

Morfología y asignación de biomasa en *Phaseolus coccineus* L.

David Martínez-Moreno¹, Jenaro Reyes-Matamoros²,
Agustina Rosa Andrés-Hernández¹ y María Guadalupe Tenorio-Arvide²
Facultad de Ciencias Biológicas¹, Instituto de Ciencias²
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, Pue.; México
jenaro.reyes@correo.buap.mx

Abstract— The aim of the study was to describe the morphology and to compare the biomass allocation of different organs in varieties of *Phaseolus coccineus* under natural conditions. The species *Phaseolus coccineus* was selected by the Europeans in an initiate as an ornamental species because its flower has a very attractive red scarlet color, changes in the phenotype were probably due to the environment. In countries like England the preference was not only ornamental but also to the consumption of pods, besides being consumed like vegetable. The management of more than 300-400 years of selection and preference for stimulating some reproductive structures such as flower and fruit have made the phenotype has precocious organs.

Keywords— reproductive structures, bean, selection, variety.

Resumen— El objetivo del estudio fue describir la morfología y comparar la asignación de biomasa de diferentes órganos en variedades de *Phaseolus coccineus* bajo condiciones naturales. La especie *Phaseolus coccineus* fue seleccionada por los europeos en un inició como una especie ornamental debido a que su flor presenta un color rojo escarlata muy atractivo, los cambios en el fenotipo fueron debidos probablemente al ambiente. En países como Inglaterra la preferencia no solo fue ornamental sino también al consumo de vainas, además de consumirse como verdura. El manejo de más de 300-400 años de selección y preferencia por estimular algunas estructuras reproductivas como la flor y el fruto han hecho que el fenotipo presente órganos precoces.

Palabras clave— estructuras reproductivas, frijol, selección, variedad.

I. INTRODUCCIÓN

Después del descubrimiento de América en 1492, muchas variedades de *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus* fueron introducidas a Europa, África y Asia, seleccionándose nuevos genotipos y aumentando con ello la diversidad genética. Europa intensificó la selección de variedades productoras de vainas sin fibra para consumirse como ejote [1]. No obstante, muchos de los materiales disponibles de las colectas, se han reproducido a lo largo de miles de años de selección natural, con la finalidad de buscar materiales que se adapten a los nichos ecológicos de las diferentes regiones de producción y de cualidades sutiles en la preferencia de consumo [2].

La evolución de las especies seleccionadas y cultivadas por el hombre no concluye con la domesticación, por el contrario, el proceso evolutivo por selección artificial es un continuo de adecuación de las plantas por el hombre para satisfacer sus objetivos [3]. Algunos de los estudios llevados a cabo se han enfocado al comportamiento genético, tal es el caso de Mackie y Smith [4] quienes estudiaron la hibridación de seis variedades de frijol, entre los que se encontraba a *Phaseolus coccineus*. Smartt [5] investigó la hibridación interespecífica entre las especies de *Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus*, *P. acutifolius* y *P. lunatus*, concluyendo, que existe una estrecha relación entre *P. vulgaris* y *P. coccineus* dando híbridos viables. Por su parte, Brady y Cuttler [6] estudiaron en *P. coccineus* la estructura y réplica de los cromosomas. Cheng *et al.* [7] investigaron las aberraciones meióticas en híbridos interespecíficos, para determinar la proporción de aborción de polen y sí los factores estudiados estuvieron relacionados utilizando dos líneas de *P. coccineus* y tres de *P. vulgaris*. Mientras que Miranda [1] investigó la infiltración genética de *P. vulgaris* en *P. coccineus*, encontrando un híbrido al que llamaron *P. coccineus sp. darwinianus*. Zeven *et al.* [8]

