

DetECCIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL NEGRO CON ADAPTACIÓN EN EL TRÓPICO HÚMEDO DEL SURESTE DE MÉXICO*

DETECTION OF BLACK BEAN LINES WITH ADAPTATION IN THE HUMID TROPICS OF SOUTHERN MEXICO

Oscar Hugo Tosquy-Valle¹, Ernesto López-Salinas^{1§}, Jorge Alberto Acosta-Gallegos² y Bernardo Villar-Sánchez³

¹Campo Experimental Cotaxtla- INIFAP. Carretera Veracruz- Córdoba, km 34 municipio Medellín de Bravo, Veracruz. A. P. 429, C. P. 91700, Veracruz, Veracruz, México. ²Campo Experimental Bajío- INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5. C. P. 38000, Celaya, Guanajuato. ³Campo Experimental Centro de Chiapas- INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, km 3.0. C. P. 29140, Ocozocoautla, Chiapas. §Autor para correspondencia: salinaser@hotmail.com.

Resumen

En el Programa de Mejoramiento de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, el método de mejoramiento por introducción ha sido efectivo en la generación de variedades para el trópico húmedo del sureste de México. De 2007 a 2010 se condujo un ensayo en cuatro ambientes de Veracruz y uno en Chiapas, con la finalidad de determinar la adaptación de 14 líneas de frijol negro provenientes de la Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano y la Universidad de Puerto Rico, junto con las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa, como testigos, para identificar las de mayor rendimiento y amplia adaptación en esta región. El ensayo se estableció en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones. Se calificó la reacción de los genotipos a las enfermedades que ocurrieron en forma natural: mancha angular y virus del mosaico amarillo dorado del frijol, se contabilizó la mortandad de plantas por la incidencia de necrosis sistémica y se determinó el rendimiento de grano. Cinco líneas se ubicaron en el grupo sobresaliente de rendimiento ($p \leq 0.05$), las cuales fueron estables en su comportamiento ($bi=1$ y $S^2di=0$) y mostraron adaptabilidad a las condiciones ambientales en que se produce frijol en el trópico húmedo de Veracruz y Chiapas. La línea X02-33-147-2 fue la más productiva con $1\,400.4\text{ kg ha}^{-1}$, cuyo rendimiento promedio

Abstract

In the Bean Improvement Program of the Experimental Station from INIFAP in Cotaxtla, the breeding method by introduction has been effective generating varieties for the humid tropics of southern Mexico. From 2007 to 2010, a trial was conducted in four environments from Veracruz and one in Chiapas, in order to determine the adaptation of 14 black bean lines from the Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano and the University of Puerto Rico, along with varieties Black Tacana and Black Jamapa as control, to identify lines with highest yielding and widely adapted to this region. The trial was conducted in a randomized block design with three replications. It was recorded genotype reaction to diseases that are present naturally on the environment: angular leaf spot and bean golden yellow mosaic virus, plant mortality was recorded by the incidence of systemic necrosis and grain yield was determined. Five lines were located in the outstanding yield group ($p \leq 0.05$), which were stable in their behavior ($bi=1$ and $S^2di=0$) and showed adaptability to environmental conditions in which beans are produced in the humid tropics of Veracruz and Chiapas. The X02-33-147-2 line was the most productive with $1\,400.4\text{ kg ha}^{-1}$; which average yield was significantly higher than Black Tacana and Black Jamapa (regional controls). The same line also showed resistance to angular leaf spot and tolerance to bean golden yellow mosaic virus.

fue significativamente superior al de las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa (testigos regionales). La misma línea también mostró resistencia a la mancha angular y tolerancia al virus del mosaico amarillo dorado del frijol.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., rendimiento, estabilidad, enfermedades.

Introducción

En el trópico húmedo del sureste de México, el frijol de grano negro es el de mayor preferencia por el consumidor (Castellanos *et al.*, 1997), por lo que casi 100% de los agricultores siembra materiales de este tipo de grano, principalmente durante los ciclos de verano, bajo condiciones de temporal y de otoño-invierno con humedad residual (López *et al.*, 2007a). En esta región, Chiapas y Veracruz, son los principales estados productores, así, en 2010 se cosecharon 152 272 ha de frijol, de las que se obtuvieron 86 649 t de grano, con un rendimiento medio de 576 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2011).

El bajo rendimiento observado obedece en gran parte, a que el cultivo es afectado por diversos factores, entre los que destacan las enfermedades, provocadas principalmente por hongos y virus, y la presencia de sequía intra-estival en las siembras de temporal y de sequía terminal en las de humedad residual; ambos factores pueden ocasionar pérdidas que van de 20 a 100% en el rendimiento de frijol (Acosta *et al.*, 1999; López *et al.*, 2002a; López *et al.*, 2008). Aunado a lo anterior, en la gran mayoría de las siembras comerciales se utilizan genotipos criollos de bajo rendimiento y de adaptación muy específica, así como variedades mejoradas que fueron generadas hace muchos años como Negro Jamapa, liberada en 1958 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Rosales *et al.*, 2004), la cual actualmente se sigue sembrando por que su tipo de grano es muy apreciado por los consumidores del trópico, pero es susceptible a deficiencias de humedad y a las principales enfermedades fungosas como la roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger) y la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* Ferraris) y virales como el virus del mosaico amarillo dorado (BGYMV) y el mosaico común del frijol (BCMV y BCMNV), que se presentan en la región (López *et al.*, 1999; Flores-Estévez *et al.*, 2003; Villar *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006; Lepe-Soltero *et al.*, 2012).

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., yield, stability, diseases.

Introduction

In the humid tropic of southern Mexico, black bean grains are the most preferred by the consumer (Castellanos *et al.*, 1997), so nearly 100% of farmers grow this type of grain, mainly during summer, under rainfed conditions and during the fall-winter cycle with residual moisture (Lopez *et al.*, 2007a). In this region, Chiapas and Veracruz, are the major producing states; harvesting in 2010 152 272 ha of beans, from which obtained 86,649 t of grain, with an average yield of 576 kg ha⁻¹ (SAGARPA 2011).

