada. Board y Hall (1983) trabajaron con 8 cultivares de soya expuestos a

* Investigador. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP-CIAE Monagas) Apdo. 184, Maturín, Venezuela

** Senior Scientific. United States Department of Agriculture (USDA-ARS) P.O. Box 196, Stoneville, MS. USA.

fotoperíodo de 13,5 a 14,5 horas, y encontraron que 45 días fueron suficientes para lograr un desarrollo vegetativo óptimo a una temperatura de 27 °C.

Existe un carácter que retarda la floración en varias accesiones de soya. La accesión PI 159925, introducida a Estados Unidos desde el Perú en 1945, posee una característica que retarda la floración bajo condiciones de días con menos de 14 horas de luz (Hartwig y Kiihl, 1979; Cregan y Hartwig, 1984). Esta accesión florece aproximadamente a los 50 días después de emerger en condiciones de fotoperíodo menor de 12 horas, mientras que otros germoplasmas, también clasificados en grupo de madurez VIII, florecen en unos 30 días bajo condiciones similares de fotoperíodo (Cregan y Hartwig, 1984). Tisselli (1981) denominó este carácter como "una característica juvenil larga en soya". Más tarde, Hinson (1989) consideró "carácter juvenil largo" como un término apropiado y distintivo para describir aquellos genotipos que poseen esta característica. Sin embargo, Sinclair y Hinson (1992) señalaron que virtualmente no hay evidencias de que este carácter cambie la duración de la juvenilidad botánica de la planta. Juvenilidad es el estadio de crecimiento durante el cual la planta no induce floración aun estando presente los estímulos inductivos (Kiihl y García, 1989). El estudio de Sinclair y Hinson (1992) demostró que el principal efecto del carácter juvenil fue el de retardar el desarrollo total de la planta hacia la floración, aun cuando las "líneas juveniles" hubieren pasado por la inducción floral. Por ende, las plantas que posean este carácter fenotípicamente exhiben un estadio de crecimiento juvenil largo, cuando se cultivan bajo condiciones de fotoperíodo corto.

El retardo en el desarrollo de las estructuras florales hace de ese carácter una alternativa apropiada para ser usado en la creación de cultivares aptos para las condiciones de días cortos en el sub-trópico y trópico. La introgresión de este carácter juvenil en cultivares o líneas adaptadas a zonas templadas puede resultar en germoplasmas con un mayor rango de adaptación en áreas ubicadas en latitudes más bajas; asimismo, adaptados a variados regímenes de época de siembra.

Miranda et al. (1990) efectuaron varias hibridaciones usando como padres materiales de

soya que poseen el carácter juvenil, y como un resultado de estos trabajos, liberaron el cultivar IAC-15, el cual presenta una alta capacidad productiva y se adapta bien a las condiciones climáticas de Sao Paulo, Brasil.

Hartwig (1993) liberó el cultivar Venal seleccionado como una línea F₅ del cruce 'D77-12244' x 'Bedford', de donde D77-12244 es una selección producto de hibridar 'Tracy' x ('Hill' x PI 159925) el cual contiene el carácter juvenil bajo condiciones de fotoperíodo corto. Vernal fue cultivado en diferentes áreas de Puerto Rico y México, bajo condiciones de fotoperíodo corto, para verificar la presencia del carácter juvenil.

La estimación del número de genes que contribuye a la variación en los caracteres cuantitativos tiene importantes implicaciones en la evolución y el mejoramiento de las plantas y animales (Zeng et al., 1990). El primer estudio que se conoce relacionado con la herencia de este carácter juvenil fue publicado por Hartwig y Kiihl (1979), quienes concluyeron que el carácter es recesivo y que tres loci lo determinan. Kilen y Hinson (1990) sugirieron que dos genes recesivos controlan el carácter juvenil. Hinson (1989) concluyó que este carácter está determinado por un gen, siendo la floración precoz casi completamente dominante sobre la floración tardía.

