

# DESARROLLO REPRODUCTIVO DE FRIJOL "AYOCOTE" REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF BEAN "AYOCOTE"

David Martínez-Moreno<sup>1</sup>, Jenaro Reyes-Matamoros<sup>2</sup> y Agustina Rosa Andrés-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Boulevard Valsequillo y Av. San Claudio Edificio 112-A, Col. San Manuel, C. U., C. P. 72570, Puebla, Pue.,  
México

<sup>2</sup>Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
14 Sur 6301, Col. San Manuel, C. U., C. P. 72570, Puebla, Pue., México  
Correo electrónico: jenaro.reyes@correo.buap.mx

## Resumen

El objetivo de este estudio es describir el desarrollo reproductivo de las plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.). El experimento fue simple con un diseño completamente aleatorio, compuesto por cuatro lotes de 20 individuos cada uno. Para cada individuo se registró la presencia o ausencia de hojas, inflorescencias, botones, flores y frutos. De acuerdo al número de nudos presentes en el eje principal de la planta, ésta se dividió en parte basal, media y distal, y en cada segmento se registró el rendimiento de botones, flores y vainas. Se muestra la fenología de la especie, la producción de estructuras reproductivas y la asignación de biomasa.

Palabras clave: *Phaseolus coccineus*, abscisión, biomasa, componentes de rendimiento, fenología

## Abstract

This study is intended to describe the reproductive development of bean plants known as "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.). The experiment was a completely simple randomized design, consisting of four parcels with 20 individuals each. Presence or absence of leaves, inflorescences, buds, flowers and fruits was recorded for each individual. According to the number of nodes present in its main axis, the plant was divided into a basal, middle and distal part, and the yield of buds, flowers and pods was recorded for each part. Phenology

of the species, production of reproductive structures and biomass allocation are shown in this paper.

**Key words:** *Phaseolus coccineus*, abscission, biomass, yield components, phenology

## Introducción

México es el lugar de origen del género *Phaseolus* y en su territorio se localiza el 95% de las especies conocidas (Delgado, 1985). México es también el centro de domesticación de las especies cultivadas (Basurto, 2000). El género *Phaseolus* tiene aproximadamente 37 especies, de las cuales sólo cinco han sido domesticadas: *P. vulgaris*, *P. acutifolius*, *P. lunatus*, *P. polyanthus* y *P. coccineus* (Smartt, 1969). En estas especies el rendimiento tiene su expresión morfológica en las estructuras de la planta: raíz, tallo, hojas, botones, flores y frutos. Por otro lado, el rendimiento económico tiene su expresión morfológica en el grano, que puede considerarse como el resultado de una secuencia de transformaciones de otros componentes, tales como vainas, flores, botones y yemas, donde se presentan diferentes fenómenos fisiológicos como el aborto de semillas y la abscisión de órganos.

Los términos fuente y demanda se han utilizado para encarar los problemas de crecimiento y desarrollo de las plantas (Warren, 1972). En el caso del frijol, las hojas pueden considerarse como regiones productoras de fotosintatos (productos de la fotosíntesis) en contraste con los sitios de demanda, como la raíz, y con los órganos de reserva en crecimiento, como las vainas con semillas (Kohashi, 1979). Iwami (1951) menciona que las causas por las cuales muchas flores en el frijol se caen cambian con el tiempo y sugiere que las flores que se producen en un inicio compiten fuertemente por asimilados y nutrientes contra sí mismas y contra ápices vegetativos. Después, la competencia que se presenta entre las flores es más intensa y, por último, en la fase final de la producción de flores la caída de las mismas se debe en general a la declinación en el vigor de la planta. La abscisión es la separación de una parte vegetal de la planta madre, como una

hoja, una flor o un fruto (Weaver, 1976), y se presenta una vez que se ha formado la capa de abscisión o separación (Wareing y Phillips, 1976). En el frijol ocurre una abundante caída de órganos reproductivos (botones, flores y vainas) debido a desequilibrios entre la fuente y la demanda de fotosintatos o por efecto de factores ambientales críticos (Mojarro, 1977). Fanjul (1978) señala que la remoción de flores en el frijol indica que la posición de las flores en los diferentes nudos de la inflorescencia desempeña un papel importante en el "amarre" de los frutos. Tamas *et al.* (1979) estudiando la especie *P. vulgaris* L. mencionan que la competencia por recursos puede afectar cualquier fase del desarrollo reproductivo, principalmente la formación de flores, ocasionando abscisión de las mismas y caída de frutos jóvenes. Wyatt (1980) menciona que el lugar que la inflorescencia tiene en la rama es importante, así una inflorescencia que esté más cerca de la fuente de nutrimentos tendrá más probabilidades de desarrollar frutos.

