

## **Genotipos de frijol negro y su tolerancia a sequía terminal en Veracruz, México**

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, José Raúl, TOSQUY-VALLE, Oscar Hugo y LÓPEZ-SALINAS, Ernesto

J. Rodríguez´, O. Tosquy´´ y E. López´´

´ Campo Experimental Ixtacuaco. INIFAP. Km. 4.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz, México. A. P. 162

´´ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP; Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México  
rodriguez.jose@inifap.gob.mx

E. Figueroa, L. Godínez, F. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología y Agronomía. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2015.

## Abstract

In Veracruz, lack of moisture in the terminal phase of beans cause significant yield reduction. The Bean Program Experimental Cotaxtla INIFAP selected two genotypes for tolerance to moisture deficiencies. With aim of studying the phenology and determine the yield and its components, in residual moisture and terminal drought in northern Veracruz were planted drought tolerant lines: SEN-70 and NGO-17-99, with commercial varieties Black Jamapa and Black Michigan as susceptible checks, experimental design was randomized block with four replications and plots four rows 5 m long, 0.60 m apart; useful plot were two central rows. Rain (mm) during the crop cycle and response variables: days to flowering and physiological maturity, pods per plant, grains per pod, weight of 100 grains (g) and grain yield (kg ha<sup>-1</sup>) were recorded. Analysis of variance of the evaluated parameters was performed and means were compared using least significant difference test (0.05). Only it rained 144.76 mm from planting to maturity, in these conditions, the SEN-70 line was the highest yields and showed fewer days reach to maturity, feature allowed greater escape to terminal drought than Black Jamapa and Black Michigan varieties. Earliness and higher grain weight were associated with higher production, while number pods per plant did not significantly affect bean yield.

## 17 Introducción

Factores bióticos (plagas, enfermedades, etc.) y abióticos (sequía, baja fertilidad del suelo, bajas densidades de población, etc.) limitan la producción del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), principalmente la falta de agua en países en vías de desarrollo, ya que aproximadamente el 60% de la siembra de frijol sufre serios problemas de humedad (Terán y Singh, 2002). La sequía es un fenómeno complejo que varía grandemente en las diferentes regiones de producción, tanto en intensidad como en duración, y en ocasiones es difícil distinguir sus efectos directos, ya que presenta una acción sinérgica con otros factores como la presencia de enfermedades, altas temperaturas, baja fertilidad del suelo, etc., además de una fuerte interacción genético-ambiental que impide el rápido avance del mejoramiento genético (White y Singh, 1991; Acosta-Gallegos y Kelly, 2012); esto trae como consecuencia un desequilibrio en el crecimiento y desarrollo vegetativo durante el ciclo del cultivo, y afecta el proceso final que es el rendimiento (White e Izquierdo, 1991). La sequía terminal es la más severa y causa la mayor reducción de la producción (Manjeru *et al.*, 2007); es muy variable la respuesta de los cultivares de frijol a este tipo de estrés de humedad, pero existe la evidencia de que los cultivares resistentes a la falta de agua, en la etapa final del ciclo incrementan el cierre estomatal durante el día y logran un mayor contenido relativo de agua durante la noche, con lo cual obtienen un balance hídrico, es decir, que tienen mayor capacidad de absorber agua del suelo y minimizar la pérdida, lo cual les permite obtener un buen rendimiento en condiciones de sequía (Lizana *et al.*, 2006; Korir *et al.*, 2006; Rosales *et al.*, 2013); es deseable la madurez temprana en estos genotipos, ya que la precocidad es una característica favorable para el cultivo del frijol, pues la reducción en el número de días en alcanzar la madurez es un buen mecanismo que tienen algunas plantas para escapar a la sequía, y de esta forma reducir los riesgos en su producción (White e Izquierdo, 1991; Rosales *et al.*, 2000; Acosta-Díaz *et al.*, 2009); esta propiedad de la planta y una eficiente distribución de asimilados hacia el grano parecen ser buenos indicadores de adaptación a la sequía (Acosta-Gallegos *et al.*, 1999; Asfaw y Matthew, 2014); el camino venidero del mejoramiento deberá tener en cuenta no sólo ampliar la base genética del germoplasma adaptado a sequía que se utiliza en la actualidad, sino que es necesario combinar fuentes que tengan diferentes características de adaptación a la falta de humedad, además, en el mejoramiento tradicional se deberá buscar apoyo en los marcadores moleculares y otras herramientas como la ingeniería genética.