Las razones de la inconsistencia en los estimados del número de genes que determinan el carácter juvenil bajo condiciones de fotoperíodo corto son desconocidas por los autores de este artículo. Sin embargo, se observó que en algunos de estos estudios previos, la fuente del carácter juvenil usada fue una línea en recuperación y no el germoplasma original de la accesión, por lo que la diversidad genética contenida en la constitución genética de la línea utilizada, pudo haber alterado las proporciones de la segregación. Asimismo, se observó que en ciertos casos se utilizaron como padres adaptados, cultivares o líneas que florecen y maduran más temprano que el germoplasma PI 159925. Por estas razones, dos cultivares de soya que florecen aproximadamente al mismo tiempo que la accesión PI 159925, cuando se cultivaron bajo condiciones de días largos (> 15 horas), fueron seleccionados como los padres adaptados para efectuar los cruces con la accesión de manera que las diferencias en floración, bajo condiciones de fotoperíodo corto (< 13 horas),

entre las progenies se debería principalmente a la contribución del gen o genes que controlan al caracter juvenil.

Los objetivos principales de este estudio fueron: 1. Determinar con mayor precisión al número de genes que controlan el caracter juvenil, 2. Determinar si existe asociación entre la floración bajo condiciones de fotoperíodo largo y corto. 3. Definir si hay efecto de la herencia nuclear o extranuclear en la expresión de dicho caracter.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los padres se seleccionaron por su marcada diferencia en floración cuando se cultivan bajo condiciones de fotoperíodo corto (FPC < 13 h de luz) a una latitud de 32° 28' N. Sin embargo, estos genotipos florecen y maduran con una diferencia de 4 a 7 días cuando se cultivan en condiciones de fotoperíodo largo (FPL > 15 h de luz) a una latitud de 33° 26' N.

Los cultivares de soya Kirby y Perrin se cruzaron con la accesión PI 159925 que posee el carácter juvenil; también se realizaron recíprocos de cada cruce. 'Kirby' (P₁), 'Perrin' (P₂), 'PI 159925' (P₃), F₁; F₂; recíproco F₂ (F₂-recp) y F₃ se evaluaron en dos localidades y dos fechas diferentes durante 1992. Para mayor facilidad, el cruce 'Kirby' x 'PI 159925' se denominará cruce 1 y el 'Perrin' x 'PI 159925' como cruce 2. Ciento sesenta y una plantas de F₂ y 340 hileras de 20 semillas F₃ resultantes del cruce 1 así como 155 plantas F₂ y 260 hileras de 20 semillas F₃ derivadas del cruce 2, conjuntamente con los padres, plantas F₁ y F₂-recp fueron sembradas en el campo en la localidad de Stoneville, estado de Mississippi, Estados Unidos el 28 de mayo de 1992 (FP mayor de 15,15 h para esta época del año) en un suelo Mollic Hapludalfs, franco arenoso muy fino, mixta y térmica. El diseño estadístico utilizado fue el completamente aleatorizado con dos repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron de hileras de 2,8 m de largo separadas por 0,9 m con una población de 20 plantas por hilera en un suelo de textura franco arenosa. Las plantas emergieron el 2 de junio de 1992.

El número de días transcurrido desde la emergencia hasta al menos una flor abierta en el 50 % de las plantas en las hileras de las F₃ y

padres, fue recabado tres veces por semana mientras duró el período de floración; para el resto de las poblaciones se observaron todas las plantas individualmente. El promedio diario de temperatura desde la emergencia a la floración fue de 31,6 °C.

El experimento bajo condiciones de FPC se sembró el 1 de septiembre de 1992 (FP menor de 13,10 h para esta época del año) utilizando las siguientes poblaciones de plantas; padres, F₁, F₂, F₂-recp y F₃. Estas poblaciones se sembraron en la localidad de Starkville, estado de Mississippi, latitud de 33° 28' N, en un suelo Fluvaquentic Eutrochrepts, franco arenoso, fino, silicia y térmico. En este experimento se usó un diseño completamente aleatorizado con dos repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en hileras de 1,8 m de largo separadas por 0,9 m con una población aproximada de 20 plantas por hileras. El número de días a la floración se tomó en forma y frecuencia como fue descrito anteriormente. Cada cruce se analizó por separado, utilizando el procedimiento SAS General Linear Model (SAS Institute, Cary, N. C.). Se calculó para los padres en cada cruce un intervalo de 95 % de confianza para definir las tres clases de madurez (temprana, intermedia y tardía).

