

Rendimiento y reacción a enfermedades de genotipos de frijol en condiciones de temporal y humedad residual*

Yield and reaction to diseases of bean genotypes under rainfed conditions and residual moisture

Oscar Hugo Tosquy-Valle^{1§}, Ernesto López-Salinas¹, Valentín A. Esqueda-Esquivel¹, Jorge Alberto Acosta Gallegos², Francisco Javier Ugalde-Acosta¹ y Bernardo Villar-Sánchez³

¹Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba, km 34 Mpio. Medellín de Bravo, Veracruz. A. P. 429, 91700, Veracruz, Veracruz, México. Tel. 01 285 5960108. (lopez.ernesto@inifap.gob.mx), (esqueda.valentin@inifap.gob.mx) (ugalde.francisco@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Bajío, INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5 Col. Roque, Celaya, C. P. 38110, Celaya, Guanajuato. Teol 01 461 6115323 Ext. 164. (acosta.jorge@inifap.gob.mx). ³Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa km 3.0 C. P. 29140, Ocozocoautla, Chiapas, México. Tel. 01 968 6882911. Ext. 108. (villar.bernardo@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: tosquy.oscar@inifap.gob.mx.

Resumen

En Chiapas, Veracruz y Puebla, las enfermedades son uno de los principales factores que reducen el rendimiento de frijol. Los objetivos del trabajo fueron determinar el comportamiento productivo de genotipos de frijol negro en temporal y humedad residual y su reacción a enfermedades. En 2008 se estableció un ensayo en Ocozocoautla, Chiapas, Orizaba, Veracruz y Tecamachalco, Puebla, en temporal y en Medellín de Bravo y San Andrés Tuxtla, Veracruz, con humedad residual. Se evaluaron 11 variedades y cinco líneas, en diseño látice 4 x 4 con cuatro repeticiones. En campo se cuantificó su reacción al virus del mosaico común, mancha angular, roya y antracnosis, con la escala de 1 a 9 del CIAT, así como el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea. Se realizó análisis de varianza de cada enfermedad, las cuales se correlacionaron con el rendimiento de grano. Así como análisis combinado del rendimiento de los genotipos por condición de humedad y análisis de conjunto de todos los ambientes de prueba. Para la separación de promedios se aplicó la DMS al 0.05. Negro Papaloapan rindió 1 753 kg ha⁻¹ en temporal y 1 333 kg ha⁻¹ con humedad residual; ambos rendimientos promedio fueron estadísticamente superiores al del resto de los genotipos. La

Abstract

In Chiapas, Veracruz and Puebla, diseases are one of the main factors that reduce the yield of beans. The objectives were to determine the productive performance of black bean genotypes in rainfed and residual moisture and, their reaction to disease. In 2008, a trial was made in Ocozocoautla, Chiapas, Orizaba, Veracruz and Tecamachalco, Puebla, in rainfed conditions and, in Medellín de Bravo and San Andrés Tuxtla, Veracruz, with residual moisture. 11 varieties and five lines were evaluated, in lattice design 4 x 4 with four replications. In field, the reaction was quantified to the common mosaic virus, angular leaf spot, rust and anthracnose, with a scale of 1 to 9 of CIAT and grain yield in kilograms per hectare. An analysis of variance was performed for each disease, which were correlated with grain yield, as well as combined analysis of genotypes yield for moisture condition and, overall analysis of all tested environments. For the separation of means DMS at 0.05 was applied. Negro Papaloapan yielded 1 753 kg ha⁻¹ in rainfed and, 1 333 kg ha⁻¹ with residual moisture; both average yields were statistically higher than the other genotypes. The incidence of anthracnose ($r = -0.516^*$) in the first condition and, angular

* Recibido: octubre de 2011
Aceptado: mayo de 2012

incidencia de antracnosis ($r=-0.516^*$) en la primera condición y de mancha angular ($r=-0.528^*$) en la segunda, disminuyeron significativamente el rendimiento de frijol. Negro Papaloapan fue el más productivo en ambas condiciones de humedad y mostró resistencia al mosaico común y mancha angular y tolerancia a antracnosis.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., ambiente, hongo, productividad, variedades, virus.

Introducción

En Chiapas, Veracruz y Puebla, el frijol de grano negro es de alta demanda comercial (Castellanos *et al.*, 1997). En estos estados se cultiva este tipo de frijol, principalmente en los ciclos de verano, bajo temporal y otoño-invierno con humedad residual (SAGARPA, 2010). En ambas condiciones de humedad, la producción se ve afectada por factores bióticos y abióticos, entre los que destacan las enfermedades provocadas principalmente por hongos, virus y bacterias (Flores *et al.*, 1993; López *et al.*, 2002).

En las siembras de temporal generalmente se presentan enfermedades fungosas como la roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger) y la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola* Ferraris), mientras que en las de humedad residual, además de estas enfermedades, hay incidencia de virus como el mosaico común (VMCF) y el mosaico amarillo dorado del frijol (VMADF) (López *et al.*, 1994; Villar *et al.*, 2003); en ambos ciclos de producción, ocasionalmente se presenta la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) (López *et al.*, 2006).