descubrieron que la variación fenotípica de plantas de *P. coccineus* en caracteres como: color de la semilla, cáliz, tallo y flor son controlados por un gen, demostrando con ello que no hay distinción entre los caracteres, ya que éstos se traslaparon. En otros estudios se descubrió que las semillas inmaduras de *P. coccineus* se encuentran giberilinas y ácido abscísico [9], Mientras que Selvedran *et al.* [10] obtuvieron hidroxiprolina de las proteínas de la pared celular asociadas en frijoles de *P. coccineus*. En cuanto a la biología floral de la planta, Kooistra [11] al estudiar la polinización cruzada en *P. coccineus* menciona que las plantas tratan de mantenerse asexuales por medio de la raíz tuberosa. Búrquez y Sarukán [12,13] investigaron las relaciones planta-polinizador en especies silvestres y cultivadas de *P. coccineus*. Delgado [14] y Sousa *et al.* [15] llevaron a cabo un estudio en la Sierra Norte de Puebla y en la Sierra Tarahumara de México, encontrando que el complejo *P. coccineus* contiene 4 taxa simpátricas, silvestres y domesticadas. Además de estudiar la morfología floral, estación de la floración, polinizadores, producción de néctar, proporción polen/ovulo, patrones de UV florales y morfología de frutos y semillas. En el contexto de la fisiología de la planta, Martínez [16] analizó el crecimiento y balance hídrico de *P. coccineus sp. darwinianus* en monocultivo y asociado a maíz en el municipio de Nauzontla, Puebla, México. Por último, Basurto [17] estudió los aspectos etnobotánicos de *P. coccineus* L. y *P. polyanthus* en la Sierra Norte de Puebla, México.

En este sentido, el objetivo del presente estudio fue describir la morfología y comparar la asignación de biomasa de diferentes órganos en variedades de *Phaseolus coccineus* bajo condiciones naturales.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron cuatro variedades de *Phaseolus coccineus*, las semillas de tres variedades (Scarlet Emperor, Enorma, Pronkboon), se adquirieron en Paris, Francia y la cuarta (Ayocote) en el municipio de Nopalucan, Puebla, México. El diseño experimental fue un factor con 30 plantas por variedad, considerando cada planta como tratamiento. Las semillas fueron colocadas en macetas de plástico con capacidad de 7.5 kg, el suelo presentó una proporción de 2:1:1 de tierra negra, arena de río y arcilla, respectivamente. La fertilización se realizó a los 18 días después de la siembra, utilizándose triple 17 a dosis de 2 g por planta. Se colocaron dos semillas por maceta para asegurar la emergencia de por lo menos una de ellas. El riego se mantuvo a capacidad de campo durante todo el ciclo de cultivo. Para el control de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) se aplicó Confidor (Bayer) a los 23, 40 y 60 días después de la siembra. Los caracteres cualitativos medidos fueron los siguientes: días a emergencia, color de los cotiledones, vigor de la primera hoja trifoliada, pigmentación de la hoja, distancia de los cotiledones a las hojas primarias, venación clara en la hoja primaria totalmente desarrollada, color de la hoja (intensidad del color verde de 4-6 semanas de sembradas), densidad de pelos en la hoja, pigmentación de antocianinas en el tallo principal de 4-6 semanas de sembradas, número de ramas, orientación de las ramas secundarias, tipo de crecimiento, días a madurez (90% de vainas maduras), persistencia de hojas (cuando el 90% de hojas son maduras), hábito, tipo de raíz, nodulación de la raíz, tamaño de la flor (justo antes de que abran), forma de la flor (justo antes de que abran), días a floración (cuando el 50% de las plantas presenten flor), número de nudo en que aparece la primera inflorescencia (media=10 plantas), número de nudos por racimo de inflorescencia (media=10 plantas), longitud de la inflorescencia, posición de la inflorescencia, color del cáliz/bractéola, pelos de la bractéola, color de la flor, pelos del estandarte, apertura del ala y forma del estigma. En la madurez fisiológica se registraron los siguientes datos cuantitativos: En lo referente a las estructuras vegetativas se registró: largo del foliolo central de la tercera hoja, número de ramas en el eje principal, longitud de cada rama, número de nudos en cada rama, longitud del tallo. En lo referente a las estructuras reproductivas se registró lo siguiente: número de inflorescencias en el eje principal, número de

