

NEGRO PAPALOAPAN, NUEVO CULTIVAR DE FRIJOL PARA LAS ÁREAS TROPICALES DE MÉXICO*

NEGRO PAPALOAPAN, A NEW BEAN CULTIVAR FOR THE TROPICAL AREAS OF MEXICO

Ernesto López Salinas^{1§}, Óscar Hugo Tosquy Valle², Bernardo Villar Sánchez³, Javier Cumpián Gutiérrez⁴, Francisco Javier Ugalde Acosta² y Enrique Noé Becerra Leor²

¹Programa de Frijol, Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Km. 34 carretera Veracruz-Córdoba. 91700. Apartado Postal 429. Veracruz, Veracruz, México. ²Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. ³Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. ⁴Campo Experimental Papaloapan, INIFAP. [§]Autor para correspondencia: salinaser@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la adaptación y el rendimiento de la variedad de frijol 'Negro Papaloapan' en áreas tropicales de los estados de Veracruz y Chiapas, México. De 1999-2005 se evaluó rendimiento, reacción a enfermedades y adaptación a suelo ácido bajo diferentes condiciones de humedad: temporal, humedad residual y riego. Negro Papaloapan se incluyó en un ensayo uniforme que incluyó a las variedades Negro Jamapa, Negro Medellín y Negro Tropical como testigos. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis combinado de rendimiento y estabilidad y se compararon los parámetros de estabilidad de Negro Papaloapan con genotipos comerciales. Negro Papaloapan se validó en 20 parcelas semicomerciales en Veracruz y Chiapas. El rendimiento promedio de Negro Papaloapan fue de 1228 kg ha⁻¹; similar a Negro Medellín y superior a Negro Tropical y Negro Jamapa. Su rendimiento a través de localidades y años se clasificó como estable ($bi=1$, $Sd^2=0$). Negro Papaloapan mostró tolerancia a roya, mancha angular y antracnosis y resistencia al virus del mosaico dorado amarillo del frijol; así como adaptación en suelos ácidos. En las parcelas de validación el rendimiento promedio de Negro Papaloapan fue 1364 kg ha⁻¹; significativamente superior ($p \leq 0.05$) a los testigos utilizados. Negro Papaloapan mostró alto potencial de rendimiento y adaptación a las áreas productoras de frijol en Veracruz y Chiapas.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., comportamiento productivo, enfermedades, suelos ácidos.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the adaptability and yield of the common bean cultivar Negro Papaloapan in the tropical areas of Veracruz and Chiapas, Mexico. From 1999-2005 yield, reaction to major diseases and its adaptation to soil acidity were evaluated under different moisture conditions: rainfed, residual moisture and irrigated conditions. Negro Papaloapan was included in uniform yield trials with Negro Jamapa, Negro Medellín, and Negro Tropical as control varieties. A completely random block design with three replications was used. A combined analysis of yield and stability was performed and stability parameters of Negro Papaloapan compared with those of commercial genotypes. Negro Papaloapan was validated in 20 semi commercial plots in Veracruz and Chiapas. The average yield of Negro Papaloapan was 1228 kg ha⁻¹, similar to Negro Medellín and superior to Negro Tropical and Negro Jamapa. Its yield across locations and years was classified as stable ($bi=1$, $Sd^2=0$). Negro Papaloapan showed tolerance to rust, angular leaf spot and anthracnose and resistance to the golden yellow mosaic virus of the common bean and adaptation to acid soils.

* Recibido: Abril de 2006
Aceptado: Septiembre de 2007

Throughout 20 validation trials, Negro Papaloapan achieved an average yield of 1364 kg ha⁻¹ that was significantly higher than the commercial controls. Negro Papaloapan showed high yield potential and broad adaptation to the common bean production areas in Veracruz and Chiapas.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., acid soils, diseases, yield response.

INTRODUCCIÓN

El frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) es la clase comercial o tipo de frijol de mayor demanda en México. En el centro y sur se consumen alrededor de 450 000 t/año (Castellanos *et al.*, 1997). En el sureste, casi 100% de los consumidores preferían frijol de grano negro, opaco y pequeño (López *et al.*, 1994c). En los estados de Chiapas y Veracruz se siembran con frijol alrededor de 160 000 ha al año; 70% en el ciclo otoño-invierno con humedad residual, 28% en verano bajo condiciones de temporal y solo 2% bajo riego en el ciclo invierno-primavera (SAGARPA, 2004). Las áreas de cultivo se ubican en climas cálidos subhúmedos y húmedos (García, 1987), en suelos ácidos de baja fertilidad (Zetina *et al.*, 2002).