En el norte de Veracruz, se han determinado pérdidas de rendimiento por roya de 12.8 a 41.2% y de 30% en la zona central (Becerra *et al.*, 1994). En áreas tropicales del Golfo de México, tanto en las siembras de temporal, como en las de humedad residual se presenta la enfermedad de la mancha angular, la cual ha reducido hasta en 80% el rendimiento de grano en el altiplano de Chiapas y en la Cuenca del Papaloapan, en el estado de Veracruz (SARH, 1992). Con respecto al VMADF, en el trópico húmedo de México, se han reportado pérdidas del rendimiento hasta de 100% cuando la infección se presenta en estado de plántula (López *et al.*, 2002); en el estado de Chiapas disminuyó en 40.5 y 18.2% el rendimiento de grano, en las variedades comerciales Negro Huasteco-81 y Negro Tacaná (López *et al.*, 1994), mientras que en el norte

leafspot ($r=-0.528^*$) in the second one, significantly reducing its yield. Negro Papaloapan was the most productive in both conditions, and showed resistance to common mosaic, angular leaf spot and, anthracnose tolerance.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., environment, fungus, productivity, varieties, virus.

Introduction

In Chiapas, Veracruz and Puebla, black grain beans are highly demanded (Castellanos *et al.*, 1997). In these States, this type of bean is grown mainly in the cycles of summer under rainfed conditions and, autumn-winter in residual moisture (SAGARPA, 2010). In both conditions, the production is affected by biotic and abiotic factors, among of which are diseases caused by fungi, viruses and bacteria (Flores *et al.*, 1993; López *et al.*, 2002).

In rainfed, fungal diseases usually occur, such as rust (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger) and angular leaf spot (*Phaeoisariopsis griseola* Ferraris), while the residual moisture in addition to these diseases, there is incidence of viruses, such as the common mosaic (VMCF) and bean golden yellow mosaic (VMADF) (López *et al.*, 1994; Villar *et al.*, 2003), in both production cycles occasionally occurs anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) (López *et al.*, 2006).

In northern Veracruz, yield losses were determined by leaf rust from 12.8 to 41.2% and 30% in the central area (Becerra *et al.*, 1994). In tropical areas of the Gulf of Mexico, both in rainfed fields, as in the residual moisture present the angular leaf spot disease, which has fallen to 80% in grain yield in the highlands of Chiapas and the Papaloapan Basin in Veracruz State (SARH, 1992).

With respect to VMADF in the humid tropics of Mexico, yield losses of up to 100% have reported when the infection occurs in the seedling stage (López *et al.*, 2002), in Chiapas State declined 40.5 and 18.2 % grain yield in commercial varieties Negro Huasteco-81 and Negro Tacaná (López *et al.*, 1994), while in northern Veracruz as much as 87.6% in the variety Negro Jamapa (Rodríguez and Yoshii, 1990). The VMCF can also decrease up to 100% in yield, when the attack is before flowering, and 50% when transmitted through the seed from infected plants (Morales, 1979; Pedroza, 2000). In southern Veracruz, sometimes anthracnose has been presented,

de Veracruz hasta en 87.6% en la variedad Negro Jamapa (Rodríguez y Yoshii, 1990). El VMCF también puede disminuir hasta 100% el rendimiento de frijol, cuando el ataque es antes de la floración, y 50% cuando es transmitido a través de la semilla proveniente de plantas infectadas (Morales, 1979; Pedroza, 2000). En el sur de Veracruz, en algunas ocasiones se ha presentado la antracnosis, principalmente cuando hay temperaturas de alrededor de 17 °C y humedad relativa de 80%, en forma de lluvias frecuentes, la cual ha afectado significativamente los rendimientos de frijol (López *et al.*, 2006). En Chiapas esta enfermedad se presenta principalmente en las partes altas y templadas y en la Meceta Comiteca y en forma ocasional, en siembras de frijol establecidas en altitudes menores a 500 m (Villar *et al.*, 2002). En el estado de Puebla, las enfermedades fungosas anteriormente indicadas y el VMCF, ocasionan pérdidas de rendimiento de entre 35 y 48%; sin embargo, cuando las condiciones son favorables para su desarrollo, pueden provocar la pérdida total de la cosecha (Flores *et al.*, 1993).

Se han realizados diversos trabajos para el control químico de estas enfermedades (Rodríguez y Yoshii, 1990; López *et al.*, 1993; Becerra *et al.*, 1994); sin embargo, su uso incrementa considerablemente los costos del cultivo (Campos, 1987; Aceves, 1988), por lo que, la generación de variedades mejoradas con alto potencial de rendimiento y resistentes a enfermedades constituye la alternativa de mayor impacto a la solución de estos problemas (Villar, 1988; Villar *et al.*, 2003).

El programa de mejoramiento de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha generado variedades de grano negro de alto rendimiento, amplia adaptación y con resistencia o tolerantes a las enfermedades señaladas (Rosales *et al.*, 2004); en los últimos años, para los estados de Chiapas y Veracruz se liberaron las variedades Negro Grijalva, la cual es resistente al VMADF (Villar *et al.*, 2009), Negro Papaloapan y Negro Comapa, que son tolerantes a roya y mancha angular; la primera también es tolerante al VMADF y la segunda al VMCF (López *et al.*, 2007; López *et al.*, 2010). Para el centro de México, que incluye al estado de Puebla, se liberó la variedad Negro Guanajuato, la cual tiene la característica de presentar resistencia a las enfermedades de roya y antracnosis y tolerancia a la bacteriosis común (Acosta *et al.*, 2008).