ramas en el eje principal, número de inflorescencias en ramas, número de frutos maduros en el eje principal, número de frutos inmaduros en el eje principal, número de frutos maduros en las ramas, número de frutos inmaduros en las ramas, frutos basales maduros en inflorescencias del eje principal, frutos basales inmaduros en inflorescencia del eje principal, frutos medios maduros en inflorescencia del eje principal, frutos medios inmaduros en inflorescencia del eje principal, frutos distales maduros en inflorescencia del eje principal, frutos distales inmaduros en inflorescencia del eje principal, frutos basales maduros en inflorescencia de ramas, frutos basales inmaduros en inflorescencia de ramas, frutos medios maduros en inflorescencia de ramas, frutos medios inmaduros en inflorescencia de ramas, frutos distales maduros en inflorescencia de ramas, frutos distales inmaduros en inflorescencia de ramas, longitud de frutos en las inflorescencias del eje principal, longitud de inflorescencias en el eje principal, número de rastros florales en las inflorescencias del eje principal. Por último, se registraron el peso seco a madurez fisiológica de raíz, tallo, hojas, inflorescencias, vainas, frutos inmaduros y semillas. A los caracteres cualitativos y cuantitativos se les realizó un análisis de NTSYS (Numerical Taxonomy System) para definir qué carácter o caracteres son los que pueden explicar las diferencias en el manejo y selección de estas variedades. A los datos cuantitativos se les aplicó el análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) [18].

III. RESULTADOS

En total se midieron 31 caracteres cualitativos, de éstos, al comparar las variedades europeas con la variedad de Nopalucan, se encontró que solo existen cuatro diferencias, siendo: 1) número de ramas; 2) días a madurez fisiológica; 3) nodulación de la raíz; y 4) días a floración. Esto se puede observar en las tablas 1-4.

Tabla 1. Características de *Phaseolus coccineus* "Escarlet Emperor".

Días a emergencia	12 días
Color de los cotiledones	Debajo de la tierra y de color verde
Vigor de la primera hoja trifoliada	Alta
Pigmentación de la hoja (antocianinas)	Ausente
Venación clara en la hoja primaria totalmente desarrollada	Ancha
Color de la hoja: Intensidad del color verde de 4-6 semanas de plantadas	Intermedio
Densidad de pelos en la hoja	Poca pubescencia
Pigmentación de antocianinas en el tallo principal de 4-6 semanas de plantadas	Alta
Número de ramas	Baja (en promedio 1)
Orientación de las ramas secundarias	Vertical
Tipo de crecimiento	Indeterminado
Días a madurez (90% de vainas maduras)	78 días
Persistencia de hojas (cuando el 90% de hojas son maduras)	Sí
Hábito	Enredador
Tipo de raíz	Fibrosa
Nodulación de la raíz	Baja
Tamaño de la flor (justo antes de que abran)	10 mm
Forma de la flor (justo antes de que abran)	Intermedia
Días a floración (cuando el 50% de las plantas tengan flor)	39 días
Número de nudo en que aparece la primera inflorescencia (Media= 10 plantas)	Segundo
Número de nudos por racimo de inflorescencia (media= 10 plantas)	Racimo lateral (13)
Longitud de la inflorescencia	Lateral (36 cm)
Posición de la inflorescencia	Vertical
Color del calix/bracteola	Verde
Color del fondo de la vaina	Paja
Color de la flor	Naranja
Pelos en el estandarte	Ausente
Apertura del ala	Paralela cerrada
Forma del estigma	Introrso
Dehiscencia a madurez de la vaina	Sí
Venación de la semilla	Poca

Tabla 2. Características de *Phaseolus coccineus* "Enorma".