En esta región, el rendimiento de frijol es bajo por las siguientes causas: 1) ocurrencia de sequía intraestival en las siembras de temporal y sequía terminal al final del ciclo del cultivo, en siembras con humedad residual (López *et al.*, 2002a), 2) siembra en suelos con deficiencias de fósforo, calcio y magnesio, así como toxicidad por aluminio en suelos ácidos (Thung *et al.*, 1985; Cepeda, 1991) y 3) plagas, como la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que transmite el virus del mosaico dorado amarillo de frijol, “bean golden yellow mosaic virus” (BGYMV) (Morales, 2000), chicharritas *Empoasca* spp. y doradillas *Diabrotica* spp., las cuales pueden disminuir el rendimiento hasta en 57% (Schoonhoven y Cardona, 1985; Latorre *et al.*, 1985). Estas plagas se presentan tanto en primavera-verano como en otoño-invierno y 4) enfermedades fungosas como la roya *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger, la mancha angular *Phaeoisariopsis griseola* Ferraris y la antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum* Shear, que causan pérdidas de rendimiento de 25 al 40% en el ciclo de primavera verano (Vargas, 1980) y del 20 al 100% en el de otoño-invierno y en invierno bajo riego (Chávez, 1980; Pastor-Corrales, 1985) y enfermedades virales como el BGYMV, cuyo daño puede variar entre 30 y 95% (López *et al.*, 1994a). Las enfermedades fungosas y el BGYMV, también se presentan en ambos ciclos

de cultivo, pero con mayor intensidad en otoño invierno en el estado de Chiapas.

El programa de mejoramiento genético de frijol del Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha desarrollado variedades mejoradas de frijol negro. De 1950-1960, se generaron las variedades Antigua, Actopan y Jamapa (Voyses, 2000). Esta última destacó por su amplia adaptación y aún se cultiva en el estado de Nayarit. Entre 1980 y 1990, se liberó la variedad Negro Veracruz, la cual se caracterizó por su tolerancia a sequía (López *et al.*, 1987). A principios de la década de los años 1980 se fortaleció el programa de frijol, mediante acuerdos de intercambio de germoplasma con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Programa Cooperativo Regional de frijol para Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL). Como resultado de este intercambio, la línea DOR-145 fue liberada con el nombre de Negro Huasteco 81, por su resistencia al BGYMV (Yoshii *et al.*, 1987). En la década de 1990, se liberaron las variedades Negro Cotaxtla-91, resistente a roya y de amplia adaptación en las áreas tropicales de Veracruz (López y Rodríguez, 1993) y Negro INIFAP, tolerante a suelos ácidos (Villar y López, 1993). En esta misma década se introdujo la línea DOR-390, la cual se caracterizó por una mayor resistencia BGYMV que Negro Huasteco 81, por lo que fue liberada como Negro Tacaná (Fraire, 1993; López *et al.*, 1997).

A partir de 2000, el programa de frijol se enfocó al desarrollo de variedades con resistencia múltiple, principalmente a plagas, enfermedades y adaptación a suelos ácidos. Se liberaron tres variedades obtenidas por los procesos de cruzamiento y selección e introducción y selección: Negro Medellín, con amplia adaptación y tolerancia a la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (López *et al.*, 2000), Negro Tropical, resistente a roya y tolerante al BGYMV y a la mancha angular (López *et al.*, 1999) y Negro Grijalva con características de tolerancia al BGYMV, a suelos ácidos y de ciclo precoz y alto potencial de rendimiento, lo que le confiere ventajas sobre otras variedades comerciales de uso actual en Chiapas (Villar y López, 2003). Recientemente se introdujo del CIAT la línea DOR-454 originada de la cruce (DOR-364 x G-18521) x (DOR-365 x LM-30630) con genealogía DR 14564-9-CM-CM-CM. Los progenitores de código DOR son de amplia adaptación a las áreas tropicales de Centroamérica y se utilizaron como fuente de resistencia al BGYMV, mientras que la accesión G-18521 y la línea LM 30630 fueron incluidas por su resistencia a roya (ICTA y PROFRIJOL, 1993). El objetivo de esta investigación fue determinar la adaptación

y el rendimiento de la variedad Negro Papaloapan, derivada de la línea DOR-454 en las áreas tropicales de los estados de Veracruz y Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Adaptación y rendimiento

De 1999-2003 se incluyó Negro Papaloapan en 17 ensayos de rendimiento: cuatro se establecieron en Ocozocoautla, Chiapas (16° 46' latitud norte, y 93° 15' longitud oeste) uno bajo condiciones de temporal y tres con humedad residual; seis en Isla, Veracruz (18° 06' latitud norte y 95° 32' longitud oeste) con humedad residual y siete en Medellín de Bravo, Veracruz (18° 44' latitud norte y 95° 32' longitud oeste), una con humedad residual y seis bajo riego. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de tres surcos, de 5 m de longitud, espaciados a 0.60 m y la parcela útil fue el surco central completo. El número de genotipos incluidos en el ensayo fue variable, pero en todos los casos se incluyó la variedad Negro Jamapa como testigo regional. El manejo agronómico de los 17 experimentos se efectuó con base en las recomendaciones de los Campos Experimentales de Cotaxtla y Centro de Chiapas del INIFAP (López *et al.*, 1994b; Villar, 1990). Para determinar el rendimiento, el contenido de humedad de grano se ajustó al 14%. Se utilizó la prueba *t* de Student para comparar las medias de rendimiento de Negro Papaloapan y el testigo (Montgomery, 1993).