Low yields observed are due to various factors affecting the crop, such as diseases caused by fungi and viruses, presence of sultry days of summer during rainfed planting and presence of terminal drought in planting with residual moisture; both factors may cause losses ranging from 20 to 100% in bean yield (Acosta *et al.*, 1999; López *et al.*, 2002a; López *et al.*, 2008). Added to this, in the vast majority of commercial plantings are used native genotypes of low yield and with very specific adaptation, thus as improved varieties that were generated many years ago as Black Jamapa, released in 1958 by the National Forest Research Institute, Agriculture and Livestock (INIFAP) (Rosales *et al.*, 2004), which is sown due to its grain type is highly appreciated by consumers in the tropics, but is susceptible to moisture deficiencies and major fungal diseases as rust (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger) and angular leaf spot (*Phaeoisariopsis griseola* Ferraris) and virus as the golden yellow mosaic virus (BGYMV) and bean common mosaic (BCMV and BCMNV), present in the region (López *et al.*, 1999; Flores-Estévez *et al.*, 2003; Villar *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006; Lepe-Soltero *et al.*, 2012).

The most economical and feasible alternative to increase and stabilize yields in the humid tropics of southern Mexico is the use of improved varieties with high yield, wide adaptation and tolerance to disease (López *et al.*, 2003). The breeding method by introduction has been widely used to identify outstanding genotypes; which have been subsequently released as improved varieties for the Tropic of Mexico (Villar *et al.*, 2003). This method consists in the introduction of new germplasm from other

La alternativa más económica y viable para incrementar y estabilizar los rendimientos en el trópico húmedo del sureste de México, es el empleo de variedades mejoradas que tengan además de alto rendimiento, amplia adaptación y tolerancia a enfermedades (López *et al.*, 2003). El método de mejoramiento por introducción ha sido ampliamente usado en la identificación de genotipos sobresalientes, que posteriormente se han liberado como variedades mejoradas para el trópico de México (Villar *et al.*, 2003). Este método consiste en introducir a una localidad o región, germoplasma de otras regiones del país o del extranjero, el cual normalmente se evalúa primero en viveros de observación, en los que se determina su adaptación y el material seleccionado posteriormente se evalúa en ensayos preliminares y uniformes de rendimiento antes de validarse y liberarse como nuevas variedades (Acosta-Gallegos *et al.*, 2004). Así, las líneas D-145 (Negro Huasteco-81), DOR-390 (Negro Tacaná), DOR-500 (Negro Tropical), DOR-445 (Negro Grijalva), DOR-454 (Negro Papaloapan) y CIAT-103-21 (Negro Comapa) (Yoshii *et al.*, 1987; López *et al.*, 1996; López *et al.*, 1999; López *et al.*, 2007a; Villar *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010), introducidas del Programa de Mejoramiento de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe-(PROFRIJOL) fueron registradas como variedades mejoradas para el sureste de México, por su alto rendimiento y tolerancia a factores bióticos y abióticos (López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2006).

De 2007 a 2010, el Programa de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP en México, estableció un Ensayo Centroamericano de Adaptación y Rendimiento (ECAR) de frijol de grano negro, en el que se evaluaron 14 nuevas líneas avanzadas provenientes de la Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano en Honduras (EAP-Zamorano) y la Universidad de Puerto Rico (UPR) con el objetivo de identificar las de mayor rendimiento y amplia adaptación a las condiciones ambientales en que se produce frijol en el sureste de México.

Material y métodos

El ECAR se estableció en cinco ambientes de producción; cuatro en el estado de Veracruz: dos en Medellín (18° 50' latitud norte, 96° 10' longitud oeste), uno en Córdoba (18° 54' latitud norte, 96° 56' longitud oeste) y uno en San Andrés Tuxtla (18° 27' latitud norte, 95° 10' longitud oeste) y el quinto

regiones of the country or abroad into a locality or region, which usually, is first evaluated in observation nurseries, in which adaptation is determined and the selected material is subsequently evaluated in preliminary trials and uniform yield, before validated and released as new varieties (Acosta-Gallegos *et al.*, 2004). Thus, lines D-145 (Black Huastec-81), DOR-390 (Black Tacana), DOR-500 (Black Tropical), DOR-445 (Black Grijalva), DOR-454 (Black Papaloapan) and CIAT-103-21 (Black Comapa) (Yoshii *et al.*, 1987; López *et al.*, 1996; López *et al.*, 1999; López *et al.*, 2007a; Villar *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010), were introduced by the Bean Improvement Program of the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) and the Cooperative Regional Bean Program for Central America, Mexico and the Caribbean (PROFRIJOL) which were registered as improved varieties for southeastern Mexico, for its high yield and tolerance to biotic and abiotic factors (López *et al.*, 2000; López *et al.*, 2006.).

From 2007 to 2010, the Bean Program of the Experimental Station Cotaxtla from INIFAP in Mexico, established a Central American Trial of Adaptation and Yield (ECAR) for black bean grain, in which 14 new advanced lines from the Escuela Agrícola Panamericana of Zamorano in Honduras (EAP-Zamorano) and the University of Puerto Rico (UPR) were evaluated with the objective to identify the highest yielding and widely adapted to environmental conditions in which beans are produced in southeastern Mexico.

Materials and methods

ECAR was established in five production environments; four in the state of Veracruz: two in Medellín (18° 50' north latitude, 96° 10' west longitude), one in Córdoba (18° 54' north latitude, 96° 56' west longitude) and one in San Andrés Tuxtla (18° 27' north latitude, 95° 10' west longitude) and last one in Ocozacoautla, in the state of Chiapas (16° 46' north latitude, 93° 22' west longitude). Table 1 shows the years, moisture condition and soil characteristics in which the trial was conducted, thus the main environmental characteristics of the test sites.

The 14 advanced lines of black beans from EAP-Zamorano and UPR (Table 2) were evaluated along with two regional controls: Black Tacana a commercial variety generated by INIFAP for the humid tropics of southern Mexico (López

en Ocozacoautla, en el estado de Chiapas (16° 46' latitud norte, 93° 22' longitud oeste). En el Cuadro 1 se muestran los años, la condición de humedad y características de suelo en que se condujo el ensayo, así como las principales características ambientales de los sitios de prueba.