Días a emergencia	12 días
Color de los cotiledones	Debajo de la tierra y de color verde
Vigor de la primera hoja trifoliada	Alta
Pigmentación de la hoja (antocianinas)	Ausente
Venación clara en la hoja primaria totalmente desarrollada	Ancha
Color de la hoja: Intensidad del color verde de 4-6 semanas de plantadas	Intermedio
Densidad de pelos en la hoja	Poca pubescencia
Pigmentación de antocianinas en el tallo principal de 4-6 semanas de plantadas	Alta
Número de ramas	Baja (en promedio 1)
Orientación de las ramas secundarias	Vertical
Tipo de crecimiento	Indeterminado
Días a madurez (90% de vainas maduras)	78 días
Persistencia de hojas (cuando el 90% de hojas son maduras)	Sí
Hábito	Enredador
Tipo de raíz	Fibrosa
Nodulación de la raíz	Baja
Tamaño de la flor (justo antes de que abran)	10 mm
Forma de la flor (justo antes de que abran)	Intermedia
Días a floración (cuando el 50% de las plantas tengan flor)	39 días
Número de nudo en que aparece la primera inflorescencia (Media= 10 plantas)	Segundo
Número de nudos por racimo de inflorescencia (media= 10 plantas)	Racimo lateral (13)
Longitud de la inflorescencia	Lateral (36 cm)
Posición de la inflorescencia	Vertical
Color del calix/bracteola	Verde
Color del fondo de la vaina	Paja
Color de la flor	Naranja
Pelos en el estandarte	Ausente
Apertura del ala	Paralela cerrada
Forma del estigma	Introrso
Dehiscencia a madurez de la vaina	Sí
Venación de la semilla	Poca

Tabla 3. Características de *Phaseolus coccineus* "Pronkboon".

Días a emergencia	12 días
Color de los cotiledones	Debajo de la tierra y de color verde
Vigor de la primera hoja trifoliada	Alta
Pigmentación de la hoja (antocianinas)	Ausente
Venación clara en la hoja primaria totalmente desarrollada	Ancha
Color de la hoja: Intensidad del color verde de 4-6 semanas de plantadas	Intermedio
Densidad de pelos en la hoja	Poca pubescencia
Pigmentación de antocianinas en el tallo principal de 4-6 semanas de plantadas	Alta
Número de ramas	Baja (en promedio 1)
Orientación de las ramas secundarias	Vertical
Tipo de crecimiento	Indeterminado
Días a madurez (90% de vainas maduras)	78 días
Persistencia de hojas (cuando el 90% de hojas son maduras)	Sí
Hábito	Enredador
Tipo de raíz	Fibrosa
Nodulación de la raíz	Baja
Tamaño de la flor (justo antes de que abran)	10 mm
Forma de la flor (justo antes de que abran)	Intermedia
Días a floración (cuando el 50% de las plantas tengan flor)	39 días
Número de nudo en que aparece la primera inflorescencia (Media= 10 plantas)	Segundo
Número de nudos por racimo de inflorescencia (media= 10 plantas)	Lateral (13)
Longitud de la inflorescencia	Racimo lateral (36)
Posición de la inflorescencia	Vertical
Color del calix/bracteola	Verde
Color del fondo de la vaina	Paja
Color de la flor	Naranja
Pelos en el estandarte	Ausente
Apertura del ala	Paralela cerrada
Forma del estigma	Introrso
Dehiscencia a madurez de la vaina	Sí
Venación de la semilla	Poca

Tabla 4. Características de *Phaseolus coccineus* "Ayocote".