De 2001 a 2005, Negro Papaloapan se incluyó en un ensayo uniforme conformado por 16 genotipos, del cual se condujeron 11 experimentos: cinco en Medellín de Bravo, Veracruz, cuatro de riego y uno con humedad residual; uno en Isla, Veracruz, con humedad residual; tres en Ocozocoautla, Chiapas, dos con humedad residual uno en la Concordia, en el centro de Chiapas, uno en Tapachula, en el sur de Chiapas y uno de temporal. De los 16 genotipos de frijol negro evaluados, ocho fueron desarrollados por el INIFAP, siete por PROFRIJOL y CIAT y uno por la Universidad de Costa Rica. Como testigos se utilizaron las variedades comerciales: Negro Jamapa, Negro Medellín y Negro Tropical, recomendadas para el sureste de México por el INIFAP (López *et al.*, 1999 y 2000). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de tres surcos de 5 m de longitud, con separación de 0.60 m. La parcela útil fue el surco central completo de cada parcela. Se realizó un análisis combinado de los 11 experimentos con el

paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994). Para la comparación de promedios se aplicó la prueba de DMS al 0.05. Se realizó un análisis de parámetros de estabilidad de rendimiento de los genotipos mediante el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) y se clasificaron los genotipos con base en los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión (Carballo y Márquez, 1970).

Reacción a enfermedades

La reacción a roya y a mancha angular se calificó en una parcela de validación ubicada en Medellín de Bravo, Veracruz; a la antracnosis, en otra ubicada en Isla, Veracruz. Ambos en el ciclo otoño-invierno 1999-2000. La reacción de Negro Papaloapan se comparó con los testigos Negro Medellín que es susceptible a antracnosis y Negro Jamapa que es susceptible a roya. En el ciclo primavera-verano de 2002 se determinó la reacción al virus del BGYMV y se comparó con las variedades comerciales Negro Grijalva (resistente) y Sesentano (susceptible). La evaluación de las enfermedades que ocurrieron en forma natural se efectuó mediante el sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol propuesto por CIAT (1987), que utiliza la escala de 1 a 9, cuyos valores son: 1 a 3, resistente; 4 a 6, intermedia y 7 a 9, susceptible.

Adaptación a suelos ácidos

Se establecieron dos ensayos durante los ciclos otoño-invierno de 1999, 2000, 2002 y 2004, en Isla, Veracruz en suelo Acrisol (clasificación de FAO-UNESCO, Dudal, 1968); con pH 4.4. Se probaron dos tratamientos, en uno se aplicó 1.2 t ha⁻¹ de cal dolomítica al suelo, cantidad suficiente para elevar el pH a 5.5 y el otro se condujo sin aplicación de cal. La cal se incorporó al suelo 30 días antes de la siembra. Se evaluaron ocho genotipos: Negro Papaloapan, DOR-454 y DOR-448, UCR-55, Icta Ligero, Negro 8025, Negro Tropical, Negro Medellín y Negro Jamapa. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de tres surcos de 5 m de longitud, distanciados a 0.60 m y la parcela útil fue el surco central completo. En los cuatro ciclos de evaluación, los dos ensayos se fertilizaron con la dosis 20-20-00 de N₂-P₂O₅ y K₂O₅, respectivamente, que se aplicó al momento de la siembra en forma de urea y superfosfato de calcio triple. En cada tratamiento se realizó un análisis combinado de años y genotipos para rendimiento de grano y la prueba de DMS al 0.05 para la comparación de medias entre años, genotipos y

la combinación de ambos factores. El efecto de la acidez del suelo sobre el rendimiento de grano se estimó a través del Índice de Susceptibilidad a la Acidez (ISAi) y el Índice de Eficiencia Relativa (IERi).

Para el cálculo del ISAi de cada genotipo se utilizó la ecuación adaptada por Fisher y Maurer (1978): $ISAi = 1 - (Y_i / Y_c) / IIA$

donde:

ISAi= Índice de Susceptibilidad a la Acidez de cada genotipo

Y_i = Promedio de rendimiento de cada genotipo sin aplicación de cal

Y_c = Promedio de rendimiento de cada genotipo con aplicación de cal

IIA= Índice de Intensidad de la Acidez (IIA).