Cuadro 1. Principales características de clima y suelo donde se condujo el ECAR de líneas introducidas de frijol negro. Table 1. Main characteristics of climate and soil where ECAR introduced lines of black beans were conducted.

| Localidad | Ciclo/año | Condición de humedad | Altitud (m) | Precipitación anual (mm) | Temperatura media (°C) | Suelo | |
|--------------|-------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-------------------|-----|
| | | | | | | Textura | pH |
| Medellín | O-I/2007-08 | HR | 15 | 1337 | 25.4 | Franca | 6.4 |
| Medellín | O-I/2008-09 | RA | 15 | 1337 | 25.4 | Franca | 6.4 |
| Córdoba | Verano/2008 | Temporal | 927 | 2231 | 22.8 | Migajón-arcillosa | 5.4 |
| SAT | O-I/2009-10 | HR | 84 | 1750 | 23.8 | Franca | 6.2 |
| Ocozacoautla | O-I/2009-10 | HR | 864 | 898 | 23.6 | Arcillosa | 6.5 |

Fuente: (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006; Serrano-Altamirano *et al.*, 2006). O-I= ciclo otoño-invierno; SAT= San Andrés Tuxtla; HR= condición de humedad residual; RA= riego de auxilio.

Las 14 líneas avanzadas de frijol negro provenientes de la EAP-Zamorano y la UPR (Cuadro 2), se evaluaron junto con dos testigos regionales: La variedad comercial Negro Tacaná, generada por el INIFAP para el trópico húmedo del sureste de México (López *et al.*, 1996) y Negro Jamapa, por ser la variedad más sembrada en los estados de Veracruz y Chiapas (López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2002b). Todos los materiales incluidos en este ensayo pertenecen a la raza Mesoamericana (Singh *et al.*, 1991) y son de hábito indeterminado tipo II (Singh, 1982).

Los genotipos se sembraron a una densidad de 250 000 plantas ha⁻¹, en diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de tres surcos de 5 m de longitud, espaciados a 0.60 m, y como parcela útil el surco central completo. En todos los ensayos, se aplicó la dosis de fertilizaron 40N-40P-0K, recomendada por el Programa de Frijol del INIFAP, para los estados de Veracruz y centro de Chiapas (López *et al.*, 1994a; Villar *et al.*, 2002); esta dosis se cubrió con la mezcla de 87 kg de fosfato diamónico grado 18-46-0 y 53 kg de urea (46% de N) por hectárea, adicionada a los 10 días de nacido el cultivo, tal como lo recomienda Flor (1985). Por la presencia de malezas de hoja ancha y angosta, cuando la mayoría de las plantas de frijol tenían su tercer trifolio, se aplicó la mezcla de los herbicidas selectivos fomesafén y fluazifop butil, en dosis de 750 + 750 mL ha⁻¹ de producto comercial y para controlar doradillas (*Diabrotica balteata*), durante la etapa vegetativa del cultivo se realizaron dos aplicaciones de cipermetrina en dosis de 200 mL ha⁻¹ de producto comercial (Cano y López, 1996; Esquivel *et al.*, 1997; Ugalde *et al.*, 2004).

et al., 1996) and Black Jamapa, is the most planted variety in the states of Veracruz and Chiapas (López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2002b). All materials included in this study belong to the Mesoamerican race (Singh *et al.*, 1991) and are indeterminate habit type II (Singh, 1982).

Cuadro 2. Origen de genotipos evaluados en el Ensayo Centroamericano de Adaptación y Rendimiento en los estados de Veracruz y Chiapas.

Table 2. Origin of genotypes evaluated in the Central American Trial of Adaptation and Yield, in the states of Veracruz and Chiapas.

| Genotipo | Institución | País |
|-------------------|--------------|-------------|
| PR 0334-126 | UPR | Puerto Rico |
| MH 43-2 | EAP-Zamorano | Honduras |
| MEN 2202-16 | EAP-Zamorano | Honduras |
| MER 2222-48 | EAP-Zamorano | Honduras |
| BCN 20-05-73 | EAP-Zamorano | Honduras |
| MH 59-3 | EAP-Zamorano | Honduras |
| XRAV 68-1 | UPR | Puerto Rico |
| RBF 14-54 | EAP-Zamorano | Honduras |
| RBF 14-34 | EAP-Zamorano | Honduras |
| XRAV 187-3 | UPR | Puerto Rico |
| X 02-33-153 | UPR | Puerto Rico |
| RBF 11-60 | EAP-Zamorano | Honduras |
| X 02-33-147-2 | UPR | Puerto Rico |
| X 02-33-159-2 | UPR | Puerto Rico |
| Negro Tacaná (TR) | INIFAP | México |
| Negro Jamapa (TR) | INIFAP | México |

TR= testigo regional; EAP-Zamorano= Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano; UPR= Universidad de Puerto Rico; TR= testigos regionales; INIFAP= Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

The genotypes were plated at a density of 250 000 plants ha⁻¹, in randomized complete block design with three replications. Experimental units were three rows of 5 m in length, spaced at 0.60 m and the useful plot was the entire central row. In all trials applied a fertilization dose of 40N-40P-0K recommended by the INIFAP Bean Program (López *et al.*,

Evaluación de rendimiento y adaptación

Al momento de la cosecha, el grano de cada parcela se pesó con una báscula de reloj, se le determinó su contenido de humedad con un equipo portátil Multigrain (Dickey John Corp. Auburn, Illinois, USA) y se transformó en kilogramos por hectárea, ajustado a 14% de humedad. Los datos de rendimiento de grano se sometieron a un análisis de varianza individual y un análisis combinado (ambientes-genotipos), para detectar materiales de alto rendimiento promedio en los cinco ambientes de evaluación. Para la comparación de medias de tratamientos se aplicó la prueba de rango múltiple, basada en la Diferencia Mínima Significativa, al 5% de probabilidad de error (DMS, $\alpha=0.05$). También se realizó un análisis de parámetros de estabilidad de rendimiento, de acuerdo al modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) y la adaptación y estabilidad de los genotipos se clasificaron con base en los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión (Carballo y Márquez, 1970).