El análisis de la prueba de Chi-cuadrado (Steel y Torrie, 1980) se utilizó para seleccionar la mejor proporción que representara la frecuencia fenotípica esperada con la observada en las poblaciones segregantes. Para cada cruce, se calcularon los estimados de la heredabilidad utilizando los componentes de la varianza. Se estimaron los coeficientes de correlación lineal para el número de días de la emergencia a la floración. Se usó el promedio de números de días de la emergencia a la floración de las poblaciones de F₂ recíprocas de cada cruce para verificar el efecto de la herencia nuclear o extranuclear en la expresión del caracter juvenil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que indican el número de días requeridos para floración correspondientes a las poblaciones segregantes F₂ y F₃ derivadas de los cruces 1 y 2, fueron distribuidos en curvas bimodales cuando se cultivaron bajo condiciones de FPC (Figuras 1 y 2). Sin embargo, cuando

estas poblaciones fueron expuestas a condiciones de FPL la distribución fue multimodal, sin clases discretas de floración (Figuras 3 y 4), lo que parece indicar que el carácter juvenil se hace más

evidente a medidas que el fotoperíodo se acorta. Por esta razón, el análisis genético enfatizará las informaciones recopiladas en los experimentos conducidos bajo condiciones de FPC.

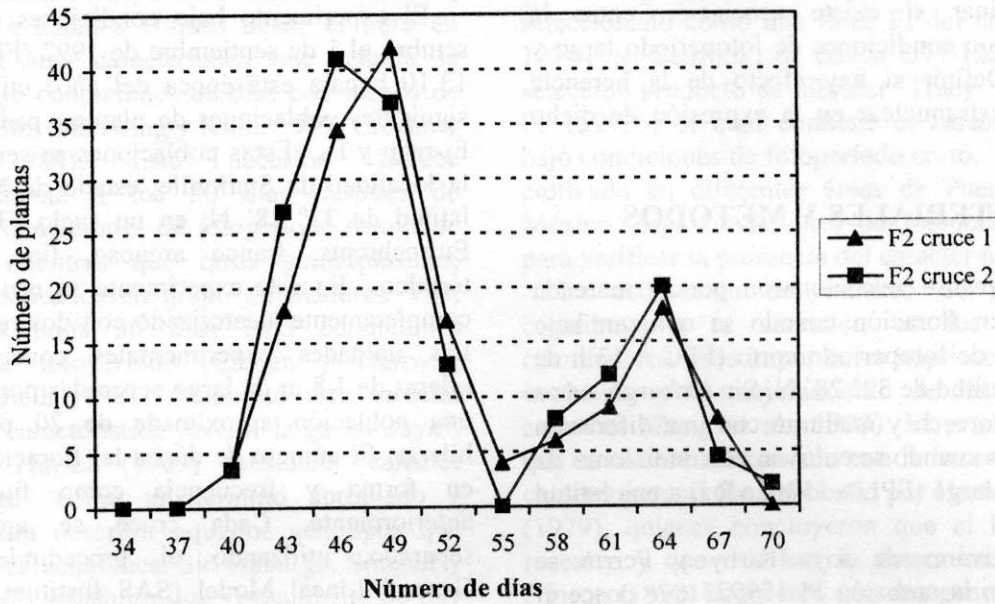


Figura 1. Distribución del número de días hasta floración para las plantas F₂ bajo fotoperíodo corto 1992.