En 2008, el programa de frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP distribuyó un ensayo élite de rendimiento conformado con las mejores líneas y variedades de frijol negro, opaco y pequeño del programa nacional de

especialmente cuando las temperaturas son alrededor de 17 °C y la humedad relativa de 80%, en forma de lluvias frecuentes, la cual ha afectado significativamente los rendimientos de frijol (López *et al.*, 2006). En Chiapas, la enfermedad ocurre principalmente en las partes altas y templadas y en la Meceta Comiteca y ocasionalmente en siembras de frijol establecidas en elevaciones menores a 500 m (Villar *et al.*, 2002). En el estado de Puebla, las enfermedades fungosas y el VMCF causan pérdidas de rendimiento de entre 35 y 48%; sin embargo, cuando las condiciones son favorables para su desarrollo, pueden provocar la pérdida total de la cosecha (Flores *et al.*, 1993).

Several studies have been performed for the chemical control of these diseases (Rodríguez and Yoshii, 1990; López *et al.*, 1993; Becerra *et al.*, 1994), but its use greatly increases the costs for cultivation (Campos, 1987; Aceves, 1988), so that the generation of improved varieties with high yield potential and disease resistance is the alternative for solving these problems (Villar, 1988, Villar *et al.*, 2003).

The bean breeding program of the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), has generated black bean varieties of high yield, wide adaptation and resistance or tolerant to the diseases listed (Rosales *et al.*, 2004); in recent years for the States of Chiapas and Veracruz, Negro Grijalva, which is resistant to VMADF (Villar *et al.*, 2009), Negro Comapa and Negro Papaloapan, which are tolerant to rust and angular leaf spot; the first one is also tolerant to VMADF and the second one to VMCF (López *et al.*, 2007; López *et al.*, 2010). For central Mexico, including Puebla, the variety Negro Guanajuato was released, which has the characteristic of presenting resistance to rust and anthracnose diseases and tolerance to bacterial blight (Acosta *et al.*, 2008).

In 2008, the bean program of the Experimental Field of Cotaxtla, INIFAP, circulated an elite performance test made with the best lines and black bean varieties, dull and small from the national bean program, which was established in five testing locations in the States of Chiapas, Veracruz and Puebla, in order to determine their productive performance related to the residual moisture and rainfed conditions as well as the diseases under natural field conditions.

Materials and methods

The genotypes were established in five production environments, three in the summer cycle of 2008, under rainfed conditions: Ocozocoautla, Chiapas (16° 46'

frijol, el cual se estableció en cinco localidades de prueba, en los estados de Chiapas, Veracruz y Puebla, con la finalidad de determinar su comportamiento productivo en temporal y humedad residual y su reacción a enfermedades bajo condiciones naturales de campo.

Materiales y métodos

Los genotipos se establecieron en cinco ambientes producción; tres en el ciclo de verano de 2008, bajo condiciones de temporal: Ocozocoautla, Chiapas (16° 46' latitud norte, 93° 22' longitud oeste), Orizaba, Veracruz (18° 51' latitud norte, 97° 06' longitud oeste) y Tecamachalco, Puebla (20° 52' latitud norte, 99° 04' longitud oeste), y dos en el ciclo otoño-invierno, con humedad residual: Medellín de Bravo (18° 50' latitud norte, 96° 10' longitud oeste) y San Andrés Tuxtla (18° 27' latitud norte, 95° 10' longitud oeste) en el estado de Veracruz. En el Cuadro 1 se muestran las

N, 93° 22' west longitude), Orizaba, Veracruz (18° 51' north latitude, 97° 06' W) and Tecamachalco, Puebla (20° 52' N, 99° 04' west longitude), and two in the autumn-winter cycle, with residual moisture: Medellín de Bravo (18° 50' N, 96° 10' W) and San Andrés Tuxtla (18° 27' N, 95° 10' west longitude) in the State of Veracruz. The Table 1 shows the main environmental characteristics of the test sites.

Sixteen genotypes of black beans, opaque, small, generated by the bean program of INIFAP were evaluated. The varieties Negro INIFAP, Negro Tacaná, Negro Tropical, Negro Medellín and Negro Papaloapan, as well as the line Jamapa Plus, originated in the Experimental Field of Cotaxtla in Veracruz; the varieties Negro Guanajuato, Negro Citlali, Negro 8025 and Negro San Miguel, as well as the line NGO 99279 of the Experimental Field Bajío in Guanajuato. Lines Jamapa Cora 1, 2 and 3, of the Experimental Field Ixcuintla Santiago in Nayarit, Negro Pacífico, of the Experimental Field Valle

Cuadro 1. Principales características de clima y suelo donde se condujo el ensayo élite de rendimiento de frijol. Ciclos verano 2008 y otoño- invierno 2008-2009.

Table 1. Main features of climate and soil where the elite trial was conducted of bean yield. Cycles summer, 2008 and, autumn-winter, 2008-2009.

Localidad/Estado	Condición de producción	Altitud (m)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media (°C)	Suelo	
					Textura	pH
Ocozocoautla, Chis.	Temporal	864	898	23.6	Arcillosa	6.5
Orizaba, Ver.	Temporal	1 248	2035	19.0	Migajón-arenoso	6.6
Tecamachalco, Pue.	Temporal	1 980	573	16.4	Franco-arenosa	7.2
Medellín de Bravo, Ver.	Humedad Residual	15	1337	25.4	Franca	6.4
San Andrés Tuxtla, Ver.	Humedad Residual	84	1750	23.8	Franca	5.6

Fuente: García (1987); Díaz *et al.* (2007).