Evaluación de reacción a enfermedades

Las enfermedades que se presentaron en forma natural fueron: mancha angular (*Phoisariopsis griseola*), en Córdoba, Veracruz, y virus del mosaico amarillo dorado del frijol (BYGMV), en Ocozocoautla, Chiapas. La reacción de los genotipos a estas enfermedades se cuantificó mediante el sistema estándar para la evaluación de germoplasma que utiliza la escala de 1 a 9, cuyos valores son: de 1 a 3= resistente, de 4 a 6= intermedia y de 7 a 9= susceptible (CIAT, 1987); las lecturas de ambas enfermedades se realizaron durante la etapa reproductiva R8 del cultivo (Fernández *et al.*, 1985). En Medellín, Veracruz, en condiciones de riego de auxilio, se contabilizó la mortandad de plantas en cada parcela útil (3 m²), debido a la incidencia de necrosis sistémica, enfermedad conocida comúnmente como raíz negra causada por el BCMNV (Morales, 1985), en tanto que en San Andrés Tuxtla, Veracruz, no hubo presencia de enfermedades.

Con el programa estadístico SAS, versión 8 (SAS Institute, 1999), se efectuó análisis de varianza de la reacción de los genotipos a cada enfermedad y para la separación de medias se aplicó la prueba DMS a un nivel de probabilidad de 0.05. También se hicieron correlaciones simples para determinar el grado de asociación entre la incidencia de cada enfermedad con el rendimiento de grano y la significancia de éstas (Little y Hills, 1998).

1994a; Villar *et al.*, 2002); this dose was covered with a mixture of 87 kg of diammonium phosphate grade 18-46-0 and 53 kg of urea (46% N) per hectare, applied at 10 days of emergence, as recommended by Flor (1985). In the presence of broadleaf and narrow leaf, when most of bean plants had their third trifoliolate, was applied a mixture of selective herbicides fomesafen and fluzifop butyl at a doses of 750 + 750 mL ha⁻¹ of commercial product and to control banded cucumber beetle (*Diabrotica balteata*) during the vegetative stage of the crop two applications of cypermethrin were applied at doses of 200 mL ha⁻¹ of commercial product (Cano and López, 1996; Esquivel *et al.*, 1997; Ugalde *et al.*, 2004).

Evaluation of yield and adaptation

At the time of harvest, the grain from each plot was weighed with a clock scale. Moisture content was determined with portable equipment "Multigrain" (Dickey John Corp. Auburn, Illinois, USA) and transformed in kilograms per hectare, adjusted to 14% moisture. Yield data were submitted to an analysis of individual variance and a combined analysis (environment-genotype), to detect high yield average materials in the five environments. For means comparison of the treatment was applied a multiple range test, based on the Least Significant Difference at 5% error probability (LSD, $\alpha=0.05$). Also an analysis of stability parameters of yield was performed, according to the model proposed by Eberhart and Russell (1966). Adaptation and stability of genotypes were classified based on the regression coefficients and deviations of regression (Carballo-Márquez, 1970).

Evaluation of disease reactions

Diseases that occurred naturally were angular leaf spot (*Phoisariopsis griseola*) in Córdoba, Veracruz, and bean golden yellow mosaic virus (BYGMV) in Ocozocoautla, Chiapas. The reaction of genotypes to these diseases was quantified using the standard system for germplasm evaluation using a scale of 1 to 9, whose values are 1 to 3= resistance, 4 to 6= intermediate and 7 to 9= susceptible (CIAT, 1987); measurement of both diseases were conducted during the reproductive stage of the crop R8 (Fernández *et al.*, 1985). In Medellín, Veracruz, under supplementary irrigation, plant mortality in each useful plot (3 m²) was recorded, due to the incidence of systemic necrosis, a disease commonly known as black root, caused by BCMNV (Morales, 1985), while in San Andrés Tuxtla, Veracruz, there was no presence of disease.

Resultados y discusión

Evaluación de rendimiento y adaptación

En los análisis de varianzas individuales se detectaron diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$) en Medellín, Veracruz, bajo condiciones de humedad residual y altamente significativas en el resto de los ambientes de evaluación ($p \leq 0.01$). Un número variable de líneas introducidas se ubicaron en el grupo sobresaliente de rendimiento en cada una de las localidades de prueba, las cuales superaron el rendimiento de los testigos regionales en cuatro de los cinco ambientes. La variedad Negro Tacaná se ubicó en el grupo superior sólo en la localidad de San Andrés Tuxtla, Veracruz, mientras que Negro Jamapa sólo en Medellín, Veracruz, con riego de auxilio, debido principalmente a que presentó una baja mortandad de plantas por la enfermedad de necrosis sistémica. Ésta última variedad fue la de menor rendimiento en tres de los cinco ambientes de evaluación (Cuadro 3).

With the SAS statistical software, version 8 (SAS Institute, 1999), an analysis of variance of the reaction of genotypes to each disease was performed and for mean separation was applied the LSD test to a probability level of 0.05. Simple correlations were also made to determine the degree of association between the incidence of each disease with grain yield and the significance of these (Little and Hills, 1998).

Results and discussion

Evaluation of yield and adaptation

In the analysis of individual variance, significant differences between genotypes ($p \leq 0.05$) in Medellín, Veracruz, under conditions of residual moisture and highly significant in the rest of the evaluated environments ($p \leq 0.01$) were detected. A variable number of introduced lines were in the group of outstanding yield in each of the test

Cuadro 3. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de líneas de frijol negro en cuatro ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclos otoño-invierno 2007-2008, verano 2008 y 2009 y otoño-invierno 2008-2009 y 2009-2010.

Table 3. Grain yield (kg ha⁻¹) black beans lines in four environments of Veracruz and one in Chiapas. Cycles autumn-winter 2007-2008, summer 2008-2009 and autumn-winter 2008-2009 and 2009-2010.