Esas técnicas podrían ser un medio para obtener más rápido líneas superiores con tolerancia a este factor hídrico y lograr otros rasgos agrónomicamente importantes (Xoconostle-Cázares *et al.*, 2010). Ante este panorama, las líneas derivadas de germoplasma resistente a sequía son una buena alternativa ante el déficit de humedad (Molina *et al.*, 2001; Terán y Singh, 2002). En el estado de Veracruz se tiene conocimiento de que la sequía terminal se presenta año tras año, afectando el rendimiento del frijol común (Frahm *et al.*, 2004). En el Programa de Mejoramiento Genético de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP se seleccionaron dos líneas promisorias que pertenecen a la raza Mesoamericana, considerada con alto nivel de resistencia a la falta de humedad (Acosta-Gallegos y Kelly, 2012), las cuales mostraron tolerancia a la sequía terminal (López-Salinas *et al.*, 2008; 2011). El objetivo de este trabajo fue validar la fenología, componentes y rendimiento de estas dos líneas, junto con dos testigos regionales, en condiciones de humedad residual y con sequía terminal en el norte de Veracruz.

### 17.1 Materiales y metodos

#### Establecimiento del ensayo

El experimento se sembró en febrero de 2014, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado a 20° 02' 17.9" latitud norte y 97° 05' 47.8" longitud oeste, a una altitud de 92 m, en el norte del estado de Veracruz.

#### Germoplasma de frijol utilizado.

Se evaluaron las líneas: SEN-70 y NGO-17-99, cuyo origen es el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia y el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), México, respectivamente, las cuales fueron seleccionadas por su tolerancia a la sequía terminal (Tosquy *et al.*, 2014), junto con las variedades comerciales Negro Jamapa y Negro Michigan (testigos regionales), las cuales son susceptibles a la falta de humedad. Los cuatro cultivares de frijol pertenecen al acervo genético Mesoamericano, y son de crecimiento indeterminado, de grano negro opaco y pequeño (Voyssest, 2000).

#### Actividades agronómicas.

El experimento se condujo durante el ciclo invierno-primavera de 2014. Se fertilizó con la fórmula 40-40-00 con Urea y DAP (fosfato diamónico). Se realizaron dos escardas manuales para mantener el cultivo libre de maleza. Se presentaron las plagas insectiles de doradillas (*Diabrotica sp.*) y chicharritas (*Empoasca kraemeri*), las cuales fueron controladas para proteger al cultivo.

#### Diseño experimental.

Los genotipos se sembraron en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, de los cuales se cosecharon los dos surcos centrales como parcela útil.

### Características registradas.

Las variables registradas fueron: número días a floración media, cuando el 50% de las plantas tenían por lo menos una flor abierta; días a madurez fisiológica, número de días contados a partir de la siembra hasta que en el 50% de las plantas de cada uno de ellos, sus vainas cambiaron de color verde a amarillo o morado según el genotipo.

Número de vainas por planta, determinado en 10 plantas con competencia completa, tomadas al azar en cada parcela, en la etapa de cosecha, a las cuales se les contabilizaron sus vainas y se obtuvo el promedio; número de granos por vaina, medido en tres plantas de cada parcela, de las cuales se sustrajeron 20 vainas, a las que se les determinó la cantidad de semilla por vaina y se obtuvo su promedio; peso de 100 granos, determinado en 100 semillas tomadas al azar de cada parcela en gramos y rendimiento de grano, que se calculó a partir del peso del grano cosechado y limpio de cada parcela, en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. También se registró la precipitación pluvial (mm) que ocurrió durante el desarrollo del cultivo.