Se evaluaron 16 genotipos de frijol negro, opaco y pequeño, generados por el programa de frijol del INIFAP. Las variedades Negro INIFAP, Negro Tacaná, Negro Tropical, Negro Medellín y Negro Papaloapan, así como la línea Jamapa Plus, se originaron en el Campo Experimental Cotaxtla en Veracruz; las variedades Negro Guanajuato, Negro Citlali, Negro 8025 y Negro San Miguel, así como la línea NGO 99279 del Campo Experimental Bajío, en Guanajuato. Las líneas Jamapa Cora 1, 2 y 3, del Campo Experimental Santiago Ixcuintla en Nayarit, Negro Pacífico del Campo Experimental Valle del Fuerte, en Sinaloa y Negro Zacatecas del Campo Experimental Calera, en Zacatecas. Todos los materiales pertenecen a la raza Mesoamericana (Singh *et al.*, 1991) y son de hábito indeterminado de los tipos II y III (Singh, 1982).

del Fuerte, Sinaloa and Negro Zacatecas of the Experimental Field Calera, Zacatecas. All the materials belong to the Mesoamerican race (Singh *et al.*, 1991) and are of indeterminate growth habit of types II and III (Singh, 1982).

The experiment was established in the experimental design lattice 4 x 4 with four replications in plots of four rows 5 m long, 0.60 m apart, the useful plot corresponded to the two central rows. The agronomic crop management was done according to the recommendations for beans made by INIFAP for the States of Chiapas, Veracruz and Puebla (Villar *et al.*, 2002; Ugalde *et al.*, 2004; SDR of Puebla, 2007).

El experimento se estableció en diseño experimental de látice 4 x 4 con cuatro repeticiones, en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m; la parcela útil correspondió a los dos surcos centrales. El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo a las recomendaciones que para frijol hace el INIFAP para los estados de Chiapas, Veracruz y Puebla (Villar *et al.*, 2002; Ugalde *et al.*, 2004; SDR de Puebla, 2007).

Las enfermedades que se presentaron en forma natural fueron: virus del mosaico común del frijol (VMCF) en Orizaba y San Andrés Tuxtla, Ver., mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) en San Andrés Tuxtla, Veracruz y Tecamachalco, Puebla, roya *Uromyces appendiculatus* en Tecamachalco, Puebla y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en Orizaba, Ver. La reacción de los genotipos a estas enfermedades se cuantificó mediante la escala de 1 a 9 (CIAT, 1987), cuyos valores son: de 1 a 3= resistente, de 4 a 6= intermedia y de 7 a 9 susceptible; las lecturas de enfermedades se realizaron durante la etapa reproductiva del cultivo. En Ocozocoautla, Chiapas, no hubo presencia de enfermedades. La cosecha de los ensayos se realizó cuando las vainas de las plantas estaban completamente secas y el grano tenía entre 14 y 16% de humedad. El rendimiento de grano, se calculó a partir del peso del grano cosechado de cada parcela, el cual se limpió, se pesó, se le determinó su humedad y se transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

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 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). También se realizó análisis combinado del rendimiento de grano de los genotipos por condición de humedad y un análisis de conjunto de todos los ambientes de evaluación. En los casos en que se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de separación de medias basada en la diferencia mínima significativa, al 5% de probabilidad de error (DMS, $\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

Condición de temporal

En el análisis combinado de las siembras de verano, se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ambientes de evaluación. Los mayores rendimientos

The diseases that are naturally present were: common mosaic virus Bean (VMCF) in Orizaba and San Andres Tuxtla, Veracruz; angular leaf spot (*Phaeoisariopsis griseola*) in San Andres Tuxtla, Veracruz and Tecamachalco, Puebla; rust (*Uromyces appendiculatus*) in Tecamachalco, Puebla and anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Orizaba, Veracruz. The reaction of the genotypes to these conditions was quantified using a scale of 1 to 9 (CIAT, 1987), whose values are: 1 to 3 = resistant, 4 to 6 = intermediate and 7 to 9 = susceptible; disease readings were made during the reproductive stage. In Ocozocoautla, Chiapas, there was no presence of a disease. The harvest of the trials was conducted when the pods of the plants were completely dry and the grain was between 14 and 16% in humidity. Grain yield was calculated from the weight of the grain harvested from each plot, which was cleaned, weighed, the moisture content was determined and converted to kilograms per hectare at 14% humidity.

With the SAS statistical software version 8 (SAS Institute, 1999), the analysis of variance was performed on the reaction of genotypes to each disease and simple correlations were 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). We also performed a combined analysis of grain yield of genotypes for moisture condition and a comprehensive review of all the evaluated environments. Where significant differences were detected between the treatments, we applied the mean separation test based on least significant difference at 5% of error probability (LSD, $\alpha=0.05$).