| Genotipo | Medellín, Ver. (HR) | Medellín, Ver. (RA) | Córdoba, Ver. (T) | SAT, Ver. (HR) | Ocozoc, Chis. (HR) | Promedio [†] |
|-------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| X02-33-147-2 | 1 607 * | 1 083 | 1 518 * | 2 454 * | 340 | 1 400.4 * |
| X 02-33-153 | 1 956 * | 1 033 | 995 | 2 187 * | 280 | 1 290.2 * |
| XRAV 68-1 | 1 243 | 1 504 * | 698 | 2 445 * | 500 * | 1 278 * |
| XRAV 187-3 | 1 468 | 1 328 * | 604 | 2 581 * | 300 | 1 256.2 * |
| RBF 14-54 | 1 360 | 1 118 | 1 288 * | 1 988 | 520 * | 1 254.8 * |
| X02-33-159-2 | 1 602 * | 786 | 973 | 2 481 * | 420 | 1 252.4 |
| MER 2222-48 | 1 568 * | 1 408 * | 608 | 2 183 * | 380 | 1 229.4 |
| RBF 14-34 | 1 605 * | 829 | 680 | 2 463 * | 540 * | 1 223.4 |
| Negro Tacaná (TR) | 1 335 | 987 | 1 013 | 2 364 * | 400 | 1 219.8 |
| RBF 11-60 | 1 424 | 1 006 | 567 | 2 517 * | 380 | 1 178.8 |
| MH 43-2 | 1 219 | 1 074 | 878 | 2 278 * | 388 | 1 167.4 |
| BCN 20-05-73 | 1 324 | 816 | 946 | 2 203 * | 360 | 1 129.8 |
| MEN 2202-16 | 1 180 | 734 | 680 | 2 249 * | 413 | 1 051.2 |
| PR 0334-126 | 1 168 | 848 | 721 | 2 161 * | 320 | 1 043.6 |
| MH 59-3 | 1 056 | 649 | 815 | 2 268 * | 380 | 1 033.6 |
| Negro Jamapa (TR) | 1 182 | 1 283 * | 536 | 1 442 | 240 | 936.6 |
| CV (%) | 19.01 | 17.05 | 21.66 | 12.00 | 17.91 | 17.44 |
| DMS (0.05) | 441.69 | 292.93 | 305.16 | 453.58 | 115.01 | 147.82 |

HR= humedad residual; RA= riego de auxilio; T= temporal; SAT= San Andrés Tuxtla; TR= testigo regional. *Genotipos superiores estadísticamente (DMS, 0.05).

[†]Promedio de rendimiento del factor genotipo en el análisis combinado.

En el análisis de conjunto hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en la capacidad productiva de los genotipos. La línea X02-33-147-2 fue la más rendidora a través de ambientes, cuyo rendimiento promedio fue estadísticamente similar al de otras cuatro líneas y significativamente superior al de las variedades Negro Tacaná y Negro Jamapa (Cuadro 3). De acuerdo a los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), todos los genotipos fueron estables en su comportamiento, ya que sus coeficientes de regresión y desviaciones de regresión fueron: $b_i = 1$ y $S^2d_i = 0$. La característica de estabilidad de las variedades comerciales Negro Tacaná y Negro Jamapa ya había sido documentada con anterioridad (López *et al.*, 1996; López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2007b). Estos resultados indican que las líneas de frijol de grano negro de reciente introducción se adaptan a las condiciones ambientales del trópico húmedo de Veracruz y Chiapas y tienen mayor potencial de rendimiento que las variedades mejoradas de actual uso en ambas entidades.

El rendimiento también varió significativamente entre ambientes de evaluación ($p \leq 0.01$) (Cuadro 4), lo cual obedeció principalmente a diferencias de humedad y a la presencia local de enfermedades. Así, en la localidad de San Andrés Tuxtla, Veracruz, se obtuvo la mayor producción de grano, debido principalmente a que las plantas de frijol contaron con buenas condiciones de humedad (precipitación pluvial de 352.2 mm, bien distribuidos durante el ciclo del cultivo), además, no hubo incidencia de enfermedades. Por el contrario, en Ocozocoautla, Chiapas, se obtuvo un rendimiento promedio muy bajo, debido a una menor y errática distribución de la precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo (259.2 mm), con un periodo de deficiencia de humedad de 35 días (en el que sólo llovieron 4.8 mm), que abarcó las etapas de inicio de formación de vainas hasta la madurez fisiológica del cultivo. En Medellín, Veracruz, con riego de auxilio, hubo disminución significativa del rendimiento de frijol ($r = -0.814^{**}$), debido a la incidencia de necrosis sistémica por el BCMNV que provocó la muerte de plantas en la mayoría de los genotipos (López *et al.*, 2011).

sites, which outperformed regional controls in four of the five environments. Black Tacana variety was located on the top group in the town of San Andrés Tuxtla, Veracruz, while Black Jamapa only in Medellín, Veracruz, with supplementary irrigation, mainly because it had low plant mortality due to the disease systemic necrosis. The latter has the lowest yield in three of the five environments (Table 3).

In the overall analysis, there were highly significant differences ($p \leq 0.01$) in the productive capacity of the genotypes. The line X02-33-147-2 had the highest yield across environments, whose average yield was statistically similar to the other four lines and significantly higher than varieties Black Tacana and Black Jamapa (Table 3). According to the stability parameters of Eberhart and Russell (1966), all genotypes were stable in their behavior, since their regression coefficients and deviation regression were: $b_i = 1$ and $S^2d_i = 0$. Stability characteristics of commercial varieties Black Tacana and Black Jamapa had been documented previously (López *et al.*, 1996; López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2007b.). These results indicate that the lines of black bean recently introduced adapt to the environmental conditions of the humid tropics of Veracruz and Chiapas and have higher yield potential than improved varieties currently used in both entities.

The yield also varied significantly between environments ($p \leq 0.01$) (Table 4), which was mainly due to differences in humidity and local presence of disease. Thus, in the town of San Andrés Tuxtla, Veracruz, had the highest grain yield, mainly because bean plants counted with good moisture conditions (rainfall of 352.2 mm, well distributed during the growing season), besides, there was no incidence of disease. On the other hand, Ocozocoautla, Chiapas, had a very low yield average due to lower and erratic distribution of rainfall during the growing season (259.2 mm), with a period of moisture deficiency of 35 days (in which only rained 4.8 mm), covering the beginning stages of pod

Cuadro 4. Rendimiento promedio de frijol en cuatro ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Periodo 2007-2010.
Table 4. Average yield of beans in four environments of Veracruz and one in Chiapas. Period 2007-2010.

| Localidad/Estado | Ciclo/año | Condición de humedad | Rendimiento (kg ha ⁻¹) [†] |
|-------------------------|-------------|----------------------|---|
| San Andrés Tuxtla, Ver. | O-I/2009-10 | Humedad residual | 2 266.5 * |
| Medellín, Veracruz | O-I/2007-08 | Humedad residual | 1 393.56 |
| Medellín, Veracruz | O-I/2008-09 | Riego de auxilio | 1 030.37 |
| Córdoba, Veracruz | Verano/2008 | Temporal | 845 |
| Ocozocoautla, Chiapas | O-I/2009-10 | Humedad residual | 385.06 |
| DMS (0.05) [†] | | | 118.7 |

O-I= ciclo otoño-invierno. [†]Promedio de rendimiento del factor ambiente en el análisis combinado. *ambientes en los que se obtuvo un rendimiento promedio estadísticamente superior (DMS, 0.05).