### Análisis estadístico.

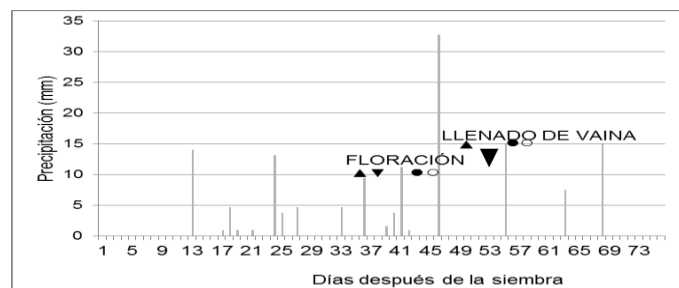
Se realizó análisis de varianza de las variables medidas con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, y las medias se compararon con la prueba Diferencia Mínima Significativa (0.05). También se realizó análisis de correlación simple entre el rendimiento de grano y las demás características evaluadas.

## 17.2 Resultados y discusión

### Precipitación pluvial

No hubo lluvia durante los primeros 12 días después de la siembra, esto propició condiciones desfavorables para la germinación y establecimiento del cultivo; Domínguez *et al.*, (2014); Hucl, (1993), mencionaron que no todos los genotipos son afectados por igual en el proceso de germinación en condiciones de estrés hídrico, pero en general la sequía disminuye la longitud y el peso fresco del tallo y de la raíz, retardando la aparición de las hojas verdaderas. La precipitación pluvial desde la siembra hasta la cosecha fue de 206.83 mm, pero de la siembra hasta la madurez fisiológica únicamente llovieron 144.76 mm; entre la etapa de floración y llenado de vainas hubo 65.52 mm de lluvia para las líneas SEN-70 y NGO-17-99 y sólo 47.75 mm para las variedades Negro Jamapa y Negro Michigan, que fueron las más tardías (Figura 17). Ruiz *et al.*, (1999) señalan que el cultivo del frijol necesita de 300 a 500 mm de precipitación durante todo su ciclo, cantidad que no se completó en este ensayo; estos mismos autores también mencionan que son convenientes de 50 a 90 mm de precipitación pluvial desde la floración hasta el llenado de vainas; esta cantidad de lluvia si fue suficiente en los genotipos más precoces, debido a que llegaron más rápido a la etapa de floración, y su maduración más temprana, les permitió “escapar” a las condiciones limitantes de humedad, lo cual no sucedió en los otros dos cultivares que tardaron más en llegar a esta etapa, ya que no completaron la proporción de agua necesaria para finalizar el llenado del grano, respaldando lo que señalan en este sentido White, (1985); Martínez *et al.*, (2008); Acosta-Díaz *et al.*, (2009). La variación genotípica se debe entre otras cosas a la capacidad de algunas plantas para controlar las pérdidas de humedad del suelo mediante diferentes estrategias (Lizana *et al.*, 2006; Korir *et al.*, 2006; Habibi 2011). La temperatura promedio durante el ciclo del cultivo fue de 22.97 °C, y según Ruiz *et al.* (1999) el rango térmico para el frijol común es de 10 a 30 °C, con un óptimo de entre 16 y 24 °C, es decir, estuvo dentro de las condiciones adecuadas.

**Figura 17** Precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo del frijol, desde la etapa de floración hasta el llenado de vaina de los genotipos SEN-70 (▲), NGO-17-99 (▼), y las variedades Negro Jamapa (●) y Negro Michigan (○). Ciclo invierno- primavera 2014. Campo Experimental Ixtacuaco-INIFAP.



