

## Variabilidad fenológica de una población de frijol Patol (*Phaseolus coccineus* L.) nativo de Durango, México\*

### Phenological variability of a population of bean Patol (*Phaseolus coccineus* L.) native of Durango, Mexico

Ma. Luisa Patricia Vargas Vázquez<sup>1§</sup>, José Socorro Muruaga Martínez<sup>1</sup>, Gabriel Alejandro Iturbide<sup>2</sup> y Netzahualcoyotl Mayek Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP, Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. A. P. 307, C. P. 56250, Tel: (595) 92 126 57. Coatlinchán, Estado de México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Unidad Durango, Avenida Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango, Durango, C. P. 34220. (ghiturbide@hotmail.com).

<sup>3</sup>Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional. Blvd. Del maestro, esquina Elías Piña s/n, Col. Narciso Mendoza. Reynosa, Tamaulipas, México. (nmayek@ipn.mx). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: vargas.patricia@inifap.gob.mx.

## Resumen

La colección de variedades nativas de *Phaseolus coccineus* L. del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias tiene 798 accesiones resguardadas *ex situ*. Están representadas las variedades del centro y sur del país y hace falta introducir las del norte del territorio. La planta de *P. coccineus* L. tiene sistema de apareamiento mixto con predominancia del entrecruzamiento por lo que una población puede tener varios colores de semilla y las plantas mostrar diferente fenología. El banco de germoplasma recibió una colecta del Ejido San José de las Corrientes, Municipio de Vicente Guerrero, Durango, México. Se definieron variantes por colores de semilla y se sembraron 25 de junio de 2010 y el 17 de mayo 2011 en Chapingo, México. Se registró: fotoperiodo, días y temperatura acumulada de emergencia de plántula a inicio de floración, y días y temperatura requerida de floración a inicio de madurez. Se identificaron variantes de ciclo corto, 123-144 días, y de ciclo largo de 165 días. En siembras de mayo la planta floreció a los 26-36 días con 13.17 y 13.19 horas luz; y en siembras de junio a los 40-56 días con 12.33 y 12.49 horas luz debido a la disminución de fotoperíodo natural a través del tiempo. Al alargarse el período vegetativo aumentó la acumulación de temperatura debido al incremento que ocurre en primavera-verano en esta latitud. Al sembrar en mayo las plantas acumularon en período vegetativo, 468-719 °C, y al sembrar en junio 713-990 °C.

## Abstract

The collection of native varieties of *Phaseolus coccineus* L. of the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock has 798 sheltered *ex situ* accessions. Representing varieties of the centre and south of the country and are still needed to include those the northern territory. The plant *P. coccineus* L. has a mixed mating system with predominance of crosslinking so that a population can have multiple colours of seeds and the plants display different phenology. The genebank received a collection of the Ejido San José de las Corrientes, Vicente Guerrero, Durango, Mexico. Seed colour variants were defined and plated on June 25, 2010 and May 17, 2011 in Chapingo, Mexico. We recorded: photoperiod, days and accumulated temperature of seedling emergence at flowering, and days and temperature required to start flowering at the beginning of maturity. Short-cycle variants were identified, 123-144 days and long cycle of 165 days. In May plantings, the plant bloomed for 26-36 days with 13.17 and 13.19 hours of light; and plantings on June 40-56 days to 12.33 and 12.49 hours of light due to natural photoperiod decreased over time. When the growing season increases, so does the accumulation of temperature due to the increase occurring in spring and summer at this latitude. When planting in May accumulated in plants growing season, 468-719 °C, and in June 713-990 °C.

\* Recibido: febrero de 2015  
Aceptado: mayo de 2015

**Palabras clave:** *Phaseolus coccineus* L. domesticado, fecha de siembra, fenología vegetal, recursos genéticos vegetales.

Una población es una comunidad de organismos de reproducción cruzada y sexual que comparten frecuencias de genes ajustadas a las condiciones prevaletientes (Dobzhansky 1951). En las plantas alógamas, el alto porcentaje de polinización cruzada natural propicia un constante intercambio genético a través de varias generaciones por lo que sus poblaciones son altamente heterogéneas. Este trabajo estudia la fenología de una población de plantas de *Phaseolus coccineus* L., que tiene sistema apareamiento mixto con predominancia de entrecruzamiento (Coello y Escalante, 1989). Identifica los procesos que definen sus períodos vegetativo y reproductivo (floración y madurez) e infiere la mejor época del año para regenerar e incrementar su semilla que deberá ingresar a los bancos de germoplasma para su resguardo a largo plazo.