El IIA se calculó de acuerdo con Fisher y Maurer (1978): $IIA = 1 - (Y_i / Y_c)$

donde:

Y_i = Promedio de rendimiento de los genotipos en el ensayo sin aplicación de cal y

Y_c = Promedio de rendimiento de los genotipos en el experimento con aplicación de cal.

El IERi descrito por Graham (1984) evalúa la respuesta promedio de cada genotipo bajo las dos condiciones: con cal y sin cal, lo que permite identificar a los de mayor rendimiento promedio. El IERi fue calculado mediante la ecuación: $IERi = (Y_i / Y_i) * (Y_c / Y_c)$

donde:

Y_i = Rendimiento del genotipo i, sin cal

Y_i = Rendimiento promedio de los genotipos en el experimento sin cal

Y_c = Rendimiento del genotipo i, con cal y

Y_c = Rendimiento promedio de los genotipos en el experimento con cal.

Validación de Negro Papaloapan

Negro Papaloapan se evaluó y comparó con testigos regionales en los ciclos otoño-invierno e invierno-primavera de 1999 a 2005. En Veracruz se establecieron 14 parcelas de validación en campos de agricultores cooperantes: tres en Isla, bajo condiciones de humedad residual, con y sin aplicación de cal; siete en Medellín de Bravo, bajo riego; una en Jamapa y una en el municipio de Veracruz, con humedad residual; una en Tlalixcoyan, con fertirriego y una en Ángel R. Cabada, con riego por goteo. En Chiapas se establecieron seis parcelas de validación en: Quebracho, Melchor Ocampo y Santa Rita, bajo condiciones de temporal y en Ocozocoautla, Comitán y Tapachula, en humedad residual. La superficie por lote de prueba varió de 2500 a 5000 m², de acuerdo con la disponibilidad de semilla y terreno. Se utilizó la prueba t de Student, para la comparación de medias de la variedad validada y el testigo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de Negro Papaloapan vs Negro Jamapa

El rendimiento promedio de Negro Papaloapan fue significativamente superior al de Negro Jamapa. En temporal la superó en 18.1%, en humedad residual con 43.1% y en riego con 15.2% y en general la superó en 26.1% (Cuadro 1). De 1997 a 2000, Negro Papaloapan fue evaluada en 15 localidades del centro de Chiapas bajo la misma condición de humedad. Los resultados mostraron alto rendimiento de grano, lo cual confirma su buen comportamiento productivo (Villar *et al.*, 2003).

Adaptación y rendimiento de Negro Papaloapan

El análisis combinado de rendimiento mostró diferencias significativas entre los ambientes de prueba, seis en Veracruz y cinco en Chiapas. El mayor rendimiento promedio se observó en Medellín de Bravo, Veracruz, bajo condiciones de riego, en el ciclo invierno-primavera de 2001, el cual fue estadísticamente superior al resto, debido a que las condiciones ambientales en el ciclo P-V fueron favorables al desarrollo del cultivo que las de O-I bajo riego (Mayek *et al.*, 2004) y que las de P-V en temporal. El menor rendimiento promedio se obtuvo en Isla, Veracruz, lo cual se debió a la acidez y baja fertilidad del suelo (Zetina *et al.*, 2002). En esta localidad el coeficiente de variación fue alto, debido a la heterogeneidad que se presenta en los suelos ácidos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Rendimiento de grano de dos genotipos de frijol, evaluados en tres localidades bajo tres condiciones de humedad. 1999-2003.

Localidad	Año	Condición de humedad	Negro Papaloapan (kg ha ⁻¹)	Negro Jamapa (kg ha ⁻¹)	Diferencia (kg ha ⁻¹)
Ocozocoautla	2000	T	1451	1228	223
		% relativo ¹	118.1	100	18.1
Ocozocoautla	1999-2000	HR	621	722	-101
Isla	1999-2000	HR	965	265	700
Isla	1999-2000	HR	931	230	701
Isla	2000-2001	HR	413	231	182
Isla	2000-2001	HR	774	355	419
Ocozocoautla	2001-2002	HR	411	426	-15
Isla	2002-2003	HR	508	196	312
Isla	2002-2003	HR	284	325	-41
Ocozocoautla	2002-2003	HR	634	551	83
Medellín de Bravo	2002-2003	HR	1806	1625	181
		Promedio	800*	559	241
		% relativo	143.1	100	43.1
Medellín de Bravo	1999-2000	R	1783	1177	606
Medellín de Bravo	2001-2002	R	2615	2492	123
Medellín de Bravo	2001-2002	R	1137	1087	50
Medellín de Bravo	2002-2003	R	1528	1449	79
Medellín de Bravo	2002-2003	R	1380	1093	287
Medellín de Bravo	2002-2003	R	2402	2119	283
		Promedio	1807*	1569	238
		% relativo	115.2	100	15.2
		Promedio general	1155**	916	239
		% relativo	126.1	100	26.1

T= Temporal; HR= Humedad residual; R= Riego; ¹= Porcentaje relativo de la media de todos los ensayos para cada condición de humedad; *= Diferencia significativa 0.05; **= Diferencia altamente significativa 0.01.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de grano obtenido en cinco ambientes de prueba a través de los ensayos uniformes de frijol. 2001-2005.