### Floración y madurez fisiológica

Se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos, para las variables días a floración y a madurez, debido a la diferente respuesta de los cultivares a los procesos fisiológicos que influyen en el desarrollo y en la producción final (White e Izquierdo, 1991; Korir *et al.*, 2006). La línea SEN-70 fue el genotipo más precoz, su floración y madurez fisiológica fueron significativamente menores a los de los otros tres genotipos (Fernández *et al.*, 1985) (Tabla 17); esta línea está considerada como un cultivar resistente a la sequía (INIFAP, 2012). La línea NGO-17-99, presentó un comportamiento intermedio en su ciclo de madurez, mientras que Negro Jamapa y Negro Michigan fueron los genotipos más tardíos. La característica de precocidad en los genotipos, permite a la planta completar su ciclo y escapar a la sequía antes de que vengan problemas más serios de falta de humedad (Acosta-Díaz *et al.*, 1997; Acosta-Gallegos *et al.*, 1999; Acosta-Gallegos y Kelly, 2012).

**Tabla 17** Floración y madurez fisiológica de genotipos de frijol evaluados en el norte de Veracruz. Ciclo Invierno-Primavera 2014

Genotipo	Días después de la siembra	
	Floración	Madurez fisiológica
SEN-70	35.2 c	67.7 c
NGO-17-99	37.0 b	72.2 b
Negro Jamapa	42.5 a	76.0 a
Negro Michigan	42.7 a	76.5 a
Promedio	39.3	73.125
CV (%)	2.79	1.87
DMS (0.05)	1.6937	2.1098

### Rendimiento de grano y componentes

En este estudio no se detectó efecto significativo en el número de vainas por planta entre genotipos, las cuales son uno de los componentes más importantes del rendimiento de grano (López y Ligarreto, 2006). Por otro lado, aunque la línea SEN-70 obtuvo un número de granos por vaina inferior que el del resto de los genotipos, su peso de 100 granos fue significativamente superior al de los demás, lo cual le proporcionó una mayor producción de frijol. Lima *et al.*, (2005) encontraron que existe cierta tendencia entre los cultivares que tienen menor número de granos por vaina a tener mayor peso de semilla, tal como ocurrió con la línea SEN-70.

El rendimiento de grano, lo cual también varió significativamente entre genotipos, debido principalmente a sus características genéticas y a su interacción con el ambiente (White, 1985; Abebe y Brick, 2003; Lizana *et al.*, 2006).

La mayor producción por hectárea se obtuvo con la línea SEN-70, similar a lo encontrado por Rodríguez *et al.*, (2013), seguido de la línea NGO-17-99, ambos genotipos han mostrado buen comportamiento productivo bajo condiciones de sequía terminal (Tosquy *et al.*, 2014); los rendimientos de estas líneas fueron significativamente superiores al de las variedades Negro Jamapa y Negro Michigan.

Se ha intentado seleccionar solo uno de los componentes del rendimiento para aumentar la producción del frijol, por ejemplo escogiendo plantas con mayor número de granos por vaina, sin embargo, estos intentos han fracasado, debido a que en el frijol existe un fenómeno denominado “compensación de los componentes” y al aumentar alguno de ellos, los otros se reducen, ya que la planta tiende a mantener un equilibrio y estabilidad en su producción; un mayor número de vainas por planta, provoca un menor peso en el grano o viceversa (White, 1985; Lima *et al.*, 2005); cuando se cosecha un mayor número de plantas, generalmente existe menor número de vainas por planta, pero al haber más cantidad de plantas por unidad de superficie se obtiene mayor rendimiento (Gonçalves *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2011), esto aunado a un mayor peso del grano también incrementa la producción (López-Salinas *et al.*, 2008). La “compensación” junto con otros caracteres son una herramienta muy útil para diagnosticar lo que sucede durante el desarrollo del cultivo; si ocurre alguna limitante o estrés se reflejan cambios en los diferentes componentes, lo cual ayuda a determinar en que momento del desarrollo tuvo su efecto principal el estrés (White, 1985; Kohashi, 1990; White e Izquierdo, 1991).