Esta es una especie de frijol nativa de las partes altas de México y América Central, donde la forma cultivada crece cerca de la forma silvestre (Miranda-Colín, 1967). Se encuentra desde Chihuahua hasta Panamá en tierras altas y húmedas, en altitudes de 1 500 hasta 3 000 msnm donde coexisten cultivados y silvestres y su centro de origen y domesticación es Mesoamérica (Delgado-Salinas, 1988). Se trata de una planta trepadora, perenne, que también puede cultivarse como anual, su sistema de reproducción es de polinización cruzada y es la única especie del género que poliniza con ayuda de colibrís (Búrquez y Sarukhán, 1980), aunque otros de sus polinizadores son las abejas y abejorros. Estudios recientes con marcadores genéticos moleculares señalan que en Mesoamérica el acervo cultivado está estrechamente relacionado con el silvestre, que el flujo genético actual entre silvestres y domesticados es alto y continuo, y que los silvestres contribuyen al acervo genético cultivado.

Por otra parte, se ha sugerido que la domesticación ocurrió, o en toda el área México-Guatemala, o bien que existieron dos eventos de domesticación separados: Guatemala-Honduras, y México (Spataro *et al.*, 2011). El proceso de domesticación parece no haber erosionado los niveles de variabilidad genética de *P. coccineus*, ya que tanto los cultivados como los silvestres mantienen alta variabilidad, tanto en poblaciones de la Mesa Central como en las de Chiapas, al sur del territorio mexicano. La alta variabilidad

**Keywords:** *Phaseolus coccineus* L., domesticated, plant genetic resources, plant phenology, sowing date.

A population is a community of organisms of cross and sexual reproduction that share frequency of genes adjusted to the prevailing conditions (Dobzhansky, 1951). In cross-pollinated plants, the high percentage of natural cross-pollination fosters a constant genetic exchange through several generations so their populations are highly heterogeneous. This paper studies the phenology of a population of *P. coccineus* L., which has a mixed mating system with predominance of crosslinking (Coello and Escalante, 1989). Identify the processes that define their vegetative and reproductive periods (flowering and maturity) and infers the best time of year to regenerate and increase their seed that would be part of the genebanks' collections for long term safekeeping.

This is a kind of bean native of the highlands of Mexico and Central America, where the cultivated form grows near the wild (Miranda-Colín, 1967). It is found from Chihuahua to Panama in humid highlands at altitudes 1 500-3 000 m where coexist cultivated and wild and its centre of origin and domestication is Mesoamerica (Delgado-Salinas, 1988). It is a climbing perennial plant, which can also be grown as an annual, with a cross-pollination reproduction system and is the only species of the genus pollinating using hummingbirds (Búrquez and Sarukhan, 1980), although other pollinators are bees and bumblebees. Recent studies indicated that, the molecular genetic markers in Mesoamerica, the cultivated acervo is closely related to the wild, the current gene flow between wild and domesticated is high and continuous, and that wild contribute to the gene pool cultivated.

Moreover, it has been suggested that domestication occurred, or across the Mexico-Guatemala, or that there were two separate domestication events area: Guatemala-Honduras, and Mexico (Spataro *et al.*, 2011). The domestication process seems to have eroded the levels of genetic variability of *P. coccineus*, as both were cultivated and wild maintain high variability in both populations of the Central Plateau as in Chiapas, in southern Mexico. The high variability is due to crossover rates ranging from intermediate to high in contrast to other species of bean (Escalante *et al.*, 1994). These authors note that similar levels of genetic variation in wild and cultivated may also be due to: high levels of gene flow between populations; large effective populations generated by pollinators (bees and hummingbirds) over long distances; because wild subpopulations grow together; because the cultivated grow near wild; or the survival of individuals that can reach up to 10 years (Fernández, 1981).

se debe a las tasas de cruzamiento que van de intermedias a altas en contraste con otras especies de frijol (Escalante *et al.*, 1994). Estos autores señalan que los niveles similares de variación genética en silvestres y cultivados también pueden deberse a: altos niveles de flujo genético entre poblaciones; grandes poblaciones efectivas generadas por los polinizadores (abejas y colibrís) que recorren grandes distancias; porque las subpoblaciones silvestres crecen juntas; porque las cultivadas crecen cerca de las silvestres; o por la perennidad de los individuos que pueden alcanzar hasta los 10 años (Fernández, 1981).