Localidad	Condición de humedad	Ciclo	Año	CV (%)*	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Medellín, Veracruz	R	I-P	2001	15.7	2349 a
Tapachula, Chiapas	HR	O-I	2004-05	16.9	1873 b
Medellín, Veracruz	HR	O-I	2004-05	9.5	1482 c
Medellín, Veracruz	R	O-I	2002-03	24.9	1425 c
Medellín, Veracruz	R	O-I	2004-05	24.4	1380 c
Medellín, Veracruz	R	O-I	2001-02	28.8	1085 d
La Concordia, Chiapas	HR	O-I	2004-05	20.1	824 e
Ocozocoautla, Chiapas	T	P-V	2004	22.1	780 e
Ocozocoautla, Chiapas	HR	O-I	2004	13.4	571 f
Ocozocoautla, Chiapas	HR	O-I	2002	34.71	538 f
Isla, Veracruz	HR	O-I	2002-03	43.0	422 f
DMS (0.05)				20.8	150.2

R= Riego; HR= Humedad residual; T= Temporal; I-P= Invierno-primavera; O-I= Otoño-invierno; P-V= Primavera-verano; *Coeficiente de variación del análisis conjunto de ambientes.

Se observaron diferencias significativas en el rendimiento promedio de los genotipos evaluados. Negro Papaloapan se ubicó dentro del grupo de mayor rendimiento (Cuadro 3). En este aspecto, todos los genotipos fueron estables: obtuvieron coeficientes de regresión: $bi=1$ y desviaciones de regresión: $Sd^2=0$, excepto la variedad Negro 8025, la cual obtuvo un valor de $bi < 1$ y una $Sd^2=0$, los que la clasifican como de buena respuesta en ambientes desfavorables y consistente, de acuerdo con los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966) y la clasificación de estabilidad de Carballo y Márquez (1970). Con base en estos resultados Negro Papaloapan reúne las características de alto potencial de rendimiento, consistencia y estabilidad para ser considerada como nueva variedad para su siembra en los estados de Veracruz y Chiapas.

Reacción a enfermedades

Negro Papaloapan presentó tolerancia a roya, mancha angular y antracnosis y resistencia al BGYMV. Negro Medellín, Negro Jamapa y Sesentano fueron susceptibles a antracnosis, roya y BGYMV, respectivamente (Cuadro 4). Estos resultados indican que Negro Papaloapan es tolerante a las principales enfermedades que atacan al frijol en el trópico húmedo del sureste de México (López *et al.*, 2002a). La siembra de variedades resistentes, reduce el riesgo de daño por enfermedades, ya que los agricultores de esa región no aplican agroquímicos para su control (López *et al.*, 2002c).

Cuadro 3. Rendimiento promedio y parámetros de estabilidad de 16 genotipos de frijol evaluados en 11 ambientes. 2001-2005.

Genotipo	Origen	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	bi	Sd ²	Clasificación
Negro Medellín	INIFAP	1293 a	1.29	22 956.9	E
NI/NG8025-74-2	INIFAP	1247 ab	1.09	-44 331.4	E
UCR-55	UCR	1238 abc	1.02	-11 157.3	E
**DOR-454	CIAT	1228 abc	1.01	-48 137.1	E
DOR-448	CIAT	1208 abcd	0.99	-50 213.9	E
NGO 99055	INIFAP	1206 abcd	0.84	-18 720.2	E
DOR-678	CIAT	1186 abcde	1.09	-39 447.5	E
Negro Tropical	INIFAP	1168 bcde	1.14	3 568.1	E
NGO 99054	INIFAP	1146 bcde	0.86	-21 530.3	E
Negro Jamapa	INIFAP	1130 cde	1.00	-43 550.2	E
Icta Ju 97-1	ICTA	1109 de	0.99	-44 361.8	E
Negro 8025	INIFAP	1105 de	0.76*	-32 353.5	RMADC
CUT-45	CIAT	1105 de	0.98	-19 035.5	E
DOR-667	CIAT	1094 de	1.05	-26 074.1	E
NGO 99038	INIFAP	1078 ef	0.90	-33 269.1	E
Icta Ligero	ICTA	973 f	0.98	47 843.6	E
DMS (0.05)		116.67			

**DOR-454= Negro Papaloapan; E= Estable; RMADC= Responde mejor en ambientes desfavorables y es consistente; *= Valor del coeficiente de regresión (bi) < 1.0 .