**Tabla 17.1** Componentes y rendimiento de grano de genotipos de frijol negro evaluados en el norte de Veracruz. Ciclo invierno-primavera 2014

Genotipo	Vainas por planta	Granos por vaina	Peso 100 granos (g)	Rendimiento (kg/ha)
SEN-70	13.54 a	4.45 b	24.65 a	1600.50 a
NGO-17-99	14.80 a	5.32 a	22.75 b	1424.50 b
Jamapa	14.10 a	5.67 a	20.25 c	1275.75 c
Negro Michigan	14.00 a	5.17 a	20.10 c	1148.00 d
Promedio	14.11	5.15	21.93	1362.18
CV (%)	8.30	7.20	1.94	5.49
DMS (0.05)	2.095	0.5718	0.652	115.32

### Correlación de variables

En la tabla 17.2 se muestran los resultados de correlación entre el rendimiento y las demás variables evaluadas. Molina *et al.*, (2001) y Habibi, (2011) señalan que es diferente la correlación cuando existen condiciones limitantes, que cuando no las hay, y que las plantas responden de manera diferente a las condiciones prevalecientes en el transcurso de su ciclo de vida. En el presente trabajo existió una relación inversa entre la floración y madurez fisiológica de los genotipos con la producción de grano, ya que los genotipos más rendidores fueron los que presentaron menor número de días para llegar a las etapas mencionadas (Acosta-Díaz *et al.*, 2009; Acosta-Gallegos y Kelly, 2012). Cuando las condiciones de humedad son limitantes, los genotipos que tardan mayor número de días en llegar a su madurez, tienen la tendencia a rendir menos (Martínez *et al.*, 2008; Zilio *et al.*, 2013).

El número de vainas por planta no estuvo correlacionado con la producción de grano, lo cual puede deberse a que no hubo deficiencia de humedad durante las etapas de floración y llenado de las vainas, que es cuando más afecta esta característica, y todos los cultivares respondieron de la misma forma.

Sin embargo, Abebe y Brick, (2003), Habibi, (2011) y Szilagy, (2003), encontraron una correlación positiva y significativa entre el número de vainas por planta y la producción de grano, ya que el número de vainas es una de las características más importantes para lograr alto rendimiento, cuando no son limitantes las condiciones de producción.

El número de granos por vaina se asoció en forma negativa con el rendimiento (López y Ligarreto, 2006), lo cual puede deberse a que la falta de humedad se presentó cuando ya estaba la planta en el proceso de llenado de vainas, y ya se había definido el número de granos; esto provocó que la fuente (principalmente las hojas) no alcanzaran a satisfacer el requerimiento de asimilados hacia la semilla en la etapa reproductiva, es decir, fue mayor la demanda que la fuente de fotosintatos (Kohashi, 1990; White e Izquierdo, 1991). El número de granos por vaina es una variable que no es afectada en gran proporción por las condiciones ambientales; sin embargo, Szilagy, (2003) y Dursun, (2007) encontraron correlación positiva entre esta variable y el rendimiento en condiciones favorables de humedad.

El peso de 100 granos estuvo correlacionado positivamente con el rendimiento, es decir, genotipos como SEN-70 y NGO-17-99, cuyo peso de grano fue más alto, obtuvieron una mayor producción de frijol (Lima *et al.*, 2005; López-Salinas *et al.*, 2008), en tanto que las variedades Negro Jamapa y Negro Michigan, que tienen un tamaño de grano inferior, fueron las menos productivas (Valderrama *et al.*, 1997).

**Tabla 17.2** Coeficientes de correlación y su significancia entre el rendimiento, sus componentes y las variables fenológicas evaluadas en el norte de Veracruz. Ciclo invierno-primavera 2014.

Variable	F	MF	VPP	GPV	PCG
Rendimiento	-0.8493	-0.8470	0.0008	-0.5559	0.9038
	**	**	ns	*	**

F= Floración media (días después de la siembra); MF= Madurez fisiológica (días después de la siembra); VPP= Vainas por planta; GPV= Granos por vaina; PCG= Peso de 100 granos.