Evaluación de reacción a enfermedades

En el Cuadro 5 se muestra que hubo diferente reacción de los genotipos a las enfermedades ($p \leq 0.01$); con respecto a la incidencia de mancha angular en Córdoba, Veracruz, la mayoría de los genotipos mostraron una reacción intermedia, mientras que las líneas MH-43-2 y X02-33-147-2 presentaron el menor daño de la enfermedad. En el caso del virus del mosaico amarillo dorado (BGYMV) en Ocozocoautla, Chiapas, sólo la variedad Negro Jamapa fue susceptible (calificación mayor de 6), lo cual confirma lo reportado por Yoshii *et al.* (1987) en ensayos conducidos bajo condiciones de humedad residual, en Ébano, San Luis Potosí y Tapachula, Chiapas, y por López *et al.* (1999) también con humedad residual, en Tuxtla Chico, en el sur del estado de Chiapas. La variedad Negro Tacaná, junto con otras cinco líneas introducidas mostraron resistencia al BGYMV; este carácter sobresaliente de la variedad documentado por López *et al.* (1994b; 2002a) y de las líneas, permite reducir riesgos de daño y pérdidas de rendimiento por la enfermedad (López *et al.*, 1996). Tanto la presencia de mancha angular ($r = -0.445$ ns), como del BGYMV ($r = 0.169$ ns), no se asociaron con una disminución del rendimiento de frijol, debido principalmente a que estas enfermedades ocurrieron de manera tardía en el ciclo, durante la etapa R8 de llenado de vainas (López *et al.*, 2006).

En Medellín, Veracruz, la presencia de cepas necróticas del virus del mosaico común (BCMNV), que causan la enfermedad de necrosis sistémica o raíz negra, provocó un número significativo de plantas muertas en la mayoría de los genotipos, comparado con el de la variedad Negro Jamapa (Cuadro 5). Éstos resultados sugieren que las líneas de reciente introducción, junto con Negro Tacaná, cuyas densidades fueron disminuidas por raíz negra, son portadoras del gen dominante I, que es el responsable del síntoma de necrosis sistémica (Morales, 1979); éste gen causa reacción hipersensitiva al BCMNV, que resulta en necrosis vascular y muerte de plantas infectadas (López *et al.*, 2011). La ocurrencia de necrosis sistémica en América Latina se consideraba baja (Morales, 1985).

Sin embargo, su presencia en la región y en otros estados del país, como Nayarit, se ha incrementado (Flores-Estévez *et al.*, 2003; Lepe-Soltero *et al.*, 2012). En la actualidad se busca incorporar resistencia a las cepas necróticas del virus, en variedades que poseen el gen II, mediante la incorporación de genes recesivos específicos contra cepas necróticas, tales como el bc3, que confiere resistencia a las cepas del BCMNV (Gálvez y Morales, 1989; Mukeshimana *et al.*, 2005).

formation until physiological maturity of the crop. In Medellín, Veracruz, with supplementary irrigation, there was a significant decrease in bean yield ($r = -0.814^{**}$), due to the incidence of systemic necrosis by BCMNV that killed plants in most genotypes (López *et al.*, 2011).

Evaluation of disease reactions

Table 5 shows that there were different genotype reactions to diseases ($p \leq 0.01$); regarding the incidence of angular leaf spot in Córdoba, Veracruz, most genotypes showed an intermediate reaction, while lines MH-43-2 and X02-33-147-2 showed lower disease damage. In the case of the bean golden yellow mosaic virus (BGYMV) in Ocozocoautla, Chiapas, only Black Jamapa variety was susceptible (score higher than 6), which confirms that reported by Yoshii *et al.* (1987) in trials conducted under conditions of residual moisture in Ébano, San Luis Potosí and Tapachula, Chiapas, and López *et al.* (1999) also with residual moisture in Tuxtla Chico, in the southern state of Chiapas. The Black Tacana variety, along with five lines showed resistance to BGYMV; this outstanding feature documented by López *et al.* (1994b; 2002a), can reduce the risk of damage and yield loss due to the disease (López *et al.*, 1996). Both the presence of angular leaf spot ($r = -0.445$ ns) and BGYMV ($r = 0.169$ ns) were not associated with a decrease in yield of beans, mainly because these conditions occurred late in the cycle, during the stage of pod filling R8 (López *et al.*, 2006).

In Medellín, Veracruz, the presence of common mosaic necrotic virus strains (BCMNV) causing systemic necrosis or black root disease, caused a significant number of dead plants in most genotypes, compared with Black Jamapa variety (Table 5). These results suggest that newly introduced lines, along with Black Tacana, whose densities were decreased by black root carry the dominant gene I, which is responsible for the symptoms of systemic necrosis (Morales, 1979); This gene causes hypersensitive reaction to BCMNV, resulting in vascular necrosis and death of infected plants (López *et al.*, 2011). The occurrence of systemic necrosis in Latin America was considered low (Morales, 1985).

However, its presence in the region and in other states of the country as Nayarit has increased (Flores-Estévez *et al.*, 2003; Lepe-Soltero *et al.*, 2012). Nowadays attempts to incorporate resistance to necrotic strains of the virus in varieties that possess the gene II, by incorporating specific recessive genes against necrotic strains, such as bc3, which confers resistance to strains from BCMNV (Gálvez and Morales, 1989; Mukeshimana *et al.*, 2005).