Results and discussion

Rainfed conditions

In the combined analysis of summer crops, highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed between the evaluation environments. The highest average yields were obtained in Tecamachalco, Puebla and Orizaba, Veracruz, with 960.9 and 881.1 kg ha⁻¹, respectively, significantly superior to that of Ocozocoautla, Chiapas, whose average yield was 658.4 kg ha⁻¹ (Table 2.) This was mainly due to a better distribution of rainfall in the first two locations, as the rainfall during the crop cycle was 394 and 902 mm, respectively, while in the latter town, even though, the total rainfall in the crop cycle was of 471 mm, there was a period of drought that coincided with the pod filling stage, resulting in reduced grain yield by

promedio se obtuvieron en Tecamachalco, Puebla y Orizaba, Veracruz, con 960.9 y 881.1 kg ha⁻¹, respectivamente, los cuales fueron significativamente superiores al de Ocozacoautla, Chiapas, cuyo rendimiento promedio fue de 658.4 kg ha⁻¹ (Cuadro 2). Lo anterior, se debió principalmente a mejor distribución de la lluvia en las primeras dos localidades, cuya precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo fue de 394 y 902 mm, respectivamente, mientras que en la última localidad, aunque se tuvo precipitación pluvial total en el ciclo del cultivo de 471 mm, hubo un periodo de sequía que coincidió con la etapa de llenado de vainas, lo cual provoca reducción del rendimiento de grano, por disminución del número de semillas por vaina, vainas producidas por planta y de su longitud (Yáñez-Jiménez y Kohashi-Shibata, 1987; Nielsen and Nelson, 1998).

decreasing the number of seeds per pod, pods produced per plant and its length (Yáñez -Jiménez and Kohashi-Shibata, 1987; Nielsen and Nelson, 1998).

Yield varied significantly ($p \leq 0.01$) between genotypes. The variety Negro Papaloapan obtained a statistically superior grain yield to the rest of the lines and varieties tested, whose average was more than 100% higher than most of the genotypes (Table 2). In the State of Chiapas, this strain also showed high productivity in test plots conducted under rainfed conditions (López *et al.*, 2007).

The variety Negro Papaloapan showed resistance to the bean common mosaic virus (VMCF) and tolerance to anthracnose, the latter disease decreased significantly its yield in Orizaba,

Cuadro 2. Rendimiento de grano promedio (kg ha⁻¹) y reacción a enfermedades de genotipos de frijol negro evaluados en condiciones de temporal. Ciclo verano 2008.

Table 2. Average grain yield (kg ha⁻¹) and its reaction to diseases of black bean genotypes evaluated under rainfed conditions. Cycle summer 2008.

Genotipo	Rendimiento [†] (kg ha ⁻¹)	VMCF ¹	Antracnosis ²	Mancha angular ³	Roya ⁴
1 Negro Papaloapan	1 753.33 *	1.59	3.13	6.50	6.50
7 Jamapa Plus	896.00	1.58	2.04	6.51	6.33
14 Negro 8025	884.67	0.96	3.32	7.50	6.71
16 Negro San Miguel	856.67	2.00	3.37	7.50	7.46 *
10 Jamapa Cora 3	824.67	7.08 *	4.95	7.00	7.71 *
12 Negro Guanajuato	822.67	1.87	2.50	7.50	6.46
8 Jamapa Cora 1	818.33	7.12 *	5.93	6.01	5.83
6 NGO 99279	804.00	1.83	5.39	5.01	7.08
3 Negro Medellín	802.33	1.42	4.13	6.50	8.04 *
2 Negro Tropical	798.00	1.17	3.48	7.50	8.30 *
11 Negro Pacífico	781.67	1.08	4.11	9.00 *	8.46 *
4 Negro Tacaná	778.00	1.46	3.52	6.00	5.04
5 Negro INIFAP	711.00	1.75	3.54	8.51 *	8.29 *
15 Negro Zacatecas	651.67	0.96	3.98	9.00 *	8.96 *
9 Jamapa Cora 2	638.33	5.75	5.11	9.00 *	8.91 *
13 Negro Citlali	514.33	1.13	4.48	8.50 *	7.41 *
Promedio	833.48	2.42	3.94	7.35	7.34
ANVA	**	**	ns	**	**
C. V. (%)	31.76	28.08	41.70	13.73	14.81
DMS (0.05)	93.80	0.98		1.45	1.56
Coef. Corr. RG vs ENF		-0.378 ns	-0.516 *	-0.168 ns	-0.060 ns

[†]Promedio de rendimiento del factor genotipo en el análisis combinado. ¹Orizaba, Ver. ²Orizaba, Ver. ³Tecamachalco, Pue. ⁴Tecamachalco, Pue. **significativo al 0.01. *significativo al 0.05. ns=no significativo.

El rendimiento también varió significativamente ($p \leq 0.01$) entre genotipos. La variedad Negro Papaloapan obtuvo un rendimiento de grano estadísticamente superior al del resto de las líneas y variedades evaluadas, cuyo promedio superó en más de 100% al de la mayoría de los genotipos (Cuadro

Veracruz ($r = -0.516 *$), while in Tecamachalco, Puebla, the presence of angular leaf spot and rust did not affect the grain yield, mainly because its incidence was late in the cycle (R8 stage of the crop); similar results were reported by López *et al.* (2006) in Medellín de Bravo, Veracruz. It's

2). En el estado de Chiapas, esta variedad también ha mostrado alta productividad en parcelas de validación conducidas en condiciones de temporal (López *et al.*, 2007). La variedad Negro Papaloapan mostró resistencia al virus del mosaico común del frijol (VMCF) y tolerancia a la antracnosis, ésta última enfermedad disminuyó significativamente el rendimiento de frijol en la localidad de Orizaba, Ver. ($r = -0.516 *$), mientras que en Tecamachalco, Puebla, la presencia de mancha angular y roya no afectaron el rendimiento de grano de los genotipos, debido principalmente a que su incidencia fue tardía en el ciclo (etapa R8 del cultivo); resultados similares fueron reportados por López *et al.* (2006) en Medellín de Bravo, Ver. Cabe destacar, que las líneas Jamapa Cora 1, Cora 2 y Cora 3, derivadas de la variedad comercial Negro Jamapa por selección individual (López *et al.*, 2011) fueron las únicas que mostraron susceptibilidad al VMCF y calificaciones altas de las otras tres enfermedades (Cuadro 2), lo que indica que estos genotipos no tienen buena adaptación en esos ambientes de evaluación.