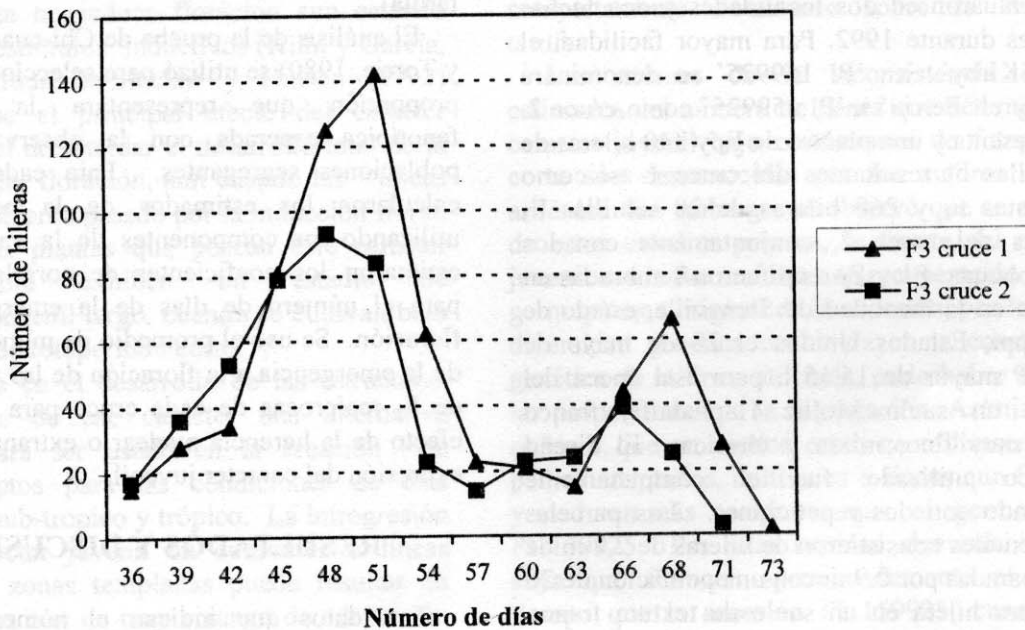


Figura 2. Distribución del número de días hasta floración para las poblaciones F₃ bajo fotoperíodo corto 1992.

El análisis de la varianza mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$), para el número de días desde la emergencia a la floración, entre las líneas F_3 originadas de los

cruces 1 y 2 cuando se cultivaron bajo condiciones de FPC. Esto indica que hubo diferencias genéticas de los padres para este parámetro.

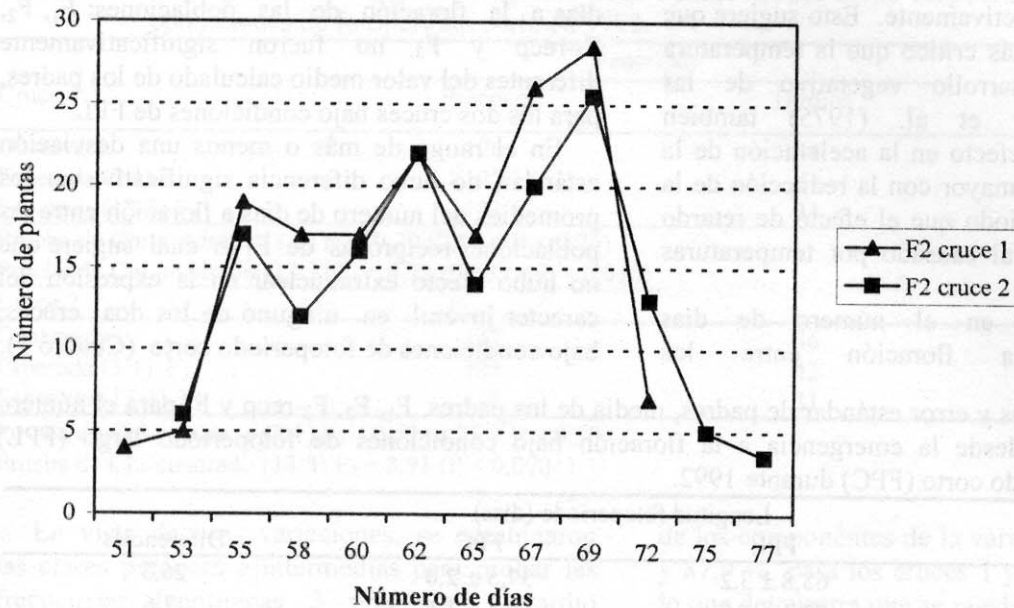


Figura 3. Distribución del número de días hasta floración para las plantas F_2 bajo fotoperíodo largo 1992.