Las plantas presentan diferentes grados de sensibilidad a condiciones externas. En

algunas especies, la inducción a la floración es muy sensible a las condiciones ambientales, como a la temperatura o la duración del día (Wareing y Phillips, 1976). Cordero (1933) asume que las altas temperaturas (mayores de 26 °C) asociadas con una baja humedad relativa conducen a la abscisión de flores y botones en el frijol. Van Schaik y Probst (1958) mencionan que la abscisión de flores y vainas en la soya aumenta debido a altas temperaturas y a fotoperíodos largos, mostrando que la abscisión de vainas no se debe a la disminución de la viabilidad del polen. Smith y Prior (1962) indican que existe una correlación negativa entre la temperatura máxima (27-37 °C) un día antes y un día después de la floración y la abscisión de órganos florales en las plantas de frijol.

Font (1980) define el aborto como el estancamiento del desarrollo de un órgano después de su diferenciación parcial. Yáñez (1977), al estudiar la especie *P. vulgaris* L., cv. Michoacán 12-A-3, concluye que las anomalías del aborto son muy variadas e involucran al saco embrionario, al embrión y al endospermo.

Además, el grado máximo de aborto se presenta en la primera y séptima semillas del fruto (las semillas de los extremos). Wilson (1979) concluye que la alta producción de flores (más de 500) puede ser afectada por problemas de limitación de polen, ya que muchas flores no producen fruto o muchas flores actúan como machos. Una producción mayor de óvulos representa un número mayor de frutos, aun cuando se presente cierta limitación de polen que altere la producción de frutos. Nakamura (1988) propone que el aborto de las semillas está relacionado con la posición del óvulo al estudiar los efectos de la limitación de recursos y el donante de polen en la supervivencia y el tamaño de los embriones de la planta en la maduración de frutos del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Los embriones en posiciones ovulares basales tenían más probabilidades de abortar o, si sobrevivían, se convertían en semillas más livianas que los embriones estilares. Rocha y Stephenson (1991) indican que se abortan semillas potencialmente viables regularmente en la especie *P. coccineus* L. con absorción más frecuente

de la semilla en las posiciones del óvulo basal que en la posición distal.

Por último, considerando que el frijol "Ayocote" (*P. coccineus* L.) es una especie que tiene importancia en Puebla, principalmente en la Sierra Norte donde se utiliza como fuente alimenticia, es necesario comprender el mecanismo reproductivo de esta especie para incrementar la producción de semillas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es describir el desarrollo reproductivo de las plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.).

## Materiales y métodos

El cultivo del frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.) se realizó a cielo abierto durante el ciclo primavera-verano de 2014 en las instalaciones de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en el municipio de Puebla, México. Sus coordenadas son 19° 00' latitud norte y 98° 12' longitud oeste, con una altitud de 2150 msnm, temperatura media anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 900.8 mm (INEGI, 2000).

El modelo del ensayo fue un diseño experimental simple en arreglo completamente aleatorio, compuesto por cuatro lotes de 20 individuos. Se utilizaron macetas de plástico de 5 kg de capacidad. El sustrato se preparó con una composición de 2-1-1 de tierra negra, arena y arcilla, respectivamente. Se fertilizó en dos partes; en la primera se aplicaron 19 g de abono de borrego Nutrigarden en cada maceta antes de la siembra y en la segunda se aplicaron 5 g de fertilizante Triple 17 cuando las plantas presentaron el 56% de inflorescencias.