Cuadro 5. Reacción de 16 genotipos de frijol negro al ataque de tres enfermedades en dos ambientes de Veracruz y uno en Chiapas. Ciclos verano 2008 y 2009 y otoño-invierno 2008-2009 y 2009-2010.
Table 5. Reaction of 16 black bean genotypes to the attack of three diseases in two environments of Veracruz and one in Chiapas. Cycles summer 2008-2009 and autumn-winter 2008-2009 and 2009-2010.

| Genotipo | Mancha angular ¹ (Escala 1-9) | BGYMV ² (Escala 1-9) | Necrosis sistémica (BCMNV) ³ (Plantas muertas/3 m ²) |
|-----------------------|---|------------------------------------|--|
| PR 0334-126 | 4.67 * | 1.67 | 9.67 * |
| MH 43-2 | 2 | 2.33 | 7 * |
| MEN 2202-16 | 4.33 * | 3.67 | 7 * |
| MER 2222-48 | 3.33 | 2.67 | 0.67 |
| BCN 20-05-73 | 3.67 * | 2.33 | 7.67 * |
| MH 59-3 | 3.67 * | 2.33 | 8.33 * |
| XRAV 68-1 | 4 * | 5 * | 1.67 |
| RBF 14-54 | 4 * | 6 * | 2.67 |
| RBF 14-34 | 4.33 * | 5 * | 4.33 |
| XRAV 187-3 | 4 * | 3.33 | 3 |
| X 02-33-153 | 3.33 | 4.67 | 8.67 * |
| RBF 11-60 | 4.33 * | 4 | 6 * |
| X02-33-147-2 | 3 | 5 * | 4.33 |
| X02-33-159-2 | 3.33 | 6 * | 8 * |
| Negro Tacaná (TR) | 3.33 | 2.33 | 7 * |
| Negro Jamapa (TR) | 4 * | 6.67 * | 2.33 |
| Promedio | 3.71 | 3.94 | 5.52 |
| C. V. (%) | 17.32 | 26.04 | 44.09 |
| DMS (0.05) | 1.07 | 1.71 | 4.15 |
| Correlación ENF vs RG | r= -0.445 ns | r= 0.169 ns | r= -0.814 ** |

¹En Córdoba, Veracruz (temporal); ²en Ocozocoautla, Chiapas (humedad residual); ³en Medellín, Veracruz (riego de auxilio); BGYMV= virus del mosaico amarillo dorado del frijol. **Significativo al 0.01. *Significativo al 0.05. ns= no significativo; ENF= enfermedad; RG= rendimiento de grano.

De acuerdo con el presente estudio, X02-33-147-2 fue el genotipo que mostró la mejor adaptación, la cual presentó un rendimiento significativamente sobresaliente en la mayoría de los ambientes de evaluación, el mayor rendimiento promedio de ambientes y tolerancia a dos de las principales enfermedades que se presentan en el trópico húmedo de Veracruz y Chiapas (Villar *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006). Además, su grano pequeño, negro opaco, tipo tropical, es muy parecido al de la variedad Negro Jamapa, que es de alta demanda comercial, por lo que puede representar una alternativa viable de uso por los productores de frijol del sureste de México.

Conclusiones

Se identificaron cinco líneas de frijol negro de reciente introducción, que mostraron alto y estable rendimiento y adaptabilidad a las condiciones ambientales en que se produce frijol en el trópico húmedo de Veracruz y Chiapas.

According to this study, X02-33-147-2 was the genotype that showed the best adaptation, which showed a significantly outstanding yield in most environments, the highest average yield of environments and tolerance to two major diseases that are present in the humid tropics of Veracruz and Chiapas (Villar *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006). Besides, its small grain, black opaque, tropical type, is very similar to the Black Jamapa variety that has a high commercial demand, which may represent a viable alternative of use for bean producers in southeastern Mexico.

Conclusions

Five lines of black beans of recent introduction, which showed high and stable yield and adaptability to environmental conditions in which beans are produced in the humid tropics of Veracruz and Chiapas were identified.

La línea X02-33-147-2 fue la más productiva, cuyo rendimiento promedio fue significativamente superior al de los testigos regionales Negro Tacaná y Negro Jamapa. Ésta línea también mostró resistencia a la mancha angular y tolerancia al virus del mosaico amarillo dorado del frijol.

The X02-33-147-2 line was the most productive, whose yield average was significantly higher than regional controls Black Tacana and Black Jamapa. This line also showed resistance to angular leaf spot and tolerance to bean golden yellow mosaic virus.