Condición de humedad residual

En el análisis combinado de las siembras de otoño-invierno, también se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los factores de estudio. La mayor producción promedio de frijol se obtuvo en San Andrés Tuxtla, Veracruz (1 260.6 kg ha⁻¹), que superó 88.2% al rendimiento obtenido en Medellín de Bravo, Veracruz (Cuadro 3). La diferencia en rendimiento se debió principalmente, a que en la primera localidad no hubo condiciones de estrés para el cultivo, ya que además de la humedad residual, el frijol contó con 310 mm de precipitación pluvial y la temperatura durante su desarrollo fue óptima (22 a 24 °C), en tanto que en Medellín de Bravo se tuvieron solamente 78.2 mm de precipitación pluvial, distribuidos de manera irregular durante el ciclo del cultivo.

En el Cuadro 3 se observa que bajo la condición de humedad residual, la variedad Negro Papaloapan también fue la más productiva, cuyo rendimiento fue significativamente superior al de las variedades y líneas generadas para el trópico y el altiplano de México (Villar y López, 1993; López *et al.*, 1997; López y Acosta, 2002a; 2002b; Rosales *et al.*, 2004; Acosta *et al.*, 2008). En San Andrés Tuxtla, Veracruz, la presencia de mancha angular se asoció con una disminución del rendimiento de grano de los genotipos ($r = -0.528 *$). La variedad Negro Papaloapan fue resistente a esta enfermedad, cuya reacción ya había sido documentada por López *et al.* (2007), mientras que la variedad Negro Citlali y la línea Jamapa Cora 3 fueron susceptibles. En el caso del VMCF, sólo las líneas Jamapa Cora 1, 2 y 3 mostraron

noteworthy that, the lines Jamapa Cora 1, 2 and 3, derived from the commercial variety Negro Jamapa by individual selection (López *et al.*, 2011) were the only ones that showed susceptibility to VMCF and high ratings to the other three diseases (Table 2), indicating that these genotypes have poor adaptation assessment in these environments.

Residual moisture condition

In the combined analysis of the autumn-winter crops, there are also highly significant differences ($p \leq 0.01$) in the study factors. The highest average yield of beans was obtained in San Andres Tuxtla, Veracruz (1 260.6 kg ha⁻¹), which exceeded the 88.2% yield in Medellín de Bravo, Veracruz (Table 3). The difference in yield was due mainly to the first town that there was no stress conditions for the cultivation, as well as residual moisture, the beans had 310 mm of rainfall and the temperatures during the development were quite optimal (22 at 24 °C), while in Medellín de Bravo had only 78.2 mm of rainfall, unevenly distributed during the crop cycle.

The Table 3 shows that under the condition of residual moisture, the variety Negro Papaloapan was also the most productive, whose yield was significantly superior to the other varieties and lines, generated for the tropics and the highlands of Mexico (Villar and López, 1993; López *et al.*, 1997; López and Acosta, 2002a, 2002b; Rosales *et al.*, 2004; Acosta *et al.*, 2008). In San Andres Tuxtla, Veracruz, the presence of angular leaf spot was associated with a decrease in grain yield of genotypes ($r = -0.528 *$). The variety Negro Papaloapan was resistant to this disease, whose reaction was documented by López *et al.* (2007), while the variety Negro Citlali and, Jamapa Cora 3 line were susceptible. In the case of VMCF, Jamapa Cora lines 1, 2 and 3 were susceptible to this disease similar reaction was observed in Celaya, Guanajuato and in Texcoco, Mexico State, with the same genotypes (López *et al.*, 2011).

In the combined analysis of the five evaluation environments, the variety Negro Papaloapan showed the highest productivity, which indicates the high yield potential and adaptability that have this genotype under rainfed conditions and residual moisture (Table 4). The significant interaction of both factors indicated that, the yield response of some genotypes varied with the testing environment. Thus, while the variety Negro Tacaná has a high yield, obtained in Orizaba and San Andres Tuxtla in Veracruz and in Ocozacoautla

susceptibilidad a esta enfermedad; reacción similar fue observada en Celaya, Guanajuato y en Texcoco, Estado de México, con estos mismos genotipos (López *et al.*, 2011).

in the State of Chiapas, this genotype had less yielding in Tecamachalco, Puebla, and in Medellín Bravo, Veracruz. The varieties Negro Citlali and Negro Zacatecas, presented

Cuadro 3. Rendimiento de grano promedio (kg ha⁻¹) y reacción a enfermedades de genotipos de frijol negro evaluados en condiciones de humedad residual. Ciclo otoño-invierno 2008-2009.

Table 3. Average grain yield (kg ha⁻¹) and reaction to diseases of black bean genotypes evaluated in terms of residual moisture. Autumn-winter, 2008-2009.