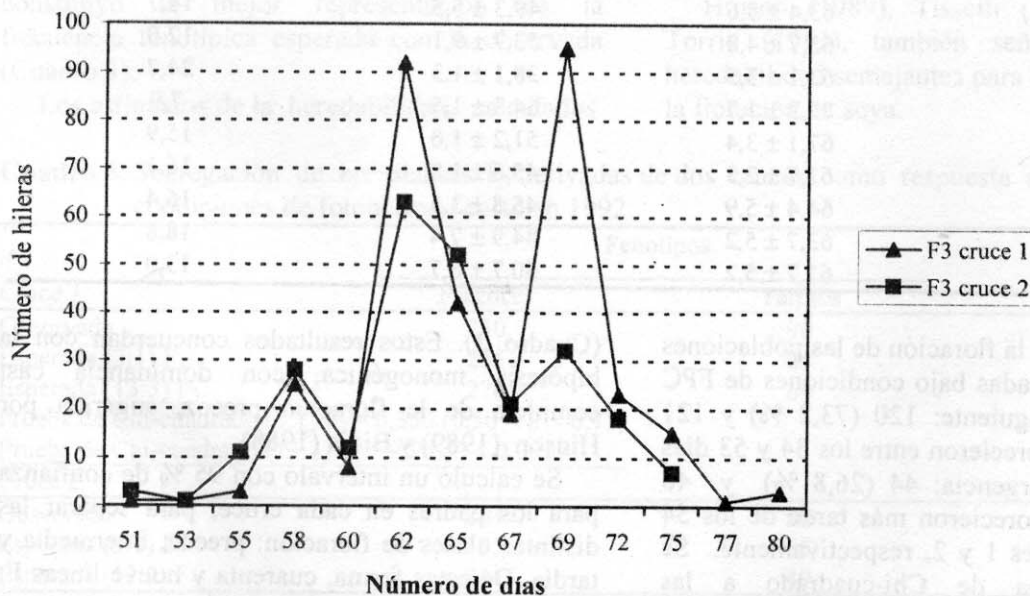


Figura 4. Distribución del número de días hasta floración para las poblaciones F_3 bajo fotoperíodo largo 1992.

Todas las poblaciones exhibieron un período vegetativo más largo cuando crecieron bajo

condiciones de FPL que cuando fueron cultivadas bajo FPC (Cuadro 1). El promedio de temperatura,

bajo condiciones de FPC, durante el período de la emergencia a la floración fue de 16,1 °C para las poblaciones de F₂ y 13,6 para la F₃, mientras que el promedio de temperatura para las poblaciones F₂ y F₃, expuestas a condiciones de FPL, fue de 31,6 y 30,9 °C, respectivamente. Esto sugiere que el fotoperíodo fue más crítico que la temperatura en afectar el desarrollo vegetativo de las poblaciones. Major et al. (1975) también concluyeron que el efecto en la aceleración de la iniciación floral fue mayor con la reducción de la duración del fotoperíodo que el efecto de retardo de la iniciación floral causado por temperaturas frías.

Las diferencias en el número de días transcurridos hasta floración entre los

fotoperíodos largos y cortos fue de 7,6 días para 'PI 159925'; 26,3 días para 'Kirby' y 24,7 días para el cultivar Perrin (Cuadro 1). Esto indicó una reducida sensibilidad al fotoperíodo por parte de 'PI 159925'. Los promedios del número de días a la floración de las poblaciones: F₁, F₂, F₂-recp y F₃ no fueron significativamente diferentes del valor medio calculado de los padres, para los dos cruces bajo condiciones de FPL.