End of the English version



Literatura citada

- Acosta, J. A.; Acosta, E.; Padilla, S.; Goytia, M. A.; Rosales, R.; y López, E. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agron. Mesoam.* 10(1):83-90.
- Acosta-Gallegos, J. A.; González, R. H.; Torres, E. C. A.; Cuellar, R. I.; Acosta, D. E.; López, S. E.; Salinas, P. R. A.; Ibarra, P. F. J. y Rosales, S. R. 2004. Impacto de la genotecnia en el cultivo de frijol en México. *In: Simposium Aportaciones de la Genotecnia a la Agricultura.* Preciado, O. R. E. y Ríos, R. A. A. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética. Toluca, Estado de México, México. 36-57 pp.
- Cano, R. O. y López, S. E. 1996. Control preemergente y postemergente de la maleza en frijol de humedad residual en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 7(2):42-49.
- Carballo, C. A. y Márquez, S. F. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1):129-146.
- Castellanos, Z. J.; Guzmán-Maldonado, H.; Jiménez, A.; Mejía, C.; Muñoz-Ramos, J. de J.; Acosta-Gallegos, J. A.; Hoyos, G.; López-Salinas, E.; González-Eguiarte, D.; Salinas-Pérez, R.; González-Acuña, J.; Muñoz-Villalobos, J. A.; Fernández-Hernández, P. y Cáceres, B. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Arch. Latinoam. Nutr.* 47(1):163-167.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A. van y Pastor-Corrales, M. A. (Comps.). CIAT. Cali, Colombia. 56 p.
- Díaz, P. G.; Ruiz, C. J. A.; Cano, G. M. A.; Serrano, A. V. y Medina, G. G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. Libro técnico Núm. 13. 292 p.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6(1):36-40.
- Esquivel, V. A.; Cano, O. y López, E. 1997. Control químico de malezas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Veracruz. *Agron. Mesoam.* 8(1):53-58.
- Fernández, F.; Geps, P. y López, M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. *In: frijol: investigación y producción.* López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (Eds.). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 61-78 pp.
- Flor, M. C. A. 1985. Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol. *In: Frijol: Investigación y Producción.* López, M.; Fernández F. y Schoonhoven, A. van (Eds.). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 287-312 pp.
- Flores-Estévez, N.; Acosta-Gallegos, J. A. and Silva-Rosales, L. 2003. Bean common mosaic virus and bean common mosaic necrotic virus in México. *Plant Dis.* 87:21-25.
- Galvez, G. E. and Morales, F. J. 1989. Aphid-transmitted virus. *In: bean production problems in the tropics.* Schwartz, H. F. and Pastor-Corrales, M. A. (Eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 333-361 pp.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª Ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- Lepe-Soltero, D.; Sánchez-García, B. M.; Jiménez-Hernández, Y.; Salinas Pérez, R. A.; García-Neria, M. A.; González de León, D.; Becerra-Leor, E. N.; Acosta-Gallegos, J. A. and Silva-Rosales, L. 2012. Presence of BCMV and BCMNV in five dry bean-producing states in Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15:313-321.
- Little, M. T. and Hills, F. J. 1998. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 2ª (Ed.). Trillas. México, D. F. 270 p.
- López, E.; Becerra, N.; Cano, O.; Ortega, D. y Acosta, J. 1996. Adaptación y calidad tecnológica de la variedad de frijol Negro Tacaná. *Agron. Mesoam.* 7(1):26-34.
- López, E.; Cano, O.; Villar, B.; Cumpián, J.; Ugalde, F. J. y López, V. O. 2001. Evaluación de líneas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Agron. Mesoam.* 12(2):129-133.
- López, S. E.; Durán, P. A.; Becerra, L. E. N.; Esqueda, E. V. A. y Cano, R. O. 1994a. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla. Veracruz, México. Folleto para productores Núm. 7. 29 p.
- López, S. E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y Fraire, V. G. 1994b. Reacción al virus del mosaico dorado, adaptación y rendimiento de la línea de frijol DOR-390 en el sureste de México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 12(2):139-145.
- López, S. E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y López, G. V. O. 2002a. Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20(2):193-199.
- López, S. E.; Acosta, G. J. A.; Cumpián, G. J.; Cano, R. O.; Villar, S. B. y Becerra, L. E. N. 2002b. Adaptación de genotipos de frijol común en la región tropical húmeda de México. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):35-42.
- López, S. E.; Acosta, G. J. A.; Tosquy, V. O. H.; Salinas, P. R. A.; Sánchez, G. B. M.; Rosales, S. R.; González, R. C.; Moreno, G. T.; Villar, S. B.; Cortinas, E. H. M. y Zandate, H. R. 2011. Estabilidad de rendimiento en genotipos mesoamericanos de frijol de grano negro en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(1):29-40.
- López, S. E.; Acosta, J.; Cano, O.; Fraire, G.; Cumpián, J.; Becerra, E.; Villar, B. y Ugalde, F. J. 1999. Estabilidad de rendimiento de la línea de frijol negro DOR-500 en el trópico húmedo de México. *Agron. Mesoam.* 10(2):69-74.

- López, E.; Tosquy, O. H.; Villar, B.; Becerra, E. N. y Ugalde, F. J. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de frijol. *Agron. Mesoam.* 14(2):151-155.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Becerra, L. E. N.; Ugalde, A. F. J. y Cumpián, G. J. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y a suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(1):33-39.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Ugalde, A. F. J.; Cumpián, G. J. y Becerra, L. E. N. 2007a. Negro Papaloapan, nuevo cultivar de frijol para las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas, México. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):197-200.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Cumpián, G. J.; Ugalde, A. F. J. y Becerra, L. E. N. 2007b. Negro Papaloapan, nuevo cultivar de frijol para las áreas tropicales de México. *Agric. Téc. Méx.* 33(3):257-267.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Rodríguez, R. J. R.; Ugalde, A. F. J.; Morales, R. A. y Acosta, G. J. A. 2010. Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 1(5):715-721.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Ugalde, A. F. J. y Acosta, G. J. A. 2008. Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):35-39.
- Morales, J. F. 1979. El mosaico común del frijol. Metodología de investigación y técnicas de control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 22 p.
- Morales, F. 1985. Enfermedades causadas por virus. *In: frijol: investigación y producción.* López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (Eds.). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 217-227 pp.
- Mukeshimana, G.; Pañeda, A.; Rodríguez-Suárez, C.; Ferreira, J. J.; Giraldez, R. and Kelly, J. D. 2005. Markers linked to the bc-3 gene conditioning resistance to bean common mosaic potyviruses in common bean. *Euphytica* 144(3):291-299.
- Rosales, S. R.; Acosta, G. J. A.; Muruaga, M. J. S.; Hernández, C. G. E. y Pérez, H. P. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Estado de México, México. Libro técnico Núm. 6. 148 p.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT User's guide: GLM VARCOMP. 6.04. Fourth ed. Cary, NC, USA. 996 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. (consultado julio, 2011). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Serrano-Altamirano, V.; Díaz-Padilla, G.; López-Luna, A.; Cano-García, M. A.; Báez-González, A. D. y Garrido-R, E. R. 2006. Estadísticas climatológicas básicas de Chiapas (período 1961-2003). SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. Libro técnico Núm. 1. 186 p.
- Singh, S. P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 25:92-95.
- Singh, S. P.; Gepts, P. and Debouck, D. G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
- Ugalde, A. F. J.; López, S. E.; Tosquy, V. O. H. y Acosta, G. J. A. 2004. Producción artesanal de semilla de frijol- municipal (PASF-Municipal), método ágil de transferencia de tecnología de variedades para elevar la productividad del cultivo en Veracruz. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. Folleto técnico Núm. 37. 21 p.
- Villar, S. B.; Garrido, R. E.; López, L. A. y Cruz, Ch. F. J. 2002. Manual para la producción de frijol en el estado de Chiapas. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. Publicación especial Núm. 1. 165 p.
- Villar, S. B.; López, S. E. y Acosta, G. J. A. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(3):109-114.
- Villar, S. B.; López, S. E. y Tosquy, V. O. H. 2009. Negro Grijalva, nuevo cultivar de frijol para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 35(3):349-352.
- Yoshii, O. K.; Rodríguez, R. J. R.; Núñez, G. S.; Carrizales, M. N.; Ibarra, P. F. J. y Pérez, G. P. 1987. Rendimiento y adaptación de la línea D-145 tolerante al mosaico dorado del frijol en el sureste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 9:57-63.