Genotipo	Rendimiento [†] (kg ha ⁻¹)	VMCF ¹	Mancha angular ²
1 Negro Papaloapan	1 333.50 *	0.98	1.02
5 Negro INIFAP	1 108.50	0.99	1.00
16 Negro San Miguel	1 097.50	1.00	5.95 *
8 Jamapa Cora 1	1 069.00	6.00	3.42
4 Negro Tacaná	1 063.50	0.99	1.45
11 Negro Pacífico	1 012.00	1.01	1.73
12 Negro Guanajuato	975.50	1.00	4.99 *
10 Jamapa Cora 3	957.50	7.26 *	6.11 *
9 Jamapa Cora 2	953.00	6.74	4.07
6 NGO 99279	938.00	1.01	5.54 *
3 Negro Medellín	894.00	3.50	2.69
15 Negro Zacatecas	866.00	1.01	0.94
2 Negro Tropical	865.00	0.99	2.32
13 Negro Citlali	830.50	0.99	6.27 *
7 Jamapa Plus	792.50	1.01	2.66
14 Negro 8025	687.00	1.01	4.82 *
Promedio	965.18	2.22	3.44
ANVA	**	**	**
C. V. (%)	20.84	14.01	40.53
DMS (0.05)	199.35	0.45	2.00
Coef. Corr. RG vs ENF		-0.224 ns	-0.528 *

[†]Promedio de rendimiento del factor genotipo en el análisis combinado. ¹San Andrés Tuxtla, Ver. ²San Andrés Tuxtla, Ver. **significativo al 0.01. *significativo al 0.05. ns= no significativo. RG= rendimiento de grano. ENF= enfermedades.

En el análisis combinado de los cinco ambientes de evaluación, la variedad Negro Papaloapan mostró la mayor productividad, lo cual indica el alto potencial de rendimiento y la adaptabilidad que tiene este genotipo en condiciones de temporal y humedad residual (Cuadro 4). La interacción significativa de ambos factores indicó que la respuesta en el rendimiento de algunos genotipos varió con el ambiente de evaluación. Así, mientras la variedad Negro Tacaná obtuvo alto rendimiento en Orizaba y San Andrés Tuxtla, en el estado de Veracruz, así como en Ocozocoautla, en el estado de Chiapas; este genotipo fue de los menos rendidores en Tecamachalco, Puebla, y en Medellín de Bravo, Veracruz. Las variedades Negro Zacatecas y Negro Citlali, obtuvieron bajos rendimientos en la mayoría de las localidades, lo que sugiere pobre adaptación en los sitios de prueba. La primera variedad se recomienda para los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, mientras que la segunda, muestra alto potencial de rendimiento en el estado de Guanajuato (Rosales *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2008).

low yields obtained in most of the localities, suggesting a poor adaptation to the test sites. The first variety is recommended for the States of Zacatecas and San Luis Potosi, while the second one shows high yield potential in the Guanajuato (Rosales *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2008).

Conclusions

Negro Papaloapan was the most productive genotype under rainfed conditions and residual moisture as well. Under natural field conditions, this strain was resistant to diseases such as the common mosaic virus and, bean angular leaf spot, and tolerant to anthracnose.

End of the English version



Cuadro 4. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de genotipos de frijol negro en tres ambientes de Veracruz, uno Puebla y uno en Chiapas, México. Ciclos verano 2008 y otoño-invierno 2008-2009.**Table 4. Grain yield (kg ha⁻¹) of black bean genotypes in three environments of Veracruz, Puebla and one in Chiapas, Mexico. Cycles summer, 2008 and autumn-winter, 2008-2009.**

Genotipo	Orizaba, Ver. (T)	Tecamachalco, Pue. (T)	Ocozoc., Chis. (T)	Medellín, Ver. (HR)	S. Andrés T., Ver. (HR)	Promedio ^{††}
Negro Papaloapan	2 397 *	2 086 *	777	723	1,944 *	1,585.40 *
Negro San Miguel	1 165	622	783	792 *	1,403	953.00
Jamapa Cora 1	437	1 202	816	809 *	1,329	918.60
Negro Tacaná	1 040	436	858	580	1,547	892.20
Negro Guanajuato	921	841	706	703	1,248	883.80
Jamapa Cora 3	537	1 361	576	863 *	1,052	877.80
Negro Pacífico	848	978	519	535	1,489	873.80
Negro INIFAP	887	738	508	727	1,490	870.00
NGO 99279	806	950	656	570	1,306	857.60
Jamapa Plus	1 240	944	504	544	1,041	854.60
Negro Medellín	1 145	673	589	760	1,028	839.00
Negro Tropical	811	1 002	581	427	1,303	824.80
Negro 8025	810	1 039	805	576	798	805.60
Jamapa Cora 2	303	1 078	534	756	1,150	764.20
Negro Zacatecas	454	789	712	602	1,130	737.40
Negro Citlali	296	636	611	749	912	640.80
ANVA	**	**	ns	**	**	**
C. V. (%)	29.32	28.52	33.67	9.71	19.70	26.63
DMS (0.05)	371.77	394.43		93.62	357.45	344.30
Ambiente [†]	881.06	960.94	658.44	669.75	1,260.62 *	886.16

T=Temporal. HR=Humedad residual. **significativo al 0.01. *significativo al 0.05. ns= no significativo. †Promedio de rendimiento del factor ambiente en el análisis combinado. †† Promedio de rendimiento del factor genotipo en el análisis combinado.