Además, la distancia genética entre poblaciones del Centro de México es menor (0.024-0.027 índice de Nei), que la encontrada entre poblaciones de Chiapas y la Mesa Central (0.339-0.445) lo que indica la existencia de diferenciación genética geográfica. No ha habido cambios en el sistema reproductivo de *P. coccineus* L. y quizá no ha evolucionado a la autogamia por: 1) cambio entre generaciones más lento porque la planta puede alcanzar 10 años; 2) la existencia de poca variabilidad genética en el sistema reproductivo de *P. coccineus* L. y porque la variación se deba más a efectos ambientales, como plantas con flores más expuestas y más visitadas tendrán mayores tasas de cruzamiento; y 3) el flujo genético entre silvestres y cultivadas hará que la selección artificial hacia la autogamia sea lento (Escalante *et al.*, 1994; Ayala *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2006).

Este trabajo se llevó a cabo en los ciclos agrícolas 2010 y 2011 en el Campo Experimental Valle de México en Chapingo, Estado de México, a una altitud de 2 250 msnm, en las coordenadas 19° 29' latitud norte, y 98° 53' longitud oeste. En Chapingo la temperatura máxima media anual es de 25.1 °C, la mínima media anual 7.6 °C y la precipitación total anual es de 620 mm (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL15170.TXT>). Se sembraron 16 variantes de una colecta de frijol ayocote proveniente del Ejido San José de las Corrientes, Municipio de Vicente Guerrero, Durango, a una altitud de 2 120 msnm, coordenadas 23° 46' 07" latitud norte y 103° 51' 30" longitud oeste. En esta localidad la temperatura máxima media anual es de 26.2 °C, la mínima media anual 7.5 °C y la precipitación total anual de alrededor de 500 mm (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/normall10088.TXT>). Las variantes se seleccionaron por el color de la testa de las semillas contenidas en la población colectada con diferente color de testa, 6 de un solo color y 12 con combinaciones. Los colores lisos fueron: blanco, crema claro, crema, amarillo mostaza, lila y color ante o piel.

In addition, the genetic distance between populations of Central Mexico is lower (0.024-0.027 Nei index), that found between populations of Chiapas and Central Plateau (0.339-0.445) indicating the existence of geographic genetic differentiation. There have been no changes in the reproductive system of *P. coccineus* L. and perhaps it has not evolved to the self-reproduction by: 1) slower rate between generations because the plant can reach 10 years; 2) the existence of little genetic variability in the reproductive system of *P. coccineus* L. and that the variation is more due to environmental effects, such as plants most at risk and most visited flowers have higher rates of crossover; and 3) the gene flow between wild and cultivated make the artificial selection to the self-reproduction is slow (Escalante *et al.*, 1994; Ayala *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2006).

This work was conducted in 2010 and 2011 crop seasons in the Valley of Mexico Experimental Field in Chapingo, State of Mexico, at an elevation of 2250 meters at the coordinates 19° 29' north latitude and 98° 53' west longitude. In Chapingo, the maximum annual average temperature is 25.1 °C, the average annual minimum is 7.6 °C and, the annual precipitation is 620 mm (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales5110/normal15170.TXT>). 16 variants of a runner bean collection from the Ejido San Jose de las Corrientes, Vicente Guerrero, Durango, at an elevation of 2120 meters, and coordinates 23° 46' 07" north latitude and 103° 51' 30" west longitude. In this locality, the maximum annual average temperature is 26.2 °C, the average annual minimum 7.5 °C and total annual rainfall of about 500 mm (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/normal10088.TXT>). The variants were selected by the colour of testa of seeds contained in the collected population with different color of testa, 6 and 12 single color combinations. Plain colors were white, light, cream, yellow mustard cream, lilac and color suede or leather.

The combined were: light brown to dark brown, purple with black, yellow with black, yellow with coffee, coffee with cream, black and cream, black with gray and cream, black with purple, cream with black and gray, and black coffee and yellow. Planting dates were in 2010; June 25 and 17 May 2011. Planting was done in a furrow plots 3 m long at a distance of 0.80 m between rows leaving a groove between each variant of "ayocote". Each plot contained 5 plants (repetitions) of runner bean spaced 0.60 m between plants and three plants per hill.