Días a emergencia	12 días
Color de los cotiledones	Debajo de la tierra y de color verde
Vigor de la primera hoja trifoliada	Alta
Pigmentación de la hoja (antocianinas)	Ausente
Venación clara en la hoja primaria totalmente desarrollada	Ancha
Color de la hoja: Intensidad del color verde de 4-6 semanas de plantadas	Intermedio
Densidad de pelos en la hoja	Poca pubescencia
Pigmentación de antocianinas en el tallo principal de 4-6 semanas de plantadas	Alta
Número de ramas	Alta (en promedio 4)
Orientación de las ramas secundarias	Vertical
Tipo de crecimiento	Indeterminado
Días a madurez (90% de vainas maduras)	113 días
Persistencia de hojas (cuando el 90% de hojas son maduras)	Sí
Hábito	Enredador
Tipo de raíz	Fibrosa
Nodulación de la raíz	Alta
Tamaño de la flor (justo antes de que abran)	10 mm
Forma de la flor (justo antes de que abran)	Intermedia
Días a floración (cuando el 50% de las plantas tengan flor)	46 días
Número de nudo en que aparece la primera inflorescencia (media= 10 plantas)	Segundo
Número de nudos por racimo de inflorescencia (media= 10 plantas)	Lateral (9)
Longitud de la inflorescencia	Racimo lateral (24 cm)
Posición de la inflorescencia	Vertical
Color del calix/bracteola	Verde
Color del fondo de la vaina	Paja
Color de la flor	Naranja
Pelos en el estandarte	Ausente
Apertura del ala	Paralela cerrada
Forma del estigma	Introrso
Dehiscencia a madurez de la vaina	Si
Venación de la semilla	Poca

Los caracteres cuantitativos se registraron mediante una cosecha destructiva al final del ciclo biológico y cuando las plantas presentaron madurez fisiológica. Los resultados se observan en la figura 1. En cuanto al número de ramas en el eje principal fue significativamente mayor en la variedad ayocote con respecto a las otras tres variedades, llegando a ser el doble. Este mismo patrón se presentó en la longitud de las inflorescencias. Mientras que el largo de los frutos de las inflorescencias en el eje principal, el registro muestra que los frutos de las variedades europeas fueron 1.5 veces más grandes con respecto a Ayocote y la variedad Pronkboon incluso mostró diferencias significativas con respecto a las otras dos variedades europeas, llegando los frutos a ser más largos. En peso seco de los diferentes órganos vegetativos de las variedades muestra que el ayocote acumula mayor peso en tallo y hojas presentando diferencias significativas con respecto a las variedades europeas, mientras dentro de éstas últimas la variedad Pronkboon lo acumula de la misma forma. En estructuras reproductivas, las plantas de frijol ayocote presentaron diferencias significativas con respecto a las plantas de frijol europeas, siendo mayor en inflorescencias, vainas y semillas y menor en frutos inmaduros, lo cual refleja la adaptación a las variables ambientales que presenta la zona de donde fueron tal vez colectadas y llevadas al viejo continente.