\*= Significancia (0.05); \*\*= Significancia (0.01); ns= no significativo

### 17.3 Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó el estudio, la línea SEN-70 fue la más rendidora y la que mostró menor número de días en llegar a su madurez, característica que le permitió mayor escape a la sequía terminal, que las variedades Negro Jamapa y Negro Michigan. La precocidad y el más alto peso de grano, estuvieron asociados a una mayor producción, en tanto que el número de vainas por planta no afectó significativamente el rendimiento de frijol.

### 17.4 Referencias

Asfaw, A. and B. Matthew W. (2014). Quantification of drought tolerance in Ethiopian common bean varieties. *Agricultural Sciences*. 5 (2). pp. 124-139.

Abebe, A., y M. Brick. (2003). Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica* 133. pp. 339-347.

Acosta-Díaz E., J. Kohashi-Shibata y J. A. Acosta-Gallegos. (1997). Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequía. *Agricultura Técnica en México*. 23 (2). pp. 139-150.

Acosta-Díaz, E., J. A. Acosta-Gallegos, C. Trejo-López, J. S. Padilla-Ramírez y M. D. Amador-Ramírez. (2009). Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agricultura Técnica en México*. 35 (4). pp. 416-425.

Acosta-Gallegos, J. A., E. Acosta, S. Padilla, Ma. A. Goytia, R. Rosales y E. López. (1999). Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana* 10 (1). pp. 83-90.

Acosta-Gallegos, J. A. y J. Kelly. (2012). Strategies to improve adaptation of common bean to drought. *Annual Report Bean Improvement Cooperative*. 55. pp 7-8.

Domínguez, A., Y. Pérez, M. Sosa, D. Sosa y R. Rea. (2014). Efecto del estrés hídrico sobre la germinación de genotipos de frijol común en condiciones experimentales de sequía. *Revista Avanzada Científica*. 17 (1). pp. 1-15.

Dursun, A. (2007). Variability, heritability and correlation studies in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *World Journal Agricultural Sciences*. 3 (1). pp. 11-16.

Fernández, F., P. Gepts y M. López. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). In: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). *Frijol: Investigación y Producción*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 1985. pp. 61-78

Frahm, M., J. C. Rosas, N. Mayek-Pérez, E. López-Salinas, J. A. Acosta-Gallegos and J. Kelly. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*. 136. pp. 223-232.

Gonçalves, M., A. Correa; D. Destro, L. de Souza and T. Sobrinho. (2003). Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 3 (3). pp. 217-222.

Habibi, G. (2011). Influence of drought on yield and yield components in white bean. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 5. pp. 184-193.

Hucl, P. 1993. Effects of temperature and moisture stress on the germination of diverse common bean genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 73. pp. 697-702.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). *Reporte Anual 2011*. México. *Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano*. 2012. 278 pp.

Kohashi, J. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Chapingo, Texcoco, México. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados.. 1990. 44 pp.

Korir, P., J. Nyabundi and P. Kimurto. (2006). Genotypic responses of common beans (*Phaseolus vulgaris*) to moisture stress conditions in Kenya. *Asian Journal of Plant Science*. 5 (1). pp. 24-32.