Date and photoperiod were recorded at the beginning of flowering (first flower open on the ground), beginning of maturity (first ripe pod on the ground) as well as the length of the period of maturation of the pods. The calculation of photoperiod was obtained from the website: <http://www.tutiempo.net/>

Los combinados fueron: café claro con café oscuro, lila con negro, amarillo con negro, amarillo con café, café con crema, negro con crema, negro con gris y crema, negro con lila, crema con negro y gris, y negro con café y amarillo. Las fechas de siembra fueron: en 2010; el 25 de junio y en 2011 el 17 de mayo. La siembra se hizo en parcelas de un surco de 3 m de largo a una distancia de 0.80 m entre surcos dejando un surco libre entre cada variante de ayocote. Cada parcela contenía 5 matas (repeticiones) de frijol ayocote espaciadas a 0.60 m entre matas, y tres plantas por mata.

Se registró la fecha y fotoperiodo al inicio de floración (primera flor abierta en la planta), inicio de madurez (primera vaina madura en la planta), así como la longitud del período de maduración de las vainas. El cálculo del fotoperiodo se obtuvo de la página de internet: [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/fotoperiodo.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/fotoperiodo.htm) Lammi (2014). Con datos de temperaturas máximas y mínimas diarias obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) se determinó la temperatura acumulada en el período vegetativo y período reproductivo de cada mata o repetición.

El análisis de varianza que incluyó las 16 variantes, dos fechas de siembra y 5 repeticiones mostró diferencia significativa entre fechas de siembra y entre variantes para los días a inicio de floración, horas luz y temperatura acumulada de emergencia a inicio de floración. Asimismo, para los días transcurridos y temperatura acumulada desde el inicio de floración hasta el inicio de madurez. La variabilidad comprendida dentro de esta colecta no solamente se reflejó en las características externas de la semilla como colores y patrones de moteado de la testa, sino también en caracteres fenológicos de la planta (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Análisis de varianza de variables fenológicas y temperatura media acumulada en 2 períodos de crecimiento de la planta de frijol ayocote. Promedio de dos fechas de siembra.**

**Table 1. Analysis of variance of phenological variables and mean temperature accumulated in two periods of growth of runner bean plant. Average of two planting dates.**

Variable	N	Media	Pr>F	R <sup>2</sup>	Pr > F		
					FS	Acce.	Rep.
Días a inicio de floración (DIF)	222	35.05	<.0001	0.85	0.0001	<.0001	0.29
Fotoperiodo a inicio de floración (FIF)	222	12.94	<.0001	0.99	<.0001	<.0899	0.35
Temperatura acumulada de emergencia a inicio de floración (TAEF)	222	654.19	<.0001	0.82	<.0001	<.0001	0.33
Días de inicio de floración al 1er corte de vainas maduras (DIM)	222	95.6	<.0001	0.95	<.0001	<.0001	0.02
Temperatura acumulada de inicio de floración al 1er corte de vainas maduras (TAFM)	222	1608.7	<.0001	0.96	0.0001	<.0001	0.01

N= número de observaciones.

*silvia\_larocca/Temas/fotoperiodo.htm* Lammi (2014). Using data from daily minimum and maximum temperatures obtained from the meteorological station of Chapingo (UACH) accumulated temperature in the growing season and reproductive period of each plant or recurrence was determined.

The analysis of variance that included 16 variants, two sowing dates and 5 repetitions showed significant difference between planting dates and among variants for days to flowering, light hours and accumulated temperature emergence to flowering. Likewise for cumulative days elapsed and temperature from the start of the start of flowering to maturity. The variability included within this collection not only reflected in the external features of seed as mottled colours and patterns of the testa, but also in plant phenological characteristics (Table 1).

With the data obtained in 2011, variants of short cycle (123 and 144 dae) and long cycle (164-165 dae) were identified. The short cycle flourished between 26 and 36 DAE, began maturity between 123 and 139 dae, and pod maturity period varied between 7 and 21 days. Long cycle variants flourished between 26 and 38 DAE, began maturity at 164-165 dde, and pod ripening period was 27-41 days.