Se realizó un seguimiento fenológico en todos los individuos mediante observaciones cada 10 días y se registró la presencia o ausencia de hojas, inflorescencias, botones, flores y frutos para cada individuo. Por otro lado, según el número de nudos presentes en el eje principal de las plantas, éstas fueron divididas en tres partes: basal, media y distal. En cada segmento se registró la producción de botones, flores y vainas. Durante la cosecha, se separaron la raíz, los tallos, las hojas y las inflorescencias. Posteriormente, las muestras se secaron

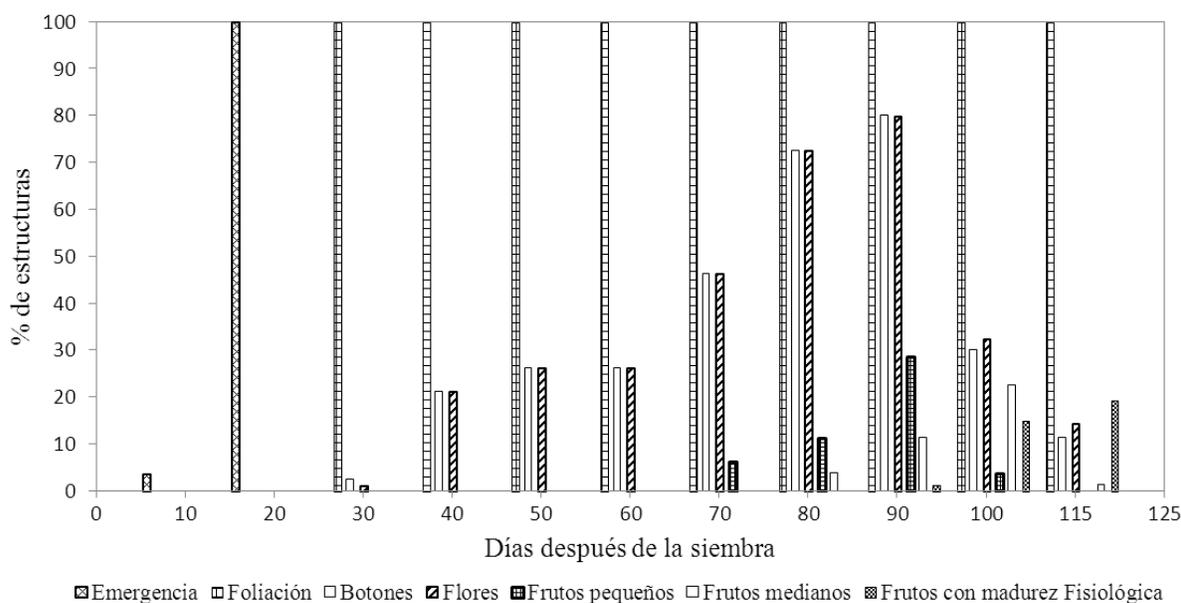
en una estufa (marca Felisa) durante 72 h a 70 °C para después obtener su peso seco en una balanza de barra triple con un alcance de 2610 g con precisión de 0.1 g. Los datos fueron analizados por medio del paquete de diseños experimentales FAUANL, 1994.

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se observa que la emergencia de la primera planta ocurrió al décimo día después de la siembra y que el 100% de las plantas emergieron a los 20 días. Para el desarrollo vegetativo de la planta se consideró la aparición de la primera hoja trifoliada, la cual surgió aproximadamente a los 20 días hasta obtener el total de plántulas con presencia de hoja. Aunque la etapa reproductiva de la planta comienza en la misma fecha con 2% de individuos con botones y 1% con flores, ésta muestra sus valores máximos a los 90 días después de la siembra y una disminución rápida a los 100 días, acentuándose una tendencia similar del comportamiento fenológico entre botones y flores. En relación a la fructificación, a los 70 días después de la siembra se registró el 6% de plantas con

frutos pequeños, a los 80 días el 3% con frutos medianos, mientras que a los 90 días los frutos pequeños alcanzaron su valor máximo con 28%, al mismo tiempo que aparecen los primeros frutos maduros. Por su parte, el punto máximo de frutos

medianos se presentó a los 100 días con 22%, disminuyendo a los 115 días cuando se registra el valor máximo de frutos maduros con 19% de individuos. La madurez fisiológica se determinó cuando el 75% de las vainas presentaron color paja.