INIFAP= Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; UCR= Universidad de Costa Rica; CIAT= Centro Internacional de Agricultura Tropical; ICTA= Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

Cuadro 4. Reacción a enfermedades de Negro Papaloapan y cuatro testigos comerciales evaluados en diferentes localidades del trópico húmedo de México. 1999-2002.

Genotipo	Roya ¹	Mancha angular ¹	Antracnosis ²	BGYMV ³
Negro Papaloapan	4.0	4.3	4.1	3.0
Negro Medellín	4.3	2.0	6.8	
Negro Jamapa	9.0	3.7	6.3	
Negro Grijalva				3.0
Negro Sesentano*				8.0

¹= Medellín de Bravo, Veracruz; ²= Isla, Veracruz; ³= Ocozacoautla, Chiapas; *Criollo regional; 1-3= Resistente; 4-6= Intermedio; 7-9= Susceptible.

Respuesta de rendimiento en suelo ácido

El análisis combinado entre años y genotipos mostró diferencias significativas en los experimentos con y sin aplicación de cal. En 1999 y 2000 se obtuvieron los mayores rendimientos con aplicación de cal (Cuadro 5). Esto se debió a una mejor distribución de la precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo, principalmente en las etapas de prefloración hasta el llenado de las vainas (Fernández *et al.*, 1985). En 1999 y 2000 se registraron precipitaciones de 203 y 178 mm, respectivamente y en 2002 y 2004, 18 y 5 mm, en las etapas de floración, formación y llenado de la vaina, respectivamente. Sin aplicación de cal, en 1999 el rendimiento promedio fue significativamente mayor que en los otros años.

Cuadro 5. Rendimiento promedio de ocho genotipos de frijol, en cuatro años de evaluación, con y sin aplicación de cal.

Año	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
	Con cal	Sin cal
1999	647.17 a	608.21 a
2000	737.37 a	345.62 b
2002	398.33 b	212.29 b
2004	279.29 b	263.33 b
Promedio	515.54	357.36
DMS (0.05)	138.50	59.09
C. V. (%)	23.89	32.72

Negro Papaloapan se ubicó en el grupo sobresaliente en el rendimiento de grano en suelo ácido, con y sin aplicación de cal (Cuadro 6). En ambas condiciones, superó significativamente al testigo Negro Jamapa. El ISAi de Negro Papaloapan fue menor de uno, al igual que el de los genotipos Negro Tropical, DOR-448 y Negro Jamapa. Con aplicación de cal, los mayores porcentajes de incremento en el rendimiento con respecto al suelo sin cal, se obtuvieron con las variedades Icta Ligero, Negro 8025 y Negro Medellín; resultados similares fueron reportados por López *et al.* (2002b). La variedad Icta Ligero fue la que mostró el más alto rendimiento con la aplicación de cal; sin embargo, mostró el más bajo en ambas condiciones. Negro Papaloapan, DOR-454, Negro 8025 y DOR-448 obtuvieron los más altos índices de eficiencia relativa. El IERi está asociado con el rendimiento de grano, lo cual concuerda por lo reportado por Mayek *et al.* (2003). Los resultados indican que Negro Papaloapan se adapta a suelos ácidos con y sin aplicación de cal.

Evaluación de Negro Papaloapan en parcelas de validación

Negro Papaloapan superó en rendimiento a las variedades mejoradas Negro Jamapa, Negro Tacaná, Negro Tropical y Negro Medellín, excepto a la variedad Negro INIFAP, bajo condiciones de fertirriego, en la localidad de Tlalixcoyan, Veracruz y en humedad residual, en Veracruz, Veracruz. En Chiapas, el rendimiento de Negro Papaloapan fue 40.4%

Cuadro 6. Rendimiento promedio con y sin aplicación de cal e índice de susceptibilidad a la acidez e índice de eficiencia relativa de ocho genotipos de frijol evaluados en Isla, Veracruz, México.

Genotipo	Con cal (kg ha ⁻¹)	Sin cal (kg ha ⁻¹)	Promedio	Incremento (%)	ISAi	IERi
Negro 8025	653 a	412 ab	532	58.5	1.2	1.5
Negro Papaloapan	637.a	470 a	553	35.5	0.8	1.6
Negro Medellín	604 a	349 abc	499	53.3	1.1	1.3
DOR-448	580 ab	451 ab	515	28.6	0.7	1.4
Negro Tropical	489 bc	361 bcd	425	35.4	0.8	1.0
UCR-55	457 cd	307 cd	382	48.8	1.1	0.8
Icta Ligero	364 de	177 e	270	105.6	1.7	0.3
Negro Jamapa	340 e	286 d	304	18.9	0.5	0.5
Promedio	515	357	435	44.2	1.0	1.0
C. V. (%)	23.89	32.72				
DMS (0.05)	100.72	95.6				
Coeficiente de correlación RG vs I					-0.27 ns	0.99 **