- Lima, E., A. Santiago, A. Araujo, A. Paulo, M. Teixeira and M. Grandi. (2005). Effects of the size of sown seed on growth and yield of common bean cultivars of different seed sizes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17 (3). pp. 273-281.
- Lizana, C., M. Wentworth, J. Martinez, D. Villegas, R. Meneses, E. Murchie, C. Pastenes, B. Lercari, P. Vernieri, P. Horton, and M. Pinto. (2006). Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effects of drought on yield and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 57 (3). pp. 685–697.
- López, J. y G. Ligarreto. (2006). Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 24 (2). pp. 238-246.
- López- Salinas, E., O. Tosquy-Valle, F. J. Ugalde-Acosta y Jorge A. Acosta-Gallegos. (2008). Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (3). pp. 35 – 39.
- López-Salinas, E. O. H. Tosquy-Valle, J. A. Acosta-Gallegos, B. Villar-Sánchez and F. J. Ugalde-Acosta (2011). Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14 (2). pp. 749-755.
- Manjeru P., T. Madanzi, B. Makedredza, A. Nciizah and M. Sithole. (2007). Effects of water stress at different stages on components and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Crops Science Society*. 8. pp. 299-303.
- Martínez, M.A., E. Osuna, S. Padilla, J. A. Acosta y C. Loredo. Tecnología para la producción de frijol en el Centro de México. Campo Experimental San Luis Potosí-CIRNE-INIFAP. Libro Técnico No. 4. 2008. 206 pp.
- Molina J., V. Moda-Cirino, N. da Silva, R. Teixeira and D. Destro. (2001). Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 1 (4). pp. 363-372.
- Rodríguez, J. R., O. Tosquy-Valle y E. López-Salinas. (2011). Producción de grano de frijol y su relación con la densidad de plantas, en Veracruz, México. In: Memoria del IV Congreso Internacional Biológico-Agropecuario en Tuxpan, Veracruz. pp. 37-42.
- Rodríguez, J. R., E. López-Salinas y O. Tosquy-Valle. (2013). Efecto del déficit hídrico en el rendimiento de frijol negro en el norte de Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2 (3). pp. 307-311.
- Rosales R., P. Ramírez, J. A. Acosta, F. Castillo y J. D. Kelly. (2000). Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. *Agrociencia*. 34 (2). pp. 153-16
- Rosales, M., S. Cuéllar-O., P. Arrieta-M., J. A. Acosta-Gallegos and A. Covarrubias. (2013). Physiological traits related to terminal drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93 (2). pp. 324-31

Ruiz, A., G. Medina, A. González J., C. Ortiz, H. Flores, R. Martínez y Bierly K. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. Guadalajara, Jalisco, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. 1999. 324 pp.

Szilagy L. (2003). Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue. pp. 320–330.

Terán, H. and Singh, S. P. (2002). Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Science. 42. pp. 64–70.

Tosquy, V. O. H., López, S. E., Francisco, N. N., Villar, S. B. y Acosta, G. J. A. (2014). Genotipos de frijol negro opaco resistentes a sequía terminal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5 (7). pp. 1205-1217.

Valderrama, Y., C. Núñez, A. Duarte. (1997). Evaluación de 26 genotipos de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de vega del río Arauca. Agronomía Colombiana XIV (2). pp. 127-137.

Voysest O. Mejoramiento Genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de frijol de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2000. 195 pp.

White, J. W. Conceptos básicos de Fisiología del frijol. In: López, M., F. Fernández., Art Van Schoonhoven (ed). Frijol: Investigación y Producción. CIAT. Cali. Colombia. 1985. pp. 43.60.

White, J. and Singh S. P. Breeding for adaptation to drought. Cali, Colombia. In: Art Van Schoonhoven and O. Voysest (eds.) Common bean: Research for Crop Improvement. CAB International (Centre for Agricultural Bioscience International) and CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. pp. 501-551.

White, J. and J. Izquierdo. Physiology of yield potential and stress tolerance. Cali, Colombia. In: Art Van Schoonhoven and O. Voysest (eds.) Common bean: Research for Crop Improvement. CAB International (Centre for Agricultural Bioscience International) and CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. pp. 287-382.

Xoconostle-Cázares, B. F. Ramírez-Ortega, L. Flores-Elenes and R. Ruiz-Medrano. (2010). Drought Tolerance in Crop Plants. American Journal of Plant Physiology. 5. pp. 241-256.

Zilio, M., C. Arruda, C. M. Medeiros, D. Miquelluti and A. Ferreira. (2013). Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State, Brazil. Acta Scientiarum Agronomy. 35 (1). pp. 21-30.