**Figura 1.** Desarrollo reproductivo del frijol "Ayocote"

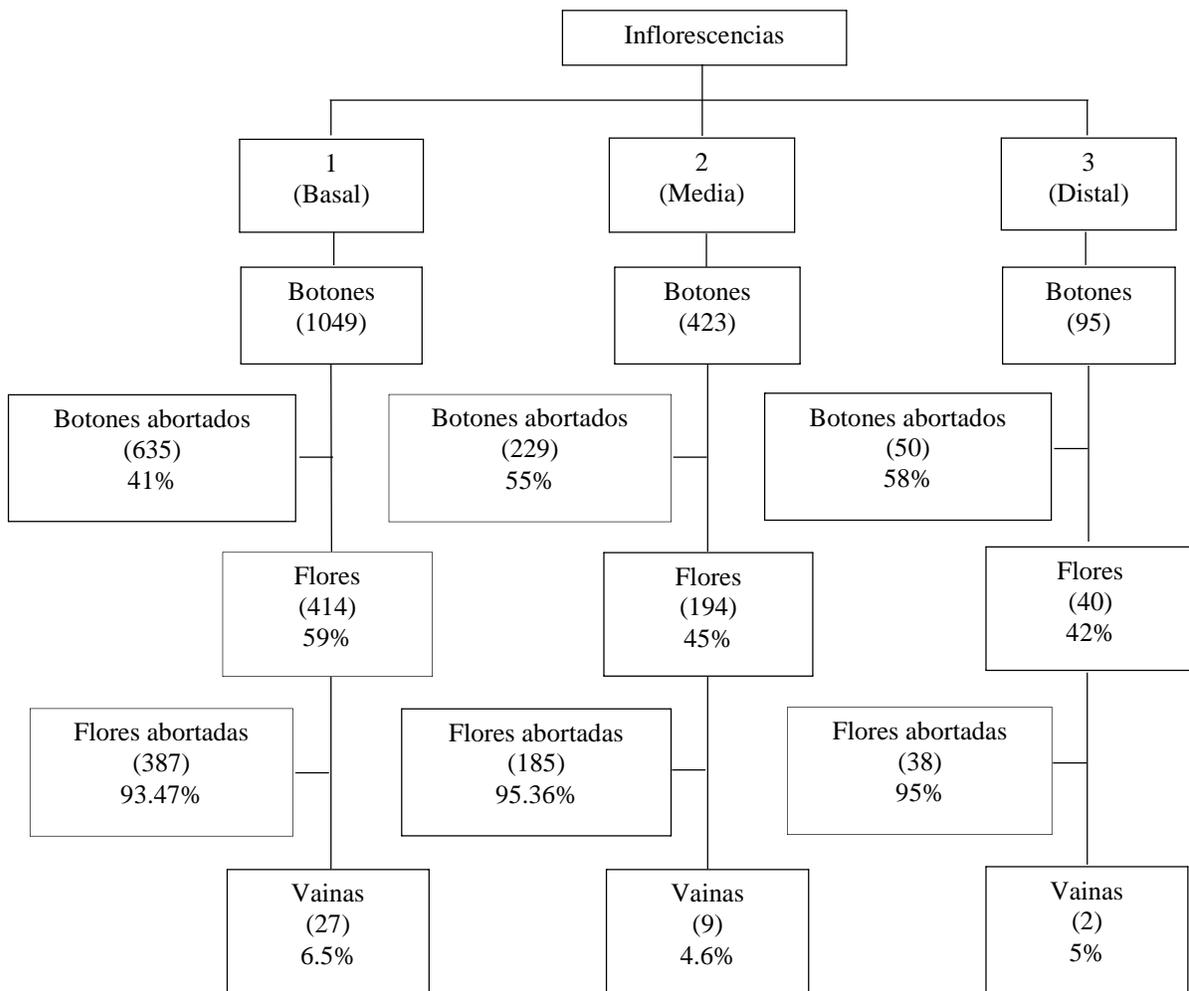
Por otra parte, los datos muestran que al inicio de la etapa reproductiva y durante 30 días las plantas sólo produjeron flores con 83% de abscisión. Esto se debió principalmente al incremento de la temperatura, la cual alcanzó su valor

máximo a los 50 días después de la siembra y se mantuvo por encima de los 27 °C hasta los 67 días, lo cual representó un período muy largo de temperatura alta. Corner (1933), Van Schaik y Probst (1958) y Smith y Prior (1962) asumen que