ISAi= Índice de susceptibilidad a la acidez; IERi= Índice de eficiencia relativa; RG= Rendimiento de grano promedio sin cal y con cal; I= Índices; Ns= No significativo; **= Altamente significativo.

mayor que los testigos Sesentano y Negro INIFAP bajo condiciones de temporal y en humedad residual. El rendimiento promedio de Negro Papaloapan fue 209 kg ha⁻¹ (18.1%) mayor que las variedades testigo (Cuadro 7). En general, Negro Papaloapan fue superior a las variedades mejoradas de reciente liberación y a las de mayor uso por los agricultores de Veracruz y Chiapas.

Cuadro 7. Rendimiento de grano de Negro Papaloapan en parcelas de validación en los estados de Veracruz y Chiapas. Ciclos O-I 1999-2005.

Localidad	Año y condición de humedad	Negro Papaloapan (kg ha ⁻¹)	Testigo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Diferencia %
Isla, Veracruz	1999-2000 HR sin cal	716	INIFAP	663	8.0
Medellín, Veracruz	1999-2000 R	1641	Jamapa	1333	23.1
Isla, Veracruz	2000-2001 HR con cal	1561	INIFAP	1368	14.1
Isla, Veracruz	2000-2001 HR sin cal	433	INIFAP	400	8.2
Jamapa, Veracruz	2000-2001 HR	854	Tacaná	538	58.7
Veracruz, Veracruz	2000-2001 HR	754	INIFAP	800	-5.75
Medellín, Veracruz	2002-2003 R	2402	Jamapa	2119	13.3
Medellín, Veracruz	2002-2003 R	1989	Tropical	1704	16.7
Medellín, Veracruz	2002-2003 R	1660	Medellín	1530	8.5
Medellín, Veracruz	2002-2003 R	1908	Jamapa	1673	14.0
Tlalixcoyan, Veracruz	2002-2003 FR	2524	INIFAP	2792	-9.6
Medellín, Veracruz	2004-2005 R	1586	Tropical	1464	8.3
Medellín, Veracruz	2005-2005 R	1296	Medellín	833	55.6
Ángel R. Cabada	2005-2005 G	1997	Tacaná	1639	21.8
Promedio		1523		1347	13.1
El Quebracho, Chiapas	2002 T	974	Sesentano	720	35.3
Melchor Ocampo, Chiapas	2002 T	1230	Sesentano	950	29.5
Santa Rita, Chiapas	2002 T	1300	Sesentano	700	85.7
Ocozocoautla, Chiapas	2002-2003 HR	1250	INIFAP	1010	23.8
Comitán, Chiapas	2002-2003 HR	790	INIFAP	670	17.9
Tapachula, Chiapas	2002-2003 HR	420	Sesentano	200	110
Promedio		994		708	40.4
Promedio Total		1364		1155	18.1
t-Student (0.01)		**			

HR= Humedad residual; R= Riego; FR= Fertirriego; G= Riego por goteo; T= Temporal.

CONCLUSIONES

Negro Papaloapan mostró alto rendimiento bajo las diferentes condiciones de humedad en las que se produce el frijol en las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas. Mostró tolerancia a las principales enfermedades y resistencia al virus del mosaico dorado amarillo y adaptación a suelos ácidos con y sin aplicación de cal.

Por su superioridad agronómica, Negro Papaloapan fue liberada y registrada ante el Registro Nacional de Variedades de Plantas. El número de registro expedido por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas es: 1895-FRI-039-181206/C.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial, agradecemos al Fondo Sectorial, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONACYT) el apoyo financiero proporcionado al proyecto SAGARPA-CONACYT 2003-9.