Conclusiones

Negro Papaloapan fue el genotipo más productivo bajo condiciones de temporal y humedad residual. Bajo condiciones naturales de campo, esta variedad fue resistente a las enfermedades del virus del mosaico común del frijol y mancha angular y tolerante a la antracnosis.

Literatura citada

- Aceves, J. J. 1988. Enfermedades del frijol en México. In: Téliz, O. D. (ed.). Enfermedades del maíz, frijol, trigo y papa. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México, México. 24-48 pp.
- Acosta, G. J. A.; Mendoza, H. F. M.; Aguilar, G. B.; Esquivel, E. G.; Rodríguez, G. R. y Guzmán, M. S. H. 2008. Negro Guanajuato, nueva variedad de frijol para el centro de México. *Agric. Téc. Méx.* 34(1):107-111.
- Becerra, L. E. N.; López, S. E. y Acosta, G. J. A. 1994. Resistencia genética y control químico de la roya del frijol en el trópico húmedo de México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 12(1):35-42.
- Campos, A. J. 1987. Enfermedades del frijol. Trillas. México, D. F. 132 p.
- Castellanos, Z. J.; Guzmán-Maldonado, H., Jiménez, A.; Mejía, C.; Muñoz-Ramos, J. 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 M. A. Pastor-Corrales (comps.). CIAT. Cali, Colombia. 56 p.
- Díaz, P. G.; Medina, G. G.; Silva, S. M. M. y Serrano, A. V. 2007. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Puebla (período 1961-2003). SAGARPA-INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. Libro técnico Núm. 15. 181 p.
- Flores, R. C.; Osada, K. S.; Téliz, O. D. y De la Torre, A. R. 1993. Alternativas de control para algunas enfermedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Huejotzingo, Puebla, México. Rev. Mex. Fitopatol. 11(1):64-68.
- 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.
- 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, S. E.; Becerra, L. E. N.; Acosta, G. J. A. y Villar, S. B. 1993. Variedades de frijol tolerantes al virus del mosaico dorado para el trópico de México. Agric. Téc. Méx. 19(2):99-109.
- López, S. E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y Fraire, V. G. 1994. 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.; Acosta, J. A.; Becerra, E. N.; Fraire, G.; Orozco, S. and Beebe, S. 1997. Registration of Negro Tacaná common bean. Crop Sci. 37(3):1022.
- López, S. E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y López, G. V. O. 2002. 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. y Acosta, G. J. A. 2002a. Negro Tropical, una nueva variedad de frijol para el trópico húmedo de México. Rev. Fitotec. Mex. 25(1):117-118.
- López, S. E. y Acosta, J. A. 2002b. Negro Medellín, nueva variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para la región trópico húmedo de México. Agric. Téc. Méx. 28(2):175-177.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B. E.; Becerra, L. N.; Ugalde, A. F. J. y Cumpián, G. J. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades a y suelos ácidos. Rev. Fitotec. Mex. 29(1):33-39.
- López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Villar, S. B.; Cumpián, G. J.; Ugalde, A. F. J. y Becerra, L. E. N. 2007. 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. Agríc. 5(1):715-721.
- 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 de genotipos mesoamericanos de frijol de grano negro en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(1):29-40.
- 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.
- Nielsen, D. C. and Nelson, N. O. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Sci. 38:422-427.
- Pedroza, S. A. 2000. Principales enfermedades del frijol. In: Fuentes, D. G. (ed.). Fitosanidad de cultivos básicos. 2a. ed. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. Ciudad Obregón, Sonora, México. 82-97 pp.
- Rodríguez, R. R. y Yoshii, O. K. 1990. Tolerancia varietal del frijol al mosaico dorado y control químico del vector *Bemisia tabaci* Genn. en Papantla, Veracruz. Agric. Téc. Méx. 16:19-32.
- Rosales, S. R.; Acosta, G. J. A.; Muruaga, M. J. A.; Hernández, C. J. M.; Esquivel, E. G. y Pérez, H. P. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Estado de México, México. Libro técnico Núm. 6. 148 p.
- Salinas, P. R. A.; Acosta, G. J. A.; López, S. E.; Torres, E. C. A.; Ibarra, P. F. J. y Félix, G. R. 2008. Rendimiento y características morfológicas relacionadas con tipo de planta erecta en frijol para riego. Agric. Téc. Méx. 31(3):203-211.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo de frijol. Serie Sanidad Vegetal. Sistema producto frijol. SARH. Dirección General de Sanidad Vegetal. México, D. F. 178 p.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 1999. SAS/STAT programa. Versión 8. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla (SDR de Puebla). 2007. Manual de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del estado de Puebla. SDR del estado de Puebla. Dirección Agrícola. Puebla, Puebla, México. 47 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. 1988. Estabilidad del rendimiento y reacción a enfermedades de variedades de frijol en el centro de Chiapas. Rev. Fitotec. Mex. 11:74-80.
- Villar, S. B. y López, S. E. 1993. Negro INIFAP, nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones similares. Rev. Fitotec. Mex. 16(2):208-209.
- Villar, S. B.; Garrido, R. E.; Luna, 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, Chis., México. Publicación especial Núm. 1. 165 p.
- Villar, S. B.; López, S. E. y Acosta, G. J. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. Rev. Fitotec. Mex. 26(2):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.
- Yáñez-Jiménez, P. and Kohashi-Shibata, J. 1987. Effect of water stress on the ovules of *Phaseolus vulgaris* L. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 30:16-17.