temperaturas superiores a 26 °C conducen a la abscisión de botones y flores. Además, Wilson (1979) afirma que muchas flores actúan como machos, haciendo posible que exista una correlación entre la temperatura y la determinación del sexo de las flores con lo cual se explicaría la ausencia de vainas durante este período. A partir del día 70 después de la siembra, la temperatura disminuyó ocasionando un incremento de las vainas a los 90 días. Después de esta fecha, una gran abscisión volvió a presentarse.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo numérico de las etapas fenológicas con base en el seguimiento de tres inflorescencias. Para la realización del diagrama, se consideraron todos los órganos producidos por la planta. Asimismo, se muestra la pérdida por abscisión de botones a flores, la cual oscila de 41 a 58% según su ubicación en la planta, pero de flores a vainas rebasa el

90% sin importar su posición en la inflorescencia, situación registrada por Nolasco (2004), aunque sólo se dio seguimiento a dos inflorescencias de los nudos basales. Iwami (1951), Mojarro (1977) producción de flores hasta alcanzar el valor máximo de producción de flores y Tamas *et al.* (1979) mencionan que el factor principal que ocasiona la abscisión es la limitación de recursos; no obstante, durante el experimento se realizaron dos fertilizaciones con el fin de evitar la falta de nutrientes, como lo sugiere Fanjul (1978). Al realizar cortes de hoja, la planta puede producir más fotoasimilados de los que requiere, lo cual parece indicar que la abscisión no es resultado de la limitación de recursos, sino de la competencia por asimilados y nutrimentos, primeramente con el desarrollo de la planta y, posteriormente, la competencia puede ser más intensa entre las flores.

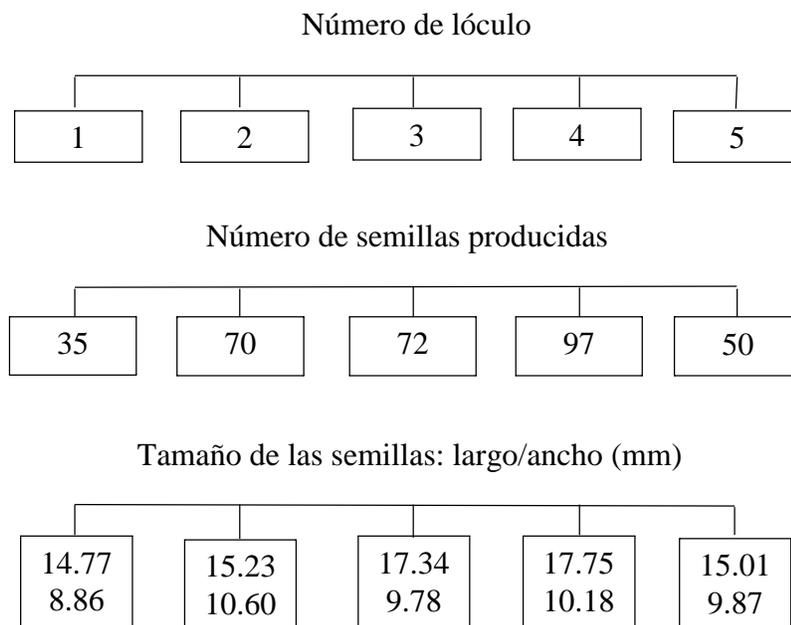


**Figura 2.** Flujo numérico de la producción y absorción de estructuras reproductivas en el frijol "Ayocote"

Con respecto a las distintas inflorescencias presentes en el eje principal de la planta y a la producción de estructuras reproductivas, existen diferencias con una tendencia favorecedora a las inflorescencias en posición basal, seguidas de las medias y por último las dístales, mostrando que la posición de la inflorescencia en la planta desempeña un papel importante en la producción de estructuras, como lo reporta Wyatt (1980), quien menciona que mientras más cerca se encuentre la inflorescencia de la fuente de nutrimentos, ésta tendrá más probabilidad de desarrollar frutos. Esto sugiere que los nutrimentos son enviados a la parte basal de la planta y, posteriormente, siguen un curso ascendente.