En el rango de más o menos una desviación estándar, no hubo diferencia significativa en los promedios del número de días a floración entre las poblaciones recíprocas de F₂ lo cual sugiere que no hubo efecto extranuclear en la expresión del carácter juvenil en ninguno de los dos cruces, bajo condiciones de fotoperíodo corto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedios y error estándar de padres, media de los padres, F₁, F₂, F₂-recp y F₃ para el número de días desde la emergencia a la floración bajo condiciones de fotoperíodo largo (FPL) y fotoperíodo corto (FPC) durante 1992.

Población	Longitud fotoperíodo (días)		Diferencias
	FPL	FPC	
'Kirby'	63,8 ± 3,2	37,5 ± 2,0	26,3
'PI 159925'	72,1 ± 1,0	64,5 ± 1,5	7,6
Med-padres	67,7 ± 2,8	51,0 ± 1,0	16,5
Cruce 1 F ₁	62,3 ± 2,1	48,3 ± 2,3	14,4
Cruce 1 F ₂	63,2 ± 5,6	46,3 ± 3,6	16,9
Cruce 1 F ₂ -recp	63,4 ± 5,6	49,3 ± 5,5	14,7
Cruce 1 F ₃	65,7 ± 4,8	53,7 ± 9,1	12,0
'Perrin'	63,1 ± 3,5	38,1 ± 1,3	24,7
'PI 159925'	72,2 ± 1,7	64,3 ± 1,5	7,9
Med-padres	67,1 ± 3,4	51,2 ± 1,0	15,9
Cruce 2 F ₁	61,7 ± 2,3	45,6 ± 1,8	16,1
Cruce 2 F ₂	64,4 ± 5,9	45,8 ± 3,3	16,4
Cruce 2 F ₂ -recp	63,7 ± 5,2	44,9 ± 7,4	18,8
Cruce 2 F ₃	63,7 ± 5,2	50,7 ± 8,7	13,0

Las respuestas a la floración de las poblaciones de plantas F₂ cultivadas bajo condiciones de FPC en 1992 fue la siguiente: 120 (73,2 %) y 121 (72,5 %) plantas florecieron entre los 34 y 53 días después de la emergencia; 44 (26,8 %) y 46 (27,5 %) plantas florecieron más tarde de los 54 días para los cruces 1 y 2, respectivamente. Se efectuó la prueba de Chi-cuadrado a las proporciones fenotípicas de 3 precoces: 1 tardío (modelo monogénico) y a la de 13 precoces: 3 tardíos (modelo de dos genes), resultando la proporción fenotípica de 3 precoces: 1 tardío como el modelo mejor representado por la prueba de Chi-cuadrado para las poblaciones de F₂

(Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con la hipótesis monogénica, con dominancia casi completa de la floración precoz, sugerida por Hinson (1989) y Bidja (1988).

Se calculó un intervalo con 95 % de confianza para los padres en cada cruce, para separar las distintas clases de floración: precoz, intermedia y tardía. De estas forma, cuarenta y nueve líneas F₃ fueron clasificadas como precoces (≤ 45 días), 90 líneas F₃ como tardías (≥ 58 días) y 201 líneas F₃ fueron ubicadas como intermedias (46 a 57 días) en el cruce 1. Para el cruce 2, cincuenta y cinco líneas F₃ fueron clasificadas como precoces (≤ 44 días), 59 como tardías (≥ 58 días) y 146 como

clase intermedia (45 a 57 días). Para ambos cruces, el número observado de líneas tardías fue bastante cercano al número esperado, si el caracter juvenil es controlado por un gen. Sin embargo, la

separación de las clases precoces de las intermedias no fue tan precisa, mostrando una deficiencia en comparación con el número observado.

Cuadro 2. Segregación de las plantas F_2 derivadas de dos cruces como respuesta a la floración bajo condiciones de fotoperíodo corto en 1992.