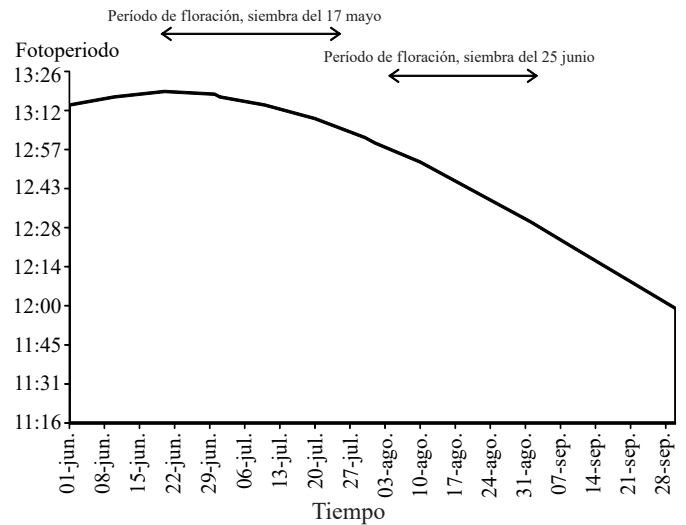
Sowing 40 days before June 25, caused the plant to lengthen the growing season (DIF), which was reflected in an increase in accumulated temperature (TAEF) in that period. Also started blooming with less daylight hours (FIF) due to decreased natural photoperiod occurred over time (Figure 1). The occurrence of consecutive frost from 5 to 13 November 2010, with minimum temperatures ranging between 0 and -5.6 °C, forced to harvest all variants on November 8, 126 days after seedling emergence so no was possible to know the actual number of days needed to start plants mature pods (Figure 2 and Table 2).

Con los datos obtenidos en 2011 se identificaron variantes de ciclo corto (123 y 144 dde) y de ciclo largo (164-165 dde). Las de ciclo corto florecieron entre 26 y 36 dde, iniciaron madurez entre 123 y 139 dde, y su período de maduración de vainas varió entre 7 y 21 días. Las variantes de ciclo largo florecieron entre 26 y 38 dde, iniciaron madurez a los 164-165 dde, y su período de maduración de vainas fue de 27-41 días.

El sembrar 40 días antes del 25 de junio, ocasionó que la planta alargara su período vegetativo (DIF), lo que se reflejó en un aumento de temperatura acumulada (TAEF) en dicho período. También inició floración con menos horas luz (FIF) debido a la disminución de fotoperíodo natural ocurrido a través del tiempo (Figura 1). La ocurrencia de heladas consecutivas del 5 al 13 de noviembre de 2010, con temperaturas mínimas que oscilaron entre 0 y -5.6 °C, obligó a cosechar todas las variantes el 8 de noviembre, 126 días después de la emergencia de plántulas por lo que no fue posible conocer el número real de días que necesitaron las plantas para iniciar la madurez de sus vainas (Figura 2 y Cuadro 2).

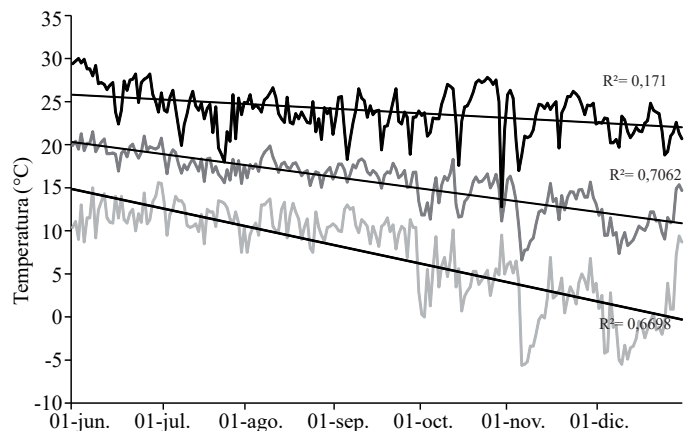
**Respuesta de la planta al fotoperíodo y la temperatura**

La temperatura y el fotoperíodo son los factores más importantes que inducen el desarrollo de las plantas a través de su ciclo de cultivo. En ambas fechas de siembra, el número de días desde la emergencia de plántula hasta el inicio de floración, disminuyó conforme se alargó el fotoperíodo (Figura 3). La respuesta de la planta al sembrarse temprano en mayo fue apresurar su inicio de floración (entre 26 y 36 dde) con fotoperíodos largos de entre 13.17 y 13.19 horas luz. En tanto que en siembras de junio la planta inició floración muchos días después (entre 40 y 56 días) con fotoperíodos mas cortos de entre 12.33 y 12.49 horas luz (Figura 1).