En la Figura 3 se observa la distribución del rendimiento de las plantas, las cuales presentaron en promedio cinco lóculos. Se registró un rendimiento total de 324 semillas con una tendencia favorecedora de los lóculos 2, 3 y 4. Con respecto al tamaño de las semillas, se encontró que las semillas de mayores dimensiones se encuentran en los lóculos 3 y 4, lo cual

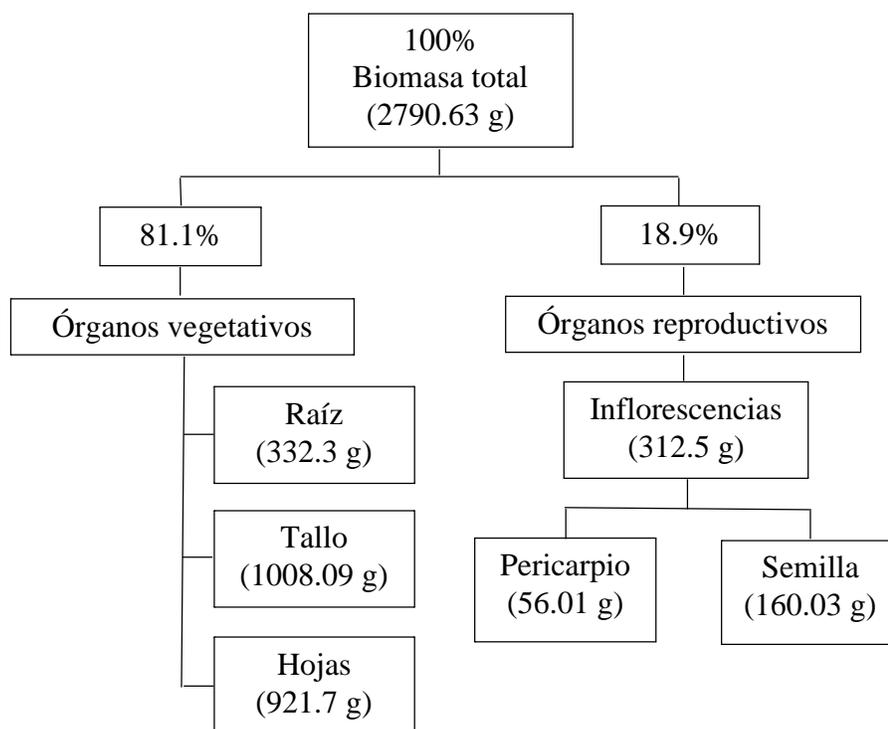
concuera con Yáñez (1977), quien para explicar la absorción de las semillas apicales señala como hipótesis una mayor resistencia floemática al transporte de fotosintatos a dichas semillas. El espacio de los lóculos también parece influir en el crecimiento de la semilla, favoreciendo a las semillas intermedias (lóculos más grandes) y ocasionando problemas en el paso de nutrimentos por el floema en los lóculos de los extremos. Asimismo, Nakamura (1988) menciona que se presenta mayor producción de semillas en la posición basal de la vaina. En otro estudio, Rocha y Stephenson (1991) reportan todo lo contrario al obtener que los tres óvulos en posición distal maduran más que los óvulos en posición basal. Lo anterior muestra que existe aborto de semillas viables sin importar la posición que se tenga dentro de la vaina. Este comportamiento podría deberse a una maduración selectiva de semillas por parte de la planta, determinada genéticamente mediante el polen, seguida de una competencia entre las semillas por recursos limitantes para eliminar a aquéllas con bajo potencial de sobrevivencia



**Figura 3.** Rendimiento y tamaño de las semillas de acuerdo a la posición dentro de la vaina de frijol "Ayocote"

En la Figura 4 se muestra la distribución de la biomasa en los diferentes órganos de la planta. Se observa que ésta favorece a los órganos vegetativos, asignando el 36% al tallo, seguido de las hojas con 33% y por último la raíz con 12%, a diferencia de los órganos reproductivos con sólo el

19% del peso total. Lo anterior parece indicar que estas plantas presentan una inclinación a concentrar la biomasa en órganos vegetativos con el fin de alargar su ciclo de vida con tendencia a la perennidad, como lo señalan Hanway y Weber(1971).