LITERATURA CITADA

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.
- Cepeda D., J. M. 1991. Química de Suelos. 2a. ed. Trillas. México, D. F. 167 p.
- Chávez, E. 1980. La antracnosis en frijol. In: Schwartz, H. F. y Gálvez, G. E. (eds.). Problemas de producción de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 37-53.
- 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 5:129-146. 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.). Cali, Colombia. 56 p.
- Dudal, R. 1968. Definition of soil units for the soil map of the world. FAO. World Resource Report 33. Rome, Italy. 96 p.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.
- Fernández, F.; Geps, P. y López, M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. In: López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 61-78.
- Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.
- Fraire V., G. 1993. Negro Tacaná, nueva variedad de frijol para la Costa de Chiapas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa. Tapachula, Chiapas, México. 11 p. (Folleto Técnico Núm. 5).
- García, E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 p.
- Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv. Plant Nutr. 1:57-102.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y Programa Cooperativo Regional de Frijol para Centroamérica, México y el Caribe (PROFRIJOL). 1993. Sistema de viveros y ensayos regionales (SISTEVER). Informe 1992-1993. Guatemala, Guatemala. 122 p. (Mimeografiado).
- Latorre, B. A.; Apablaza, J. y Vaughan, M. A. 1985. Guía para el control de plagas de las leguminosas alimenticias. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 52 p.
- López S., E.; Yoshii O., K. y Cervantes L., M. C. 1987. Negro Veracruz, nueva variedad de frijol para las zonas central y sur del estado de Veracruz. Rev. Fitotec. Mex. 9:57-63.
- López S., E. y Rodríguez R., R. J. 1993. Negro Cotaxtla-91, nuevo cultivar de frijol para zonas tropicales de Veracruz. Rev. Fitotec. Mex. 16(1):89.
- López S., E.; Becerra L., E. N.; Cano R., O. y Fraire V., G. 1994a. Reacción al virus del mosaico dorado, adaptación y rendimiento de la línea de frijol DOR-390, en el sureste de México. Rev. Mex. Fitopatol. 12:139-145.
- López S., E.; Durán P., A.; Becerra L., E. N.; Esqueda E., V. A. y Cano R., O. 1994b. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Golfo Centro, Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Veracruz, México. 29 p. (Folleto para Productores Núm. 7).
- López S., E.; Villar S., B. y Cano R., O. 1994c. Rendimiento y adaptación del frijol negro E-44 en el trópico húmedo de México. Rev. Fitotec. Mex. 17:39-47.
- López S., E.; Acosta G., J. A.; Becerra L., E. N.; Fraire V., G.; Orozco H., S. y Beebe, S. 1997. Registration of Negro Tacaná common bean. Crop Sci. 37(3):1022.
- López S., E.; Acosta G., J. A.; Cano R., O.; Fraire V., G.; Cumpían G., J.; Becerra L., E. N.; Villar S., B. y Ugalde A., 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 S., E.; Cumpían G., J.; Becerra L., E. N.; Villar S., B.; Ugalde A., F. J. y Acosta G., J. A. 2000. Adaptación y rendimiento de la variedad de frijol Negro Medellín en el sureste de México. Agron. Mesoam. 11(2):47-52.
- 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.; Cano R., O.; Fraire V., G.; Becerra L., E. N.; Villar S., B.; Cumpián G., J. y Ugalde A., F. J. 2002c. Negro Tropical, nueva variedad de frijol para el trópico húmedo de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Golfo Centro, Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz, México. 13 p. (Folleto Técnico Núm. 32).
- Mayek P., N., López C., C.; López S., E.; Cumpián G., J.; Joaquín T., C.; Padilla R., J. C. and Acosta G., J. A. 2003. Effect of *macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. on grain yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its relationship with yield stability parameter. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21(2):168-175.
- Mayek P., N.; López S., E.; Cumpián G., J. y Acosta G., J. A. 2004. Reacción de germoplasma de frijol común a *Macrophomina* en condiciones de riego-secano en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 15(1):45-51.
- Montgomery, D. C. 1993. Diseño y análisis de experimentos. 3ª. ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 589 p.
- Morales G., F. J. 2000. Importancia socio-económica del frijol en la América Latina. *In:* Morales G., F. J. (ed.). El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en la América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. p. 2-4.
- Olivares S., E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales [Computer file]. Versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- Pastor-Corrales, M. 1985. Enfermedades de frijol causadas por hongos. *In:* López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 169-196.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera. [CD-ROM]. México, D. F.
- Schoonhoven, A. van y Cardona, C. 1985. Plagas que atacan el follaje. *In:* López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (Eds.). Frijol: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 263-274.
- Thung, M.; Ortega, J. y Erazo, O. 1985. Tamizado para identificar frijoles adaptados a suelos ácidos. *In:* López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (eds.). Frijol: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 313-346.
- Vargas, E. 1980. La roya. *In:* Schwartz, H. F. y Gálvez, G. E. (eds.). Problemas de producción de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 19-36.
- Villar S., B. 1990. Guía para cultivar frijol en Chiapas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Sur. Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México. 20 p. (Folleto para Productores Núm. 1).
- Villar S., B. y López S., E. 1993. Negro INIFAP: nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones tropicales similares. *Rev. Fitotec. Mex.* 16(2): 208-209.
- Villar S., B. y López S., E. 2003. Negro Grijalva. Nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones similares. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur, Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chiapas, México. 22 p. (Folleto Técnico Núm. 2).
- 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(2):109-114.
- Voysest, V. O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 195 p.
- 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.* 9:53-63.
- Zetina L., R.; Pastrana A., L.; Romero M., J. y Jiménez Ch., J. A. 2002. Manejo de suelos ácidos para

la región tropical húmeda de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del

Golfo Centro, Campos Experimentales Papaloapan y Huimanguillo. México. 170 p. (Libro Técnico Núm. 10).