**Figura 1. Horas luz que ocurren en Chapingo, Estado de México de junio a septiembre, 2010.**

**Figure 1. Hours of light occurring in Chapingo, State of Mexico from June to September, 2010.**



**Figura 2. Temperatura máxima, mínima y media ocurridas en Chapingo, México en 2010.**

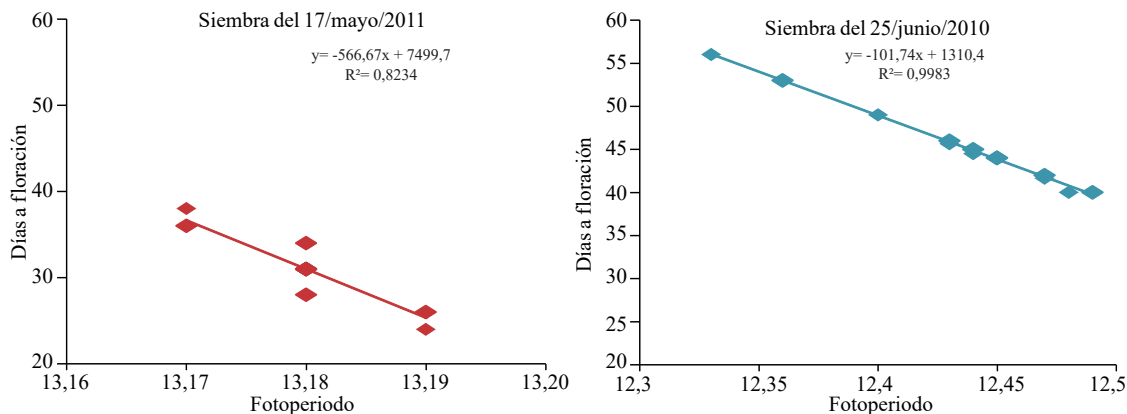
**Figure 2. Maximum, minimum and average temperature occurred in Chapingo, Mexico in 2010.**

**Cuadro 2. Medias y desviación típica de variables fenológicas y temperatura media acumulada en dos períodos de crecimiento de la planta de frijol ayocote en dos fechas de siembra.**

**Table 2. Means and standard deviation of phenological variables and average temperature accumulated in two periods of plant growth of runner bean in two sowing dates.**

FS	N	DIF	DT	FIF	DT	TAEF	DT	DIM	DT	TAFM	DT
17/mayo/2011	222	31	4.2	13.1	0.009	595.2	76.1	129.5	20.8	1745.1	192.8
25/junio/2010	222	44	6.0	12.4	0.059	781.4	103.9	-	-	-	-

FS= fecha de siembra; N= número de observaciones; DT= desviación típica; DIF= días a inicio de floración; FIF= fotoperíodo a inicio de floración; TAEF= temperatura acumulada de emergencia a floración; DIM= días a inicio de madurez; TAFM= temperatura acumulada de floración a madurez.



**Figura 3. Respuesta en días a floración al fotoperíodo de 16 variantes de una colecta de patol criollo cultivadas en dos fechas de siembra en Chapingo, Estado de México. Ciclos primavera-verano 2010 y 2011.**

**Figure 3. Response in days to flowering to photoperiod of 16 variants of a collection of native patol grown in two planting dates in Chapingo, State of Mexico. Cycles spring-summer, 2010 and 2011.**

## Conclusiones

En ambas fechas de siembra, el aumento de los días de emergencia de plántula a inicio de floración incrementó la acumulación de temperatura en este período. Al sembrar el 17 de mayo, mientras las plantas crecían y se desarrollaban hasta iniciar la floración acumularon entre 468 y 719 °C de temperatura, cantidad menor que la acumulada en el mismo período al sembrar el 25 de junio, que fue de 713-990 °C.