Cruce 1	Fenotipos		Total
	Precoces	Tardíos	
Observada	120	44	164
Esperada (3:1) F_2	123	41	164
Esperada (13:3) F_2	133	31	164
Prueba de Chi-cuadrado (3:1) $F_2 = 0,29$ ($0,50 < P < 0,75$)			
Prueba de Chi-cuadrado (13:3) $F_2 = 6,72$ ($0,005 < P < 0,010$)			
Cruce 2			
Observada	121	46	167
Esperada (3:1) F_2	125	42	167
Esperada (13:3) F_2	136	31	167
Prueba de Chi-cuadrado (3:1) $F_2 = 0,59$ ($0,25 < P < 0,50$)			
Prueba de Chi-cuadrado (13:3) $F_2 = 8,91$ ($P < 0,0001$)			

En vista de esas variaciones, se combinaron las clases precoces e intermedias para probar las frecuencias fenotípicas 3 precoces: 1 tardío (modelo monogénico) y la de 13 precoces: 3 tardíos (modelo de dos genes). Cuando estas pruebas se efectuaron, el modelo monogénico constituyó la mejor representación de la frecuencia fenotípica esperada con la observada (Cuadro 3).

Los estimados de la heredabilidad, calculados

de los componentes de la varianza, fueron de 86,0 y 87,9 % para los cruces 1 y 2, respectivamente, lo que demuestra que se puede efectuar selección, para este caracter, con éxito en generaciones tempranas, particularmente si 'PI 159925' es el padre donador.

Hinson (1989), Tisselli (1981) y Anand y Torrie (1963), también señalaron valores de heredabilidad semejantes para el número de días a la floración en soya.

Cuadro 3. Segregación de las plantas F_3 derivadas de dos cruces como respuesta a la floración bajo condiciones de fotoperíodo corto en 1992.

Cruce 1	Fenotipos		Total
	Precoces	Tardíos	
Observada	250	90	340
Esperada (3:1) F_3	255	85	340
Esperada (13:3) F_3	276	64	340
Prueba de Chi-cuadrado (3:1) $F_3 = 0,356$ ($0,50 < P < 0,75$)			
Prueba de Chi-cuadrado (13:3) $F_3 = 9,96$ ($P < 0,001$)			
Cruce 2			
Observada	201	59	260
Esperada (3:1) F_3	195	65	260
Esperada (13:3) F_3	211	49	260
Prueba de Chi-cuadrado (3:1) $F_3 = 0,63$ ($0,25 < P < 0,50$)			
Prueba de Chi-cuadrado (13:3) $F_3 = 2,52$ ($0,10 < P < 0,25$)			
Frecuencia construida (precoces + intermedios: tardíos)			

Los coeficientes de correlación lineal para la asociación del número de días a la floración

de las plantas tardías F_3 , cultivadas bajo condiciones de FPL y las expuestas a condiciones

de FPC, fueron positivos pero con valores muy bajos; 0,10 y 0,37 para los cruces 1 y 2, respectivamente, indicando que existe poca asociación entre las selecciones de las líneas tardías F₃ expuestas a esas dos condiciones de fotoperíodo.

Hartwig y Kiihl (1979) y Parvez y Gardner (1987) también sugirieron que la respuesta a la floración bajo condiciones de FPL no predice con exactitud el comportamiento del carácter juvenil bajo condiciones de FPC.

CONCLUSIONES

1. Los patrones de segregación de las poblaciones F₂ y F₃, para cada cruce, fueron multimodales sin clases discretas de floración, cuando se cultivaron bajo condiciones de fotoperíodo largo. Sin embargo, estos patrones fueron bimodales cuando las poblaciones crecieron bajo condiciones de fotoperíodo corto. Estas observaciones sugieren que la expresión del carácter juvenil, que retarda la floración en soya, tiene su efecto cuando es expuesto a condiciones de fotoperíodo corto.
2. Los resultados de la prueba de Chi-cuadrado realizadas en las poblaciones segregantes de F₂ y F₃ fueron más consistentes con la frecuencia fenotípica de 3 precoces: 1 tardío, sugiriendo que el carácter juvenil heredado de la accesión PI 159925 cultivada bajo condiciones de fotoperíodo corto en 1992 es controlado por un gen recesivo nuclear.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede inferir que la herencia del carácter juvenil fue nuclear.
4. Los porcentajes de la heredabilidad, calculados de los componentes de la varianza, fueron de 86,0 y 87,9 para los cruces 1 y 2, respectivamente, los cuales demuestran que se puede seleccionar exitosamente el carácter juvenil en generaciones tempranas.
5. Los valores de los coeficientes de correlación lineal para el número de días a la floración, indican que la floración bajo condiciones de fotoperíodo largo no predice con exactitud el comportamiento del carácter juvenil bajo condiciones de fotoperíodo corto.