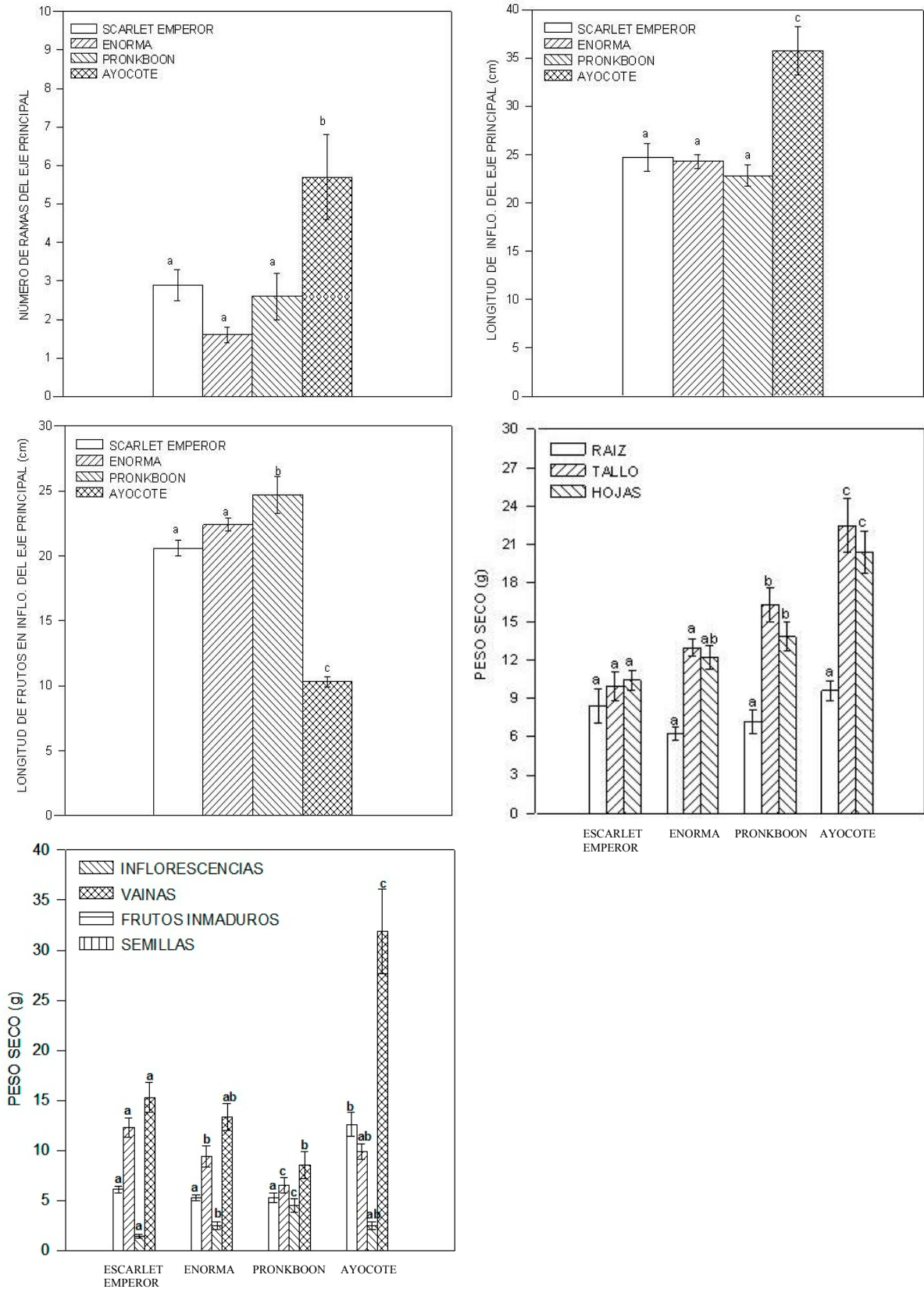


Figura 1. Variables evaluadas en *Phaseolus coccineus* L.

IV. DISCUSIÓN

No hay duda de que el hombre es el mayor dispersor de las especies animales y vegetales, tal es el caso de los españoles que llegaron al nuevo continente y en sus viajes colectaron y se llevaron muchas de las especies seleccionadas por ellos, esto pudo haber ocurrido con el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), los cuales presentan su centro de origen en las montañas de México, principalmente en los estados de Jalisco, Puebla, Oaxaca y Chiapas [14], se sugiere que después de la llegada de Cristóbal Colon se realizó un intenso intercambio biológico entre el nuevo mundo y el viejo mundo, algunos cultivos fueron introducidos en la Península Ibérica desde la cual se propagaron al resto de Europa. Tal diseminación de plantas entre ellas los frijoles, tuvo como consecuencia que este pequeño grupo al separarse de la población y llegar a una zona nueva presentará una reducción en la diversidad del frijol común en Europa debido a fuertes efectos del fundador [19], adaptación a un nuevo ambiente y a preferencias en su consumo, esto pudo haberle ocurrido al frijol ayocote, el cual no fue seleccionado para consumo como el frijol común [8]. La selección del frijol ayocote fue principalmente por el color rojo de su flor, lo cual hace suponer que solo se seleccionó como ornamental, y actualmente en Holanda ha recibido el nombre de "Pronkboon" (frijol ornamental), mientras que en ciudades de habla inglesa se nombró "Scarlet bean" que se refiere al color de la flor "escarlata-rojo", pero el tipo de flor blanca se refiere al tipo "Dutch", de esta forma el término "Runner bean" de *P. coccineus* hace referencia a su hábito de crecimiento (Guía o enredador). Aunque la producción de esta especie es menor que *P. vulgaris*, en países como Holanda solo crece en jardines privados y su semilla se come seca, en Galicia, España se utilizan 13 variedades como semilla y solo 1 variedad como verdura, mientras que en Inglaterra (el mayor consumidor de Europa) se consumen hervidas las vainas inmaduras y las semillas secas se utilizan solo para ser cultivadas en sus jardines [8].