## Agradecimientos

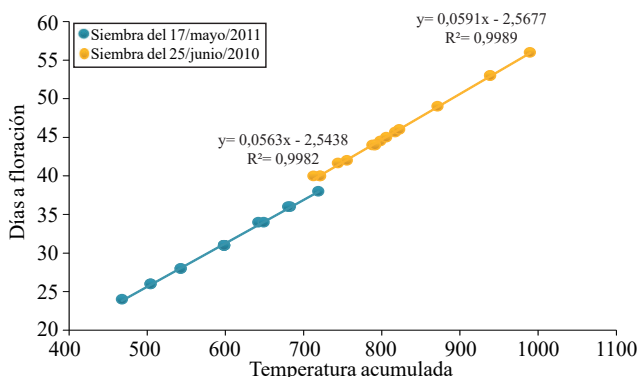
Los autores(a) agradecen a la Comisión de Fomento a las Actividades Académicas del Instituto Politécnico Nacional la beca de exclusividad y al Programa de Estímulos al Desempeño de los Investigadores, Secretaría Académica del IPN, los apoyos económicos otorgados para el desarrollo de esta investigación y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), SNICS y SAGARPA por el apoyo financiero para las actividades de recolección de germoplasma en el estado de Durango.

## Literatura citada

- Ayala, G. O. J.; Pichardo, G. J. M.; Estrada, G. J. A.; Carrillo, S. J. A. y Hernandez, L. A. 2006. Rendimiento y calidad de semilla de frijol ayocote en el Valle México. *Agríc. Téc. Méx.* 32(3):313-321.
- Búrquez, A. y Sarukhán, J. 1980. Biología floral de poblaciones silvestres de *Phaseolus coccineus* L. I. Relaciones planta-polinizador. *Boletín Sociedad Botánica de México* 39:5-25.

## Plant response to photoperiod and temperature

The temperature and photoperiod are the most important factors that induce plant development through its growing cycle. In both planting dates, the number of days from seedling emergence to the beginning of flowering, decreased as photoperiod is reached (Figure 3). The response of the plant to be planted in early May was the beginning of flowering rush (between 26 and 36 DAE) with long days between 13.17 and 13.19 hours light. While in June planting flowering plant began many days (between 40 and 56 days) with shorter photoperiods between 12.33 and 12.49 hours light (Figure 1).



**Figura 4. Respuesta en días a floración a la temperatura acumulada durante el ciclo vegetativo de plantas de 16 variantes de una colecta de patol criollo cultivadas en dos fechas de siembra en Chapingo, Estado de México. Ciclos primavera-verano 2010 y 2011.**

**Figure 4. Response in days to flowering to the accumulated temperature during the growing season of 16 variants of a collection of native patol grown in two planting dates in Chapingo, State of Mexico. Cycles spring-summer, 2010 and 2011.**

- Castillo, M. M.; Ramírez, V. P.; Castillo, G. F. y Miranda, C. S. 2006. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del estado de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(2):111-119.
- Coello, C. J. G. y Escalante, G. A. M. 1989. Estructura genética y determinación de los parámetros del sistema de apareamiento en poblaciones silvestres y cultivadas de *Phaseolus coccineus*. Tesis de Biólogo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.
- Delgado-Salinas, A. 1988. Variation, taxonomy, and germplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In: Gepts, P. (Ed.). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer, Dordrecht. 441-463 pp.
- Dobzhansky, T. 1951. Genetics and the origin of species. 3<sup>rd</sup> (Ed.). New York: Columbia University Press.
- Escalante, A. M.; Coello, G.; Equiarte, L. E.; Pinero, D. 1994. Genetic structure and mating systems in wild and cultivated populations of *Phaseolus coccineus* and *P. vulgaris* (Fabaceae). *Am. J. Bot.* 81(9):1096-1103.
- Fernández, P. 1981. Ciclos de vida comparativos de poblaciones de *Phaseolus coccineus* L. (Leguminosae). PhD. thesis, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). D. F. México.
- Lammi, J. 2014. Cálculo del fotoperiodo. [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/fotoperiodo.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/fotoperiodo.htm).
- Miranda, C. S. 1967. Infiltración genética entre *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus vulgaris* L. Serie de Investigación Núm. 9. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Chapingo, Estado de México.

## Conclusions

In both planting dates, increasing the days of seedling emergence to flowering increased the accumulation of temperature in this period. By sowing May 17, while the plants grew and developed to initiate flowering accumulated between 468 and 719 °C of temperature, lower quantity than the accumulated over the same period to sow on June 25, which was 713-990 °C.

*End of the English version*



- Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas. 2014. <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL10088.TXT>.
- Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas. 2014. <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL15170.TXT>.
- Spataro, G.; Tiranti, B.; Arcaleni, P.; Bellucci, E.; Attene, G.; Papa, R.; Spagnoletti, Z. P. and Negri, V. 2011. Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. *Theor. Appl. Genet.* 122:1281-1291.