LITERATURA CITADA

1. Anand, S. C. y J. H. Torrie. 1963. Heritability of yield and other traits and interrelationship among traits in F₃ y F₄ generations of three soybean crosses. *Crop Sci.* 3:508-511.
2. Bidja, M. J. E. 1988. Inheritance of delayed flowering in soybean *Glycine max* (L.) Merrill. Ph. D. Dissertation, University of Florida. Gainesville, FL. 93p.
3. Board, J. E. y W. Hall. 1983. A solution to premature flowering in soybean. *Lousiana Agric.* 26: 17-18.
4. Carter, J. L. y E. E. Hartwig. 1963. The management of soybeans. In A. G. Norman (ed.), *The soybean*. Academic Press. New York. p. 161-226.
5. Cregan, P. B. y E. E. Hartwig. 1984. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. *Crop Sci.* 24:659-662.
6. Hartwig, E. E. 1970. Growth and characteristics of soybean *Glycine max* (L.) Merr. grown under short-day conditions. *Crop Sci.* 10:47-53.
7. Hartwig, E. E. 1993. Registration of 'Vernal' soybean. *Crop Sci.* 33: 1101.
8. Hartwig, E. E. y C. J. Edwards Jr. 1986. Evaluation of soybean germplasm. Maturity group V through X.U.S. Dept. Agricult. USDA. Stoneville, MS.
9. Hartwig, E. E. y R. A. S. Kiihl. 1979. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybean for short-day conditions. *Field Crop Res.* 2:145-151.
10. Hinson, K. 1989. Use of a long juvenile trait in cultivar development. *Proc World Soybean Conf. (Buenos Aires)* 2:983-987.
11. Kiihl, R. A. S. y A. García. 1989. The use of the long juvenile trait in breeding soybean cultivars *Proc. World Soybean Conf. (Buenos Aires)* 2:994-999.
12. Kilen, T. C. y K. Hinson. 1990. Genetics of differential flowering of soybean under short days. *Agron. Abstr.* p. 96.

13. Major, D. J., D. R. Jhonson, J. M. Tanner y J. C. Anderson. 1975. Effects of daylength and temperature on soybean development. *Crop Sci.* 15: 174-179.
14. Miranda, M. C. A. de, H. A. A. Mascarhenas, J. C. V. A. Pereira, P. B. Gallo, S. R. L. Diehl N. R. Pinzan. 1990. Study of soybean lines with long juvenil period. Release of cultivar IAC-15. *Bragantia* 49(2): 253-268.
15. Parvez, A. Q. y F. P. Gardner. 1987. Daylength and sowing date response of soybean lines with "juvenile" trait. *Crop. Sci.* 27: 306-310.
16. Sinclair, T. R. y K. Hinson. 1992. Soybean flowering in response to the long juvenile trait. *Crop Sci.* 32: 1242-1248.
17. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980 *Principles and procedures of statistics*. 2nd. Ed. Mc Graw-Hill. New York.
18. Tisselli, O., Jr. 1981. Inheritance study of the long-juvenile characteristics in soybean under long and short-day conditions. Ph. D. Diss. Mississippi State University, MS. 77 p.
19. Zeng, Z. B., D. Houle y C. C. Cockerham. 1990. How informative is Wrioth's estimator of the number of genes affecting a quantitative character?. *Genetics* 126:235-247.