Basado en los caracteres morfológicos medidos en este estudio con base en los descriptores del International Board for Plant Genetic Resources [20], las diferencias encontradas fueron únicamente en número de ramas (ayocote 4, europeos 1), días a madurez fisiológica (ayocote 113, europeos 78), nodulación de raíz (ayocote alta, europeos baja), y días a floración (ayocote 46, europeos 39). Lo anterior hace suponer que las variedades europeas son precoces comparado con la variedad de Nopalucan, esto se puede deber en parte a que los genotipos precoces se distinguen por semillas más pequeñas y vainas chicas con menor número de semillas comparado con los genotipos tardíos [21], como es el caso de la variedad de Nopalucan, quien presentó un mayor tiempo en llegar a la floración y madurez fisiológica. Se debe considerar además que el germoplasma precoz crece a temperaturas más frías que el tardío, esto pudo tal vez ser otro factor importante en el proceso de selección empírica que los agricultores europeos tomaron en cuenta para mantenerla y propagarla en sus cultivos y jardines [8].

En cuanto a los caracteres cuantitativos registrados mediante el número de ramas en el eje principal, longitud de inflorescencias, longitud de frutos peso seco en raíz, tallo, hojas y semillas, confirman que las variedades europeas se ajustan al hábito de crecimiento de una especie precoz, pues la longitud de los frutos fue 1.5 veces más grande en las variedades europeas que en el ayocote de Nopalucan, así como un peso menor en sus semillas lo que demuestra que el germoplasma precoz crece en temperaturas más frías (0-2 °C) que el tardío (2-5 °C), esto coincide con lo encontrado por Vargas *et al.* [21] al comparar 98 accesiones del Corso Huasteco, Puebla, México de *P. coccineus*, pues menciona que el menor número de vainas, de semillas y peso de semillas es consecuencia de la menor presencia de polinizadores durante la floración que puede ocurrir en un ambiente más frío, lo cual reduce la polinización.

Cuando los europeos se llevaron las semillas de ayocote de México la selección fue hacia el color de la flor (rojo), lo que propicio que esta especie fuera seleccionada como una especie

ornamental, y solo su uso y preferencias se haya restringido como verdura en el oeste de Europa y sus semillas (principalmente las semillas claras, beige y blancas) sean comidas como platillo tradicional [21].

V. CONCLUSIONES

La especie *Phaseolus coccineus* fue seleccionada en Europa en un inicio como una especie ornamental debido a que su flor presenta un color rojo escarlata muy atractivo. En países como Inglaterra la preferencia no solo fue ornamental sino también al consumo de vainas, y como verdura. La selección y preferencia por estimular algunas estructuras reproductivas como la flor y el fruto han hecho que el fenotipo presente órganos precoces.

Los resultados indican que los caracteres morfológicos presentaron diferencia en número de ramas (ayocote 4, europeos 1), días a madurez fisiológica (ayocote 113, europeas 78), nodulación de raíz (ayocote alta, europeas baja), y días a floración (ayocote 46, europeas 39). Los caracteres cuantitativos registraron diferencia en el número de ramas en el eje principal, longitud de inflorescencias, longitud de frutos peso seco en raíz, tallo, hojas y semillas, lo que indica que las variedades europeas se ajustan al hábito de crecimiento de especie precoz. La longitud de los frutos de las variedades europeas fue 1.5 veces mayor que en ayocote, asimismo, tuvieron menor peso en las semillas.