**Figura 4.** Peso seco en plantas de frijol "Ayocote"

## Conclusión

Las plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.) presentaron gran abscisión ocasionada por altas temperaturas. El mayor grado de abscisión se registró después de la antesis, sobrepasando el 90% de estructuras sin importar la ubicación de la inflorescencia en la planta. La posición de la inflorescencia es importante en relación a la producción de estructuras reproductivas. En la

producción de estructuras reproductivas la inflorescencia basal es la más favorecida, seguida de la media y por último la distal. En las vainas, los tres lóculos intermedios tuvieron el mejor rendimiento de semillas. El mayor porcentaje de asignación de la biomasa se presentó en los órganos vegetativos, debido posiblemente a una tendencia de la planta a la perennidad.

## Bibliografía

- Basurto, P. F. A. (2000). Aspectos etnobotánicos de *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus polyanthus* Greenman en la Sierra Norte de Puebla, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, p. 104.
- Cordner, H. B. (1933). External and internal factor affecting blossom drop and set pod in lima beans. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, **31**: 571-576.
- Delgado, S. A. (1985). Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. Dissertation Doctor of Philosophy, University of Texas at Austin, xiii + p. 363.
- Fanjul, P. L. (1978). Análisis de crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, México, p. 140.
- Font, Q. P. (1980). Diccionario de botánica. Ed. Labor, Barcelona, España, p. 1244.
- Hanway, J. J. and Weber, C. R. (1971). Accumulation of N, P and K by soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) plants. *Agronomy Journal*, **63**: 406-408.
- INEGI. 2000. Síntesis geográfica del estado de Puebla. Ed. INEGI, México.
- Iwami, N. (1951). Ecological studies on the common bean. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **20** (1): 53-57.
- Kohashi, S. J. (1979). Fisiología. En: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México, E. M. Engleman (Ed.), Colegio de Postgraduados, México, pp. 39-57.
- Mojarro, D. F. (1977). Efecto de la sequía en el rendimiento del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) aspectos fisiológicos. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, México, p. 141.
- Nakamura, R. R. (1988). Seed Abortion and Seed Size Variation within Fruits of *Phaseolus vulgaris*: Pollen Donor and Resource Limitation Effects. *Amer. J. Bot.*, **75** (7): 1003-1010.
- Nolasco, E. I. A. (2004). Descripción del desarrollo reproductivo en plantas de frijol "Tecomari" (*Phaseolus coccineus* L.) en condiciones de cultivo. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, BUAP, México, p. 51.
- Rocha, O. J. and Stephenson, A. G. (1991). Effect of nonrandom seed abortion on progeny performance in *Phaseolus coccineus* L. *Evolution*, **45** (5): 1198-1208.
- Smartt, J. (1969). Evolution of American *Phaseolus* under domestication. In: Ucko, P. & Dimpleby, G. W. (Eds.), The domestication and exploitation of plants and animals. Duckworth, London.

- Smith, F. L. and Pryor, R. H. (1962). Effects of maximum temperature and age on flowering and seed production in three bean varieties. *Hilgardia*, **33** (12): 669-688.
- Tamas, I. A., Ozbun, J. L. and Wallace, D. H. (1979). Effect of fruits on dormancy and abscisic acid concentration in the axillary buds of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.*, **64**: 615-619.
- Van Schaik, P. M. and Probst, A. H. (1958). Effects of some environmental factor on flower production and reproductive efficiency in soybeans. *Agr. J.*, **50** (4): 192-197.
- Wareing, P. F. and Phillips, I. D. J. (1976). The control of growth and differentiation in plants. Pergamon Press, p. 308.
- Warren, W. J. (1972). Control of crop processes. In: Crop processes in controlled environments, A. R. Rees, K. E. Cockshull, D. W. Hand y R. G., Hurd (Eds.), Acad. Press, pp. 7-30.
- Weaver, R. J. (1976). Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas, México, p. 322.
- Wilson, M. F. (1979). Sexual selection in plants. *Am. Nat.*, **113**: 77-90.
- Wyatt, R. (1980). The reproductive biology of *Asclepias tuberosa*: I. Flower number, arrangement, and fruit set. *New Phytologist*, **85**: 119-131.
- Yáñez, J. P. (1977). Aborto de semillas de *Phaseolus vulgaris* L.: morfología y ensayo con reguladores de crecimiento. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, México, p. 72.