REFERENCIAS

- [1] Miranda, C.S. 1990. Infiltración genética de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. Colegio de Postgraduados, Estado de México, 58 p.
- [2] Hernández-X., E., Ramos, E.A. y Martínez, M.A. 1979. Etnobotánica. En: Contribuciones al conocimiento de frijol *Phaseolus* en México, Engleman, E.M. (ed), Colegio de Postgraduados, Estado de México, pp. 113-138.
- [3] Johannessen, C.L. 1982. Domestication process of maize continues in Guatemala. *Economic Botany*, 36(1): 84-99.
- [4] Mackie, W.W. and Smith, L.F. 1935. Evidence of field hybridization in beans. *Journal of the American Society of Agronomy*, 27: 903-909.
- [5] Smartt, J. 1970. Intraspecific hybridization between cultivated american species of genus *Phaseolus*. *Euphytica*, 19: 480-489.
- [6] Brady, T. and Clutter, M.E. 1974. Structure and replication of *Phaseolus* polytene chromosomes. *Cromosoma*, 45: 63-79.
- [7] Cheng, S.S., Bassett, M.J. and Quesenberry, K.H. 1981. Cytogenetic analysis of interspecific hybrids between common bean and scarlet runner bean. *Crop Science*, 21(1): 75-79.
- [8] Zeven, A.C., Mohamed, H.H., Waninge, J. and Veurink, H. 1993. Phenotypic variation within a hungarian landrace of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Euphytica*, 68: 155-166.
- [9] Gaskin, P. and MacMillan, J. 1975. Polyoxygenated ent-kauranes and water-soluble conjugates in seed of *Phaseolus coccineus*. *Phytochemistry*, 14(7): 1575-1578.
- [10] Selvendran, R.R., Davies, A.M.C. and Tidder, E. 1975. Cell wall glycoproteins and polysaccharides of mature runner beans. *Photochemistry*, 14(10): 2169-2174.
- [11] Kooistra, E. 1968. Selection in runner beans (*Phaseolus coccineus* L.) with special reference to the use of tuberous roots. *Euphytica*, 17(2): 183-189.
- [12] Búrquez, A. y Sarukán, J. 1980. Biología floral de poblaciones silvestres de *Phaseolus coccineus* L. I. Relaciones planta-polinizador. *Bol. Soc. Bot., México*, 39: 5-24.
- [13] Búrquez, A. y Sarukán, J. 1984. Biología floral de poblaciones silvestres de *Phaseolus coccineus* L. II. Sistemas reproductivos. *Bol. Soc. Bot., México*, 46: 3-12.

- [14] Delgado, S., A. 1998. Variation, taxonomy, domestication and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In Gepts, P. (ed.), Genetic resources of *Phaseolus* beans. pp. 441-463.
- [15] Sousa, P., M., Wong, L., A. and Delgado, S., A. 1996. Pollination dynamics and evolution in the *Phaseolus coccineus* L. complex. In: Pickersgill, B. and Lock, J.M. (eds.). Advances in legume systematics, part 8: Legumes of economic importance, pp. 78-81.
- [16] Martínez, M., D. 1994. Análisis de crecimiento y balance hídrico de *Phaseolus coccineus* L. subespecie darwinianus Hernández X. y Miranda C. en monocultivo y asociación con maíz en el municipio de Nauzontla, Puebla, México. Tesis de Maestría, UNAM, México, 92 p.
- [17] 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, UNAM, México, 200 p.
- [18] Olivares, S.E. 1994. Paquete de diseño experimental FAVAN, versión 2.5. Facultad de Agronomía, UANL, México.
- [19] Griffiths, A.J.F., Gelbart, W.M., Millar, J.H. y Lewontin, R.C. 2000. Genética moderna. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
- [20] IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1983. *Phaseolus coccineus* descriptors. Rome, 32 p.
- [21] Vargas, V., P., Muruaga, M., J.S., Martínez, V., S.E., Ruíz, S., R., Hernández, D., S. y Mayek, P., N. 2011. Diversidad morfológica de frijol ayocote del Carso Huasteco de México. Rev. Mex. Biodiv., 82(3): 767-775.